

# CV Détaillé

M'hammed SAHNOUN

# Table des matières

<b>1</b>	<b>CURRICULUM VITÆ</b>	<b>2</b>
	THÈMES D'INTÉRÊTS DE RECHERCHE . . . . .	2
	FORMATION . . . . .	2
	EXPÉRIENCE . . . . .	3
	ENSEIGNEMENT . . . . .	4
	INFORMATIQUE . . . . .	4
	LANGUES . . . . .	4
<b>2</b>	<b>ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT</b>	<b>5</b>
	COMPÉTENCES . . . . .	5
	EXPÉRIENCE . . . . .	5
	PRÉCISION SUR QUELQUES MATIÈRES ENSEIGNÉES . . . . .	6
<b>3</b>	<b>ACTIVITÉS DE RECHERCHE</b>	<b>8</b>
	PROJET EUROPÉEN IMPROVE . . . . .	9
	CONTEXTE GÉNÉRAL . . . . .	9
	MÉTHODOLOGIES . . . . .	9
	RÉSULTATS ET PERSPECTIVES . . . . .	10
	STAGE À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL . . . . .	11
	THÈSE DE DOCTORAT . . . . .	12
	CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA THÈSE . . . . .	12
	MÉTHODOLOGIE . . . . .	12
	EXPÉRIMENTATION ET RÉSULTATS . . . . .	13
	PUBLICATIONS . . . . .	15
<b>5</b>	<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>17</b>

**M'Hammed SAHNOUN**  
*Ingénieur-Docteur*  
*en Automatique/Robotique et Génie Industriel*



✉ : 134, rue de Stalingrad  
 38 100 Grenoble - France  
 ☎ : +33 (0)6 73 64 29 66  
 ✉ : [mhammed.sahnoun@gmail.com](mailto:mhammed.sahnoun@gmail.com)  
 🌐 : [www.m-sahnoun.com](http://www.m-sahnoun.com)

Né le, 23 Mai 1978 à Oued Rhiou (Algérie)  
 Nationalité : Française  
 Marié, 3 enfants  
 Permis B

## THÈMES D'INTÉRÊTS DE RECHERCHE

- Diagnostic précoce de défaillances basé sur la qualité (estimation et surveillance continue de l'incertitude sur l'état des équipements de production "Wafer-At-Risk ( $W@R$ ) et Equipement Health Factor (EHF)").
- Optimisation des systèmes de production, ordonnancement, échantillonnage, files d'attente, réduction de temps de cycle (temps d'attente pour l'inspection).
- Simulation de systèmes de production, réseau de pétrie, systèmes stochastiques.
- Intelligence artificielle, algorithme génétique, Q-learning, logique floue, réseau bayésiens, réseaux de neurones, systèmes multi-agent, modélisation statistique, ...
- Automatique continue, modélisation, identification, commande.
- Plan de contrôle (inspection) dynamique basé sur le niveau de risque, évaluation de risque.
- Robotique de service, robotique mobile, fauteuils roulants intelligents, exosquelettes actifs, aide aux personnes handicapées/âgées.
- Interfaces haptiques à retour d'effort, commande assistée, interaction homme-machine
- Conduite des véhicules intelligents, perception d'environnement dynamique, évitement d'obstacles.

## FORMATION

<b>2007</b>	<b>Doctorat en automatique</b>	
Établissement	Université de Lorraine - Metz- France	
Titre	Conception et Simulation d'une Commande à Retour d'Effort pour Fauteuil Roulant Electrique	
Directeur de thèse	Guy BOURHIS	Professeur de l'Université de Lorraine.
Jury	JOLLY DESODT Anne-Marie HOPPENOT Philippe LOPEZ-KRAHE Jaime Alain PRUSKI	Professeur à l'ENSAIT de Roubaix. Professeur de l'Université d'Evry. Professeur de l'Université de Paris 8. Professeur de l'Université de Lorraine.

<b>2003</b>	<b>DESS en Automatisation et organisation industrielle</b>	
Établissement	Université de Lorraine -Metz- France	
Domaines	Automatique, informatique, logistique, ordonnancement, maintenance, recherche opérationnelle, gestion d'entreprise, robotique, simulation...	
<b>2002</b>	<b>DEA en robotique et systèmes intelligents</b>	
Établissement	Université Pierre et Marie Curie (Paris 6) Paris- France	
Domaines	Intelligence artificielle, Apprentissage automatique, Automatique, commande, micro-robotique, robotique mobile, mécanique, vision (traitement d'image).	
<b>2001</b>	<b>Ingénieur en automatique</b>	
Établissement	École Nationale polytechnique d'Alger- Algérie	
Domaines	Automatique (commande), modélisation, identification, informatique, commande, traitement de signal, électronique, électrotechnique, mécanique, simulation, mathématique, physique, chimie...	

