

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

COMME EXIGENCE PARTIELLE
À L'OBTENTION DE LA
MAÎTRISE EN GÉNIE DE LA PRODUCTION AUTOMATISÉE
M.Eng.

PAR
Alexandre JUMELINE

UTILISATION DE SIGNAUX ÉLECTROMYOGRAPHIQUES POUR LE CONTRÔLE
D'UN BRAS ROBOTIQUE POUR USAGERS DE FAUTEUILS ROULANTS MOTORISÉS.

MONTREAL, LE "DATE DU DÉPÔT AU BUREAU DES CYCLES SUPÉRIEURS"



Alexandre Jumeline, 2013



Cette licence Creative Commons signifie qu'il est permis de diffuser, d'imprimer ou de sauvegarder sur un autre support une partie ou la totalité de cette oeuvre à condition de mentionner l'auteur, que ces utilisations soient faites à des fins non commerciales et que le contenu de l'oeuvre n'ait pas été modifié.

PRÉSENTATION DU JURY

CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ

PAR UN JURY COMPOSÉ DE:

M. Rachid Aissaoui, directeur de mémoire
Département de Génie de la Production Automatisée

M. Prénom Nom, président du jury
département et institution

M. Prénom Nom, examinateur externe
département et institution

Mme. Prénom Nom, membre du jury
département et institution

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE "DATE DE SOUTENANCE"

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

AVANT-PROPOS

Ce projet a été réalisé en partenariat avec la société Canadienne Kinova dans le but d'ajouter une interface de contrôle à leur bras robotique Jaco contrôlable par le biais d'un Joystick.

Le but principal était de prendre la suite du projet de maîtrise de Véronique Maheu qui consistait en l'étude de la performance de différents classificateurs dans le cadre de la classification de mouvements à partir de huit canaux électromyographiques.

Le projet devait aussi se servir des paramètres cepstraux du signal électromyographiques. Pendant la réalisation, il s'est avéré que des caractéristiques du signal beaucoup plus simples permettent de discriminer suffisamment les mouvements effectués par l'utilisateur. De ce fait l'utilisation des paramètres cepstraux du signal a été abandonnée au profit d'une détection d'activité musculaire simple.

REMERCIEMENTS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum.

UTILISATION DE SIGNAUX ÉLECTROMYOGRAPHIQUES POUR LE CONTRÔLE D'UN BRAS ROBOTIQUE POUR USAGERS DE FAUTEUILS ROULANTS MOTORISÉS.

Alexandre JUMELINE

RÉSUMÉ

Les blessés médullaires de haut niveau lésionnel n'ont plus l'usage de leurs bras, mais conservent des capacités de mouvements résiduelles variant selon la hauteur de leur lésion. Ces capacités résiduelles concernent des mouvements restreints des doigts et des épaules principalement. Suivant le degré d'atteinte et la hauteur de la lésion de la moelle épinière, certaines personnes ne conservent pas suffisamment de liberté de mouvement dans leurs doigts pour utiliser ne serait-ce qu'un simple joystick. Pour ces personnes, les activités de la vie quotidienne (AVQ) deviennent des tâches très compliquées.

La société canadienne Kinova a conçu un bras robotique, JACO, adaptable à un fauteuil roulant motorisé afin d'aider les personnes à mobilité réduite à effectuer leurs actions de la vie quotidienne plus facilement. En effet, celui-ci permet la saisie d'objets ou d'ouvrir des portes de manière intuitive en n'utilisant qu'un Joystick. Cependant les personnes n'ayant plus suffisamment d'activité musculaire dans les doigts ne peuvent donc pas profiter de ce progrès. Le but de ce projet est d'adapter l'utilisation du bras JACO aux personnes blessées médullaires en utilisant les signaux électromyographiques de 4 muscles résiduels au niveau du cou et de l'épaule.

L'acquisition des signaux EMG est faite avec des électrodes Delsys filtrées et pré-amplifiées en temps-réel à 2 kHz. Les électrodes sont placées sur quatre muscles présent chez les blessés médullaires de haut niveau : les deux trapèzes ainsi que les deux sternocléïdomastoïdiens. Ces muscles ont été choisis car ils permettent par leur seule activation de reconnaître un mouvement donné : une élévation de l'épaule dans le cas des trapèzes et une rotation de la tête dans le cas des sternocléïdomastoïdiens.

