

# Compte Rendu TP

## Gyroscope

Antoine MORIN  
Raphaël MARTENS  
Nicolas RECHATIN  
Mathieu SOUSA

5<sup>ème</sup> Année

Avionique et Commande de vol

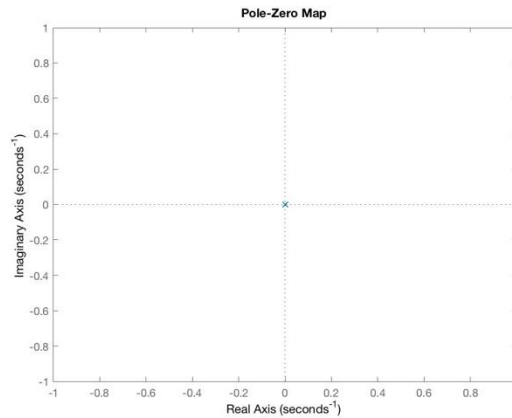
## I. Table des matières

<b>I. CONSTITUTION DU MODELE AERODYNAMIQUE.....</b>	<b>1</b>
1. DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU MIRAGE 2000.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2. DETERMINATION DES COEFFICIENTS AERODYNAMIQUES.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3. DETERMINATION DE LA POSITION DU FOYER DE L'AVION .....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4. DETERMINATION DES COEFFICIENTS AERODYNAMIQUES DE LA GOUVERNE DE PROFONDEUR ...	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
<b>II. EQUILIBRAGE DE L'AVION .....</b>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
1. EQUILIBRAGE EN CROISIERE.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2. EQUILIBRAGE EN APPROCHE.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

## I. Implémentation du modèle de Gyroscope sous Simulink

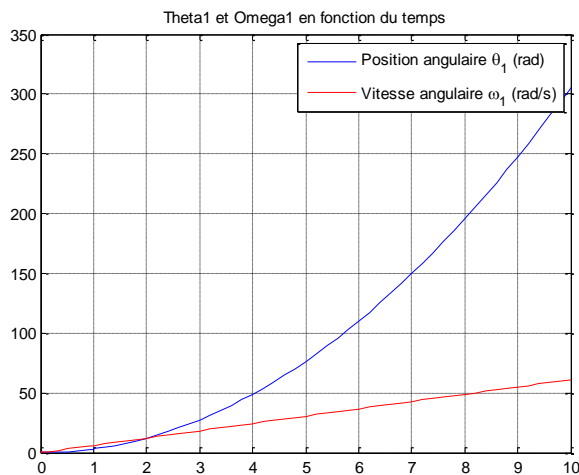
### 1. Calcul des valeurs propres

Nous commençons par déterminer les valeurs propres de la matrice A.

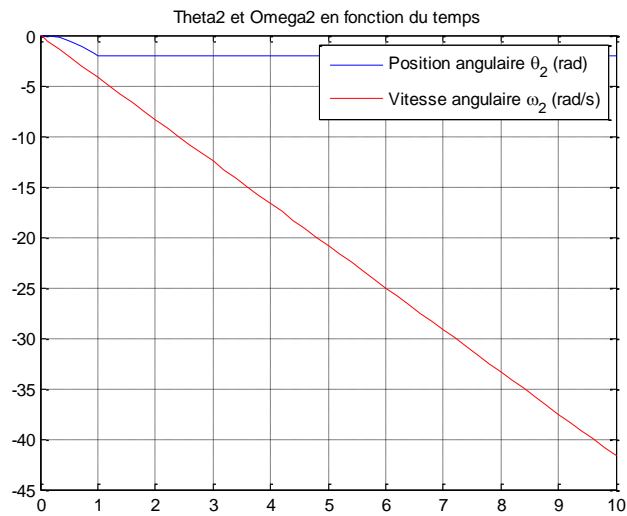


Nous observons que ces valeurs propres sont toutes nulles, le système est donc en limite de stabilité.

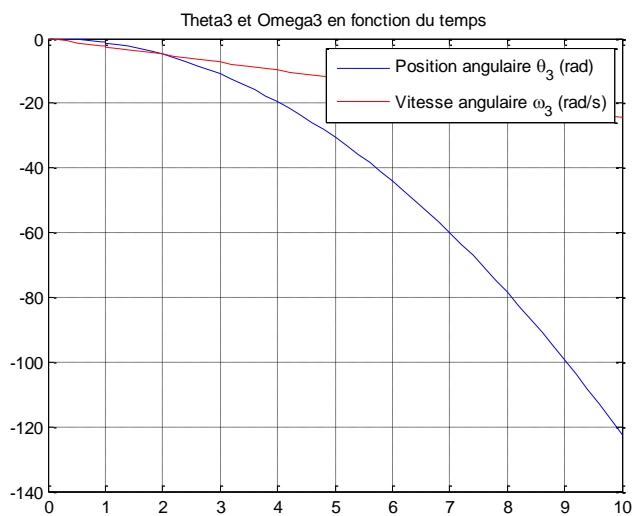
### 2. Analyse du système en boucle ouverte



