

Revue des départements de Génie Électrique & Informatique Industrielle - IUT

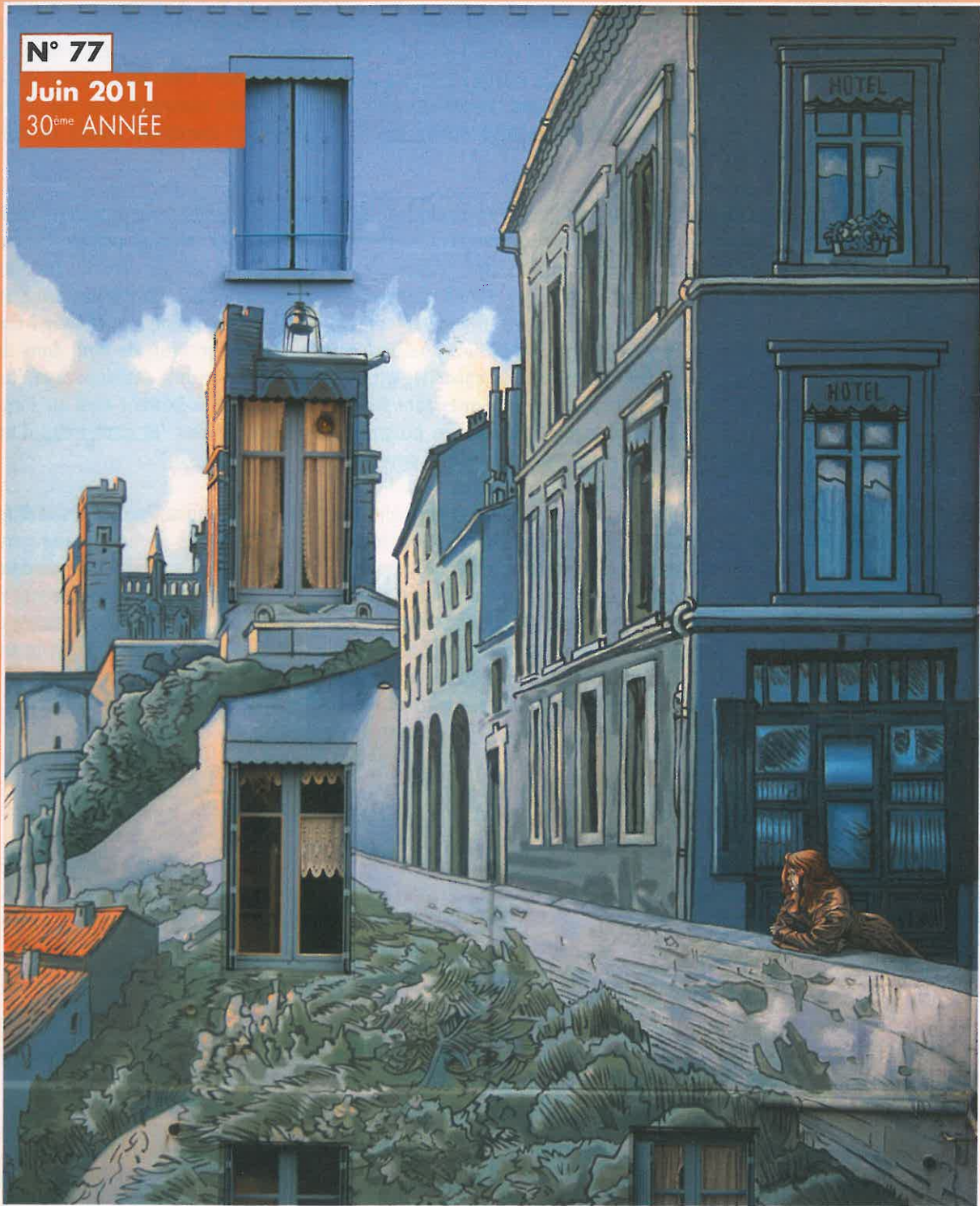
# Gesi

Revue des départements de Génie Électrique & Informatique Industrielle - IUT

N° 77

Juin 2011

30<sup>ème</sup> ANNÉE



Autour du Colloque d'Angoulême 6-7-8 Juin 2011

# EDITO

## Après RENNES,... ? Voilà ANGOULEME...

Le 38<sup>ème</sup> Colloque Pédagogique National des départements GEII aura lieu à Angoulême les 6, 7 et juin 2011. En effet après beaucoup de tergiversations, le tout petit département GEII délocalisé au milieu de la Charente, a décidé de reprendre le flambeau. Oh bien sûr, lorsque la décision a été annoncée à l'ACD du 4 février, en pleine période hivernale, personne ne lui a montré l'enclume symbolisant la lourdeur de la charge de travail inhérente à cette organisation. Peut être valait-il mieux qu'il en soit ainsi. Quoiqu'il en soit, cette charge est assumée avec beaucoup d'enthousiasme, mais également pas mal d'angoisse. C'est avec ces sentiments partagés que l'équipe organisatrice espère que les participants prendront plaisir et trouveront beaucoup d'intérêt à participer à cet événement.