L'énergie de Teager-Keiser est utilisée afin de déterminer si une activité musculaire est présente ou non, et chaque mouvement détecté peut être relié à une action du bras robot. Une calibration peut être effectuée pour chaque muscle afin de définir des seuils de détection personnalisés. Enfin un système de filtra prédictif temps réel a été intégré afin d'augmenter la sensibilité du système a des mouvements plus lents ou pour les personnes ayant moins de tonus musculaire.

Ce projet constitue une avancée supplémentaire dans l'aide technique à la manipulation apportée aux blessés médullaire dans l'accomplissement de leurs tâches de la vie quotidienne.

X

Mot-clés : Kinova, jaco, contrôleur EMG, temps-réel, blessé médullaire

TITRE ORIGINAL

Alexandre JUMELINE

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum.

Proin tempor eleifend tincidunt. Nulla facilisi. Nulla facilisi. Duis congue semper varius. Etiam nulla nulla, sollicitudin id consequat at, tincidunt quis arcu. Praesent adipiscing justo sed odio varius congue. Etiam viverra hendrerit eros, et dictum mi pellentesque in. Aliquam eu est eu arcu sollicitudin cursus nec a dui. Fusce accumsan, nisl in mollis viverra, est turpis elementum massa, at vulputate dui enim vitae felis. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Fusce eget ante ac lacus tincidunt placerat vel sed velit. In condimentum metus et ante dapibus eget gravida eros commodo. Nulla massa augue, ornare vitae faucibus sed, fermentum ultrices tortor.

Donec mattis leo pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl lobortis faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac. Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque vehicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa, tempor id iaculis eu, bibendum in risus.

Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum, erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue.

Maecenas risus purus, adipiscing in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword2, keyword2, keyword2, keyword2, keyword2,
keyword2, keyword2, keyword2, keyword2, keyword2, keyword2, keyword2

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 MISE EN CONTEXTE	7
1.1 Le Signal Électromyographique (EMG).....	7
1.2 Les Blessés Médullaires	9
1.3 Les aides techniques aux actions de la vie quotidienne (AVQ).....	9
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE.....	11
2.1 Classification EMG	11
2.2 Systèmes Embarqués temps réels et EMG.....	11
CHAPITRE 3 PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DU PROJET	13
CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE	15
4.1 Choix des Muscles	17
4.2 Architecture Matérielle	17
4.2.1 Électrodes	17
4.2.2 Microcontrôleur.....	17
4.2.3 Adaptation des Tensions	17
4.2.4 Liaison à l'Ordinateur	17
4.2.5 Liaison à Jaco	17
4.2.6 Schéma matériel Global	17
4.3 Choix des Caractéristiques du Signal à utiliser et des Outils algorithmiques et Mathématiques à Utiliser	17
4.3.1 Découpage des fenêtres d'échantillons	17
4.3.2 Détection d'activité musculaire	17
4.3.2.1 Énergie de Teager-Keiser.....	17
4.3.2.2 Vote à la majorité	17
4.4 Calibrage	17
4.5 Filtrage	17
4.5.1 Description du Filtre.....	17
4.5.2 Calibrage du Filtre	17
4.6 Architecture Logicielle	17
4.6.1 Firmware	17
4.6.1.1 Fonctionnement et Configuration Globale du PIC32	17
4.6.1.2 Algorithme global	17
4.6.2 Application Desktop.....	17
4.6.2.1 Choix des Bibliothèques et des langages.....	17
4.6.2.2 Fonctionnement Global et Schéma UML du Projet.....	17
4.6.2.3 Lien avec Jaco et Mono	17

4.7	Validation du Système	17
4.7.1	Protocole de validation	17
CHAPITRE 5	RÉSULTATS.....	19
CHAPITRE 6	DISCUSSION	21
CONCLUSION.....		23
ANNEXE I	TITRE DE L'ANNEXE.....	25
LISTE DE RÉFÉRENCES		27
BIBLIOGRAPHIE		30

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	
Petit tableau : Encore une fois, test de legende de tableau plus longue pour vérifier le comportement de la liste	9

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 0.1	Test de longue légende : Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit
	3
Figure 1.1	Distribution of horizontal velocity and streamlines in the vicinity of the nacelle for (a-c) non-operating turbine and (d-f) operating turbine ($U_{ref} = 20$ m/s, the black circle indicates the position of the anemometer)
	8
Figure 2.1	Logo de l'École de Technologie Supérieure. Tiré de ÉTS (2010)
	11
Figure 2.2	Logo de l'École de Technologie Supérieure. Tiré de ÉTS (2010)
	11

