

Rapport de Projet Scientifique et Technique : fabrication d'un bras robotique de pelleteuse.

VICTOR MAZOYER & ROBIN MENELOT

INSA de Lyon Génie Mécanique

Résumé

Ce rapport présente le Project Scientifique et Technique que nous avons mené à bien lors de notre second semestre de troisième année au sein du département Génie Mécanique à l'INSA de Lyon. Vous pourrez trouver dans ce rapport la synthèse de notre travail, les méthodes et nos résultats. Nous souhaitons remercier notre tuteur Nans Biboulet pour son soutien, nos coéquipiers qui travaillaient sur des projets similaires et avec qui nous avons su maintenir des relations d'entraide.

I. INTRODUCTION

L'objectif est de réaliser un bras de pelleteuse en utilisant un kit de Lego Mindstorms EV3. Le kit nous permet de réaliser rapidement des prototypes fonctionnels avec des composants interchangeables. Nous avons déjà utilisé ce kit pendant la semaine d'intégration de GM et en P2i mécatronique. Cependant nous ne pilotons pas les moteurs/-capteurs avec les mêmes outils.

Pour la partie programmation l'objectif est de piloter entièrement le bras à travers un réseau sans fil. Et pour cela il a fallu utiliser et paramétrer un environnement de programmation avec lequel nous n'étions pas familier. Ce projet permet donc d'apprendre à utiliser le terminal Linux, la création d'architecture Réseau sous Python et enfin de gérer les moteurs du Kit Lego.

i. Cahier des charges

Voici les instructions que nous avons avant de commencer notre projet :
Réaliser en lego ev3 une
cabine d'engin de chantier
type pelleteuse. Commander à

travers un réseau sans fil les
mouvements de l'engin: rotation
horizontale, bras, godet.
Vous commanderez l'engin en
utilisant les capteurs de votre
smartphone, un peu comme une
manette de Wii, (ou à défaut
d'un raspberry équipé d'une
board de capteurs).

II. PROGRAMMATION

Contrairement à ce qu'il peut paraître, la grosse majorité de notre projet était en réalité de la programmation. Entre l'apprentissage des différents outils, la familiarisation du nouvel environnement informatique et l'écriture du code, notre temps de travail s'est concentré sur la partie numérique du projet. Les choix d'outils liés à notre projet se sont révélés être largement utilisés à travers le monde, et donc on avait accès à de nombreuses aides et ressources sur internet.

i. Architecture

i.1 Composants du système

Notre système se compose en quatre parties plus ou moins indépendantes : l'ordinateur, le Raspberry Pi, la brique Lego, les moteurs. Chaque composant joue un rôle particulier et déterminant dans le système. Il nous était imposé d'utiliser chaque composant.

L'ORDINATEUR était un élément principal lors de notre travail, en effet, celui-ci nous permettait d'écrire nos programmes, écrire les programmes sur les autres composants via une connection SSH, faire nos recherches et piloter notre bras robotique. On a fait le choix d'utiliser Linux, de naviguer dans nos fichiers et d'écrire nos programmes grâce au Terminal et à l'éditeur de texte Vim.

LE RASPBERRY PI¹, est une carte électronique (de la taille d'une grosse carte bleue), qui se comporte comme un ordinateur. Dotée de port HDMI, USB, d'un émetteur/receveur WIFI, d'un accéléromètre piézoélectrique et bien d'autre encore, nous a servi comme serveur et de relais entre les autres composants, en plus d'être une manette tridimensionnelle pour notre robot.

LA BRIQUE LEGO, est le relais entre les informations numériques et les sorties mécaniques des moteurs. La brique a pour rôle de convertir les instructions codées en mouvement physique des moteurs constituant notre robot.

i.2 Interactions des parties

Afin de transformer chaque composant indépendant en un système entier il faut les faire communiquer. Au vu de nos connaissances en informatique, on a opté pour un système de communication impliquant des SOCKETS, et donc un système serveur/client.

1. On le référencera par 'RasPi' dans la suite du rapport

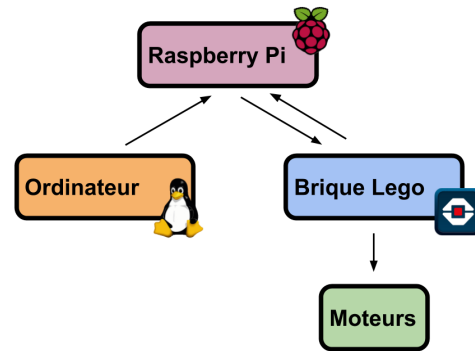


Figure 1 – Diagramme des communications entre les composants

La figure 1 synthétise le fonctionnement des communications entre nos différents composants. On peut voir que le RasPi est un élément central au protocole, agissant en tant que serveur il devient le relais de chaque transit d'information. On remarque aussi que toutes les connexions représentées sur le diagramme sont dans la réalité des communications wifi locales, sauf la brique, qui est connectée aux moteurs par des câbles électroniques. Notre système présente deux fonctionnalités avec deux protocoles légèrement différents.

