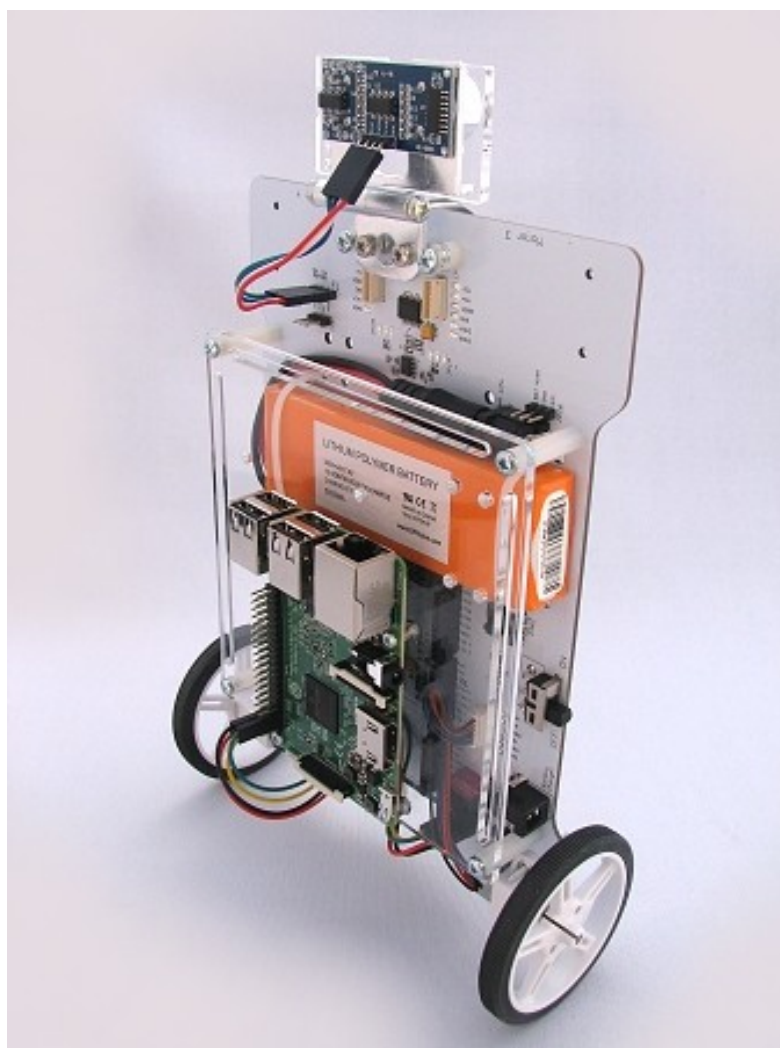




T-QUAD

CONTRÔLE EN MODE GYROPODE



Date de dernière mise à jour : 23/02/2017

Table des matières

1 - Introduction.....	<u>3</u>
2 - Principe de fonctionnement.....	<u>4</u>
2.1 - Maintien en équilibre.....	<u>4</u>
2.2 - Mouvement.....	<u>5</u>
2.3 - Démarrage.....	<u>5</u>
2.4 - Arrêt.....	<u>6</u>
3 - Programme Arduino.....	<u>7</u>
4 - Programme Python.....	<u>8</u>
5 - Application MyViz de contrôle du robot en configuration gyropode.....	<u>9</u>
6 - Important.....	<u>17</u>

1 - Introduction

Cette documentation présente la procédure à suivre pour contrôler le robot T-Quad dans une configuration « gyropode », à savoir « debout » sur ses deux roues arrières.

Les programmes et applications associés à cette activité sont téléchargeables ici :

<https://github.com/3sigma/T-Quad-Gyropode>

2 - Principe de fonctionnement

Ce chapitre décrit le principe de fonctionnement d'un gyropode, qu'il est utile de connaître pour comprendre son comportement.

2.1 - Maintien en équilibre

Deux capteurs sont essentiels pour le maintien en équilibre: un accéléromètre et un gyroscope. T-Quad est équipé d'une unité de mesure inertielle (un MPU9250 d'Invensense) qui combine un accéléromètre 3 axes, un gyroscope 3 axes et un magnétomètre 3 axes. Seul un axe accélérométrique et un axe gyroscopique sont utilisés dans l'asservissement de verticalité.