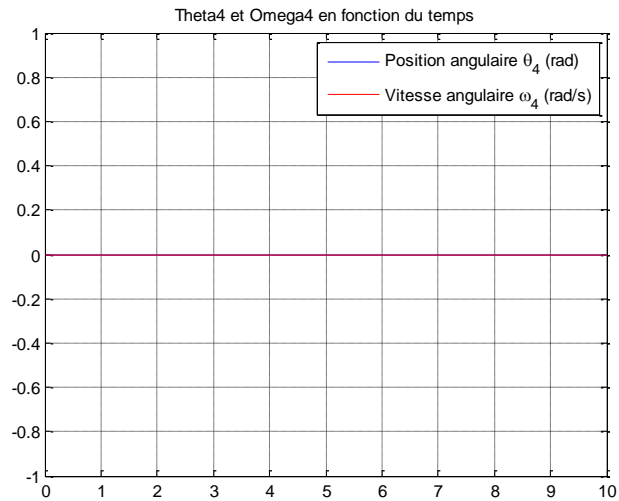
On observe une divergence de la position angulaire 1.



On observe une saturation de la position angulaire 2 à  $-120^\circ$  en sortie. Cependant la vitesse continue a augmenter puisque nous avons un couple constant en entrée et qu'il n'y a pas de couple résistant.



La vitesse angulaire sur l'axe 3 est induite par le mouvement des deux autres axes.

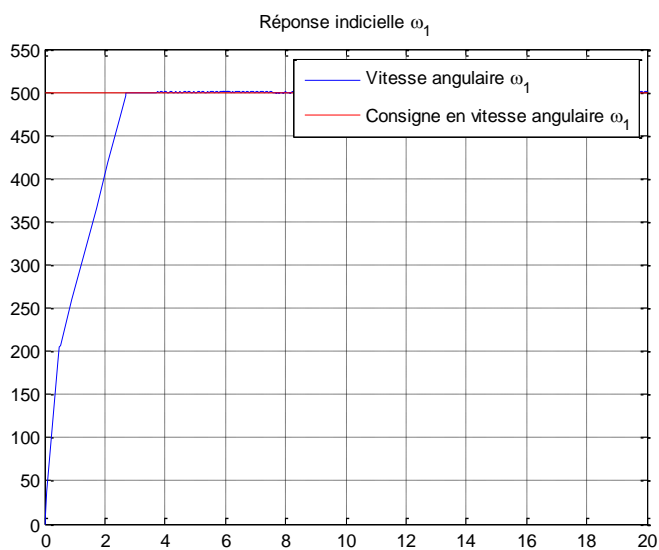


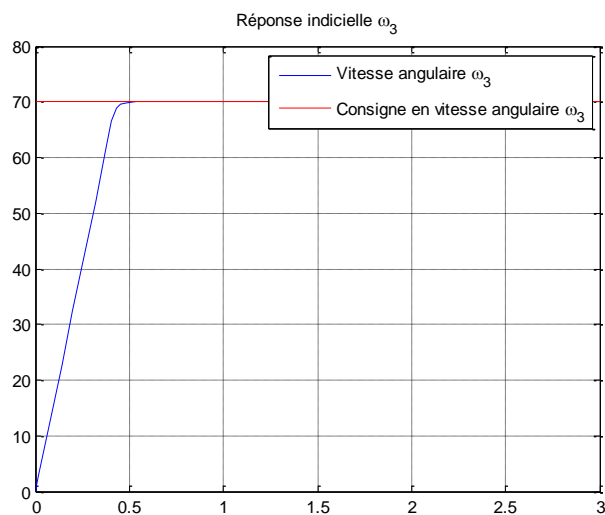
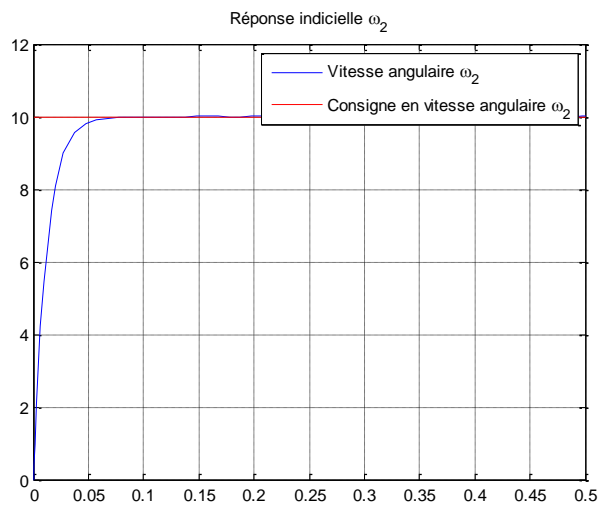
L'axe 4 est bloqué, il est donc normal de n'observer aucune vitesse angulaire ni position angulaire.

### 3. Synthèse d'un correcteur proportionnel

Afin de d'éviter la dérive des valeurs , nous synthétisons un correcteur proportionnel afin de commander les vitesses de chaque axe.

Afin d'obtenir une bonne dynamique, on choisit :  $k_{v1}=2$   $k_{v2}=2$ ,  $k_{v3}=-2$  et  $k_{v4}=-1$ .