## EXPÉRIENCE

02/2013 - 03/2013	<b>Ingénieur R&amp;D commande (1 mois)</b> , Fortil systems & technologies - 830, Bv de Léry - 83500 La Seyne sur Mer
Contexte	Dans le cadre du projet «Hélicoptère du futur» mené par l'entreprise EUROPTER. J'ai travaillé sur le développement d'une suspension semi-active du siège du pilote, permettant de garder une distance fixe entre le tableau de bord et le siège quelque soit les perturbations et les variations qui peuvent avoir lieu. Nous avons développé un modèle dynamique du système hélicoptère+siège+humain. Nous avons développé un simulateur du système à l'aide de scilab et nous avons défini une commande PID et mode glissant pour contrôler le système.
07/2012 - 08/2012	<b>Chercheur Invité (1 mois)</b> , École Polytechnique de Montréal - Département de mathématiques et de génie industriel
Contexte	Dans le cadre d'une collaboration avec des chercheurs de l'École Polytechnique de Montréal. Nous avons finalisé des travaux sur l'optimisation de l'inspection des produits dans le domaine de l'industrie du semi-conducteur.
Collaborateur	– Samuel BASSETTO, Professeur adjoint à l'École Polytechnique de Montréal, Canada.
03/2009 - 06/2012	<b>Ingénieur de Recherche (39 mois)</b> Laboratoire Grenoble - Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production (G-SCOP) / INP-Grenoble
Contexte	Dans le cadre du projet Européen IMPROVE <sup>1</sup> , qui a pour objectif l'optimisation du contrôle des produits et des équipements de production dans les usines (fab) de semi-conducteur, j'ai travaillé avec l'équipe qui s'intéresse au plan de contrôle dynamique appliqué au système de production. Nous avons eu une étroite collaboration avec STMicroelectronics à Crolles - France, où j'ai contribué au développement et à l'implémentation des algorithmes proposés par l'équipe du laboratoire G-SCOP. En même temps, j'ai donné des cours/TP/TD d'informatique industrielle et d'industrialisation au sein de l'école de Génie Industriel et Polytechnique de Grenoble.
Collaborateurs	– Michel TOLLENAERE, Professeur à l'INP de Grenoble, Grenoble-France. – Philippe Vialletelle, Ingénieur principal à STMicroelectronics (Responsable du WP4), Crolles-France. – Samuel BASSETTO, Professeur adjoint à l'École Polytechnique de Montréal, Canada. – Belgacem BETTAYEB, Post-doc à l'École Polytechnique de Montréal, Canada.
2007 - 2008	<b>ATER (12 mois)</b> à l'Université Paul Verlaine de Metz (UPVM)
Contexte	Enseignement des étudiants de : Licence Mécanique Électronique (LME), Première année IUT Mesure Physique et Licence pro Acquisition de données, Qualification d'Appareillages en milieu Industriel (QAI). Mes interventions d'enseignement ont concerné l'automatique (modélisation, identification, commande), l'informatique (algorithmique, programmation en VB et C/C++) et l'informatique industrielle (programmation des automates "PIC"). J'ai participé dans l'encadrement des étudiants en licence et en master et dans les jury de soutenances. Mes activités de recherche ont concerné la conduite du fauteuil roulant électrique avec de nouvelles interfaces haptiques.
Superviseurs	– Guy BOURHIS, Professeur de l'Université de Lorraine – Olivier HABERT, Maître de conférence à l'Université de Lorraine
2003 - 2007	<b>Thèsard (45 mois)</b> à l'Université Paul Verlaine de Metz (UPVM), au sein du Laboratoire d'Automatique humaine et de Sciences Comportementales (LASC)
Contexte	Dans le but de trouver un moyen pour que les fauteuils roulants électriques puissent être commercialisés facilement, nous avons proposé une commande assistée par retour d'effort qui permet de surpasser les blocage d'ordre psychologique développé chez les personnes handicapées. Un simulateur de conduite a été développé sous Matlab/Simulink. Nous avons prouvé à travers des essais avec des personnes valides et handicapées que l'utilisation d'une telle commande apporte une vraie amélioration de la qualité de conduite. Plusieurs techniques ont été utilisées et/ou développées pour l'évitement des obstacles, la mesure de charge de travail ou la modélisation des tâches motrices d'un humain ...
Superviseurs	– Guy BOURHIS, Professeur de l'Université de Metz. – Anas Fattouh, Enseignant chercheur à l'université du Roi Abdulaziz, Jeddah, Saudi Arabia

<b>2003</b>	<b>Ingénieur Recherche et Développement (6 mois) :</b> Entreprise MESURA <sup>1</sup> - Forbach, France, (dans le cadre du DESS Automatisation et Organisation Industrielle (AOI))
Contexte	Le but de ce stage fût l'automatisation et l'optimisation d'une ligne d'assemblage de régulateurs de gaz. J'ai commencé par l'établissement d'un rapport détaillé sur le processus et la ligne d'assemblage en place. Par la suite j'ai proposé plusieurs configurations possibles de la nouvelle ligne automatisée. Nous avons entamé la réalisation de la solution retenue et j'ai rédigé les fiches techniques pour les opérateurs et les programmes des automates (Telemecanique). Cette solution a consisté en : l'ordonnancement des étapes d'assemblage et l'introduction d'un tapis roulant et d'un bras manipulateur ; nous avons doublé la cadence de la ligne avec 3 opérateurs à la place de 5 initialement. A la fin j'ai présenté un modèle en 3D de la nouvelle ligne en utilisant SolidWorks et AutoCad.
Superviseurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr. Nidhal REZG, Professeur de l'Université de Lorraine.</li> <li>- M. Jacques TIXIER, Directeur général de l'entreprise MESURA</li> </ul>
<b>2002</b>	<b>Stage de recherche (6 mois)</b> Laboratoire de Vision Robotique (LVR) à L'ENSI de Bourges - France (Dans le cadre du DEA Robotique Et Systèmes Intelligents (RESIN))
Contexte	Simulation d'un "exosquelette" amplificateur de puissance intelligent pour la marche bipédique d'un robot marcheur.
Superviseur	- Dr. Olivier BRUNEAU, maître de Conférences à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines.
<b>2001</b>	<b>Projet de Fin d'Etudes (4 mois)</b> Laboratoire de Commande des Processus à l'ENP D'Alger - Algérie.
contexte	Commande par logique floue et neuro-floue d'un convertisseur minimal Alternatif - Continu/ Alternatif - Continu (AC/AC).
Superviseur	- El-Madjid. BERKOUK, Professeur à l'École Nationale Polytechnique d'Alger - Algérie.

## ENSEIGNEMENT

Année & Fonction	Matière	Établissement	Niveau	No d'heures
Vacataire 2010-2012	industrialisation	Grenoble INP (Polytech/GI)	2 <sup>ème</sup> année GI/Poly	16
	Informatique Industrielle		1 <sup>ère</sup> année GI	34
ATER 2007-2008	Visual Basic	Université de Lorraine à l'Institut Supérieur d'Electronique et d'Automatique et à l'UIT Mesure physique	L3 EEA et 1 <sup>ère</sup> IUT MP	120
	Automatique et contrôle		L3 EEA	36
	Informatique industrielle		L3 IUT	28
	Informatique (C/C++)		L3 EEA	36
	Encadrement de Stage		M2	24
ATER 2005-2006	Informatique (C/C++)	Université de Lorraine à l'Institut Supérieur d'Electronique et d'Automatique	L3 EEA	24
	Automatique et contrôle		L3 EEA	96
	Encadrement de stage		L3 EEA	13
Vacataire 2003-2004	Informatique (C++)		M1	8
	Automatique et contrôle		M1	16
			<b>Total</b>	<b>451</b>

## INFORMATIQUE

- Bureautique : Microsoft Office, LibreOffice, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X/ Asymptote, . . .
- Logiciels : Matlab/Simulink, Scilab, R, ADAMS, AutoCad, SolidWorks, . . .
- Langages de programmation : VB/VBA, JAVA, C/C++, HTML, PHP.

## LANGUES

- **Anglais** : Lu, écrit et parlé avec un bon niveau
- **Français** : Lu, écrit et parlé avec un très bon niveau
- **Arabe** : Langue maternelle

1. Implementing Manufacturing science solutions to increase equipment pROductiVity and fab pERformance

2. Entreprise spécialisée dans la production des régulateurs de Gaz [www.mesura.fr](http://www.mesura.fr)

# ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

## COMPÉTENCES

J'ai enseigné globalement dans les spécialités suivantes : Industrialisation, systèmes automatisés, interfaces hommes-machines, informatique industrielle, automatique et contrôle commande, langage de programmation (C; C++; VB).