Un accéléromètre 3 axes permet de mesurer l'accélération du gyropode **plus** l'accélération de la pesanteur dans 3 axes orthogonaux liés au robot. L'algorithme de maintien en équilibre utilise la mesure de l'accélération longitudinale: en effet, quand le gyropode est incliné sans mouvement, l'accéléromètre mesure la pesanteur multipliée par l'angle d'inclinaison:

$$\text{acc} = g \cdot \sin(\theta)$$

La valeur de la pesanteur (g) étant connue (9.81 m/s^2) et l'angle d'inclinaison étant en général faible ($\sin(\theta) \sim \theta$), cela nous permet d'obtenir:

$$\theta = \text{acc}/g$$

Mais la connaissance de l'angle d'inclinaison n'est pas suffisante. En effet, deux cas de figure peuvent se présenter:

- le gyropode est incliné et est en train de tomber (l'inclinaison augmente)
- le gyropode est incliné mais est en train de se redresser (l'inclinaison diminue)

Dans le premier cas, il faudra agir plus fortement que dans le second cas. La distinction entre les deux cas se fait grâce à la mesure de la vitesse de chute (ou de redressement) fournie par un des axes (celui qui est parallèle à l'axe des roues) de mesure du gyroscope.

Avec ces deux mesures (1 axe accélérométrique et 1 axe gyroscopique), nous possédons en théorie assez d'informations pour maintenir correctement le gyropode à la verticale. Cependant, nous avons fait précédemment l'hypothèse d'un gyropode incliné sans mouvement pour la mesure de l'accélération. Or, dans le cas général le gyropode est en mouvement et peut avoir une accélération longitudinale qui va se superposer à l'accélération de la pesanteur:

$$\text{acc_mesurée} = g \cdot \sin(\theta) + \text{acc_longitudinale}$$

Cette accélération longitudinale étant inconnue, on ne peut pas en théorie remonter à l'angle d'inclinaison. Pour cette raison, l'asservissement de verticalité de T-Quad intègre un filtre permettant d'estimer l'angle d'inclinaison à partir des deux mesures de l'accéléromètre et du gyroscope.

Remarque :

T-Quad est capable de se maintenir en équilibre même s'il n'est pas parfaitement équilibré en « statique » (lorsqu'il est éteint). Dans ce cas, il penchera vers l'avant (même à l'arrêt) s'il y a trop de poids sur l'arrière et vice-versa.

2.2 - Mouvement

Avant tout, il est important de bien comprendre comment fonctionne un gyropode: lorsqu'il est en accélération, il se penche en avant dans le sens de la marche pour maintenir son équilibre. En effet, la force de motorisation ne s'applique pas sur le centre de gravité du robot mais au point de contact avec le sol. La force de motorisation engendre donc un couple de rotation du gyropode autour de son centre d'inertie et a tendance à le faire tomber. Pour contrer ce couple de chute, le gyropode asservi se penche en avant pour utiliser la pesanteur.

Le gyropode peut donc rester à l'équilibre en mouvement lorsque le couple de rotation généré par les moteurs est compensé par le couple de rotation généré par la pesanteur.

2.3 - Démarrage

Comme indiqué précédemment, T-Quad se penche vers l'avant lorsqu'il accélère vers l'avant. Or, il est vertical à l'arrêt. La phase de démarrage doit permettre de passer d'un état à l'autre (tout se fait automatiquement). Cette phase permettant de passer de l'état « vertical à l'arrêt » à l'état « penché vers l'avant en accélération » est la suivante:

- Les moteurs vont tout d'abord tourner dans le sens inverse de la marche
- Cela a pour effet de faire pencher le gyropode vers l'avant
- Les moteurs tournent ensuite dans le sens de la marche, leur vitesse de rotation et l'angle d'inclinaison se compensant mutuellement pour éviter la chute

Nous nous trouvons donc en présence du paradoxe suivant: pour avancer, un gyropode doit d'abord (légèrement) reculer.

IMPORTANT !

Si vous démarrez T-Quad collé à un mur à l'arrière, il ne pourra par conséquent pas démarrer puisqu'il ne pourra pas initialement reculer !

