

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 (EMG) 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 filtrage prédictif temps réel a été intégré afin d'augmenter la sensibilité du système à 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

High level spinal cord injury victims don't have the capacity to use their arms, but still have control of several muscles depending on the level of injury. Those residual capacities are mostly finger and shoulder movements. Depending of the level of the injury, some people don't have enough residual muscular activity to move their fingers in order to control a simple joystick. For those people, daily life activities can be very hard to achieve.

The Canadian corporation Kinova has developped a 7 degrees of freedom robotic arm, JACO, meant to be mounted on a motorised wheelchair in order to help spinal cord injury victims in their everyday's life. JACO can be used to grab objects or open doors only using a simple joystick. However, some people don't have enough muscular capacities to use this joystick, and therefor, can't use the arm. The goal of this project is to adapt the use of JACO to spinal cord injury victims using electromyographic (EMG) signals sampled on 4 muscles of the neck and shoulders.

EMG signal acquisition is performed using preamplified and filtered Delsys electrodes in real time at a sampling frequency of 2KHz. These electrodes are placed on 4 muscles still used by high level spinal cord injury victims : trapezius and sternocleidomastoid muscles. Those muscles were chosen because of their action in simple movements : shoulder elevation for trapeziuses and head rotation for sternocleidomastoids.

Teager-Keiser energy (TKE) is used in order to determine if a muscular onset is performed, and each move of the person can be linked to an action of the arm. A calibration can be done for each muscle in order to set a personalised detection threshold for onset detection. Finally, a real time predictive filter has been added in order to increase the sensitivity of the whole system and to be able to detect smaller and slower movements.

This project represent a step towards technical assistance brought to spinal cord injury victims and the improvement of their living conditions.

Keywords: Kinova, jaco, EMG control, real time, spinal cord

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 MISE EN CONTEXTE	3
1.1 Les Blessés Médullaires	3
1.2 Les aides techniques aux actions de la vie quotidienne (AVQ).....	3
1.3 Le Signal Électromyographique (EMG)	3
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE.....	5
2.1 Classification EMG	5
2.2 Systèmes Embarqués temps réels et EMG.....	5
CHAPITRE 3 PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DU PROJET	7
CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE	9
4.1 Choix des Muscles	11
4.2 Architecture Matérielle	11
4.2.1 Électrodes	11
4.2.2 Microcontrôleur.....	11
4.2.3 Adaptation des Tensions	11
4.2.4 Liaison à l'Ordinateur	11
4.2.5 Liaison à Jaco	11
4.2.6 Schéma matériel Global	11
4.3 Choix des Caractéristiques du Signal à utiliser et des Outils algorithmiques et Mathématiques à Utiliser	11
4.3.1 Découpage des fenêtres d'échantillons	11
4.3.2 Détection d'activité musculaire	11
4.3.2.1 Énergie de Teager-Keiser.....	11
4.3.2.2 Vote à la majorité	11
4.4 Calibrage	11
4.5 Filtrage	11
4.5.1 Description du Filtre.....	11
4.5.2 Calibrage du Filtre	11
4.6 Architecture Logicielle	11
4.6.1 Firmware	11
4.6.1.1 Fonctionnement et Configuration Globale du PIC32	11
4.6.1.2 Algorithme global	11
4.6.2 Application de monitoring des signaux	11
4.6.2.1 Choix des Bibliothèques et des langages.....	11
4.6.2.2 Fonctionnement Global et Schéma UML du Projet.....	11
4.6.2.3 Lien avec Jaco et Mono	11

4.7	Validation du Système	11
4.7.1	Protocole de validation	11
CHAPITRE 5	RÉSULTATS.....	13
CHAPITRE 6	DISCUSSION	15
CONCLUSION.....		17
ANNEXE I	TITRE DE L'ANNEXE.....	19
LISTE DE RÉFÉRENCES		21
BIBLIOGRAPHIE		24