## EXPÉRIENCE

Durant mon poste d'ingénieur de recherche j'ai assuré à plusieurs reprises un support pour le cours d'industrialisation pour les étudiants de deuxième année à l'École de Génie Industriel (GI) de l'INP de Grenoble ainsi qu'à l'École Polytechnique de Grenoble. J'ai également, dirigé plusieurs TP/TD d'informatique industrielle aux élèves ingénieurs en première année à l'école de Génie Industriel (GI).

J'ai occupé un poste d'ATER à temps complet, à l'Université Paul Verlaine-Metz, durant l'année universitaire 2007/2008. Mes enseignements effectués au sein de l'Institut Supérieur d'Électronique et d'Automatique (ISEA) étaient destinés à des étudiants en formation de Licence Mécanique Électronique parcours Électronique Électrotechnique Automatique (Troisième année EEA). Je me suis occupé des Travaux Pratiques (TP) d'automatique et de commande, et du TP/TD programmation en Visual Basic et d'homogénéisation informatique (langage C/C++).

J'ai enseigné également le cours et le TP de Visual Basic aux étudiants de première année de l'IUT Mesures Physiques ainsi que des TD et TP d'informatique industrielle et systèmes automatisés pour des licences Pro : Acquisition de données, Qualification d'appareillages en milieu Industriel (AQI).

Durant l'année Universitaire 2005/2006, j'ai occupé un poste ATER à temps partiel où j'ai assuré les TP d'automatique et commande et d'homogénéisation informatique (langage C) pour les licences mécanique électronique troisième année.

L'année 2003/2004 représente ma première expérience dans l'enseignement supérieur, durant laquelle, j'ai pu diriger des TP de programmation orienté objet (langage C++) et d'automatique avancée (TP sur MATLAB) pour des étudiants de Master.

## **2009 - 2012 : Ingénieur de recherche à Grenoble INP**

*École de Génie Industriel (INP Grenoble) :*

- TP Informatique Industrielle ; 1<sup>er</sup> année ; (16 heures).
- TD Informatique Industrielle ; 1<sup>er</sup> année ; (18 heures)
- TP Industrialisation ; 2<sup>ème</sup> année ; (8 heures).

*École Polytechnique de Grenoble :*

- TP Industrialisation ; 2<sup>ème</sup> année ; (8 heures)

## **2007 - 2008 : ATER à l'Université Paul Verlaine-Metz (UPVM) "Université de Lorraine actuellement"**

*Institut Supérieur d'Électronique et d'Automatique (ISEA) :*

- TP automatique continue ; LME parcours EEA + ISFATES ; (36 heures)
- TP homogénéisation informatique ; LME parcours EEA ; (24 heures)
- TP Visual basic ; LME parcours EEA + ISFATES ; (36 heures)
- TD homogénéisation informatique ; LME parcours EEA ; (12 heures)
- Encadrement de projet pour le Master 2 Mesure et Traitement de l'Information (MTI) ; (24 heures)

*IUT Mesures physiques :*

- TP informatique industrielle ; licences pro AQI ; (24 heures)
- TD informatique industrielle ; licences pro AQI ; (4 heures)
- Cours Visual Basic ; Première année ; (8 heures)
- TP Visual Basic ; Première année ; (76 heures)

## **2005 - 2006 : ATER à l'Université Paul Verlaine-Metz (UPVM)**

*Institut Supérieur d'Électronique et d'Automatique :*

- TP Automatique continue ; L3 Mécanique Électronique (LME/EEA) + ISFATES ; (96 heures)
- TP homogénéisation informatique ; L3 Mécanique Électronique (LME/EEA) ; (24 heures)
- Encadrement de projet ; L3 Mécanique Électronique (LME/EEA) ; (13 heures)

## **2003 - 2004 : Enseignant vacataire à l'Université Paul Verlaine - Metz.**

*Institut Supérieur d'Électronique et d'Automatique :*

- TP automatique (Identification sous MATLAB) ; M2 MTI ; (16 heures)
- TP informatique (langage C++) ; M2 MTI ; (8 heures)

## **QUELQUES PRÉCISIONS SUR LES MATIÈRES ENSEIGNÉES**

---

### **TP automatique et commande**

Le but de ce TP a été de permettre aux étudiants de découvrir quelques exemples de systèmes asservis et d'apprendre à introduire un régulateur dans la boucle d'asservissement. Trois TP se déroulent sur maquette (régulation de position, régulation de vitesse et régulation de température) et le quatrième sur PC grâce à l'utilisation de MATLAB.

### **Homogénéisation informatique (langage de programmation)**

Dans ce TD/TP, on donne une initiation au langage de programmation C. Vers la fin de ce TP nous abordons quelques exemples de programmes un peu plus complexes, qui montrent le besoin d'utilisation de langages orientés objet tel que C++.

### **Visual Basic**

Ce TP est destiné à des étudiants n'ayant aucune base dans l'algorithmique, ils profitent de ce TP pour apprendre le langage et les bases de la programmation telles que les boucles, les conditions, l'utilisation des fonctions et des procédures. A la fin du TP ils auront les connaissances nécessaires pour faire des programmes complexes tels que des jeux ou une interface permettant de tracer des fonctions mathématiques, la lecture des fichiers et une idée sur la manipulation des bases de données.

## **Informatique industrielle**

Dans ce TP on utilise des platines Pic-Basic. Les étudiants créent des programmes Basic sur PC puis ils les chargent sur la platine. On leur propose quelques fonctionnalités simples (telles que la génération d'une sonnerie ou l'allumage de LED intégrés à la platine). D'autres fonctionnalités plus complexes s'ajoutent vers la fin du TP, consistant à l'interfaçage du microcontrôleur avec des organes externes à la platine tels qu'un afficheur 7 segments, un ventilateur et un bras manipulateur. Un aperçu rapide sur la possibilité de manipuler d'autres types d'automates tels que SEIMENS ou TELEMECANIQUE, est donné à la fin du TP. Le but du TP est de donner aux étudiants une initiation dans la programmation des systèmes embarqués. Concernant mes enseignements de cette matière à GI (Grenoble), on se base principalement sur la simulation en TP où les étudiants écrivent des programmes pour le micro-contrôleur Motorola 8051 après avoir déduit le grafset du problème.

## **Industrialisation**

Ce cours se déroule sous forme de jeux de rôles où les étudiants se partagent en groupes de 5 à 8 membres et doivent gérer la mise en place d'un système de production, les étudiants partagent les rôles entre directeur, responsable de financement, ... J'ai assisté à deux types de projets : dans le premier, les étudiants travaillent sur le développement d'un projet d'élevage de poissons. Le deuxième projet se déroule comme dans une chaîne de production d'avions en papier. Grâce à ces jeux, les étudiants se retrouvent face à des problèmes réels où ils doivent appliquer les méthodes qu'ils ont appris en cours et constater réellement l'efficacité des solutions et améliorations qu'ils ont proposé. Ce type de formation a attiré l'intérêt d'industriels tels que SEIMENS qui l'ont adoptée et l'applique désormais avec leurs employés.



