



CentraleSupélec

RAPPORT TL SIR COMMANDE DE ROBOT PAR INTERFACE CÉRÉBRALE

**- Rafael ELLER CRUZ, Mathieu DAVIET, Heloise HUYGHUES
DESPOINTES-**

promo 2018

Table des matières

1	Introduction	1
2	Extraction de la commande du robot à partir des signaux cérébraux	2
2.1	Le signal d'entrée	2
2.2	Architecture globale de la solution choisie	4
2.3	Étude pratique	6
2.3.1	Démarche choisie pour l'extraction de commande	6
2.3.2	Création de données labellisées	6
2.3.3	Filtrage passe bande du signal	6
2.3.4	Lissage du signal	6
2.3.5	Choix de la commande	6
2.3.6	Synthèse et résultats	6
3	Commande du robot	7
3.1	Implémentation de l'interface avec le robot	7
3.2	Adaptation de l'extraction du signal pour la commande du robots	8
3.2.1	9
3.2.2	9
4	Analyse des résultats	10
4.1	10
4.2	Résultats et tests	10
5	Synthèse des résultats	11
6	Conclusion	12
7	Annexe	13

1 Introduction

Lors de ses 11 séances de TL d'approfondissement, nous avons eu l'occasion de réaliser la commande du robot Khepera à partir de signaux provenant d'une interface cerveau machine (BCI). Ce projet nous a permis de mettre en pratique les connaissances que nous avons acquises lors des cours de la majeure Systèmes Interactifs et Robotiques et plus particulièrement celles des cours Modélisation et Analyse Spectrale, Robotique autonome et Programmation C++.

Deux robots Khepera, un système d'acquisition cérébrale et des signaux pré-enregistrés ont été mis à notre disposition pour ce projet. Le robot ne sera commandé que par 4 ordres: rester immobile, tourner à droite, tourner à gauche et avancer.

Notre travail à travers les séances et dans ce rapport est décomposé en 2 grandes étapes: l'extraction des commandes sur les signaux BCI et le contrôle du robot. Ces deux étapes sont ensuite réunies sous C++ grâce au framework ROS.

2 Extraction de la commande du robot à partir des signaux cérébraux

2.1 Le signal d'entrée

Le signal de commande que l'on va être amené à analyser en entrée du système correspond au signal en sortie de la BCI. Dans le cadre de ce TL, 3 signaux ont été enregistrés à une fréquence de 256Hz et peuvent être rejoués à volonté. Pour chaque période de temps, les signaux enregistrés possèdent deux valeurs correspondant aux deux canaux du capteurs. Nous aurions pu effectuer nos propres enregistrements à l'aide d'un capteur BIOSEMI à 2048Hz mais par manque de temps, nous nous sommes concentrés sur les signaux déjà enregistrés.

Le signal en sortie de la BCI est influencé par trois plaques clignotant respectivement autour de 7.5Hz, 11Hz et 13.5Hz. Lorsque l'expérimentateur regarde l'une des plaques à une fréquence donnée, cette fréquence se répercute dans l'émission de ses signaux cérébraux et se retrouve dans le signal récupéré par la BCI. Chacune de ces plaques clignotantes correspond à un ordre particulier. L'expérimentateur doit regarder la plaque clignotant à 7.5Hz si il veut que le robot tourne à gauche, celle clignotant à 11Hz si il veut que le robot avance, celle clignotant à 13.5Hz si il veut que le robot tourne à droite et ne regarder aucune plaque si il veut que le robot s'arrête.