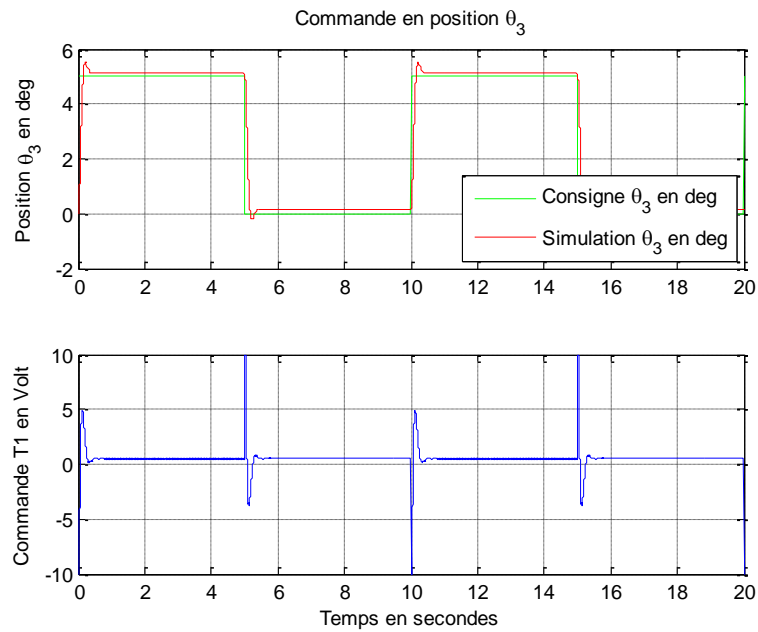


On observe qu'après une phase transitoire relativement courte, les valeurs des vitesses angulaires rejoignent les valeurs de consigne. Le correcteur proportionnel est donc efficace.

## II. Implémentation des commandes non linéaires robustes

### 4. Choix des $K_p$ et $K_d$

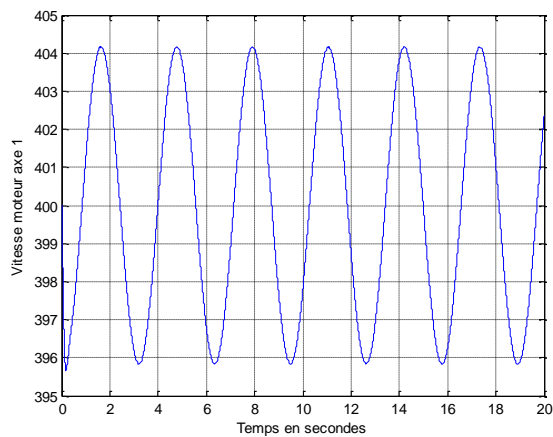
On choisit  $K_p=15$  et  $K_d=1$  afin de stabiliser l'axe 3. On obtient les courbes suivantes :

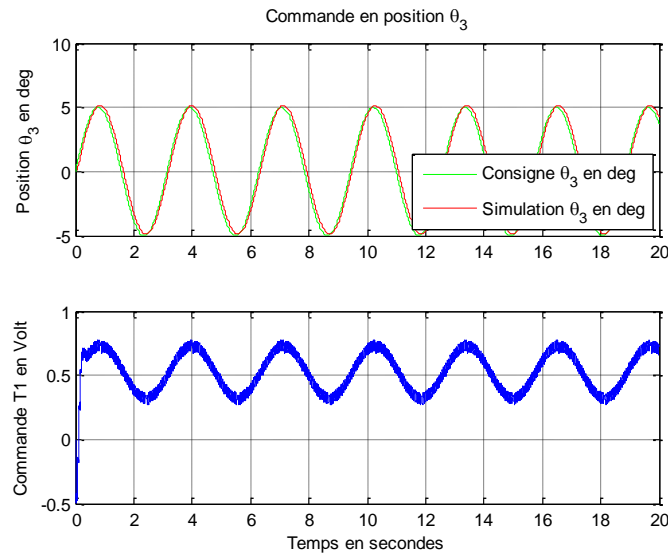


## 5. Analyse

La commande mise en place est efficace car la simulation suit la consigne cependant la consigne atteint la saturation liée au moteur fixée à 10V.

## 6. Consigne sinusoidale





## 7. Synthèse loi de commande robuste par mode glissant

Dans la suite de notre étude, nous tenterons de synthétiser une loi de commande par mode glissant la plus efficace possible. Dans un premier temps nous réalisons une étude théorique de cette synthèse.

- On considèrera l'erreur  $\sigma$  tel que :  $\sigma = \theta_3 - \theta_{3\,ds}$

On a donc  $\dot{\sigma} = \dot{\theta}_3 - \dot{\theta}_{3\,ds} \leftrightarrow \dot{\sigma} = \omega_3 - \dot{\theta}_{3\,ds}$

Et  $\ddot{\sigma} = \dot{\omega}_3 - \ddot{\theta}_{3\,ds}$

On prendra alors la surface de glissement tel que :  $S = \dot{\sigma} + c_1 \sigma + c_2 \int \sigma$

On considère alors le système suivant :

$$\begin{pmatrix} \dot{\theta}_3 \\ \dot{\omega}_1 \\ \dot{\omega}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_3 \\ \omega_1 \\ \omega_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{J_B + J_C + J_D}{J_D (J_B + J_C)} \\ \frac{-1}{J_B + J_C} \end{pmatrix} T_1$$