Lorsque l'ACD cherchait (quasi désespérément) un candidat à l'organisation de cette manifestation, une possibilité énoncée de façon récurrente était de suspendre ce colloque pendant une année. Or cette solution ne nous semblait pas pertinente, parce qu'actuellement les temps sont relativement troubles concernant l'avenir de notre formation IUT en général. De plus, nous voulions montrer notre capacité à nous adapter et non pas donner l'illusion que nous pourrions baisser les bras. En effet, aujourd'hui encore, beaucoup de questions restent en suspens. Premièrement, vers quelle organisation allons-nous ? Comment assurer notre pérennité et surtout notre spécificité nationale ? Ces questions sont présentes en bruit de fond dans de notre quotidien. Beaucoup d'incertitudes existent également sur nos capacités à nous adapter aux profils des nouveaux étudiants. Comment transmettre nos savoirs ? Quelles solutions pédagogiques sont les plus appropriées ? Existent-elles ou sont-elles à inventer ? Doit-on faire évoluer davantage la pédagogie ou bien les programmes ? Qu'attendent les entreprises d'un jeune diplômés BAC+ 2 DUT ? Bien d'autres questions encore pourraient être posées.

C'est à partir de ce constat que les trois commissions de travail présentent lors de ce colloque d'Angoulême tenteront d'apporter, nous l'espérons, quelques pistes de réflexion. La première commission travaillera sur le profil de la nouvelle génération d'étudiants, la génération dite « Y », qui est et qui sera dans nos établissements dans un futur très proche, afin de déterminer les outils adaptés à ce nouveau public. La deuxième commission aura pour thème la réforme des Bacs STI2D qui se met en place pour les élèves de Première en septembre 2011 et en TERMINALE en septembre 2012. Les nouveaux bacheliers sortiront donc en juin 2013. Là encore un défi nous attend pour faire évoluer, voire transformer judicieusement notre PPN. Enfin la troisième commission aura pour objectif de mettre sous le feu des projecteurs différentes approches pédagogiques originales ainsi que des initiatives pédagogiques par exemple : des projets, des mises en œuvre de modules complémentaires, ainsi qu'une réflexion sur nos capacités à assurer une veille technologique.

L'équipe organisatrice vous souhaite un très bon colloque 2011 et tient également à remercier l'ensemble des exposants y participant sans lesquels ces colloques ne pourraient pas exister sous leur forme actuelle.

Jean-Marie PAILLOT  
et l'équipe organisatrice du colloque

Consultez

• le site Internet de Gesi :  
<http://www.gesi.asso.fr>



**Gesi** GÉNIE ÉLECTRIQUE SERVICE INFORMATION

Revue des départements Génie Électrique & Informatique Industrielle des Instituts Universitaires de Technologie

Directeur de la publication : A Berthon - Responsable du comité de rédaction : G. Gramaccia - Comptabilité : G. Couturier

Comité de rédaction : Département de GEII - IUT Bordeaux 1 - 33170 Gradignan - Téléphone : 05 56 84 58 20 - Télécopie : 05 56 84 58 09

E-mail : gino.gramaccia@iut-u-bordeaux1.fr

Impression : Imprimerie Laplante - 3, impasse Jules Hetzel - 33700 Mérignac - Téléphone : 05 56 97 15 05 - Fax : 05 56 12 49 00

e-mail : pao@laplante.fr - Crédit photos : Imprimerie Laplante - Fotolia - Dépôt légal : mai 2011 - ISSN : 1156-0681

S

O

M

M

A

I

R

E

### AUTOUR DU COLLOQUE D'ANGOULÊME

- Colloque Pédagogique National GEII - Angoulême 2011 : 6, 7, 8 juin 2011 ..... 4
- Commission 1 : Pédagogie - le profil des nouveaux apprenants
- Commission 2 : Réforme et nouveaux Bacs STI2D, mise en place, Conséquences,  
Évolution de la formation DUT GEII
- Commission 3 : Initiatives pédagogiques, modules complémentaires,  
Projets pédagogiques, Veille technologique
- Planning du Colloque d'Angoulême 2011 ..... 6

### SCIENCES ET TECHNOLOGIES

- Microscopie 3D, oculométrie et vision industrielle à l'IUT de Mulhouse ..... 8
- Initiation à la robotique mobile, guidage à distance d'un robot POB-BOT ..... 17
- L'histoire des techniques : entre simplicité et complexité ..... 20

### VIE DES DÉPARTEMENTS

- Création d'une structure de recherche à l'IUT de Lyon 1 ..... 22
- Le développement des formations professionnelles à l'Université de Rouen ..... 26
- Retour sur expérience ..... 29

### 4<sup>E</sup> DE COUVERTURE

- Vient de Paraître

Frédéric Giamarchi  
**Je construis mon robot sumo**



## COMMISSION 1 : PÉDAGOGIE - LE PROFIL DES NOUVEAUX APPRENANTS

### OBJECTIFS

Cette commission sera co-animée par des intervenants de Brive et Belfort.

- Quelle pédagogie et quels outils sont adaptés au public de la génération Y ?
- Comment améliorer la réussite des étudiants à l'IUT?

### PRÉSENTATION

Cette commission s'articulera chronologiquement selon 4 axes :

- 1 - Profil de la génération Y : Les nouveaux comportements d'apprentissage
- 2 - Techniques d'apprentissage en liaison avec l'analyse cognitive (attention, mémorisation, représentations mentales...) : Pascal LAFOURCADE
- 3 - Méthodes et outils pédagogiques numériques
- 4 - Synthèse et table ronde avec des professionnels

Tous les collègues souhaitant participer à cette commission par le biais d'un retour d'expérience, de projets, de présentation... invitées à contacter Alain Berthon ou Nadia Teillac.