La première, comme indiquée dans le cahier des charges, une télécommande tridimensionnelle qui pilote les différents moteurs en fonction de ses déplacements dans l'espace (façon manette de Wii). Ce protocole ne requiert pas l'ordinateur ; un THREAD de communication python est ouvert entre le RasPi et la brique, on récupère les accélérations des capteurs piézoélectriques du RasPi avant de les analyser et les envoyer à la brique par wifi. Le fonctionnement du système sera expliqué plus loin dans le rapport.

La seconde, un désir de notre part (notamment à cause de la faible précision de la première façon de fonctionner), était de pouvoir contrôler les moteurs grâce au clavier de l'ordinateur. On a simplement rajouté l'ordinateur à la communication, le RasPi communique

donc avec deux clients simultanément. Il est d'autant plus important d'établir un protocole de communication rigoureux afin d'établir les règles et l'ordre des informations échangées entre les composants.

ii. Code

Cette section a pour but d'expliquer les outils principaux utilisés lors de la programmation. Il faut savoir que le langage utilisé pour la programmation de notre système est le PYTHON. Ce choix nous était d'une part imposé, mais s'est révélé judicieux de part la grande quantité de documentation et les LIBRARIES disponible sur internet.

ii.1 Terminal Linux et SSH

Notre environnement de travail informatique peut se résumer au Terminal Linux et son éditeur de texte Vim. L'utilisation simple des commandes `CD`, `LS`, `MAKEDIR` ainsi que `VIM` et `PYTHON3` nous ont rapidement permis de prendre en main les outils pour débiter notre programmation.

La connexion SSH était aussi une partie importante, puisque c'est grâce à celle-ci que nous pouvions sans effort écrire des programmes sur les différents composants. Avec une simple ligne de code dans le Terminal on pouvait commencer à programmer sur les appareils.

ii.2 Socket

Les SOCKETS existent dans différents langages informatiques, dans notre cas la PYTHON. Elles sont au centre des systèmes de communication, nous ne nous sommes pas penché vers les détails de leurs fonctionnements. En revanche, on savait qu'il fallait choisir judicieusement le serveur et les clients. Nous avons choisi le RasPi pour trois raisons : c'est un appareil à la puissance de calcul rapide contrairement à la brique Lego ; il est présent dans les deux protocoles de communication, c'était donc plus simple pour nous ; fina-

lement, il est au centre des transits d'information, c'est donc une minimisation du nombre de transfert d'information, et donc une optimisation.

ii.3 Capteurs piézoélectrique

En utilisant les capteurs du RasPi et les bibliothèques XLoBorg, on peut simplement extraire les accélérations (en multiple de \vec{g} , l'accélération terrestre) dans les directions $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$ du repère du RasPi.

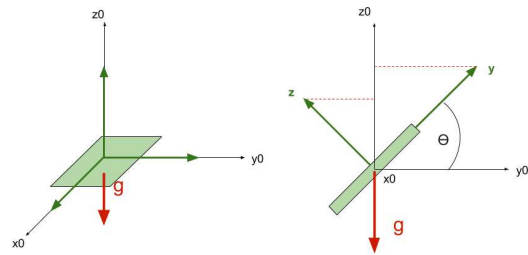


Figure 2 – Schéma qui représente le repère galiléen, le repère du RasPi et l'accélération terrestre.

Lorsque le RasPi est à plat les valeurs retournées sont $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$ car c'est la projection de \vec{g} sur le repère du RasPi. Maintenant, si on incline le RasPi d'un angle θ selon x_0 , les projections deviennent :

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \cdot \vec{g} = \begin{cases} +0 \\ -g \sin \theta \\ -g \cos \theta \end{cases}$$

On peut donc voir que la direction dans laquelle l'accélération est nulle, est l'axe de rotation du RasPi. Tout ceci est bien joli, mais ne fonctionne que pour les axes x et y car il est impossible d'exploiter \vec{g} afin d'avoir $\vec{z} \cdot \vec{g} = 0$ et des valeurs non nulles dans les deux autres directions. Ceci veut dire qu'on a seulement deux degrés de liberté, donc qu'on ne peut contrôler que deux moteurs indépendamment.

On a pensé à une solution afin de contourner le problème, mais elle semblait au-dessus de nos compétences. Il s'agit d'établir un changement de base du repère associé au RasPi

pour le transformé en "pyramide inversé", cela aurait la conséquence de parvenir à des projection de \vec{g} non nulles dans toutes les directions.

ii.4 Getch

GETCH nous a servis à la lecture en continu des touches du clavier. Pour contrôler le robot à l'aide des flèches du clavier on devait mettre en place un système de KEY LISTENER non-bloquant et continu. Les librairies Getch on remplis cette fonction.

ii.5 Library EV3

Les lignes de codes présente sur la brique Lego sont majoritairement des instructions pour les moteurs. Ces lignes de code font appel à des fonctions disponibles dans des librairies en open-source sur internet. Voici un exemple d'une ligne de code qui fait appelé une fonction EV3 :

```
mB.run_timed ( time_sp=600,
speed_sp=600)
```

Ici cette ligne de code ordonne au moteur B de tourner pendant 600 ms à vitesse 600 (échelle de puissance : [0 , 1400]).