On a alors :

$$\dot{S} = \ddot{\sigma} + c_1 \dot{\sigma} + c_2 \sigma = \dot{\omega}_3 - \ddot{\theta}_3 + c_1 (\dot{\omega}_3 - \dot{\theta}_3) + c_2 (\theta_3 - \theta_{3ds})$$

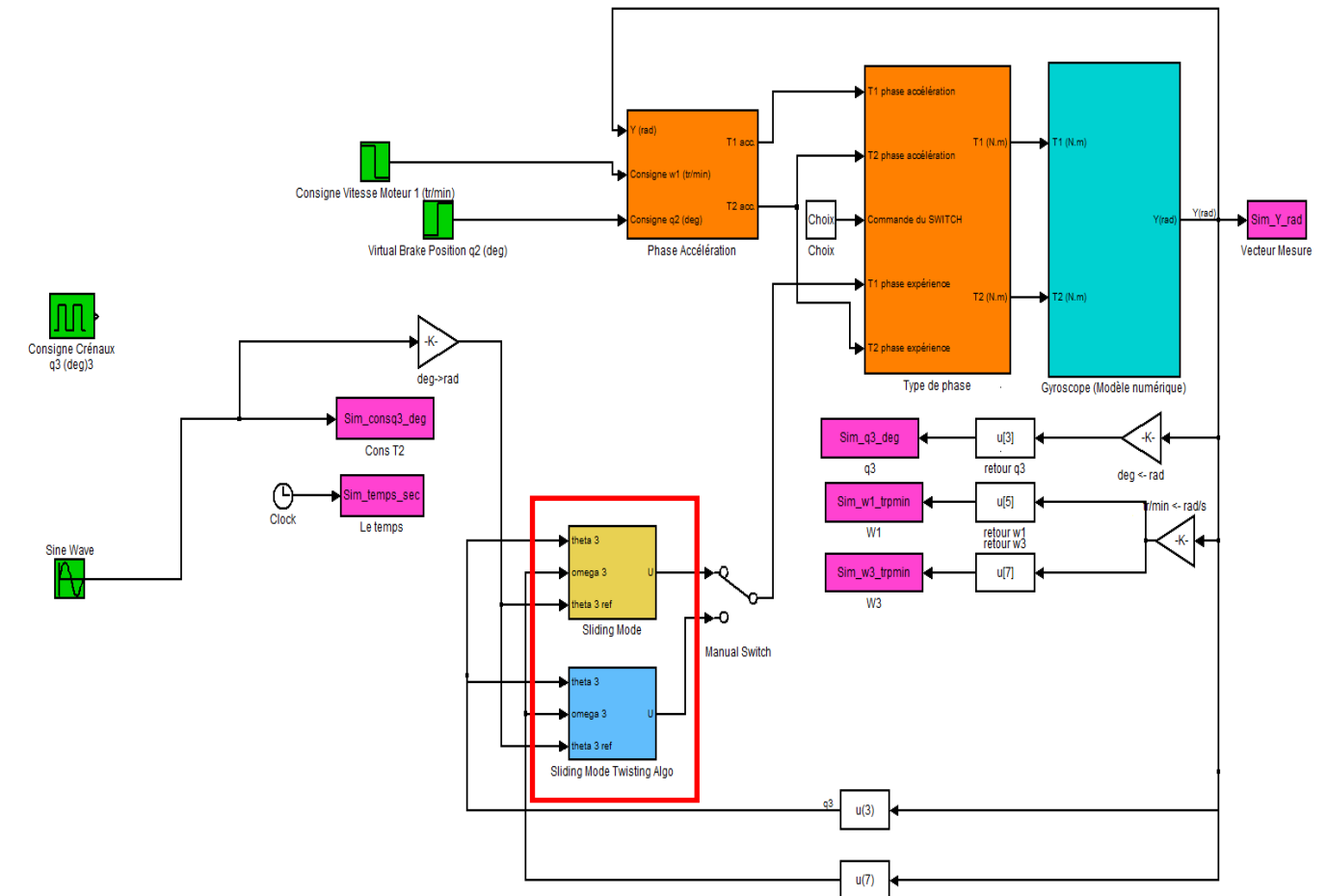
En résolvant l'équation pour  $\dot{S} = 0$ , on obtient donc :

$$U_{eq} = T_1 = (J_B - J_C)[- \ddot{\theta}_3 + c_1 (\dot{\omega}_3 - \dot{\theta}_3) + c_2 (\theta_3 - \theta_{3ds})]$$

Et  $S = \dot{\omega}_3 - \dot{\theta}_3 + c_1 \theta_3 - \theta_{3ds} + c_2 \int \theta_3 - \theta_{3ds} \cdot ds$

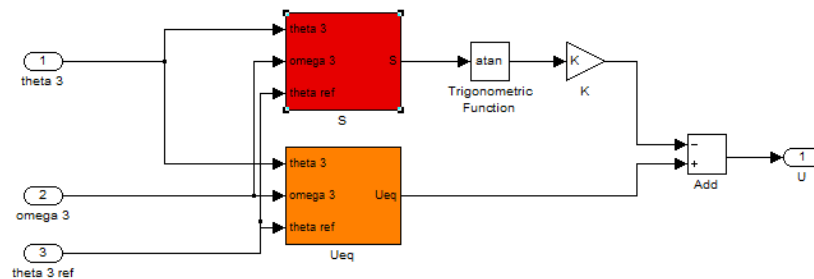
On modélise alors la commande par mode glissant par

$$U_{eq} - K \cdot \text{sign}(S)$$



On réalise donc dans le Simulink notre correcteur par mode glissant (partie entouré en rouge sur le schéma ci-dessus).

