Module OUT104	Méthodes de recueil et traitement de données	M1 IEMH
TP5	CALIBRATION D'UN INCLINOMETRE	v.1.0

Description des tâches liées à l'activité :

Tâchos	Indicateurs de réussite		autonomie	
Taches			ok	
T1	Configurer et acquérir simultanément deux entrées analogiques			
T2 à T4	Calibrer un inclinomètre à partir de 2 axes d'un accéléromètre			
Т5	> Rédiger une synthèse de ses travaux pratiques.			

Description des sous-tâches :

Compétences	Sommaire et indicateur de performances	Val oui	Validité oui non	
Configurer un outil d'acquisition	T (1) Acquérir simultanément deux entrée analogiques	· 🗆		
Maîtriser l'environnement Matlab	T (2) Calibrer l'accéléromètre en fonction de diverse configurations géométriques	,		
	T (3) Calibrer la sortie de votre accéléromètre			
Calibrer un accéléromètre 3 axes en inclinomètre	T (4) Filtrer un mouvement oscillatoire			
Rédiger un compte-rendu	T (5) Rédiger son compte rendu			

PRÉSENTATION DU PROBLÈME TECHNIQUE

L'accéléromètre fait maintenant partie intégrante de la chaussure intelligente connectée. Aujourd'hui de nombreuses sociétés d'équipements sportifs, proposent des semelles qui intègrent de nombreux capteurs comme le GPS ou bien encore un accéléromètre, pour mesurer les données biomécaniques du coureur lors des phases d'effort. Une application sur smartphone peut alors analyser ces données pour informer le coureur en temps réel, et lui conseiller d'adapter son rythme à l'effort afin de mieux répartir la charge sur ses pieds, car si la chaussure détecte une anomalie pouvant entrainer un traumatisme, elle pourra immédiatement prévenir le coureur.

CAHIER DES CHARGES

Vous devez calibre un inclinomètre en utilisant 2 axes (X et Y) de l'accéléromètre 3 axes mis à votre disposition (Fig. 1) au moyen d'une carte d'acquisition NI USB. Vous devez alors câbler votre capteur sur le module d'acquisition, réaliser les différents scripts d'acquisition et de traitement des données sous Matlab, calibrer votre capteur pour enregistrer un mouvement de rotation entre $\pm 90^{\circ}$.



Figure 1. TINKERKIT - Module accéléromètre

ICONOGRAPHIE

X Tâche expérimentale

Tâche de rédaction ou de réflexion

Tâche utilisant un outil informatique (rédaction, expérimentation, recherche Internet)

Tâche de lecture d'annexe pour comprendre des notions théoriques

MATERIELS REQUIS

- Un module d'acquisition NI USB-6008 (ou NI USB-6009)
- Un module accéléromètre TINKERKIT
- Un tournevis

- Logiciel Matlab équipé de la Toolbox Data Acquisition

ORGANISATION DES TACHES

T (1) : Acquérir des données simultanément suivant 2 entrées analogiques

- T (1.1) Câbler votre accéléromètre sur la carte d'acquisition NI-USB, en câblant sur l'entrée analogique ai0 l'axe X et sur l'entrée analogique ai4 l'axe Y de votre accéléromètre en ayant préalablement dénudés et torsadés vos fils avant de les visser sur la carte NI.
- **T (1.2)** Utiliser le script ci-dessous faire une acquisition des deux voies ai4 et ai0 simultanément durant 5 secondes (i.e., Fe = 100Hz et N = 500).

```
session = daq.createSession('ni'); % Créer une session d'acquisition
session.Rate = Fe; % Réglage de la fréquence d'acquisition
session.DurationInSeconds = N/Fe; % Réglage de la durée d'acquisition
% N étant le nombre d'échantillons
% Choix du canal d'acquisition 0 en mode tension
channels = addAnalogInputChannel(session,'Dev1',[4 0],'Voltage');
channels(1).TerminalConfig = 'SingleEnded';
channels(1).Range = [-10.0 10.0] ;
channels(2).TerminalConfig = 'SingleEnded';
channels(2).Range = [-10.0 10.0] ;
[data, time] = startForeground(session); % récupération des données
release(session); % fermer la session
% Entrée analog. 0 : Data[:,1]
% Entrée analog. 4 : Data[:,2]
```

