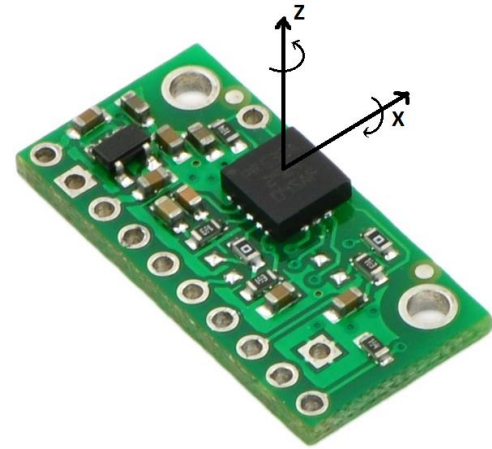


Laboratoire N° 3

Gyroscopes à taux (rate gyroscope)

(Matériel nécessaire fourni : table tournante, surface antidérapante, règle de 30 cm, masking tape, LEGOs inclinés).



Partie 1 – Gyroscope à deux axes

Le gyroscope utilisé (modèle LPR510AL) mesure les vitesses de rotation sur deux axes, tel que montré ci-contre. Pour chacun des axes, le gyroscope offre une sortie « normale » et une sortie amplifiée (4x). Le tableau plus bas donne les caractéristiques du capteur.

Table 3. Mechanical characteristics @ Vdd = 3 V, T = 25 °C unless otherwise noted⁽¹⁾

Symbol	Parameter	Test condition	Min.	Typ. ⁽²⁾	Max.	Unit
FSA	Measurement range	4x OUT (amplified)		±100		°/s
FS		OUT (not amplified)		±400		°/s
SoA	Sensitivity ⁽³⁾	4x OUT (amplified)		10		mV/ °/s
So		OUT (not amplified)		2.5		mV/ °/s
SoDr	Sensitivity change vs temperature	Delta from 25°C		0.03		%/°C
Voff	Zero-rate level ⁽³⁾			1.23		V
Vref	Reference voltage			1.23		V

Les canaux 5, 6, 7 et 8 du convertisseur analogique-numérique correspondent respectivement aux sorties Z (1x), Z (4x), X (1x) et X (4x) du gyroscope. Utilisez le script `Labo3Q1.m` pour afficher, à chaque 0.2 secondes environ, la dernière seconde de données des sorties Z (1x), Z (4x). N'OUBLIEZ-PAS D'ALLUMER LE ROBOT POUR ALIMENTER LES CAPTEURS! Observez la différence de sensibilité du gyroscope entre les canaux 1x et 4x. Observez également la saturation qui survient lorsque vous faites tourner très rapidement le gyroscope, pour la sortie 4x. Le gyroscope a en effet des valeurs de sorties minimales et maximales.

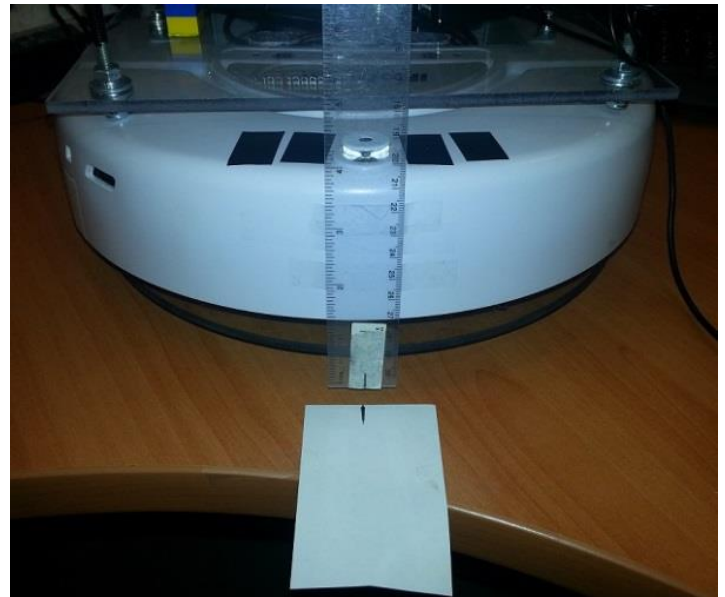
Pour les parties 2 et 3, vous pouvez les faire soit avec le signal 1x, soit avec le signal 4x. Le signal 4x est plus précis, mais peut saturer. Le signal 1x est moins précis, mais risque beaucoup moins de saturer.

Partie 2 - Calibration du gyroscope

Les valeurs de sortie du gyroscope varient autour d'un niveau moyen (zero level) qui correspond à l'absence de rotation du capteur. Cette valeur moyenne *Voff*, autour de 1.23V, est mentionnée par le fabricant (voir le tableau ci-haut), mais peut varier légèrement d'un gyroscope à l'autre à cause des imprécisions de fabrication de l'électronique. Il vous faut, par conséquent, calibrer cette valeur *Voff*. Accumulez environ 30 secondes de données à l'aide du script `Labo3Q2.m`, en vous assurant que la variable `timeDesired` est à 30. Pendant cette capture de données, il sera très important de garder le capteur immobile. Accrocher, faire vibrer (ou même souffler!) sur le capteur faussera le résultat. Calculez la valeur moyenne du signal dans la variable `adjustedResult` à l'aide de la commande `mean` dans Matlab. Cette valeur correspondra à *Voff* pour votre capteur. Conservez-la précieusement dans une variable appelée `BiaisZero`. Au besoin, sauvegardez-la sur disque avec la commande `save`, ou notez-la sur papier.