## COMMISSION 2 : RÉFORME ET NOUVEAUX BACS STI2D, MISE EN PLACE, CONSÉQUENCES, ÉVOLUTION DE LA FORMATION DUT GEII

### PRÉSENTATION

**Animateurs :** France Le BIHAN, Patricia GRASSIN, Pascal RUAUX, Fabien NEBEL, Philippe CORMERAIS

La commission 2 du colloque GEII d'Angoulême aura pour thème la réforme des Bacs STI2D qui se met en place pour les élèves de Prem en sept 2011 et en TERM en sept 2012. Les nouveaux bacheliers sortiront donc en juin 2013. Le bac STI2D remplace le bac STI ; il devient le bac STI2D (sciences et technologies de l'industrie et du développement durable). Il comporte 4 enseignements de spécialité à partir de la 1ère STI2D :

- Energie et Environnement (EE) ;
- Innovation Technologique et Eco-conception (ITEC) ;
- Systèmes d'Information et Numérique (SIN) ;
- Architecture et Construction (AC).

Ce bac est plus polyvalent car il réduit le nombre d'enseignements de spécialité et il permet en cours de 1ère de changer d'enseignement de spécialité. Les titulaires d'un bac STI2D pourront postuler dans tous les départements secondaires des DUT.

Lors de cette commission, nous devons réussir :

- a) à comprendre le but et la mise en œuvre dans les lycées de ce nouveau Bac afin de pouvoir se préparer à accueillir ces nouveaux bacheliers
- b) à mettre en évidence les grandes étapes/u> pour une refonte nécessaire du PPN

La commission 2 comporte 3 sessions de 1h30 le mardi 7 juin, et 2 sessions de 1h30 le mercredi 8 juin de 1h30. Il a été décidé le programme suivant pour la journée du mardi :

1<sup>ère</sup> session : Présentation des grandes lignes de cette réforme, et

des différentes actions menées dans les lycées pour la mise en œuvre de ce programme

Intervenant souhaité : Un représentant du rectorat d'Angoulême et/ou un chef de travaux d'un lycée d'Angoulême.

2<sup>ème</sup> session : Présentation des spécialités Energie et Environnement (EE) et EE et Systèmes d'Information et Numérique (SIN) avec une étude comparative des anciens et nouveaux programmes. Cette session permettra d'évaluer de manière concrète les difficultés que l'on aurait à accueillir ces nouveaux bacs sans remise en question de notre enseignement et de montrer qu'un rapprochement avec les lycées environnants seront nécessaires.

Intervenant souhaité : Un enseignant d'un lycée d'Angoulême (ou autre) impliqué dans ces spécialités.

3<sup>ème</sup> session : L'incidence de la réforme du Bac dans l'enseignement supérieur : Evolution des BTS, Bac STI2D et STL : un véritable parcours scientifique et technologique les conduisant vers l'enseignement supérieur (Initiative du rectorat de Nantes)?

Intervenants souhaités : Un enseignant de STS (Tours) et/ou représentant d'écoles d'ingénieurs

Concernant la journée du mercredi, ce sera une journée de synthèse pour mettre en œuvre les différentes actions et propositions de travail pour une refonte nécessaire du PPN (quota horaire, projet).

Une question soulevée a été la visibilité de la spécialité DUT GEII étant donné que la spécialité STI électronique / électrotechnique n'existent plus. Comment est expliquée la réforme du Bac aux classes de secondes ?

Rédacteurs : Patricia GRASSIN et Philippe CORMERAIS

**INFORMATIONS SUR BAC STI2D EN QUELQUES MOTS...**

Quels sont les objectifs du bac STI2D ?

- Acquérir une démarche scientifique par des activités pratiques. Observation, expérimentation et simulation de systèmes.

- Se préparer à des études longues ou à des études courtes sélectives.

**Quelle spécificité du BAC STI2D par rapport au BAC S ?**

**La spécificité de cet enseignement**

Par rapport à la transmission du savoir, ce bac est éloigné du bac S, série SVT. Par contre il se rapproche du bac S, série Sciences de l'ingénieur (SI). Le modèle de transmission du savoir s'appuie sur des activités concrètes en classe, permettant l'émergence de compétences scientifiques et technologiques. Il est néanmoins beaucoup moins conceptuel et plus pratique que le bac S, série SI. Par rapport aux poursuites d'études, ce bac se rapproche du bac S. Il doit permettre en effet des études longues (classes prépas, université, écoles d'ingénieur) ou des études courtes sélectives (BTS, IUT)

**Les débouchés en terme de poursuites d'étude sont exceptionnelles**

Les élèves issus du bac STI2D sont très recherchés par les établissements d'enseignement supérieur.

Dans les filières longues : il existe des classes prépas pour ces élèves (classe prépa TSI) ou ils sont accueillis dans les universités en licence (L).

Dans les filières courtes : il existe des BTS ou des IUT. Ces filières sélectives retiennent en priorité ces dossiers.

Il existe des passerelles entre les filières courtes et longues.

Il faut souligner que l'insertion dans la vie active de ces bacheliers qui ont fait des études (courtes ou longues) est très élevée, bien supérieure à toutes les autres insertions.