T (2) : Calibrer les sorties en utilisant trois configurations géométriques

T (2.1)

Placer votre accéléromètre suivant la configuration ci-dessous, puis réaliser un enregistrement de l'accélération suivant X et suivant Y :



En déduire V_0 en calculant la moyenne de a_y , puis V_{g+} en calculant la moyenne de a_x . Cette position représentera la position angulaire $\theta = 0^\circ$, où θ représentera l'angle orienté (ou inclinaison) de l'axe Ox par rapport à g.

T (2.2)

Changer l'orientation de votre accéléromètre pour le placer suivant la configuration ci-dessous, puis réaliser un enregistrement de l'accélération suivant X et suivant Y :



Confirmer les valeurs de V_0 en calculant la moyenne de ax, puis V_{g+} en calculant la moyenne de a_y .

T (2.3)

Changer à nouveau l'orientation de votre accéléromètre pour le placer suivant la configuration ci-dessous, puis réaliser un enregistrement de l'accélération suivant X et suivant Y :



Confirmer la valeur de V_0 en calculant la moyenne de ax, puis V_{g} en calculant la moyenne de a_y .

On observera que $V_{g_{-}} > V_{g_{+}}$ du fait des choix de l'orientation des axes qui ont été fait sur le plan hardware du module accéléromètre TINKERKIT.

<u>T (3) : Calibrer la sortie de votre inclinomètre</u>

T (3.1) En utilisant l'équation de calibration d'un axe de l'accéléromètre déterminée lors du TP 4, utiliser le script fourni ci-dessous pour contrôler le calcul de la sortie de l'inclinomètre pour les 3 configurations angulaires décrites durant T(2).

```
close all % fermer toutes les figures antérieures
figure(1)
AxeY = (Data(:,1)-V0)*2*9.81/(VgPlus-VgMoins); % calibration axe Y
AxeX = (Data(:,2)-V0)*2*9.81/(VgPlus-VgMoins); % calibration axe X
plot(time, AxeX,'b');
hold on; % Superposer un autre graphe
plot(time,AxeY,'r');
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Temps (s)')
figure(2)
theta = -atan2(AxeY,AxeX)*180/pi ; % inclinaison en deg
xlabel('Temps (s)')
ylabel('Inclinaison \theta (°)')
```

T (3.2) Enregistrer alors puis représenter un mouvement oscillatoire en partant de $\theta = 0^\circ$ (axe X vers le bas) entre +90° et -90° durant **10 secondes**.

T (4) : Filtrer un mouvement

T (4.1)
Représenter ensuite votre acquisition calibrée et filtrée au moyen d'un filtre passe-bas du 4^{ème} ordre et de fréquence de coupure 10Hz.
Pour déterminer les coefficients du filtre numérique :

[B,A] = butter (N, Fc/ (Fe/2));
N : ordre du filtre ; Fc : fréquence de coupure
B : coefficients du filtre (numérateur)
A : coefficients du filtre (dénominateur)

Pour filtrer les données acquises :

```
theta_filtree = filter(B,A,theta);
% theta : données d'entrée; theta_filtrée : données filtrées
% B : coefficients du filtre (numérateur)
% A : coefficients du filtre (dénominateur)
```

```
T (4.2)
```

Conclure sur les effets du filtrage des données en superposant sur un même graphique des données brutes et filtrées.

<u>T (5) : Rédiger son compte rendu</u>

- **T (5.1)** Rédiger votre compte-rendu de façon informatique avec le logiciel de votre choix, puis produire un fichier pdf par trinôme (ou quadrinôme) dont le nom sera : TP5-M1OUT104-nom1-nom2-nom3-nom4.pdf
- T (5.2) Envoyer votre fichier de compte-rendu par courriel à votre enseignant.

**** FIN ****