2.4 - Arrêt

A l'inverse du démarrage, quand le robot s'arrête, il doit transitoirement se pencher vers l'arrière, dans le sens contraire au mouvement, pour freiner (sinon, il chute vers l'avant). La seule façon de réaliser ça est de faire en sorte que la base du gyropode aille transitoirement plus vite que son centre de gravité. Par conséquent, pour s'arrêter, le gyropode doit tout d'abord accélérer !

S'il roule déjà à la vitesse maximale permise par les moteurs, il ne pourra plus accélérer et sera donc incapable de s'arrêter. La vitesse du robot est limitée à 70 cm/s dans les différentes applications de pilotage, ce qui permet de conserver aux moteurs une réserve d'accélération suffisante pour que ceux-ci puisse réaliser un arrêt du robot.

Une dernière conséquence est que l'arrêt immédiat d'un robot gyropode n'est pas possible. Si on coupe brutalement l'alimentation des moteurs, le robot va chuter, entraîné par sa vitesse.

3 - Programme Arduino

Dans le cas où cette activité se fait avec un programme Python exécuté sur un éventuel mini-ordinateur ajouté au robot (pcDuino, Raspberry Pi ou autre), il faut charger sur la carte Arduino Mega le firmware Arduino, composé des fichiers téléchargeables à cette adresse :

https://github.com/3sigma/T-Quad/tree/master/Arduino/Firmware_i2c

Ils sont également contenus dans l'archive suivante :

<https://github.com/3sigma/T-Quad/archive/master.zip>

ATTENTION !

Ce firmware est déjà chargé à la livraison du robot : si vous n'avez encore jamais reprogrammé l'Arduino Mega et s'il n'existe pas de nouvelle version de ce firmware, ce n'est pas nécessaire de le charger à nouveau.

Dans le cas contraire, la procédure à suivre pour la programmation est la suivante:

- Si ce n'est pas déjà fait, installez l'IDE Arduino et les bibliothèques additionnelles nécessaires (voir la documentation générale : https://github.com/3sigma/T-Quad/raw/master/T-Quad_General.pdf)
- Ouvrez le programme Firmware_i2c.ino téléchargé précédemment dans l'IDE Arduino
- Mettre le robot sous tension en appuyant sur le bouton marche-arrêt
- Connecter le câble USB reliant l'ordinateur et la carte Arduino Mega
- Lancer le téléchargement

4 - Programme Python

Dans le cas où cette activité se fait avec un programme Python exécuté sur un éventuel mini-ordinateur ajouté au robot (pcDuino, Raspberry Pi ou autre), ce programme est déjà présent sur la carte. Cependant, il peut être nécessaire de mettre ce programme à jour avec la dernière version, disponible à l'adresse suivante :

https://github.com/3sigma/T-Quad-Gyropode/tree/master/programmes_python

Il est également contenu dans l'archive suivante :