**COMMISSION 3 :**

**INITIATIVES PÉDAGOGIQUES, MODULES COMPLÉMENTAIRES, PROJETS PÉDAGOGIQUES, VEILLE TECHNOLOGIQUE**

**PRÉSENTATION**

La mouture 2008 du PPN a impulsé des " innovations " pédagogiques qui se sont traduites par la disparition des options au profit des modules complémentaires, la naissance des modules " apprendre autrement " et des découpages horaires des modules pour permettre la " semestrialisation " de nos formations.

L'objectif de cette commission est de faire le bilan de ces pratiques pédagogiques au sein de nos départements, de soulever les questions portant sur ces innovations pédagogiques, de recenser celles qui sont motivantes pour les étudiants. Les points abordés seront les suivants :

- Les modules complémentaires : bilan des pratiques
  - Organisation des parcours avec les modules complémentaires
  - Choix des modules complémentaires : à l'initiative de l'étudiant...
  - Contenu : le PPN doit-il définir la liste exhaustive des modules complémentaires, nouveaux modules complémentaires ? contenu innovant ?
  - Pratique pédagogique innovante ?
- Les modules Apprendre Autrement : bilan des pratiques
  - Contenus : revisite / approfondissement / soutien ?
  - Où est l'innovation ? quels nouveaux outils et supports mis en place ?

- S1 : négociation du virage postbac
  - Quelles adaptations ont été mises en place ?
  - Apprentissage et rythme

Les éléments qui se dégageront de cette session pourront éventuellement servir de base de travail à l'établissement ou à l'adaptation du nouveau PPN dont la mise en application est programmée à l'horizon 2013, en adéquation avec la réforme du Baccalauréat STI en Baccalauréat STI2D.

Mots clés : parcours, autonomies, intégration, responsabilisation, motivation

Parmi les principaux animateurs :

- sylvain.pezeril@univ-angers.fr      vincent.frick@unistra.fr
- pascal.aygalinc@univ-savoie.fr      Patrice.Berthaud@iutv.univ-paris13.fr
- francis.braun@adm-ulp.u-strasbg.fr

**AUTOUR DU COLLOQUE D'ANGOULÊME**

**PLANNING DU LUNDI 6 JUIN 2011**

14H00	ACCUEIL + CAFÉ
14H30	
15H15	Séance Plénière d'introduction
16H00	Conférence CNFM
16H15	PAUSE
17H00	Conférence DCNS : DCNS innove dans le domaine des énergies marines renouvelables
17H45	Conférence LEROY SOMER
18H30	Temps libre/ACD
19H30	Activité en Cours de préparation
	SOIREE LIBRE



Chapelle Obezine - Angoulême

**AUTOUR DU COLLOQUE D'ANGOULÊME**

**PLANNING DU MARDI 7 JUIN 2011**

8H00	Accueil / Exposition		
8H30			
9H00	PAUSE/EXPOSITION	COMMISSION 2	COMMISSION 3
9H30			
10H00	COMMISSION 1		PAUSE/EXPOSITION
10H30		PAUSE/EXPOSITION	
11H00			COMMISSION 3
11H30	PAUSE/EXPOSITION		
12H00		COMMISSION 2	PAUSE/EXPOSITION
12H30	COMMISSION 1		
12H30			REPAS
13H00		REPAS	
13H00	REPAS		
13H30			COMMISSION 3
14H00			
14H00	PAUSE/EXPOSITION	COMMISSION 2	
14H30			
15H00			PAUSE/EXPOSITION
15H00	COMMISSION 1		
15H30		PAUSE/EXPOSITION	
15H30			COMMISSION 3
16H00			
16H30	Départ des BUS vers 16h30		
17H00	REPAS DE GALA		
17H30	ANGOULÊME 2011		
18H00			
24H00	Retour BUS vers IUT et Ville		

**PLANNING DU MERCREDI 8 JUIN 2011**

8H00	ACCUEIL		
8H30			
9H00	COMMISSION 1	PAUSE/EXPOSITION	COMMISSION 3
9H30			
10H00	PAUSE/EXPOSITION	COMMISSION 2	PAUSE/EXPOSITION
10H30			
10H30	COMMISSION 1	PAUSE/EXPOSITION	COMMISSION 3
11H00			
11H30	PAUSE/EXPOSITION	COMMISSION 2	PAUSE/EXPOSITION
12H00	SYNTHESE COMMISSION 1	SYNTHESE COMMISSION 2	SYNTHESE COMMISSION 2
12H30	SEANCE PLENIERE : SYNTHESE GENERALE + PASSAGE de RELAIS		
12H45	REPAS		

# MICROSCOPIE 3D, OCULOMÉTRIE ET VISION INDUSTRIELLE À L'IUT DE MULHOUSE

*Bruno Colicchio, Christophe Cudel, Matthieu Debailleul, Alain Dieterlen, Vincent Georges,  
Olivier Haeberlé, Eric Hueber, Sophie Kohler et Bertrand Simon*

Le LabEl est une composante du laboratoire MIPS (EA-332) de l'Université de Haute-Alsace ; ses locaux sont situés au sein de l'IUT de Mulhouse, au département génie électrique. Créé fin 1991 par le regroupement de deux thématiques de recherche, le traitement d'image et le génie biologique et médical, ce thème imagerie s'est développé dans deux domaines importants. Le premier est l'imagerie microscopique 3D qui constitue l'essentiel des travaux, très ciblés vers l'Ingénierie pour la santé. Le second est le traitement d'image orienté vers la vision dans un sens plus large, alliant entre autres, la vision monoculaire 3D et la vision industrielle.