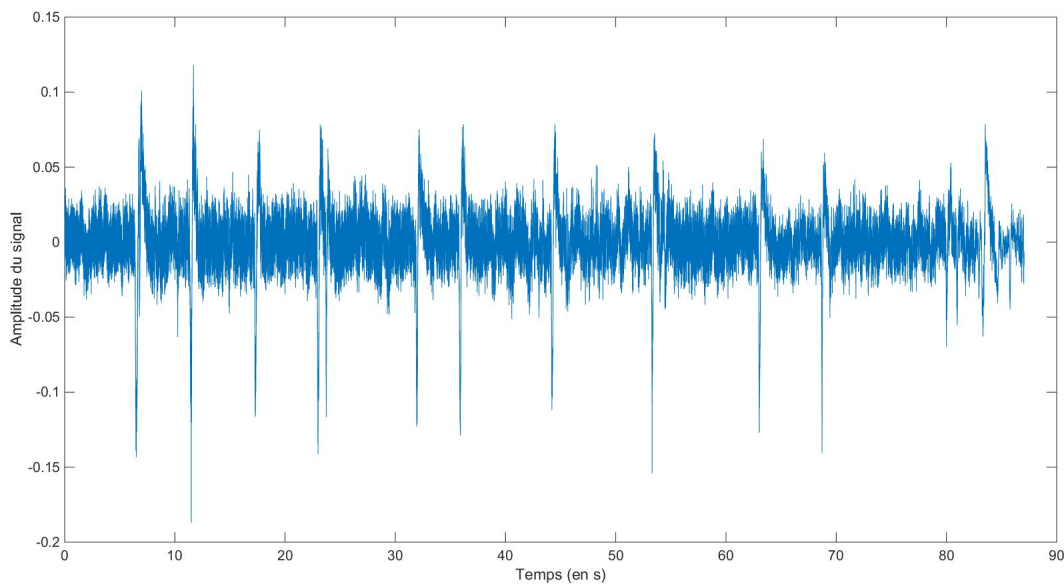


Figure 1: Signal brut en sortie de la BCI enregistré

Pour faciliter l'exploitation des résultats nous avons appliqué deux modifications aux signaux enregistrés.

Tout d'abord, les signaux enregistrés sont bi-canaux. Ainsi, pour qu'ils soient plus faciles à manipuler par la suite, nous les avons transformé en signaux mono-canal correspondant à la moyenne des deux canaux.

Ensuite, les signaux enregistrés ne possèdent que les valeurs du capteur en fonction du temps, les labels indiquant quels ordre ont été donné dans le temps ne sont disponibles que de manière écrite

dans le sujet. Pour faciliter la modélisation et l'optimisation de la commande de robot, nous avons ajouté une deuxième colonne au signaux mono-canal enregistrés correspondant à l'ordre attendu en fonction du temps. Pour ce faire, nous avons associé un nombre à chaque ordre: 0 pour l'ordre ne rien faire, 1 pour l'ordre d'avancer, 2 pour l'ordre de tourner à droite et 3 pour l'ordre de tourner à gauche. L'ajout du label automatiquement nous permettra par la suite de créer des scores pour évaluer l'efficacité du traitement du signal que nous effectuerons.

