

TD INTÉGRATION ET DÉRIVATION NUMÉRIQUE

1 Mesure d'une position par un capteur accélérométrique

Un capteur accélérométrique permet de mesurer une accélération. Il est généralement constitué d'une masselotte fixée au boîtier de la pièce en mouvement par un ressort. L'élongation du ressort permet de déterminer l'accélération du boîtier par rapport à un référentiel galiléen. Ces composants ont été largement miniaturisés durant les 10 dernières années pour s'intégrer aux téléphones portables, tablettes, manettes de jeux et autres objets électroniques ayant besoin de mesurer un mouvement.

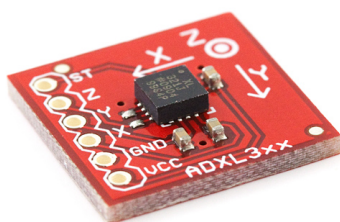


FIGURE 1 – Accéléromètre miniature

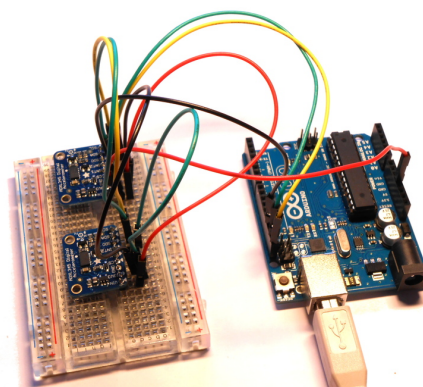


FIGURE 2 – Montage de l'accéléromètre sur l'arduino pour la mesure

Ce problème vise à tester les possibilités de mesure de ces composants : peut-on, à partir de la mesure de l'accélération, remonter facilement à la vitesse, voire à la trajectoire du boîtier dans lequel est monté le capteur ?

Pour les besoins du test, un capteur accélérométrique a été branché sur un arduino chargé de récupérer les mesures par un bus I2C et de retransmettre ces mesures à l'ordinateur par un protocole série. Les données envoyées par l'arduino sont pour chaque ligne : l'intervalle de temps écoulé depuis la précédente mesure (en micro-secondes) et les accélérations mesurées suivant X, Y et Z.

Au début de la mesure, le capteur est à l'arrêt, à plat, durant quelques secondes puis il est déplacé en translation pour décrire un carré horizontal de côté environ égal à 0.5 m. Le fichier de point est fourni dans le dossier du TP : `mesure_accelero.txt`.

1.1 Importation des mesures et visualisation

Q1. Ouvrir le fichier de mesure et identifier le format des données. L'échantillonnage est-il constant comme dans le cas de la trajectoire d'usinage ? Écrire le programme permettant de charger les données dans les variables DT , AX , AY et AZ .

Les pas de temps DT sont donnés en micro-secondes mais ne permettent pas en l'état de tracer l'évolution des courbes d'accélération en fonction du temps. Par ailleurs, les accélérations sont données en incréments et doivent être étalonnées, sachant que 10 ms^{-2} correspond à 255 incréments.

Q2. Écrire le programme permettant de calculer un vecteur des temps T qui permettra de tracer les courbes en fonction du temps (en secondes). Étalonner les courbes de façon à exprimer les données en ms^{-2} .

Q3. Tracer les trois courbes d'accélération. Que constatez vous en début d'essai lorsque le capteur est immobile ? Pouvez-vous interpréter les valeurs d'accélération obtenues ?

1.2 Intégration de l'accélération et traitement des mesures

Pour obtenir la vitesse de déplacement, il faut intégrer l'accélération.

Q4. Proposer un programme permettant de calculer les composantes de vitesses V_X , V_Y et V_Z . Tracer l'évolution des composantes de vitesses : que constatez vous ?

Pour un résultat exploitable, une première précaution consiste à régler l'offset en début de mesure.

Q5. Calculer les moyennes des mesures d'accélération dans les trois directions durant le temps de repos et retrancher cette valeur aux courbes de façon à assurer une accélération nulle en moyenne en début d'essai. Refaire le calcul des vitesses et interpréter les courbes obtenues.