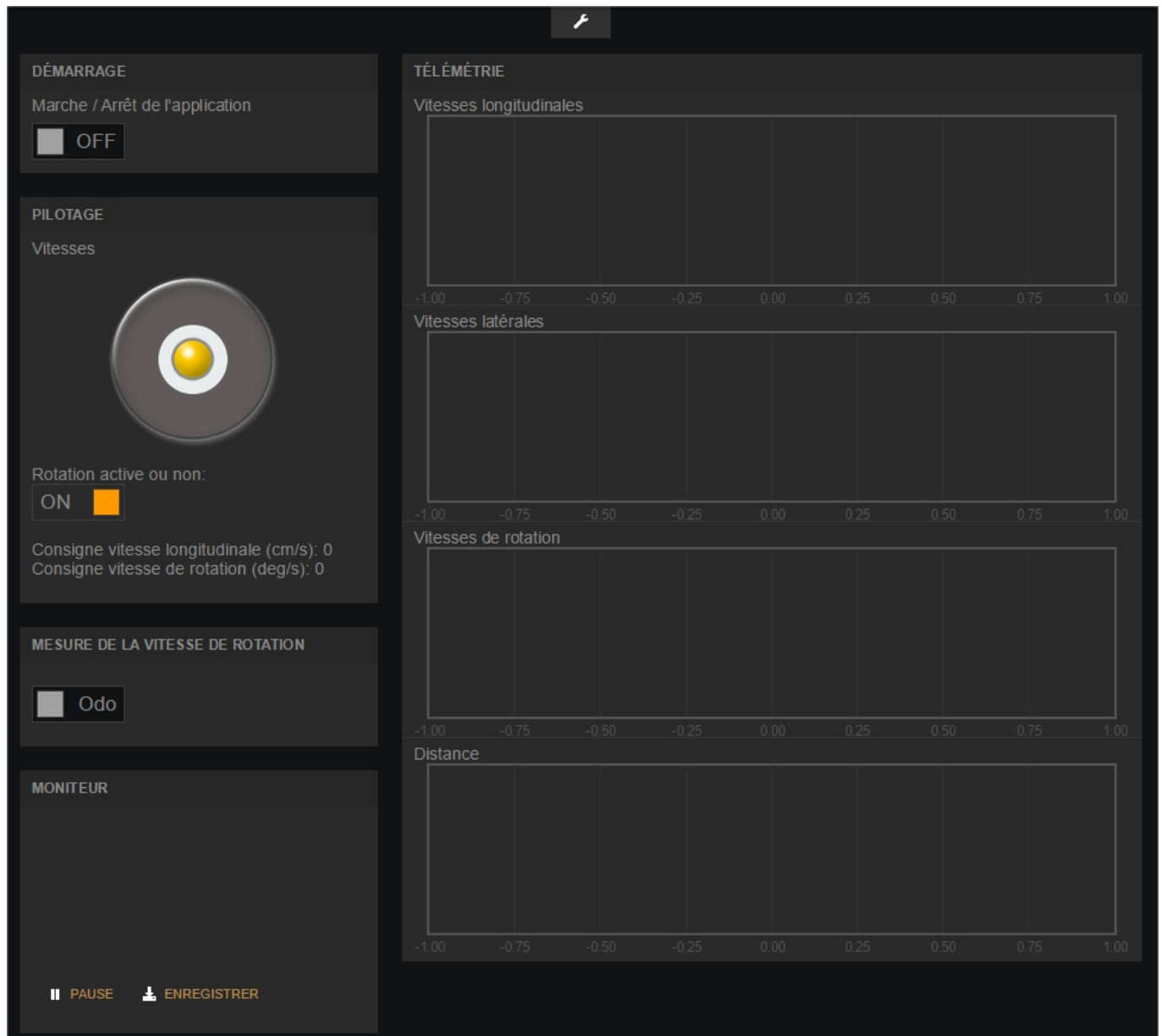
<https://github.com/3sigma/T-Quad-Gyropode/archive/master.zip>

Noter que le comptage des interruptions permettant de mesurer la vitesse de rotation des moteurs n'est pas réalisé par ce programme. En effet, le système d'exploitation standard de ce type de mini-ordinateur ne permet pas de faire ces manipulations avec suffisamment de performances. Cette tâche est donc sous-traitée à la carte Arduino Mega.

5 - Application MyViz de contrôle du robot en configuration gyropode

Les activités réalisées sur le robot T-Quad utilisent en général le logiciel MyViz, très souple pour créer des tableaux de bord de pilotage et de visualisation de données.

Après l'avoir téléchargé (voir les liens sur la page de téléchargement consacrée à T-Quad : http://www.3sigma.fr/Telechargements-T_Quad.html) et installé, lancez son exécution. Le tableau de bord initialement affiché sera similaire à la capture d'écran ci-dessous :



Pour réaliser cette activité, les conditions suivantes doivent être remplies :

- le robot doit être allumé
- l'ordinateur doit être connecté en Wifi au robot
- le firmware Arduino doit être chargé (voir chapitre 3)

Charger ensuite le tableau de bord de pilotage dans MyViz. Pour cela, il faut tout d'abord récupérer ce dernier sur votre ordinateur, à partir du lien suivant :

https://raw.githubusercontent.com/3sigma/T-Quad-Gyropode/master/MyViz/T-Quad_Gyropode_Reseau.json