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	4

LISTE DES FIGURES

	Page
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) 4
Figure 2.1	Logo de l'École de Technologie Supérieure. Tiré de ÉTS (2010) 5
Figure 2.2	Logo de l'École de Technologie Supérieure. Tiré de ÉTS (2010) 5

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

EMG	Électromyographique
BM	Blessé médullaire
AVQ	Activité de la vie quotidienne
TKE	Énergie de Teager-Keiser
ETS	École de Technologie Supérieure

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

EMG	Électromyographique
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
EoFAM	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

Avec l'avancée des technologies de l'information, le domaine du génie des technologies de la santé est aujourd'hui en mesure de venir en aide aux personnes présentant un handicap naturel, ou résultant d'une pathologie ou d'un accident, en procurant à celles-ci des dispositifs permettant l'amélioration de leurs conditions et leur qualité de vie. Ces dispositifs sont appelés les aides techniques.

Ce projet s'intéresse principalement aux aides techniques de type robotique développées pour aider les personnes paralysées et en fauteuils roulants motorisés à effectuer leurs activités de la vie quotidienne (AVQ). L'une d'entre elles, le bras robotique Jaco a été développé par la société canadienne Kinova, et est contrôlé par un joystick de manière à ce que son utilisateur puisse facilement effectuer des actions simples, comme l'ouverture d'une porte ou la préhension d'un objet.

Les blessés médullaires (BM) 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 AVQ deviennent des tâches très compliquées.

Le but du projet est donc de faire en sorte de diversifier les interfaces de contrôle du bras Jaco, pour permettre à des personnes incapables de le contrôler exclusivement au joystick de pouvoir avoir accès à cette avancée technologique majeure. Pour ce faire, l'utilisation du signal électromyographique (EMG) a été choisie.

Ce projet de maîtrise étant en grande partie de la recherche appliquée, une grande partie présentera la conception du système.

Une première partie de ce mémoire sera consacrée au fait de situer le projet dans l'univers scientifique actuel. Une mise en contexte sera premièrement effectuée dans le chapitre 1, suivie d'une revue de littérature et enfin de la problématique centrale du projet.

La partie principale du mémoire sera alors présentée dans le chapitre 4 : la méthodologie. Ce chapitre expliquera les choix matériels, logiciels et mathématiques effectués tout au long du projet. Toutes les étapes de conceptions seront détaillées ainsi que les interactions entre les différentes parties du système.

Enfin, la dernière partie comprendra l'étape de validation du système conçu afin de déterminer l'efficacité du système et de valider la faisabilité d'un tel projet. Cette validation sera effectuée par l'application d'un protocole de recherche et à travers une étude effectuée sur 10 sujets sains afin de récolter des données qualitatives permettant une courte étude statistique des performances du système.

En résumé cette étude présente la conception d'un système de contrôle d'une aide technique robotisée grâce aux signaux EMG d'une personne BM et à la validation d'une preuve de concept dans le but d'une potentielle commercialisation future par la société Kinova.

CHAPITRE 1

MISE EN CONTEXTE

Les personnes BM sont aujourd’hui en mesure de pouvoir continuer à garder une autonomie partielle dans leur vie quotidienne grâce à la combinaison de plusieurs progrès technologiques. Les fauteuils roulants motorisés sont, par exemple, une part de ce progrès qui contribue à permettre au BM de garder une certaine mobilité, et sont le point d’encrage d’autres aides techniques dont fait partie le bras robotique Jaco.

Ce chapitre a pour but de présenter les conditions de vie des personnes BM d’aujourd’hui ainsi que les aides techniques fournies par l’industrie qui permettent d’améliorer leurs conditions quotidiennes de vie. Cette mise en contexte est nécessaire afin de discerner dans quelle mesure ce projet de maîtrise participe au processus d’aide aux AVQ des personnes BM.

1.1 Les Blessés Médullaires

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

1.3 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. ??, 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
-----	-----	-----	-----

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>>.