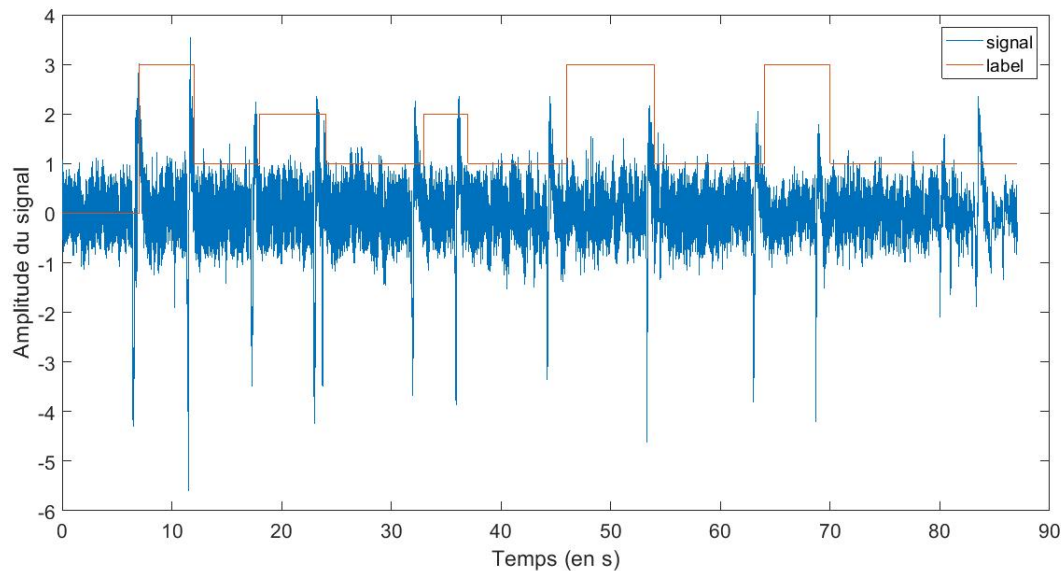


Figure 2: Signal brut monocanal labellisé

2.2 Architecture globale de la solution choisie

Comme on peut le constater sur la figure 1, le signal a besoin d'être traité pour pouvoir être exploité par la suite. La première étape va consister à extraire du signal de départ 3 signaux autour des fréquences qui nous intéressent à savoir 7.5 Hz, 11Hz et 13.5Hz. Pour effectuer cela nous utilisons 3 filtres passe-bande dont les paramètres sont la bande passante: Δf , le gain: G et la fréquence centrale: f_c . La fréquence centrale correspond respectivement à 7.5Hz, 11Hz et 13.5Hz pour chacun des 3 filtres. Nous verrons par la suite le moyen par lequel on a optimisé les autres paramètres. Comme le montre la figure 3 ci-dessous, nous pouvons constater que ce premier filtre nous permet déjà de distinguer les ordres donnés par l'expérimentateur via la BCI.

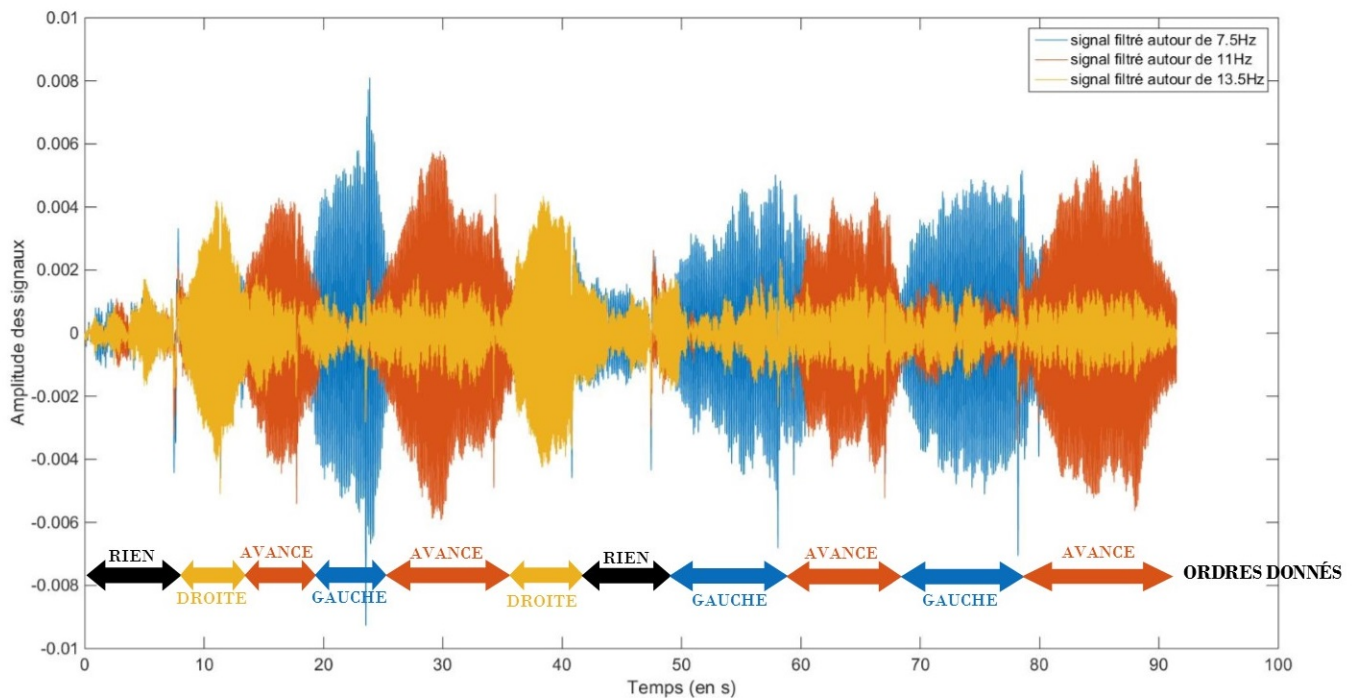


Figure 3: Trois signaux en sortie du filtre passe bande centrés respectivement en 7.5Hz, 11Hz et 13.5Hz

Malgré que le fait que l'on arrive à distinguer à l'œil nu les ordres à partir des 3 signaux en sortie des filtres passe-bande, il est nécessaire d'obtenir des signaux plus propres pour par la suite formaliser un processus de décision concernant la commande du robot. Pour cela nous allons calculer la puissance lissée de chacun des 3 signaux. L'effet de lissage permet de réduire le bruit mais cela augmente l'inertie et diminue la résolution. Cet effet de lissage dispose d'un paramètre α dont nous justifierons le choix par la suite.