# ACTIVITÉS DE RECHERCHE

## **RÉSUMÉ (DEA, Thèse, Ingénieur de Recherche)**

J'ai effectué mes premiers pas dans la recherche scientifique durant l'année universitaire 2001-2002 dans le cadre d'un stage de D.E.A. Robotique Et Systèmes Intelligents de Paris 6 (RESIN) sous la direction du Dr/HDR Olivier BRUNEAU, au sein du Laboratoire de Vision Robotique à l'ENSI de Bourges. Durant ce stage, nous avons traité la problématique de la motorisation des exosquelettes actifs. Nous avons utilisé des méthodes d'intelligence artificielle pour la commande des articulations de l'exosquelette.

À partir de l'année 2004, j'ai entamé les activités de recherche doctorale sous la direction du Professeur Guy BOURHIS du laboratoire LASC à Metz. Nous avons conçu un simulateur de conduite de fauteuil roulant électrique intelligent avec un joystick à retour d'effort. Cela nous a permis d'effectuer des tests afin de prouver l'intérêt de l'utilisation du retour d'effort dans une telle tâche et de faire une comparaison entre les fauteuils électriques à propulsion et ceux à traction. Cette comparaison peut être très utile pour les médecins lors du choix du type de fauteuil à prescrire pour la personne handicapée.

En Mars 2009, j'ai commencé mon travail dans le cadre du projet Européen IMPROVE sous la responsabilité du Professeur Michel TOLLENAERE du côté du laboratoire GSCOP et du Dr Philippe VIALLETTELLE du côté de l'entreprise STMicroelectronics. Nous travaillons sur l'optimisation des contrôles de processus, et l'introduction d'un plan de contrôle dynamique en fonction du risque. Nous avons montré que ce plan peut augmenter la détection précoce des dérives de plus de 30%, d'optimiser l'utilisation des moyens d'inspection, et permettre d'accélérer la détection et le diagnostic et de planifier les actions de maintenance en fonction de la qualité du produit et l'état de santé de l'équipement. Nous, avons employé les réseaux bayésiens pour l'estimation de l'état de santé de l'équipement, et nous avons développé une heuristique ainsi qu'un Algorithme génétique pour l'optimisation du plan de contrôle.

Après la fin du projet IMPROVE, j'ai passé un séjour à l'école polytechnique de Montréal, où j'ai travaillé avec le Professeur Samuel BASSETTO sur le même type de problématique afin de finaliser quelques publications. Nous avons travaillé sur la réduction du temps d'attente des produits pour l'inspection et l'effet de l'échantillonnage. Nous avons tenté de modéliser statistiquement le comportement des lots entre la production et l'inspection. Récemment, j'ai travaillé comme consultant sur la suspension active du siège du pilote d'hélicoptère dans le cadre projet *Hélicoptère du futur* mené par l'entreprise EUROCOPTER. Ma contribution consistait à la modélisation et la définition de la commande du système. Les simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel Scilab.

*Mots Clefs : plan d'inspection dynamique, estimation du risque, diagnostic, détection, qualité, échantillonnage, maintenance, optimisation multi-objective, simulation, files d'attente, temps de cycle, modélisation statistique, robotique de service, interfaces haptiques à retour d'effort, interaction homme-machine, fauteuils roulants intelligents, commande assistée, simulateur de conduite, aide à la décision, intelligence artificielle, algorithme génétique, fusion de données, automatique, commande.*

# PROJET EUROPÉEN IMPROVE

## CONTEXTE GÉNÉRAL

---

L'industrie du semi-conducteur est connue pour sa complexité et le coût élevé de ses équipements de production et de contrôle. Un lot de wafers subit plus de 700 opérations et passe plus de deux mois pour qu'il soit terminé. En moyenne le lot passe 80% de sa vie en atelier (fab) en attente, vu le nombre important des opérations de contrôle qualité et la limitation de capacité des moyens de contrôle. La duplication de ces moyens de contrôle serait très coûteuse comparée au temps gagné ; avant d'envisager de tels investissements, il convient de s'assurer que les moyens de contrôle disponibles sont exploités de façon optimale.

Le projet européen IMPROVE a pour but d'optimiser les coûts de production et d'augmenter la productivité des ateliers, en introduisant des notions connues dans le monde de l'automatique, sur le domaine de la production. Le projet IMPROVE contenait sept Work Package, mais seulement trois concernent la recherche scientifique. C'est un projet de 32M€, regroupant 35 partenaires industriels et académiques. Les WP qui concernent la recherche sont :

**WP2** La métrologie virtuelle, on essaie de déduire les mesures des paramètres du produit en se basant sur les données capteurs des machines de production et sur l'historique des données,

**WP3** L'évaluation du risque et de l'indicateur de santé de l'équipement de production. On s'intéresse ici à la fusion d'informations concernant une machine de production, pour définir un indicateur global dynamique de l'état de santé de la machine appelé Equipment Health Factor (EHF) ainsi que la confiance dans ce facteur (GOF). Les réseaux bayésiens ont été utilisés pour définir cet indicateur.

**WP4** Le plan de contrôle dynamique basé sur le risque.

Notre contribution se positionne dans le WP4, dans la partie définition de plan de contrôle prévisionnel, c'est-à-dire la définition des limites de risque toléré pour un équipement de production avant d'entreprendre une action d'inspection ou de maintenance et ainsi le nombre d'actions de contrôle que l'on doit prendre pour ne pas dépasser le risque limite. Les questions de l'évaluation du risque et de son évolution au cours du temps ainsi que le choix du moment de l'action ont été abordées. Pour sécuriser l'état d'un équipement, la solution la plus évidente est de faire une révision (une maintenance préventive) ce qui entraîne l'arrêt de cet équipement. Une solution pour estimer l'état de l'équipement sans l'arrêter est d'inspecter le produit « un diagnostic précoce de la défaillance ». Si le produit est bon, on estime que la machine est en bon état (au moins pour l'opération effectuée), sinon on doit intervenir sur la machine de production avec une maintenance. La plupart des ateliers de semi-conducteur sont passés à cette politique de contrôle durant la dernière décennie. Le plus grand inconvénient de cette méthode est la variabilité et la non-linéarité de la disponibilité des ressources et de mouvement des lots dans les lignes de production.