On réalise dans un premier temps un Sliding Mode « Classique » afin de vérifier notre étude théorique et d'analyser les premiers résultats.

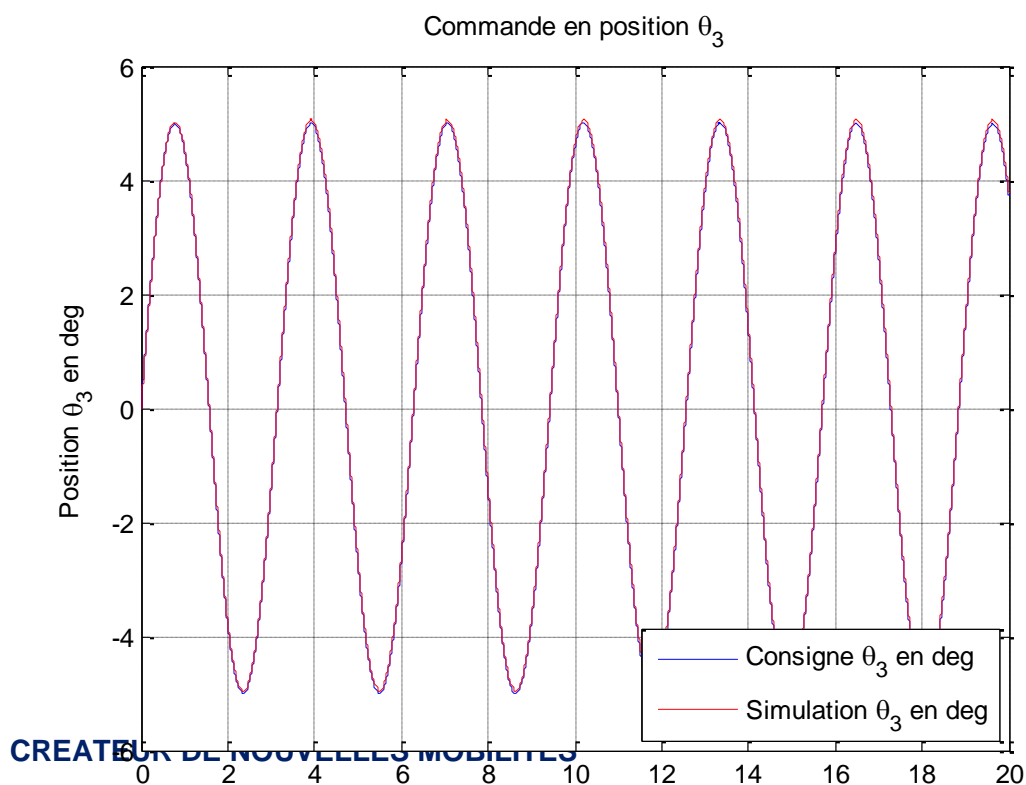


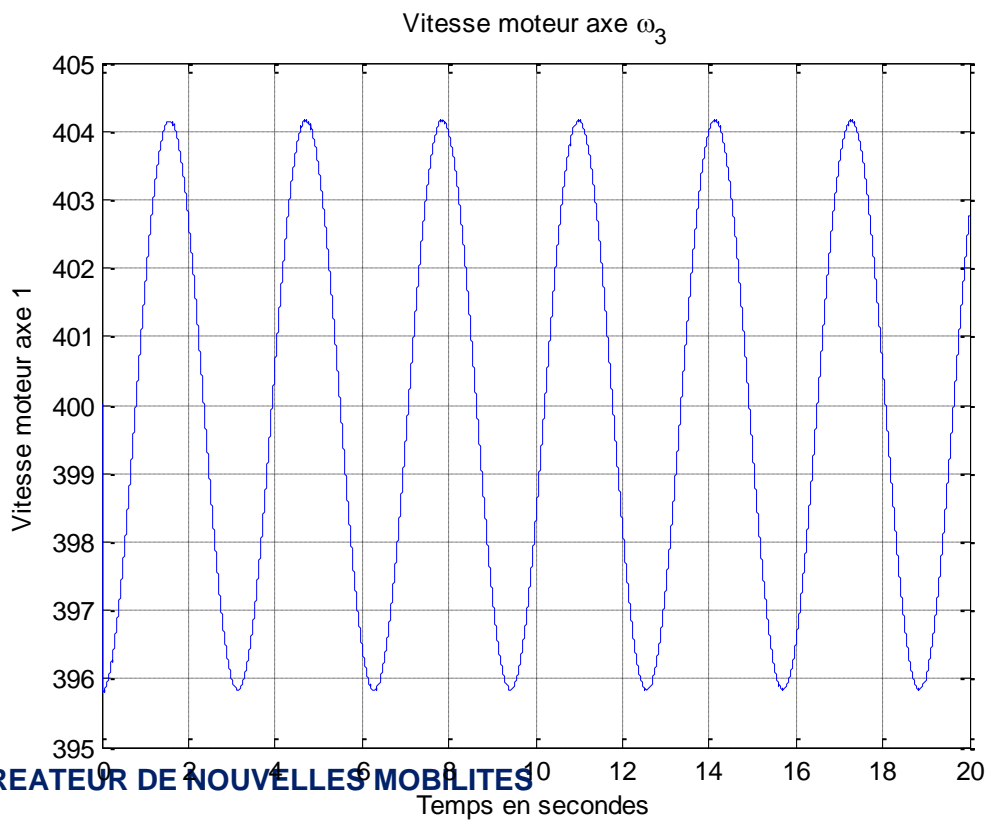
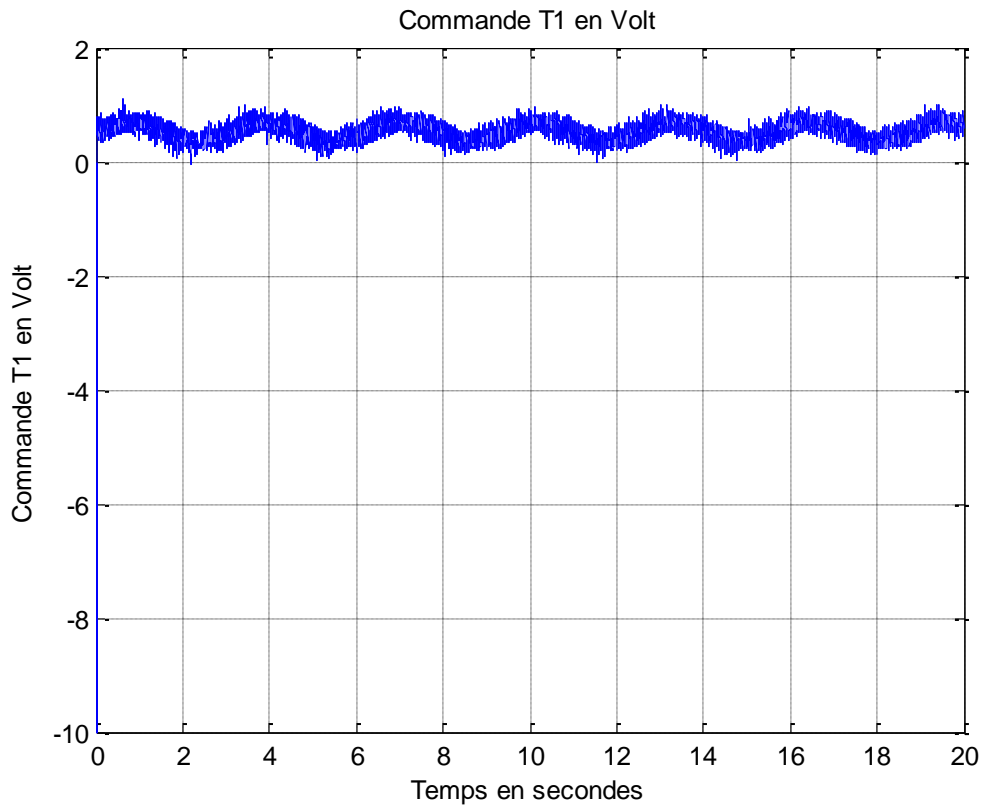
$$U = U_{eq} - K \cdot \text{sign}(S)$$

Afin de régler notre correcteur, on procède par itération afin de tomber sur les valeurs de