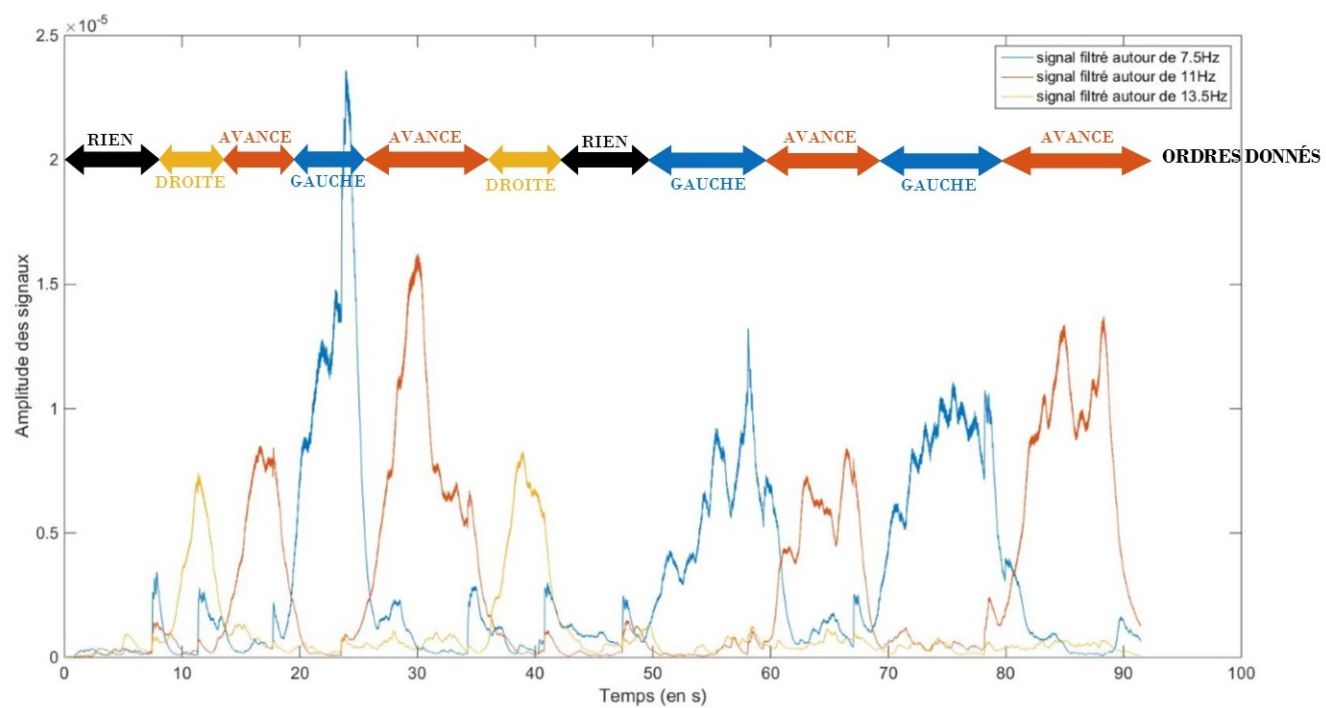


Figure 4: Trois signaux en sortie du filtre passe bande centrés respectivement en 7.5Hz, 11Hz et 13.5Hz

2.3 Étude pratique

2.3.1 Démarche choisie pour l'extraction de commande

2.3.2 Création de données labellisées

2.3.3 Filtrage passe bande du signal

2.3.4 Lissage du signal

2.3.5 Choix de la commande

2.3.6 Synthèse et résultats

3 Commande du robot

3.1 Implémentation de l'interface avec le robot

4 commandes possibles: avancer, tourner à droite, tourner à gauche et ne rien faire

A footnote ¹

You can see a duck in figure 5.



Figure 5: A duck

¹<https://hal.archives-ouvertes.fr/>

3.2 Adaptation de l'extraction du signal pour la commande du robots

3.2.1

3.2.2

4 Analyse des résultats

4.1

4.2 Résultats et tests

5 Synthèse des résultats

6 Conclusion

7 Annexe