1.3 Double intégration et tracé de trajectoires

Q6. Intégrer à nouveau les composantes de vitesse de façon à obtenir les composantes de position du capteur. Tracer les courbes et interpréter le résultat.

Q7. Tracer la trajectoire du capteur calculée dans le plan (\vec{x}, \vec{y}) et conclure sur les possibilités de mesure de position à l'aide d'un capteur accélérométrique.

2 Génération de trajectoire pour une imprimante 3D

Une imprimante 3D est un appareil permettant de fabriquer un objet volumique (généralement en plastique) par ajout de matière. Les imprimantes grand public sont constituées d'une tête chauffante faisant fondre un fil de plastique pour le déposer sur la zone à imprimer. La tête est montée sur 3 axes de translation de façon à déposer le fil fondu et progressivement former la géométrie de la pièce à fabriquer.

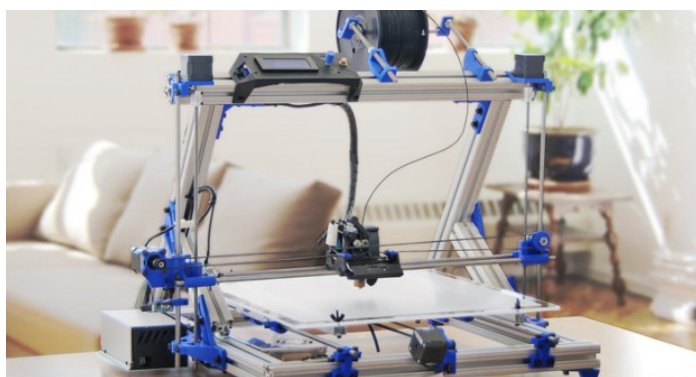


FIGURE 3 – Imprimante 3D cartésienne grand public

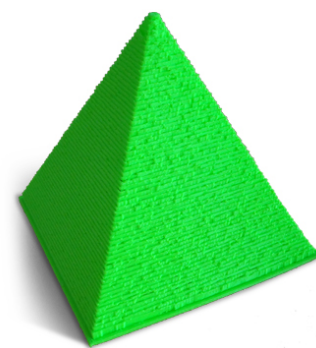


FIGURE 4 – Pyramide imprimée sur une imprimante 3D

La tête est régulée en température de façon à faire fondre à la bonne température le fil. Néanmoins, l'asservissement étant lent, le fil doit sortir à une vitesse constante pour maintenir les bons réglages. Cette contrainte impose à la tête de parcourir une trajectoire à vitesse constante elle aussi.

Nous cherchons dans ce problème à générer la trajectoire de consigne pour la tête d'impression, de façon à créer une pyramide miniature.

2.1 Trajectoire pour former une pyramide

La génération de la trajectoire brute (sans tenir compte de la vitesse de déplacement) nécessitant un peu de temps, le programme vous est donné dans le fichier pyramide.py.

Q8. Ouvrir le fichier et exécuter les commandes de façon à observer la trajectoire brute calculée.

2.2 Génération de la trajectoire machine

Cette trajectoire brute est constituée de segments plus ou moins long, mais ne présente aucun échantillonnage temporel : chaque segment visible est uniquement constitué de deux points extrémité.

Pour obtenir une trajectoire machine, il faut échantillonner la courbe en pas de temps réguliers de 10 ms en assurant une vitesse constante de $V_0 = 1 \text{ mm/s}$.

Q9. Créer une liste de temps pour la trajectoire brute, en considérant que chaque segment est parcouru à la vitesse V_0 .

Q10. Créer une liste de temps pour la trajectoire machine (en secondes).

Q11. Calculer par interpolation les coordonnées (x, y, z) pour chaque pas de temps machine puis tracer la trajectoire machine de façon à s'assurer qu'elle est bien identique à la trajectoire brute.

Q12. Calculer la vitesse d'avance obtenue par la trajectoire machine et vérifier qu'elle est bien constante et égale à V_0 .