$$\begin{cases} K = 0.01 \\ C_1 = 10^3 \\ C_2 = 10^3 \end{cases}$$

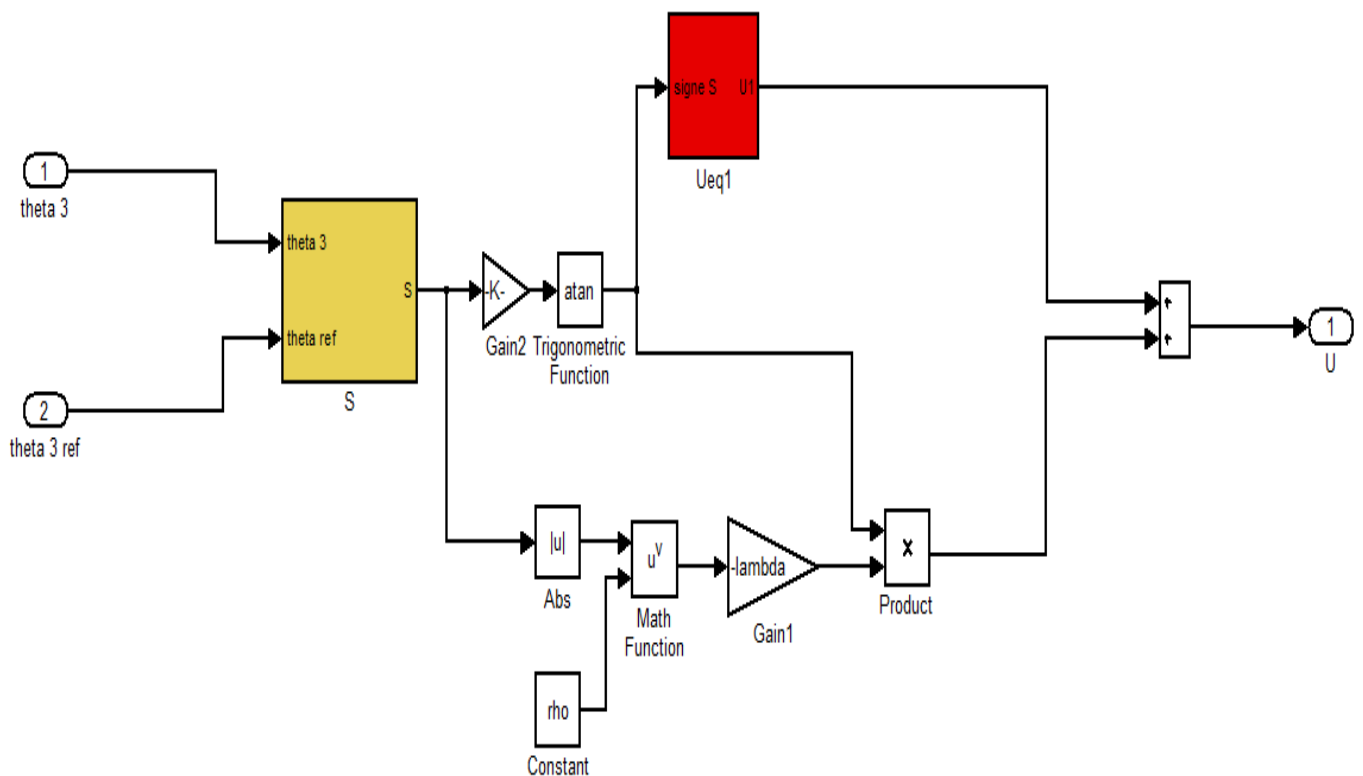
On trace alors les