Le travail que j'ai mené dans ce projet a consisté à modéliser les besoins des partenaires industriels, et de résoudre quelques points durs liés au plan d'inspection existant. Nous avons proposé une méthode d'évaluation du risque. Nous nous sommes intéressés, dans un premier temps, à la mesure de défektivité (inspection de dépôt de poussière sur les puces). Nous avons également proposé un algorithme qui permet d'identifier et quantifier le nombre de mesures inutiles (Mesure sans effet sur la valeur de risque sur l'équipement de production). Nous avons pu étendre notre étude à la mesure CD (Critical Dimensions). Nous avons développé un simulateur basé sur l'historique de la fabrication, qui permet d'estimer le risque et les temps d'attente de chaque lot inspecté avec le plan d'inspection existant. Ce simulateur nous permet aussi de tester d'autres plans d'inspection que nous pouvons définir : (1) Manuellement (en se basant sur les experts de la fab), (2) En utilisant des algorithmes d'optimisation tels que les algorithmes génétiques. (3) Une heuristique développée par notre équipe consistant à une distribution de la capacité disponible en fonction de la capacité des équipements de production.

Nous avons proposé la définition d'un plan d'inspection optimal selon un ou plusieurs critères. Nous nous sommes penchés sur l'étude des files d'attente devant les machines de contrôle et la modélisation du temps d'attente d'un lot pour qu'il passe l'étape de l'inspection. Nous avons proposé aussi une approche multi-agent pour définir un plan de contrôle intelligent capable de s'adapter rapidement avec les imprévus de la fab.

## MÉTHODOLOGIE

---

Nous considérons un système de production très simplifié composé d'une machine de production, d'une machine d'inspection et d'un buffer. Vu la non-linéarité et la variabilité de la ligne, les lots fabriqués n'arrivent pas à la machine d'inspection dans le même ordre que celui de leur fabrication. Nous avons choisi de considérer le risque par rapport à l'état d'un équipement de production comme étant l'incertitude sur son état. Cette

incertitude est mesurée par le nombre de wafers produits depuis la dernière inspection, nous l'avons appelé le Wafer-At-risk ( $W@R$ ). Nous avons émis quelques hypothèses pour pouvoir cadrer l'étude :

**Hypothèse 1** Le risque pour qu'un équipement de production génère un produit défectueux augmente avec la production de chaque wafer. Nous considérons aussi le fait que l'incertitude sur l'état d'un équipement augmente avec chaque production.

**Hypothèse 2** L'inspection d'un produit, réduit ou confirme la valeur actuelle de l'incertitude sur l'état de la machine et donc le niveau de risque. Si le lot inspecté est valide alors il valide tous les wafers fabriqués depuis le dernier lot inspecté jusqu'au moment où le lot inspecté a été produit. Cette valeur de réduction de risque est appelé  $W@R_{reduction}$ .

**Hypothèse 3** Il n'y a pas d'auto-réparation des moyens de production, c'est-à-dire que si une machine produit un wafer défectueux, tous ceux qui seront produits après lui seront, à leur tour défectueux, jusqu'à ce que l'on intervienne sur la machine.

Dans le but d'augmenter l'efficacité d'un plan de contrôle et de l'automatiser, nous avons développé un algorithme qui décide si un lot doit être mesuré ou non (skip), en fonction de son  $W@R$  réduction, et en se basant sur les hypothèses déjà citées. Le  $W@R$  par machine est une donnée aujourd'hui non disponible dans la fab (l'usine). Nous avons utilisé notre algorithme pour reconstruire le  $W@R$  pour chacune des machines de la fab sur un historique de plus de six mois. Pour retrouver les lots qui ont été destinés à la mesure, nous nous sommes basés sur l'historique des lots mesurés et nous avons développé un algorithme qui permet de les retrouver dans l'historique de fabrication. L'algorithme de calcul du  $W@R$ , permet d'identifier les lots qui ont été mesurés sans toutefois contribuer à la diminution de  $W@R$  d'aucune machine.

Par la suite nous nous sommes posé la question suivante : quel va être le  $W@R$  si l'on diminue le nombre de produits inspectés (sampling) ? Pour pouvoir répondre à cette question nous avons développé un simulateur capable de faire l'extraction du contrôle plan actuel, et de changer l'échantillonnage, puis on recalcule le  $W@R$  sur cette nouvelle base. Dans un premier temps nous avons proposé une interface permettant de définir l'échantillonnage par opération manuellement. L'utilisateur peut donc définir pour chaque opération le nombre d'inspections (taux d'inspection) qu'il peut y avoir durant la période concernée. Nous avons deux manières de simulation : (1) statique où l'on garde les mêmes dates d'inspections des lots (on considère que les lots skippés ont été remplacés par d'autres lots venants d'un autre atelier, tel que les lots R&D par exemple). (2) dynamique où l'on change la date d'inspection selon les places libérées dans les files d'attente de la machine de contrôle. En se basant sur ce simulateur, nous avons développé un algorithme génétique multi-objectives pour pouvoir définir un plan d'inspection optimisé.

## RÉSULTATS ET PERSPECTIVES

---

L'algorithme de skip que nous avons proposé a été adopté et validé par l'équipe défectivité de STMicroelectronics, où un prototype proche du temps réel (avec un retard de 30 min ) a été implémenté pour fournir continuellement à l'opérateur le  $W@R$  de chaque outil de production et la liste des lots qui sont intéressants à inspecter pour obtenir le niveau le plus bas du  $W@R$ .

Le calcul de l'historique du  $W@R$  a permis de constater que 35% des lots inspectés en défectivité n'apportent aucune diminution de  $W@R$  et pouvaient donc être dispensés de contrôle sans que le risque n'augmente. Quelques équipements de production utilisent plusieurs recettes (gamme de production) pour des produits différents. L'inspection d'un lot fabriqué avec une recette A ne valide pas forcément les lots fabriqués avec une recette B. Pour résoudre ce problème, nous avons adapté notre algorithme pour ce type de machine pour calculer en même temps un  $W@R$  global, et un  $W@R$  par recette. Cela permet non seulement de contrôler continuellement les chambres mais aussi de faire un diagnostic précis des équipements de production. Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une communication IJPR, et deux conférences IEEE ISSM, et ARCSIS.

La mesure CD ne présente pas la faculté d'accumulation de phénomène de dérive comme c'est le cas pour la défectivité (dépôt de poussière). Mais l'incertitude sur l'état de la machine augmente avec chaque wafer fabriqué même pour la mesure CD. Notre algorithme peut être donc utilisé pour le calcul du  $W@R$  pour ce type de mesure. Nous avons ajouté un moteur d'échantillonnage (technologie, opération) pour pouvoir simuler et comparer plusieurs configurations de plan de contrôle. L'algorithme a été testé et validé par l'équipe de métrologie de STMicroelectronics.