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

a	Input feature vector
A	Complemented input feature vector
α	FAM choice hyperparameter
B_t	New batch learning data block available that combines all available data up to a time t (<i>i.e.</i> , $D_1 \cup \dots \cup D_t$)
β	FAM learning hyperparameter
c	Class input associated to a for supervised learning
C_k	Label of class k
$ C_k _{\text{LTM}}$	Maximal number of samples per class in the long term memory
D_t	New incremental learning data block available at a time t
D_t^t	Training data set at a time t
D_t^v	Validation data set at a time t
D_t^f	Fitness estimation data set at a time t
$\delta_{e_1 e_2}$	Particle diversity between two ensemble members e_1 and e_2
Δ	Distance from a local best particle within which no personal best value can be memorized by other particles among the swarm
$\Delta\theta_{e_1 e_2}$	Diversity between two classifiers e_1 and e_2 determined with a FAM specific indicator
e_1, e_2	Two ensemble members
<i>EoFAM</i>	An ensemble of fuzzy ARTMAP networks

ϵ	FAM match-tracking hyperparameter
$f(\mathbf{h})$	Objective function for a fuzzy ARTMAP hyperparameter vector \mathbf{h} in a static optimization environment
$f(\mathbf{h}, t)$	Objective function for a fuzzy ARTMAP hyperparameter vector \mathbf{h} and at a time t in a dynamic optimization environment
$f_e(\mathbf{h}, t)$	Objective function defined by the generalization error rate.
$f_o(\mathbf{h}_n, t)$	Objective function o (during MOO)
$f_s(\mathbf{h}, t)$	Objective function defined by the size of the F_2 layer (<i>i.e.</i> , number of F_2 layer nodes)
F^{ab}	FAM map field
F_1	FAM input layer
F_2	FAM competitive hidden layer
$FAM_{\text{estimation}}$	FAM network used to estimate fitness with the data set D_t^f
FAM_n	FAM network associated to the best position of particle n
$FAM_{n,o}$	FAM network associated to the best position of particle n for the objective o (during MOO)
FAM_{optimal}	FAM network with the highest accuracy obtained after optimization on a learning block D_t
FAM_n^{start}	FAM network that defines the initial state of the particle n prior learning data block D_t . During mono-objective optimization it corresponds to the best position of particle n , while it is associated with the current position of particle n during MOO.
FAM_{temp}	Temporary fuzzy ARTMAP network used during fitness estimation

INTRODUCTION

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum. Proin tempor eleifend tincidunt. Nulla facilisi. Nulla facilisi. Duis congue semper varius. Etiam nulla nulla, sollicitudin id consequat at, tincidunt quis arcu. Praesent adipiscing justo sed odio varius congue. Etiam viverra hendrerit eros, et dictum mi pellentesque in. Aliquam eu est eu arcu sollicitudin cursus nec a dui. Fusce accumsan, nisl in mollis viverra, est turpis elementum massa, at vulputate dui enim vitae felis. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Fusce eget ante ac lacus tincidunt placerat vel sed velit. In condimentum metus et ante dapibus eget gravida eros commodo. Nulla massa augue, ornare vitae faucibus sed, fermentum ultrices tortor. Donec mattis leo pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl lobortis faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac. Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque vehicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa, tempor id iaculis eu, bibendum in risus. Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum

velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum
 consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum,
 erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue. Maecenas risus purus, adipiscing
 in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat
 quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit
 eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit
 aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est. Lorem ipsum
 dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget,
 ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras
 quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt
 arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus
 consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh.
 Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit
 leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus.
 In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien
 ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus
 ac sem et enim sodales dictum. Proin tempor eleifend tincidunt. Nulla facilisi. Nulla facilisi.
 Duis congue semper varius. Etiam nulla nulla, sollicitudin id consequat at, tincidunt quis arcu.
 Praesent adipiscing justo sed odio varius congue. Etiam viverra hendrerit eros, et dictum mi
 pellentesque in. Aliquam eu est eu arcu sollicitudin cursus nec a dui. Fusce accumsan, nisl
 in mollis viverra, est turpis elementum massa, at vulputate dui enim vitae felis. Cum sociis
 natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Fusce eget ante
 ac lacus tincidunt placerat vel sed velit. In condimentum metus et ante dapibus eget gravida
 eros commodo. Nulla massa augue, ornare vitae faucibus sed, fermentum ultrices tortor. Donec
 mattis leo pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa
 iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis
 pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl
 lobortis faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac.
 Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec
 odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque ve-

hicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendnormalfontum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa, tempor id iaculis eu, bibendum in risus. Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum, erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue. Maecenas risus purus, adipiscing in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est. Donec mattis leo