réponses de notre système avec notre correcteur.



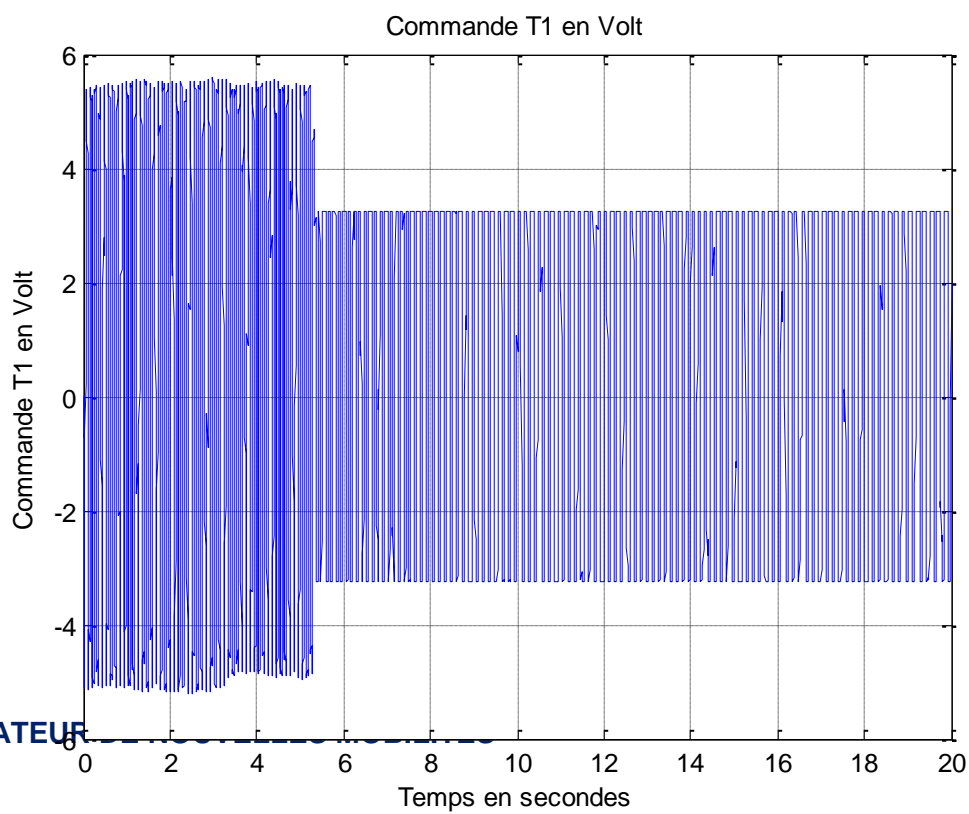
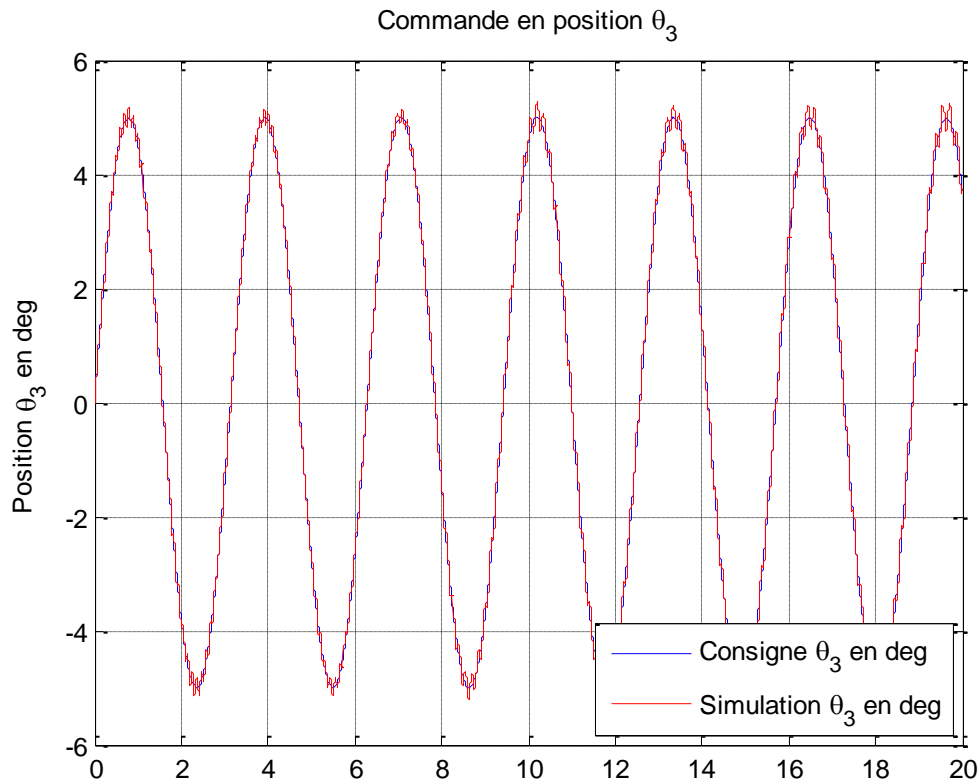