Ses activités de recherches sont orientées vers le traitement de l'image à travers deux grands domaines d'applications :

- Imagerie 3D en microscopie optique (déconvolution d'image de fluorescence, microscope tomographique diffractif 3D : imagerie de phase à synthèse d'ouverture).
- Vision et traitement d'images (mosaïquage, oculométrie/eyetracking...)

Cet article présente une synthèse des travaux du laboratoire MIPS dans ces différents domaines à l'IUT de Mulhouse et en collaborations nationales ou internationales.

## MICROSCOPIE OPTIQUE 3D

La microscopie optique 3D est devenue la technique de référence en biologie cellulaire, mais comparée à d'autres (microscopie électronique par exemple), sa résolution spatiale est encore limitée pour les microscopes « classiques » grand champ et confocaux (environ 150 nm dans les cas les plus favorables). Par l'observation de marqueurs fluorescents appliqués sur des spécimens réceptifs et translucides, il est possible d'obtenir des images de zones d'intérêts (imagerie fonctionnelle). Cette spécialité a donc conquis une place importante grâce à ses possibilités de travailler sur du matériel vivant, de façon non ou peu invasive, en 3D, et permettant des extensions diverses [1] (évolution temporelle, spectrale etc...). De plus, ces dernières années ont vu l'émergence de techniques révolutionnaires (STED, PALM/STORM) aussi caractérisées par un couplage entre instrumentation nouvelle et traitement des données innovants, qui permettent, en microscopie de fluorescence, une résolution de l'ordre de la dizaine de nanomètres en champ lointain dans les trois dimensions. Ces avancées technologiques sont en train de révolutionner les approches en biologie. Les Sciences Pour l'Ingénieur et les STIC, via entre autres, l'instrumentation, les outils de traitement d'image ou l'Ingénierie Dirigés par les Modèles y trouvent un vaste champ d'applications.

En parallèle, la compréhension des mécanismes de formation des images dans le spécimen observé est à améliorer pour pouvoir faire progresser encore les traitements informatiques liés à ce type d'imagerie en associant par exemple plusieurs modes d'imagerie (avec ou sans marquage). Des défis sont à relever par exemple pour l'amélioration de la résolution quand on souhaite éviter les marquages de fluorescence ainsi que pour le traitement de grandes quantités de données (criblage). Ces grandes quantités de données acquises par des techniques multi-échelles et multimodales posent des problèmes informatiques particuliers. Enfin le développement de la standardisation préfigure d'une démarche qualité dont l'importance se fait de plus en plus ressentir.

De nombreuses équipes internationales travaillent à améliorer cette instrumentation (EMBL-Heidelberg-Germany, Max Planck Institut-Göttingen-Germany, University of California-San Francisco, University of Osaka-Japan, University of Singapur, MIT-Boston, University of Sydney, EPFL-Lausanne, University of Colorado). En France, quelques équipes travaillent sur ces sujets en développant une approche originale (Claude Boccara/ESPCI-Paris, Hugues Giovaninni/Institut Fresnel-Marseille), dont le MIPS à Mulhouse. Le groupe de recherche interdisciplinaire du CNRS GdR2588, regroupe les partenaires français dans le domaine, permettant un développement important des collaborations. Différentes équipes de l'INRIA de Rennes et de Nice, des plates-formes d'imagerie du Réseau Technologique Microscopie photonique de Fluorescence Multidimensionnelle (RTMFM) ainsi que les Instituts Pasteur et Curie en France qui travaillent sur les outils de traitement d'images associées. Dans ce contexte scientifique, trois voies sont explorées depuis quelques années :

- La compréhension et la maîtrise des mécanismes de formation des images, du modèle à la caractérisation de l'instrument.
- L'amélioration des instruments optiques, qui passe par une meilleure connaissance des mécanismes de formation d'image et l'association de différents types d'imageries.
- L'amélioration des images par traitement informatique (déconvolution, débruitage, restauration) et la prise en compte des informations sur le système et le spécimen.
- Une maîtrise de ces trois axes est nécessaire pour espérer obtenir des gains significatifs, et les travaux du MIPS sur cette thématique s'inscrivent effectivement dans ces trois voies, ce qui constitue une originalité forte (du moins dans le paysage français).



**Travaux sur la formation de l'image en microscopie 3D et la déconvolution 3D**

Lors du processus d'acquisition de l'image, l'objet est convolué avec la réponse impulsionnelle optique (RIO ou PSF pour 'point spread function' en anglais) du microscope (fig-1). Un bruit, combinant statistiques gaussienne (électronique, numérique) et poissonienne (détection des photons), vient s'ajouter à cette opération.

Ce processus de formation de l'image mène à une dégradation de l'image (flou, bruit...). D'un point de vue général, l'amélioration de l'analyse des images 3D obtenues nécessite l'amélioration de l'appareil de mesure ou le développement d'outils de traitement du signal[2] [3] [4].