Les résultats obtenus ont montré qu'il est possible d'avoir une réduction considérable de l'utilisation des moyens d'inspection (jusqu'à 40%) avec une augmentation minimale du  $W@R$  (moins de 10%). L'utilisation de l'algorithme génétique a permis d'avoir un plan de contrôle optimal avec une réduction de l'utilisation des moyens d'inspection (30%) sans aucune augmentation du risque ( $W@R$ ). Nous avons développé un simulateur avec une interface graphique permettant la définition des contraintes et des critères de décision.

L'utilisation de la simulation dynamique permet d'avoir une diminution du temps d'attentes pour l'inspection, d'où une réduction de risque ( $W@R$ ) à cause de la réduction des files d'attentes. Une méthode heuristique permet de définir les risques limites autorisés pour une capacité d'inspection donnée et ainsi le plan d'inspection prévisionnel a été proposé.

Le plan de contrôle obtenu par l'heuristique développé par notre équipe a été comparé au plan de contrôle généré par l'algorithme génétique basé sur la simulation. Les résultats ont montré que pour une période de production d'un mois et en gardant le même dispatching pour les machines d'inspection (qui est une contrainte très forte) le génétique donne de meilleurs résultats (ce travail a fait l'objet du livrable D4.5.2 à Mars 2012 du projet IMPROVE et d'un papier dans Computers & Industrial Engineering).

Nous avons profité de cette étude pour enregistrer les temps d'attente entre le processus et l'inspection, la variation des paramètres de la loi gamma qui définit ce temps en fonction du nombre de produits envoyés à l'inspection et la capacité d'inspection disponible, permettra de prédire le temps qu'un lot mettra pour arriver à l'inspection pour un taux d'échantillonnage donné.

L'utilisation des méthodes d'intelligence artificielle est envisagée pour développer le contrôle intelligent des moyens de production. Nous avons commencé à tester l'approche agents artificiels basée sur la négociation, où les produits, les machines de contrôle et les machines de production sont des agents qui interagissent entre eux. Le déclenchement d'un contrôle peut venir de n'importe quel acteur, par exemple la machine de production constate que l'une de ses variables interne n'est pas dans les normes et demande que les produits fabriqués par elle soient contrôlés. Le produit peut aussi demander un contrôle quand il suspecte qu'une opération s'est mal déroulée. La machine de contrôle regarde les demandes et établie une priorité. Elle peut aussi refuser ou provoquer des contrôles ou un arrêt pour maintenance.

## **STAGE À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL**

À la fin du projet IMPROVE, j'ai passé un mois (août 2012) à l'École polytechnique de Montréal avec le Pr Samuel BASSETTO pour finir quelques travaux concernant le smart sampling et commencer de nouvelles collaborations avec des entreprises et des universités de la région québécoise notamment l'Université de Sherbrooke et l'entreprise DELZA l'utilisation de la théorie des files d'attentes et la théorie de Lotka-Volterra pour trouver de nouvelles stratégies de contrôle des produits.

# THÈSE DE DOCTORAT

## CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA THÈSE

---

Un nombre important de personnes handicapées moteurs ne peuvent pas utiliser un fauteuil électrique standard ou le conduisent difficilement. Pour permettre à ces personnes de se déplacer de manière autonome, des chercheurs se sont intéressés depuis plus de vingt ans à l'amélioration de l'interface homme-machine soit en filtrant les actions de l'utilisateur sur le joystick classique du fauteuil, soit en implémentant de nouvelles interfaces de commande pour permettre à ces utilisateurs d'accéder plus facilement aux fonctionnalités du fauteuil. Dans le même but, il y a eu l'apparition d'une autre axe de recherche qui s'intéresse au développement de fauteuils roulants électriques (FRE) « intelligents ». L'intelligence d'un fauteuil roulant réside dans sa capacité à percevoir l'environnement grâce aux différents types de capteurs tels que les télémètres à ultrasons, les capteurs infrarouge ou la vision. En se basant sur ces capteurs, le fauteuil peut effectuer des mouvements automatiques ou semi-automatiques (évitement d'obstacles, suivi de mur, ..).

De nombreux prototypes de fauteuils intelligents ont ainsi été développés dans les laboratoires de recherche depuis les années 80. J'ai pu citer plus de 50 prototypes dans la partie bibliographique de ma thèse. La plupart des technologies et méthodes disponibles en robotique mobile ont été implémentées et testées sans que malheureusement cela n'aboutisse à de réels progrès pour l'utilisateur : seules des fonctionnalités de bas niveau (détection d'obstacles, suivi de lignes) sont actuellement commercialisées et donc accessibles à tous.

Plusieurs explications peuvent être invoquées pour justifier cet échec. La première raison est sans doute technique : la fiabilité des solutions proposées, du fait en particulier des imperfections des capteurs d'environnement, n'est pas toujours suffisante pour une utilisation dans un environnement non-structuré tel que l'est a priori l'espace de vie d'une personne handicapée. Une parfaite sécurité ne peut être garantie lors d'un déplacement automatique qu'en faisant appel à une étroite coopération entre l'opérateur humain et la machine.

Une seconde raison est sans doute la difficulté d'appliquer dans le cas particulier des fauteuils intelligents une procédure de conception/évaluation impliquant pleinement l'utilisateur final comme il est recommandé pour toute conception d'aide technique. Les problèmes de sécurité déjà évoqués ci-dessus, et aussi des problèmes pratiques comme la difficulté de dupliquer les prototypes, rendent en effet complexes les phases d'évaluation. Une troisième raison à la non-diffusion commerciale des fauteuils « intelligents », peut-être la plus importante, est la difficulté de convaincre de leur utilité : les industriels, l'environnement médical des utilisateurs, voir les utilisateurs potentiels eux-mêmes. Si ces derniers sont déjà pilotes de fauteuils électriques, il s'agit en particulier de démontrer l'apport réel d'une fonctionnalité de mouvement automatique par rapport à un contrôle manuel classique. Cet apport est fonction des performances de pilotage de la personne et du type d'environnement d'évolution du fauteuil.

A travers le travail mené dans ma thèse, nous avons proposé de développer un nouveau mode de contrôle de fauteuils intelligents qui va permettre de résoudre ces problèmes. Nous avons donc proposé un contrôle assisté par retour d'effort.

## MÉTHODOLOGIE

---

Un fauteuil roulant intelligent peut être considéré comme un robot mobile téléopéré. La principale différence est que l'opérateur humain se trouve sur le robot et non dans un site éloigné du robot, comme c'est le cas pour les systèmes téléopérés standards. Ainsi, comme un robot téléopéré, un fauteuil roulant électrique peut être commandé en utilisant plusieurs modes de commande. Le mode de commande manuel étant le meilleur mode quand l'utilisateur a la capacité de l'utiliser. A l'opposé, on trouve le mode de commande automatique, qui est très utile pour des personnes à handicap moteur sévère. Mais il est très difficile de garantir une parfaite sécurité, de plus qu'il provoque un blocage d'ordre psychologique chez quelques utilisateurs potentiels, qui n'acceptent pas de céder le contrôle du mouvement à la machine.