III. MÉCANIQUE

L'objectif était de construire le système qui allait produire les mouvements d'un bras de pelleuse. Le tout en utilisant le kit de lego EV3. Nous avons tout simplement bricolé avec ce que nous avons comme outil à disposition. Nous avons essayé plusieurs solutions et nous avons faits les ajustements nécessaire. Le kit nous donne cette liberté de construire/déconstruire très rapidement et donc de ne pas avoir peur de tester plusieurs solutions.

i. Cinématique du bras

Nous avons réalisé un schéma cinématique pour pouvoir observer les mouvements que l'on souhaitait obtenir. Nous avons quelques contraintes à prendre en compte. Les pelleuse utilisent des vérins et nous n'en avons

pas à disposition. Et nous n'avions que 3 moteurs pour tout réaliser. Nous nous sommes donc tournés vers une solution où chaque moteur gère la rotation de chaque segment. Tout simplement. Le bâti en noir représente donc la base qui est fixée sur la base de la pelleuse, ce qui est le projet de l'autre groupe.

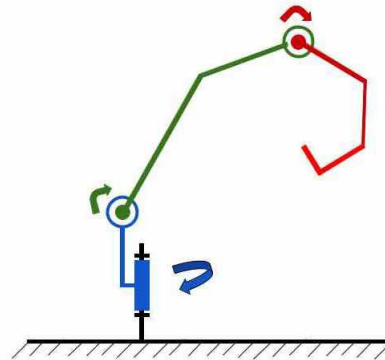


Figure 3 – Schéma cinématique du bras robotique.

ii. Construction

Nous avons commencé par construire cette base pouvant se fixer ultérieurement sur le projet de l'autre groupe. Dans un second temps nous avons assemblé chaque moteur avec les différents segments. Par séance nous avons expérimenté plusieurs dizaines d'arrangement différent. Mais ce ne sont que des détails et pas des changements majeurs. Nous avons rencontré deux difficultés principales :

La première était de fixer le moteur gérant la rotation horizontale. Il n'était pas possible de le fixer tout simplement en dessous (problème de taille) ni au dessus car il générerait la rotation de l'engin. L'endroit où nous l'avons installé fait que l'axe du moteur n'était donc pas colinéaire à l'axe de rotation de l'engrenage du moteur bleu. Donc nous avons utilisé une vis sans fin pour transmettre le couple à un système d'engrenage. Il a fallu rajouter quelques pièces pour bien maintenir en place la vis sans fin.

Le second problème était que le moteur reliant la partie bleu et verte. n'arrivait pas à soutenir son poids dans une certaine position. Il a donc fallu imaginer une solution pour le soulager d'une partie du poids du reste de la structure. Pour cela nous avons pris un élastique. (Mettre photo élastique)

ii.1 Prototype

finir par photo du prototype final

Pour conclure le prototype répond au cahier des charges dans le sens où il est capable de réaliser tous les mouvements demandés.

RÉFÉRENCES

- [1] EV3 PYTHON. Learn EV3 Python [en ligne]. Disponible sur : <https://sites.google.com/site/ev3python/> (22/03/17)
- [2] PiBorg. Robotics add on boards for use with your Raspberry Pi [en ligne]. Disponible sur : <https://www.piborg.org/xloborg> (19/05/17)
- [3] N. Biboulet. Démarage PST Lego [PDF] 2017. 7 pages.

IV. ANNEXES

i. Programmes sur ordinateur

i.1 clientPCv1.py

```
import socket
import time
from Getch import Getch, whatKeyIsPressed
```

```
if __name__ == '__main__':
```

```
    s = socket.socket()
    host = '192.168.42.1'
    port = 8087
    s.connect((host, port))
```

```
    while True:
```

```
        time.sleep(0.1)
        key = whatKeyIsPressed()
        s.send(key.encode())
        print(key)
        if key == 'q':
            s.close()
            break
```

```
    }
```

i.2 Getch.py

```
class Getch:
```

```
    def __init__(self):
        import tty, sys
```

```
    def __call__(self):
```

```
        import sys, tty, termios
        fd = sys.stdin.fileno()
        old_settings = termios.tcgetattr(fd)
        try:
            tty.setraw(sys.stdin.fileno())
            ch = sys.stdin.read(1)
        finally:
            termios.tcsetattr(fd, termios.TCSADRAIN, old_settings)
        return ch
```

```
def whatKeyIsPressed() :
```

```
    while True:
```

```
        init = Getch()()
        if init == 'q':
            return 'q'
```

```
        break
    if init == 'z':
        return 'z'
    if init == 's':
        return 's'
    elif init == '\033':
        Getch()()
        key = Getch()()
        if key=='A':
            return 'up'
        if key=='B':
            return 'down'
        if key=='C':
            return 'right'
        if key=='D':
            return 'left'
```