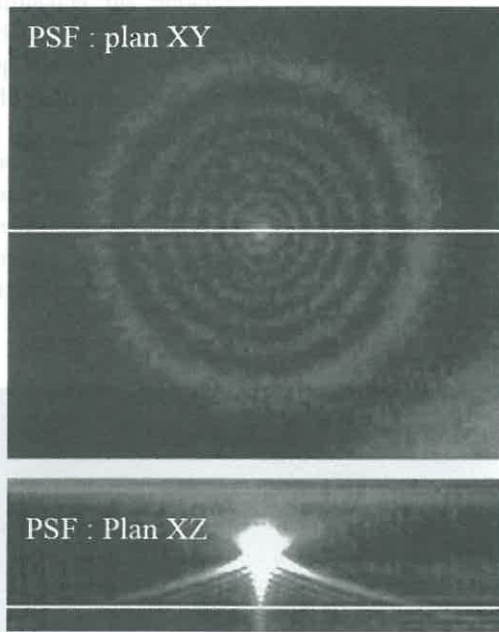


Fig 1 : Vues en coupes (plans XY et XZ indiqués par la ligne blanche) de la RIO (ou PSF), images 3D d'une source ponctuelle de lumière (bille de latex fluorescente de 150nm)

La connaissance de la RIO et de l'image permettent d'envisager une amélioration de l'image (fig-2) par l'opération inverse (déconvolution). Cependant, ce problème inverse étant mal posé, une étape de régularisation est nécessaire. La mise au point d'algorithmes de déconvolution s'appuie ainsi sur un savoir faire acquis dans la mesure et le calcul (modélisation) de cette réponse impulsionnelle.

La réponse impulsionnelle optique permet de caractériser les propriétés du système imageant. Dans le cas où la RIO est mesurée expérimentalement, des outils statistiques associés aux moments de Zernike sont utilisés pour décrire la RIO 3D et quantifier ses variations. Les polynômes de Zernike peuvent être utilisés pour traiter la RIO expérimentale : les caractéristiques du système sont préservées et le bruit est atténué. Ceci constitue une première étape vers la mise au point d'un protocole de standardisation. On notera aussi que les modèles de formation d'images que nous avons développés ont été intégrés dans deux logiciels de traitement d'image en microscopie : ImageTrak (Peter K. Stys - University of Calgary) et Cosmos (C. Preza - Washington University) et sont en cours d'intégration dans Insight Toolkit (ITK - www.itk.org) (Cory Quammen University of North Carolina).

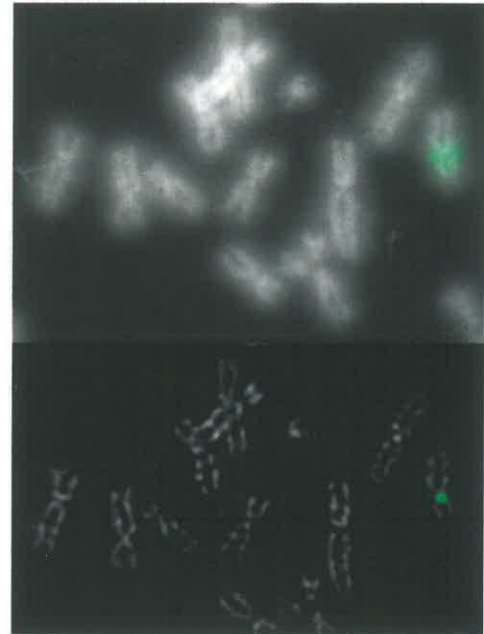


Fig 2 : Images de chromosomes avant (en haut) et après (en bas) déconvolution. La fluorescence hors focus est bien réassignée, l'image apparaît plus nette.

Travaux sur la déconvolution 3D non invariante La microscopie de fluorescence 3D souffre de certaines limitations plus complexes à prendre en compte : perte de fluorescence dans le temps (photoblanchiment ou 'photobleaching'), phototoxicité mais aussi de l'influence des propriétés optiques de l'échantillon sur l'observation 3D.

Pour résoudre ce dernier problème, un couplage avec la microscopie tomographique diffractive est envisagé (voir plus loin). En effet, l'hypothèse de noninvariance de la RIO est mise en défaut lorsque l'échantillon est inhomogène. Les algorithmes de déconvolution devraient prendre en compte les variations de la RIO. Un tel algorithme, basé sur une solution de type Monte-Carlo, a été développé au laboratoire. Le couplage entre la carte d'indice 3D, obtenue par tomographie diffractive, avec l'information de fluorescence devrait ouvrir la voie à de nouvelles possibilités en microscopie 3D.

La déconvolution 3D des images obtenues par coupes sériées, processus complexe et souvent mal maîtrisé, a fait l'objet d'une étude approfondie menant à l'optimisation et l'automatisation de différents algorithmes. De nouvelles approches (Méthode Monte-Carlo, EMMA - variation du noyau de convolution et fusion des données - Thèse Elie Maalouf 2010) permettent maintenant d'envisager de corriger les imperfections des images, en particulier celles qui sont dues à la non-invariance des systèmes optiques selon la profondeur (fig 3).

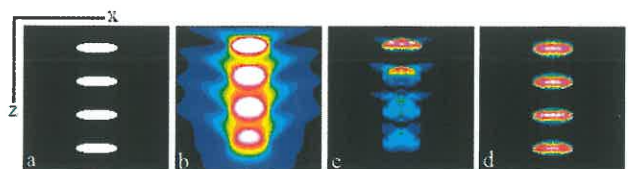


Fig 3 : (a) object, (b) image (de billes) simulée en microscopie de fluorescence. (c) déconvolution sous hypothèse de PSF invariante (d) déconvolution EMMA tenant compte de la variation en profondeur de la PSF.