Figure 0.1 Test de longue légende : Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit

pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl lobortis faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac. Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque vehicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendnormalfontum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa,

tempor id iaculis eu, bibendum in risus. Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum, erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue. Maecenas risus purus, adipiscing in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est. Donec mattis leo pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl lobortis faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac. Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque vehicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendum normalfontum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa, tempor id iaculis eu, bibendum in risus. Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum, erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue. Maecenas risus purus, adipiscing in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est. Donec mattis leo pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl lobortis

faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac. Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque vehicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendum normalfontum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa, tempor id iaculis eu, bibendum in risus. Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum, erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue. Maecenas risus purus, adipiscing in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est. Donec mattis leo pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl lobortis faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac. Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque vehicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendum normalfontum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa, tempor id iaculis eu, bibendum in risus. Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum, erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue. Maecenas risus purus, adipiscing in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat

quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est. Donec mattis leo pulvinar nunc euismod ac imperdiet magna venenatis. Integer in tellus in massa iaculis dignissim quis vitae ante. Duis in velit at nulla tempor elementum id in dolor. Nam mattis pulvinar mauris eu feugiat. Curabitur viverra laoreet tincidunt. Mauris sagittis metus in nisl lobortis faucibus pulvinar vitae dolor. Cras luctus hendrerit erat, ac fringilla purus tincidunt ac. Etiam fringilla pharetra justo a commodo. Duis risus nisl, aliquet ut hendrerit ut, pretium nec odio. Suspendisse tincidunt nisl et ipsum commodo sed dictum sapien scelerisque. Quisque vehicula fringilla velit, eget accumsan lorem consequat sit amet. In at ligula ipsum, feugiat luctus felis. Ut cursus blandit nulla quis bibendum normalfontum. Sed varius ipsum vulputate erat tincidunt ut faucibus erat pharetra. Cras ultrices quam ut leo ullamcorper tristique. Praesent sapien massa, tempor id iaculis eu, bibendum in risus. Suspendisse eu eros nibh. Pellentesque sodales suscipit risus, at pulvinar lorem porta sit amet. Nunc scelerisque tempor libero, eget elementum velit aliquet et. Curabitur in elit vel erat lobortis imperdiet. Nunc non massa vel nisl interdum consectetur ac in enim. Curabitur sed turpis purus. Donec imperdiet, nunc a faucibus fermentum, erat est viverra urna, eget suscipit nisi felis vel augue. Maecenas risus purus, adipiscing in ultrices vitae, posuere sed enim. Proin odio nulla, dapibus non imperdiet malesuada, feugiat quis augue. Proin vehicula arcu eu purus ornare rhoncus. Etiam sit amet odio ligula, hendrerit eleifend dolor. Mauris non felis at ante blandit adipiscing. Morbi leo diam, congue nec suscipit aliquam, pellentesque vehicula arcu. Quisque non massa risus, at sagittis est.

CHAPITRE 1

MISE EN CONTEXTE

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum.

$$\beta = 8 \tag{1.1}$$

$$\gamma = \alpha \times 3 \tag{1.2}$$

1.1 Le Signal Électromyographique (EMG)

Test de décallage d'énumérations

- a. test 1
- b. test 2

Test de décallage de puces

- test 1
- test 2

Vérification des références : Arica et Yarman-Vural (2002).

Vérification de href : Link to Gabarit ETS, Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula.

Vérification de url : <http://www.etsmtl.ca/Etudiants-actuels/Cycles-sup/Realisation-etudes/Guides-gabarits>, Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula.