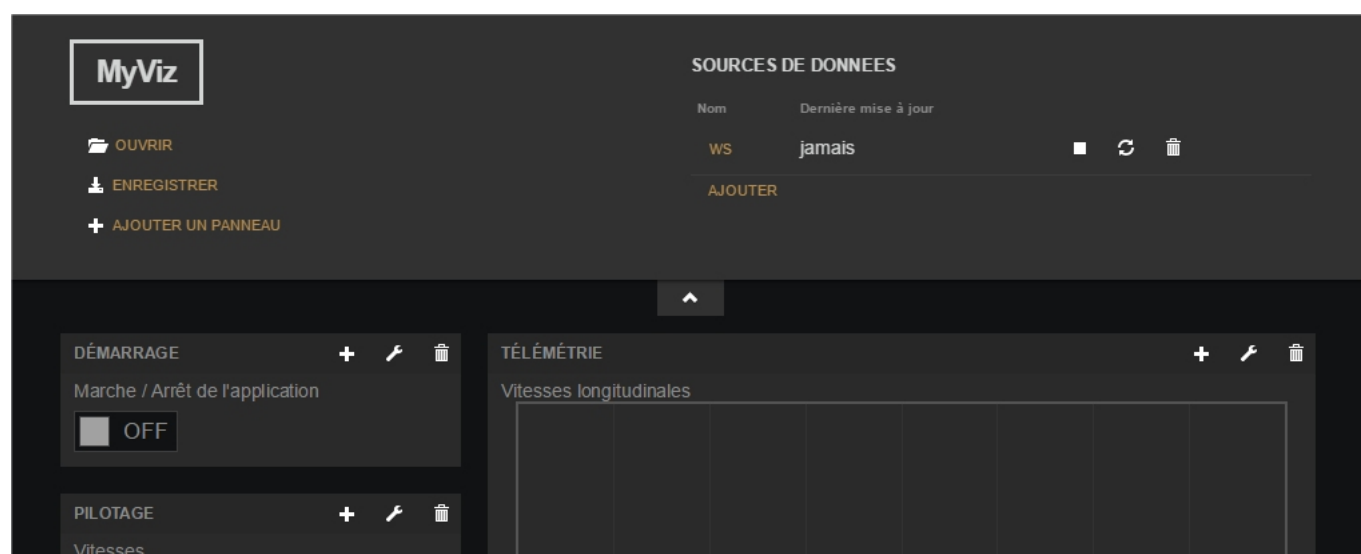
Il se trouve également dans l'archive suivante :

<https://github.com/3sigma/T-Quad-Gyropode/archive/master.zip>

Pour l'ouvrir dans MyViz, il suffit ensuite de cliquer sur la clé en haut de la fenêtre :