### Travaux sur la standardisation en microscopie de fluorescence

En microscopie de fluorescence, la qualité de l'acquisition et la connaissance des caractéristiques de l'instrument sont primordiales si l'on souhaite exploiter au mieux l'information. Le protocole d'acquisition doit être rigoureux afin d'éviter des artefacts et permettre l'interopérabilité des données. Celle-ci n'a de sens que si une standardisation est mise en oeuvre. Il est important de pouvoir assurer le contrôle des spécifications des instruments, l'ajustement des performances, l'évaluation du vieillissement et la comparaison des performances.

L'approche développée dans l'équipe est basée sur l'analyse de la fonction de transfert de l'instrument d'optique, elle est originale de par le fait qu'elle se situe entre, en amont l'optique qui vise à améliorer les performances des instruments et en aval le traitement d'image qui doit exploiter de façon optimale les données instrumentales. Des outils basés sur les moments centrés et les moments de Zernike ont été développés et ont démontré leur potentiel pour la caractérisation de l'instrument et la compréhension du processus de formation d'images. Des campagnes de mesures systématiques ont eu lieu sur différents systèmes d'acquisition en microscopie (Thèse Arnaud De Meyer 2008).

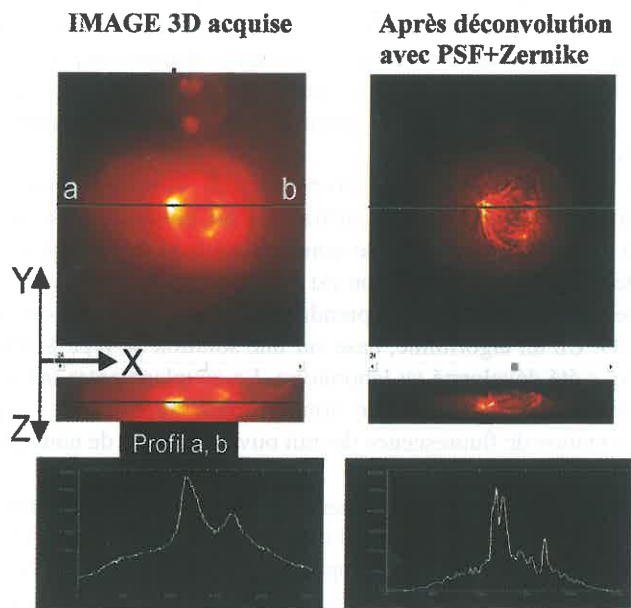


Fig. 4 : résultat de déconvolution basé sur l'algorithme MAP automatisé après prétraitement de la PSF avec les moments de Zernike.

De même, la compréhension fine des mécanismes de formation d'images en microscopie de fluorescence, et les modèles que nous avons développés nous ont permis de proposer des approches originales pour améliorer la résolution des images, combinant configuration matérielles originales avec un traitement d'images adaptés spécialement.

### Travaux sur la microscopie sans marquage : le microscope tomographique diffractif

La microscopie de fluorescence a fait d'importants progrès ces dernières années : une technique comme la microscopie confocale est devenue routinière pour l'imagerie des échantillons marqués et la microscopie STED ("stimulated emission depletion" ou "Déplétion par émission stimulée") permet d'atteindre des résolutions inégalées (inférieures à 50 nm). Les techniques de fluorescence ne sont cependant pas exemptes de problèmes : photoblanchiment, phototoxicité, difficultés voire impossibilité de marquage. À ceci s'ajoute la complexité du montage expérimental et de l'utilisation dans le cas du STED.

À l'inverse, la microscopie photonique sur échantillon non marqué n'a pas connu de tels progrès. Un des axes du laboratoire concerne la microscopie optique diffractive tomographique. C'est une technique permettant de visualiser en 3D un échantillon microscopique sans marquage. Plus précisément, il est possible de mesurer l'indice de réfraction complexe (i.e. l'absorption et l'indice) d'un échantillon semi-transparent de façon quantitative et en trois dimensions (fig-5). Par ailleurs, les résolutions latérale et longitudinale atteintes par ce microscope sont supérieures à celles du microscope photonique classique. Les échantillons ne nécessitent aucun traitement particulier.



Fig. 5 : Ci-dessus, une frustule (squelette) de diatomée (algue unicellulaire) observée en 3D par tomographie diffractive entransmission. Sa largeur est d'environ 7  $\mu\text{m}$ .

Plus précisément, la tomographie consiste à restituer un objet à partir de "coupes" de cet objet. Dans le cas de la tomographie assistée par ordinateur (tomodensimétrie), utilisée dans les scanners, il s'agit de restituer l'objet à partir de mesures extérieures à l'objet : une onde d'illumination traverse l'objet inconnu et la modification apportée par l'objet à cette onde est enregistrée sur un capteur. Chaque pixel du capteur enregistre l'intensité, ce qui donne une information sur l'absorption intégrée sur l'épaisseur de l'objet (intégrale en ligne). L'ensemble des intégrales en ligne enregistrées par le capteur est une projection. En tournant l'objet -ou de façon équivalente l'ensemble source/capteur-, on obtient différentes projections. Ces nouvelles projections apportent de nouvelles informations sur l'objet. Le

problème inverse, consistant à restituer l'objet à partir de l'ensemble des projections, est appelé rétroprojection.