Partie 3 – Intégration des mesures

Déposez la table tournante sur une surface antidérapante fournie par la personne donnant le laboratoire. Placez ensuite le robot sur la table tournante, en vous assurant qu'il est stable. Faites un nouvel enregistrement avec `ros4mat` d'environ deux minutes en modifiant le script `Labo3Q2.m` pendant lesquelles vous ferez tourner le plateau sur 360° plusieurs fois, en marquant d'une pause de quelques secondes entre chaque tour de 360°. Aidez-vous d'un point de repère sur la table tournante et sur la table, comme sur la photo ci-contre, afin de faire les rotations à 360° précisément. Essayez de faire tourner le plateau à des vitesses différentes, en faisant très attention à ne pas faire saturer les signaux. Chaque tour de plateau prendra donc au moins 5-10 secondes.



En effectuant une commande `plot` sur les données sauvegardées dans `adjustedResult` et en utilisant le zoom de figure (au besoin), séparez la séquence en morceau correspondant à chacun des tours de 360 degrés. Par exemple, si vous voyez que le premier tour se fait entre les échantillons 200 et 1200, créez un nouveau vecteur avec une commande similaire à celle-ci :

```
TauxRotationEnVolt = Donnees(200:1200,2)-BiaisZero;
```

L'index de la dimension (ici 2) dépendra de votre format de données. La variable `BiaisZero` est la valeur moyenne trouvée à la Partie 2. L'intégration complète du signal peut se faire avec la commande suivante :

```
Integrale = sum(TauxRotationEnVolt)*dt;
```

où dt correspond à l'intervalle de temps entre les échantillons (par exemple, $dt=1/140$ si vous aviez 140 Hz comme fréquence d'échantillonnage). Le gain en rad/s/V (ou rad/sV) se trouvera avec la relation suivante:

$$\text{Gain} = 2\pi / \text{Integrale};$$

Estimez ce gain sur toutes les rotations enregistrées. Est-ce qu'il varie beaucoup? À partir de maintenant, vous devez toujours utiliser ce gain dans les intégrations du signal du gyroscope, i.e.

$$\text{TauxRotation} = \text{Gain} * (\text{Donnees} - \text{BiaisZero});$$

Partie 4– Influence de l'angle du gyroscope

Faites de nouveaux enregistrements en modifiant Labo3Q2.m, mais en plaçant le capteur sur un plan incliné (utilisez les Lego inclinés à cette fin). Faites quelques tours de 360 degrés, toujours en marquant un tour complet d'une pause de quelques secondes. Comparez les résultats de l'angle final obtenu avec l'intégration du signal calibré dans matlab par rapport à un estimé de 360 degrés. En particulier, est-ce que la position du capteur sur le disque change la mesure de sa rotation? Est-ce que l'inclinaison du capteur vient changer la mesure?

Partie 5 – Estimation de la dérive du gyroscope

Orientez le disque dans un angle connu à l'aide d'une référence. Faites une capture d'environ une minute en modifiant Labo3Q2.m, pendant laquelle vous faites des rotations horaires et antihoraires de 10-100 degrés autour de cette référence, donc sans jamais compléter un tour. Ceci simulera un robot qui se déplace en tournant régulièrement, par exemple, mais qui ne fait jamais un tour complet. Avant la fin de l'enregistrement, revenez exactement à l'angle de référence du départ, et conservez le robot dans cet angle.

Un coup l'enregistrement terminé, faites l'intégration du signal calibré dans matlab. S'il n'y avait pas d'erreur, l'angle du début devrait être le même que celui de la fin. Quelle est l'erreur accumulée (dérive) sur l'angle que vous constatez?

Partie 6 – Création d'une carte de l'environnement

Vous allez maintenant utiliser le script Labo3Q6.m qui lit le capteur infrarouge et le gyroscope pour créer une carte de l'environnement. La carte sera construite en faisant tourner le robot. Ainsi, vous allez scanner l'environnement en 2D, avec des mesures en coordonnées polaires (i.e. distance et angle). Déposez la table tournante et le robot sur le plancher. Assurez-vous d'avoir des obstacles intéressants (boîtes de carton, poubelle ronde, jambes stables, mur, etc) autour du robot. Assurez-vous également que tous les obstacles soient situés à 20 cm ou plus du robot (le capteur IR fonctionne pour des distances de 20-150 cm).

Pour tracer cette carte, l'angle du robot est calculé en fonction du temps. Il vous faudra modifier les paramètres `BiaisZero` et `Gain` dans le fichier `Labo3Q6.m` pour refléter votre calibration de la partie 2 et 3. Amusez-vous à faire plusieurs cartes en déplaçant les objets entre les scans! Il se peut que des objets plats apparaissent bombés : ceci sera le symptôme attribuable à la calibration en distance du capteur infrarouge par défaut dans le script qui est différente de votre capteur.