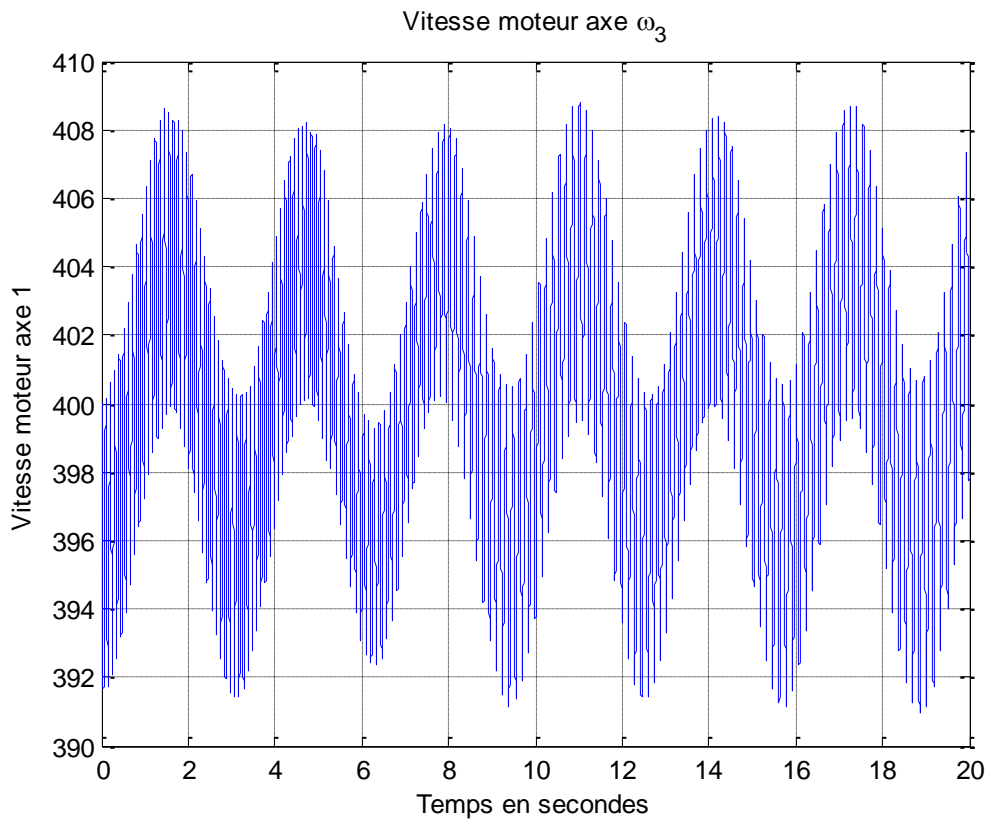
## 8. Sliding Mode ordre 2 (Twisting / Super Twisting Algorithm)

Pour la suite de notre étude, nous synthétisons un Sliding Mode d'ordre 2. Après avoir réalisé un correcteur en Twisting Algorithm nous optons pour un Algorithme en Super Twisting n'ayant pas trouvé de réglage pour le Twisting Algorithm



On obtient alors les réponses suivantes :





## 9. Conclusion

Ce TP nous aura permis de tester différents correcteurs dans le but de réguler la vitesse de rotation d'un plateau gyroskopique. Après différents essais (Correcteur Proportionnel, Proportionnel Dérivé, Sliding Mode d'ordre 1 et d'ordre 2) nous nous sommes aperçu que le correcteur qui correspondait le mieux à nos besoins était le Sliding Mode d'ordre 1. En effet l'utilisation de ce correcteur présente le meilleur compromis entre suivi de la consigne et sollicitation de la commande.