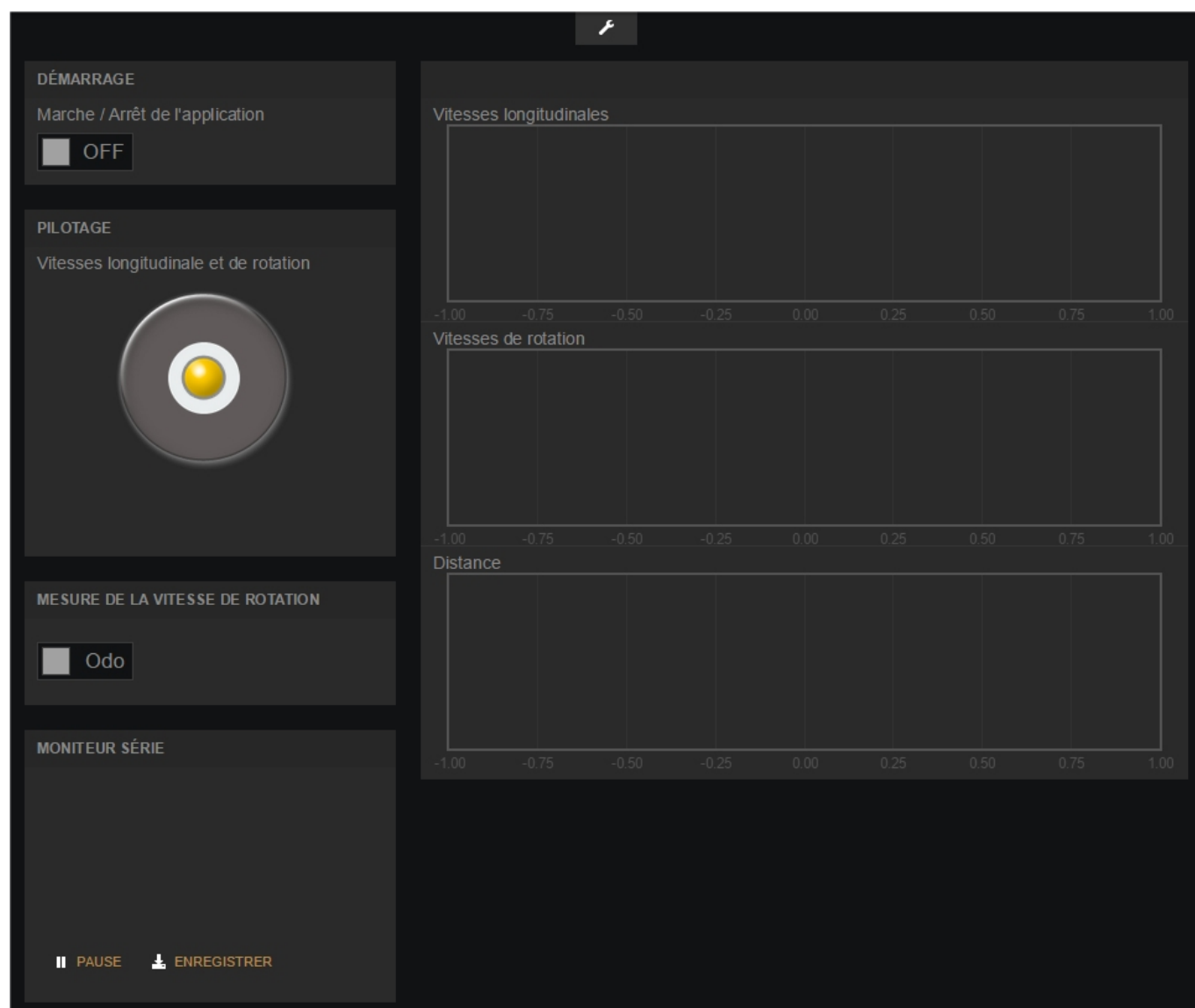


Ceci permet de déplier le panneau supérieur :



Cliquez sur « Ouvrir » et sélectionnez le fichier T-Quad_Gyropode_Reseau.json que vous venez de télécharger.

Le tableau de bord s'affiche alors :



Son utilisation est a priori intuitive. Il faut cependant noter les points suivants :

- le démarrage de l'application se fait via la bouton marche-arrêt en haut à gauche
Attention : il faut attendre quelques secondes avant de voir apparaître les courbes de télémétrie et de pouvoir piloter les vitesses

- le bloc « Pilotage » est composé d'un « Joypad » pour contrôler les deux degrés de liberté (mouvements longitudinal et de rotation)
 - lorsque le centre de la boule jaune du joypad se trouve à l'intérieur du disque blanc, seule la rotation du robot autour de son axe vertical est possible. La vitesse de rotation dépend de la position de la boule
 - lorsque le centre de la boule jaune du joypad se trouve à l'intérieur de l'anneau gris, la consigne de mouvement donnée au robot est la combinaison d'une vitesse longitudinale et d'une vitesse de rotation, en fonction de la position de la boule
- dans le bloc « Mesure de la vitesse de rotation », l'interrupteur a deux positions
 - « Odo » : par défaut, la vitesse de rotation est calculée par odométrie, à partir de la vitesse de rotation des roues
 - « Gyro » : quand cette option est activée, la vitesse de rotation du robot est mesurée grâce à la mesure gyroscopique autour de l'axe vertical.
Attention : à cause des bruits et de l'offset du capteur, la rotation mesurée n'est pas nulle même si le robot est immobile. Cela peut donc conduire à de légers mouvements de ce dernier même si la consigne de pilotage est nulle.

En fonctionnement, ce tableau de bord peut avoir l'allure suivante :



6 - Important

T-Quad est un produit « vivant » en constant développement pour l'améliorer ou lui ajouter de nouvelles fonctionnalités. Si vous avez des idées ou des besoins pour des développements spécifiques, n'hésitez pas à nous contacter (support@3sigma.fr).

Ne restez jamais bloqué sans nous contacter !

Pour tout problème ou toute requête, contactez-nous à l'adresse support@3sigma.fr