On peut considérer d'autres modes de commande tel que le mode de commande partagée et combinée. L'utilisation de ces modes de commande a posé plusieurs problèmes puisqu'ils privent l'utilisateur du contrôle total du fauteuil. On peut se trouver face à un cas où l'utilisateur veut s'approcher d'une table mais il ne pourra pas puisque le fauteuil considère la table comme un obstacle et donc il l'évite.

Pour ces raisons, nous avons développé un nouveau mode de commande que nous avons appelé « mode de commande assistée ». C'est une commande manuelle assistée par une information haptique. Le principe

est le suivant : les capteurs télémétriques du fauteuil roulant électrique intelligent donnent la position des obstacles proches du fauteuil et on en déduit une force de retour sur le joystick dans le sens de la meilleure direction libre. Il est important de noter que dans aucun cas cette méthode n'interdit une décision de la personne, elle la rend seulement plus difficile lorsque le fauteuil se rapproche de l'obstacle. Dans ce contexte les limitations techniques et psychologiques des modes automatique et semi-automatique n'apparaissent plus. Il reste cependant à démontrer que les performances en terme de conduite seront améliorées de façon significative par rapport à un pilotage classique du fauteuil.

Pour cela, nous avons conçu un simulateur qui permet la conduite d'une version modélisée du fauteuil VAHM, dans un environnement virtuel en 2D. Nous avons utilisé le joystick à retour d'effort (Microsoft Sidewinder TM Force Feedback Joystick 2). Le simulateur a été développé sous le logiciel MATLAB/SIMULINKTM.

Le principe de calcul du retour d'effort consiste à appliquer une force sur le joystick dans la direction libre la plus appropriée, c'est à dire correspondant « le mieux » à celle indiquée par le pilote. La difficulté essentielle est de définir cette direction. Pour le calcul du retour d'effort qui sera généré par le joystick, nous avons testé plusieurs méthodes. Nous avons utilisé la méthode des potentiels, puis la VFF (Virtual Force Field), la VFH (Vector Field Histogram) et finalement la MVFH (Minimum Vector Field Histogram). Les tests ont permis de retenir la VFH et la MVFH pour leurs résultats satisfaisants.

## **EXPÉRIMENTATION ET RÉSULTATS**

---

Nous avons mené deux phases d'expérimentation : une première phase qui a permis de choisir la méthode de calcul du retour d'effort et l'amélioration du simulateur, notamment la complexité de l'environnement et l'adaptation du critère de performance.

Dans la deuxième phase, nous avons effectué un nombre de tests assez important pour pouvoir effectuer une étude statistique des résultats obtenus. Nous avons pris un panel de cinq personnes valides qui conduisent deux types de fauteuils virtuels correspondants aux deux prototypes du VAHM (VAHM2 : un fauteuil à traction avant, VAHM3 : un fauteuil à traction arrière).

La tâche test consiste à guider le mobile virtuel de la position initiale à la position finale à l'aide du joystick en s'efforçant de minimiser le temps de parcours et le nombre de collisions.

Chaque utilisateur, après une phase d'apprentissage a guidé 10 fois le fauteuil virtuel selon différentes conditions expérimentales : sans retour de force «sans RF», avec retour d'effort calculé par l'algorithme VFH et avec retour d'effort calculé par l'algorithme MVFH. De plus chacune de ces trois options est réalisée avec deux configurations cinématiques pour le fauteuil virtuel.

Nous avons enregistré durant chaque essai le nombre de collisions, le temps de parcours, la distance parcourue ainsi que l'indice de confort, qui est un critère inversement proportionnel au confort. A la fin d'une série de chaque configuration, l'utilisateur effectue une évaluation de la charge de travail mentale en utilisant la méthode NASA-TLX. La signification statistique des résultats a été testée par la méthode ANOVA. Nous avons découpé l'environnement du test sur plusieurs zones afin d'effectuer une étude globale et une étude par zone des résultats obtenus.

L'ensemble des résultats expérimentaux valide l'intérêt du retour de force pour le pilotage d'un fauteuil électrique. En effet, la comparaison des performances pour les paramètres temps, distances et collisions, quand elle est significative, est la plupart du temps en faveur du retour d'effort. La tendance générale montre également une amélioration sensible des résultats avec l'algorithme MVFH par rapport au VFH. Pour le paramètre confort, les conclusions sont fonction de la difficulté de manœuvre : le retour de force améliore les performances en terme de confort dans les zones « faciles » et inversement. Qualitativement, on observe toutefois des trajectoires mieux lissées avec les méthodes VFH et MVFH dans les passages difficiles.

Un point important ressort par ailleurs de toutes ces expérimentations : les conclusions générales ne doivent pas masquer les fortes disparités de comportement interindividuelles. Par exemple, un des expérimentateurs, qui est une personne habituée à l'utilisation du joystick n'a pas présenté d'amélioration très significative de ses performances avec le retour de force. On peut remarquer aussi que certains utilisateurs sont plus à l'aise avec une configuration cinématique du fauteuil plutôt que l'autre.

Le travail mené nous permet de conclure d'une manière générale sur les améliorations des performances obtenues grâce au retour d'effort et sur le choix du meilleur algorithme de calcul de retour d'effort (MVFH). L'étude des résultats par zone permet de constater que le retour d'effort diminue le nombre de collisions dans les zones complexes de l'environnement et augmente le confort dans les zones faciles à traverser. Ceci valide donc l'intérêt de l'utilisation d'un mode de commande assisté par un retour d'effort pour la conduite d'un fauteuil roulant électrique, du moins pour des personnes valides.

Plusieurs perspectives peuvent être envisagées à partir de ce travail, tels que le passage à l'environnement 3D, le test sur des personnes handicapées ou le test d'autres interfaces haptiques. Une autre perspective intéressante est l'augmentation de la perception du fauteuil (du robot) avec l'ajout d'autres capteurs qui ont prouvé leur efficacité tels que les télémètres infrarouge, les télémètres laser et la vision.