Fig. 0.1, Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum,



Figure 1.1 Distribution of horizontal velocity and streamlines in the vicinity of the nacelle for (a-c) non-operating turbine and (d-f) operating turbine ($U_{ref} = 20$ m/s, the black circle indicates the position of the anemometer)

Tableau 1.1 Petit tableau : Encore une fois, test de legende de tableau plus longue pour vérifier le comportement de la liste

blá	blá	blá	blá
-----	-----	-----	-----

1.2 Les Blessés Médullaires

1.3 Les aides techniques aux actions de la vie quotidienne (AVQ)

CHAPITRE 2

REVUE DE LITTÉRATURE



Figure 2.1 Logo de l'École de Technologie Supérieure.
Tiré de ÉTS (2010)



Figure 2.2 Logo de l'École de Technologie Supérieure.
Tiré de ÉTS (2010)

2.1 Classification EMG

2.2 Systèmes Embarqués temps réels et EMG

CHAPITRE 3

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DU PROJET

CHAPITRE 4

MÉTHODOLOGIE

4.1 Choix des Muscles

4.2 Architecture Matérielle

4.2.1 Électrodes

4.2.2 Microcontrôleur

4.2.3 Adaptation des Tensions

4.2.4 Liaison à l'Ordinateur

4.2.5 Liaison à Jaco

4.2.6 Schéma matériel Global

4.3 Choix des Caractéristiques du Signal à utiliser et des Outils algorithmiques et Mathématiques à Utiliser

4.3.1 Découpage des fenêtres d'échantillons

4.3.2 Détection d'activité musculaire

4.3.2.1 Énergie de Teager-Keiser

4.3.2.2 Vote à la majorité

4.4 Calibrage

4.5 Filtrage

4.5.1 Description du Filtre

4.5.2 Calibrage du Filtre

4.6 Architecture Logicielle

4.6.1 Firmware

CHAPITRE 5

RÉSULTATS

CHAPITRE 6

DISCUSSION

CONCLUSION

Texte de conclusion

ANNEXE I

TITRE DE L'ANNEXE

S'il y lieu

1 Première Section de l'Annexe

<Texte à insérer>

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum. Test citation Bhatia (2010)

Tests de figure en annexe.

$$2 * x = 4$$

(A I-1)



Figure-A I-1 Logo de l'ÉTS dans l'annexe. Ici on va mettre un peu plus de texte pour voir comment va être la présentation de la légende dans ce cas.

Tableau-A I-1 Un autre tableau. Ici on va rédiger un peu plus de texte pour vérifier si la légende sera bien placé.

titre	titre	titre	titre	titre	titre	titre	titre
blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá
blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá
blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá
blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá
blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá
blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá	blá

Test citation I-1.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum.

$x = 42$

(A I-2)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc.

1.1 Test

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque justo justo, porta sagittis feugiat eget, ornare rhoncus ligula. Nunc non odio sed lacus rutrum rhoncus. Mauris non congue arcu. Cras quis quam tortor. In ultrices tincidunt magna sed suscipit. Curabitur vel tellus sapien, ut tincidunt arcu. Maecenas dapibus ullamcorper urna, ut mollis mi tincidunt a. Nam eu orci nec lacus consectetur commodo. Donec purus tellus, consectetur at feugiat quis, scelerisque congue nibh. Aliquam urna dolor, congue nec euismod eget, convallis vitae libero. Sed vel magna suscipit leo suscipit porta quis et nunc. Nullam ante tellus, tincidunt a fringilla vel, rutrum non tellus. In volutpat consectetur purus, in euismod lorem feugiat vel. Aliquam sodales nisl eget sapien ullamcorper posuere consectetur orci bibendum. Vestibulum pulvinar viverra auctor. Vivamus ac sem et enim sodales dictum.

mAuth1 (2001) mAuth2 (2002)

LISTE DE RÉFÉRENCES

mAuth1. 2001. « mTit1 ». *mJour1*, vol. 1, n° 1, p. 42-43.

mAuth2. 2002. « mTit2 ». *mJour2*, vol. 2, n° 2, p. 42-43.

BIBLIOGRAPHIE

- Arica, Nafiz et Fatos T. Yarman-Vural. 2002. « Optical Character Recognition for Cur-sive Handwriting ». *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, n° 6, p. 801-813.
- Bhatia, P. 2010. « Strategy for detection and localization of evil-twin transmitters in wireless networks ». Master of computer science, Ottawa, Carleton University, 43 p.
- ÉTS. 2010. « Site web de l'ÉTS ». <<http://www.etsmtl.ca>>.