# PUBLICATIONS

## REVUES INTERNATIONALES AVEC ACTE ET COMITÉ DE LECTURE

- [1] **M. Shanoun**, S. Bassetto, S. Bastoini, P. Vialletelle (2011) : "Optimisation of the process control in a semiconductor company : model and case study of defectivity sampling", *International Journal of Production Research*, 49 :13, 3873-3890 ; DOI :10.1080/00207543.2010.484429.
- [2] **M. Sahnoun**, G. Bourhis, "Haptic feedback to assist powered wheelchair piloting". *AMSE Periodicals*, vol.67, pp. 53-63, 2006.
- [3] **M. Sahnoun**, G. Bourhis, "Conception et simulation d'une commande à retour d'effort pour fauteuil roulant électrique", *Sciences et Technologies pour le Handicap*, Ed. Hermes, vol.1, n° 2, 2007, pp. 123-141 , DOI :10.3166/sth.1.123-141 (Imp Fac : 0.803).
- [4] A. Pruski, Y. Morere, O. Horn, G. Bourhis, R. Grasse, **M. Sahnoun**, "Approche centrée utilisateur pour la conception d'un fauteuil roulant intelligent, *Sciences et Technologies pour le Handicap*", Edition Hermès, Volume 1, 1/2007, pp. 9-32, DOI :10.3166/sth.1.9-32 (Imp Fac : 0.803).
- [5] **M.Sahnoun**, B.Bettayeb, S. Bassetto, M. Tollenaere "Optimization of sampling plan in semiconductor manufacturing using a multi-objectives genetic algorithms based simulation" (soumis à *Computer and Industrial Engineering*).
- [6] B.Bettayeb, S. Bassetto, **M.Sahnoun**, M. Tollenaere "A quality tool to prevent excessive scrap production" (soumis à *journal of manufacturing systems*).
- [7] **M.Sahnoun**, B.Bettayeb, S. Bassetto, M. Tollenaere " optimization of sampling plan and metrology time delay" (to be submitted to *IEEE Transation on semiconductor manufaturing*).
- [8] Bettayeb, B., Bassetto, S. J. & **Sahnoun M.** Impact of type-II error on risk-based inspection plan (to be submitted).

## CONGRÈS INTERNATIONAUX AVEC COMITÉ DE LECTURE

- [1] **M.Sahnoun**, B.Bettayeb, M.Tollenaere, S.Bassetto, "Smart Sampling for Risk reduction and Delay Optimisation" *IEEE International Systems Conference, SYSCON 2012*, Vancouver, Canada, March 19-22, 2012.
- [2] M-F. Bouaziz, **M. Sahnoun**, E. Zamaï, S. Hubac, "Decision making based on the EHF integration in a complex semiconductor manufacturing" , *12th European Advanced Process Control and Manufacturing Conference, APCM2012 MINATEC Grenoble*, France - April 16-18, 2012.
- [3] **M. Sahnoun**, B. Bettayeb, P. Vialletelle, A. MILL, M. Tollenaere "Impact of Sampling on W@R and Metrology Time delay" *Intel European Research & Innovation Conference 2011, ERIC 2011*. Dublin, Ireland, 12-14 October 2011.
- [4] **M. Sahnoun**, P. Vialletelle, S. Bassetto, S. Bastoini, M. Tollenaere, "Computation of Wafer-At-Risk from Theory to Real Life Demonstration" *13th ARCSIS Meeting*, Rousset, France, November, 18-19, 2010.
- [5] **M. Sahnoun**, P. Vialletelle, S. Bassetto, S. Bastoini, M. Tollenaere "Optimizing Return On Inspection Trough Defectivity Smart Sampling" the *17th IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing, ISSM2010*, Tokyo, Japan, October 18-20, 2010.
- [6] **M. Sahnoun**, G. Bourhis, "Assisted Control Mode for a Smart Wheelchair" *Rehabilitation Robotics, 2007. ICORR 2007. IEEE 10th International Conference on* , vol., no., pp.158-163, 13-15 June 2007, DOI : 10.1109/ICORR.2007.4428422.
- [7] **M. Sahnoun**, G. Bourhis. "Assisted control for powered wheelchair with a force feedback joystick", in *Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe (AAATE 2005)*, IOS Press, p. 601-605, 2005.
- [8] A. Fattouh ; **M. Sahnoun** ; G. Bourhis ; "Force feedback joystick control of a powered wheelchair : preliminary study," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004*, vol.3, pp. 2640-2645 10-13 Oct. 2004. DOI :10.1109/ICSMC.2004.1400729.
- [9] **M. Sahnoun**, G. Bourhis, "Retour haptique pour l'aide au pilotage des fauteuils roulants électriques", *Colloque Handicap 2006*, Paris, juin 2006, p. 34-39.



## LIVRABLES DE PROJET

---

- [1] E.Zamaï, **M Sahnoun**, M.Bouaziz, F.Duvivier, P.Vialletelle, "Specifications for automatic feeding of process control applications", (IMPROVE-WP4-D4-1-1), 15/02/2010
- [2] **M.Sahnoun**, B.Bettayeb, P.Vialletelle "Validation of Target Control Plan v2 - specs for further integration", (IMPROVE-WP4-D4-2-5), 20/03/2012.

# RÉFÉRENCES

**Pr. Michel TOLLENAERE**

Professeur, Grenoble-INP

✉ : [michel.tollenaere@inpg.fr](mailto:michel.tollenaere@inpg.fr)

☎ : 04 76 57 46 30

☎ : 04 76 57 46 95

✉ : 46, av felix Viallet - 38031 Grenoble Cedex 01

**Pr. Samuel BASSETTO**

Professeur Adjoint, Ecole Polytechnique de Montréal

✉ : [samuel-jean.bassetto@polymtl.ca](mailto:samuel-jean.bassetto@polymtl.ca)

☎ : +1 514 340 4711 poste 5982

✉ : C.P. 6079, succ. Centre-Ville

Montréal (Québec) H3C 3A7, Canada

**Mr. Philippe VIALLETTELLE**

Ingénieur principal, ST Microelectronics Crolles, France

✉ : [philippe.vialletelle@st.com](mailto:philippe.vialletelle@st.com)

☎ : 04 38 92 22 90

✉ : 850, Rue Jean Monnet - 38926 Crolles Cedex

**Pr. Guy BOURHIS** ( Directeur de thèse)

✉ : [bourhis@univ-metz.fr](mailto:bourhis@univ-metz.fr)

☎ : 03 87 31 51 39

☎ : 03 87 31 53 33

✉ : LASC - 7, rue Marconi. 57070. Metz cedex 01 - France

**Dr. Olivier BRUNEAU** (Responsable de Stage de DEA)

✉ : [bruneau@lisv.uvsq.fr](mailto:bruneau@lisv.uvsq.fr)

☎ : 01 39 25 47 62

☎ : 01 39 25 49 85

✉ : 10/12 avenue de l'Europe, 78140 Vélizy - France

**Dr. Olivier HABERT**

✉ : [habert@univ-metz.fr](mailto:habert@univ-metz.fr)

☎ : 03 87 31 52 74

☎ : 03 87 31 55 19

✉ : LASC - 7, rue Marconi. 57070. Metz cedex 01 - France