Dans le cas de la tomographie diffractive il est également nécessaire d'enregistrer des projections de l'objet, mais les mesures prennent en compte la diffraction et sont effectuées en phase et en amplitude. Cette technique de microscopie repose sur 3 points : un modèle physique de diffraction (modèle direct). Ce modèle explique comment la lumière interagit avec l'objet (un modèle de diffraction linéaire sous l'approximation de Born ou de Rytov peut être utilisé).

- l'enregistrement en phase et en amplitude sous différents angles de l'onde diffractée par l'objet à visualiser. Ceci est effectué grâce à un montage de type holographique couplé à un système de balayage angulaire.
- une reconstruction numérique de l'objet (problème inverse)

Le modèle direct, qui repose sur une approximation linéaire en champ diffracté, a été proposé par Wolf en 1969. L'enregistrement en phase et en amplitude est actuellement réalisé grâce à un montage holographique à décalage de phase. Le balayage angulaire permet pour chaque angle d'accéder à une information différente. On réalise ainsi une synthèse d'ouverture ("synthetic aperture"), qui permet d'augmenter la résolution. Cette augmentation de la résolution est typiquement d'un facteur 2 par rapport à la microscopie photonique classique ou à la microscopie holographique.

En outre, en microscopie holographique, l'information selon la profondeur est une information de phase (dépendante du chemin optique  $\Delta n \cdot \text{épaisseur}$ ) intégrée sur l'axe z, alors que la tomographie diffractive permet d'obtenir l'indice de réfraction complexe 3D. L'image 3D, reconstruite numériquement en quelques minutes, fournit l'indice de réfraction complexe relatif. Deux volumes 3D sont donc obtenus, fournissant une information différente sur l'échantillon (coefficient d'absorption et indice de réfraction relatif). Les champs observés sont de l'ordre de  $50 \mu\text{m}^3$  avec une bande passante latérale théorique  $(4 \cdot \text{ON})/\lambda$  et  $\lambda=633 \text{ nm}$  pour une source de type Hélium-Néon et en utilisant un objectif et un condenseur à immersion (ouverture numérique=ON=1,4).

Le montage final du microscope tomographique diffractif [5][6][7][8] repose donc sur un montage holographique à décalage de phase afin de mesurer l'amplitude et la phase du champ diffracté par l'objet. La source cohérente est divisée en 2 faisceaux injectés dans 2 fibres optiques (fig-6). Le montage interférométrique est en partie fibré, les fibres permettant de compenser la différence de chemin optique liée au passage de l'onde d'illumination dans le bâti. L'onde diffractée est récupérée au niveau du port arrière d'un microscope Olympus IX71. Le haut du bâti a été modifié pour accueillir le système d'illumination à balayage angulaire (miroir M2). La caméra est ici placée dans un plan image. Une tête confocale Olympus FV300 est couplée au bâti et peut être utilisée conjointement au microscope tomographique pour les acquisitions sur les échantillons marqués pour l'imagerie en fluorescence (non représentée sur le schéma).

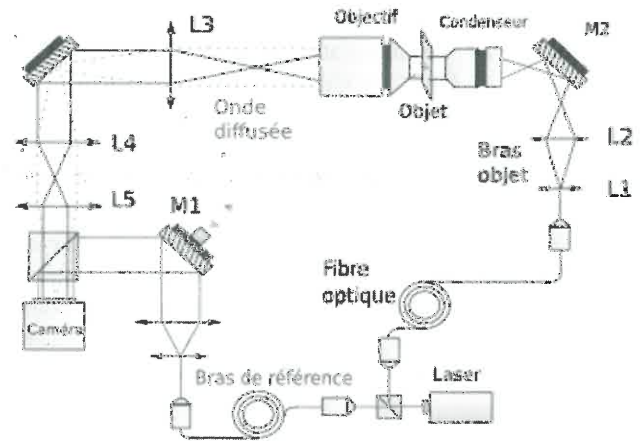


Fig. 6 : Montage expérimental en transmission. La base est un interféromètre fibré dont le bras objet passe par le bâti du microscope (non représenté). Le miroir M1 assure le balayage angulaire et M2 le décalage de phase (holographie à décalage de phase).

Le microscope fonctionne aujourd'hui de façon routinière en mode transmission au laboratoire et l'intérêt de ce mode d'imagerie est étudié sur différents échantillons, notamment en biologie [9]. Une version du microscope a été développée en réflexion (Fig-7) et a permis de montrer un gain de résolution selon la profondeur [10], comparée à la version en transmission. Les derniers travaux concernent le développement du couplage transmission/réflexion. Ce travail a été récompensé par un prix de thèses, un prix du meilleur poster à MiFoBio2008 et un prix de la meilleure technologie (en collaboration avec Lauer Optique) en 2008 à Photonics Europe, et fait l'objet d'un contrat en vue d'un transfert de technologie. Il a initié une collaboration nationale [11] avec le Centre Commun de Quantimétrie de Lyon et l'Institut Fresnel à Marseille, et une collaboration internationale avec l'Université de Tokyo [12] et le PTB de Berlin.

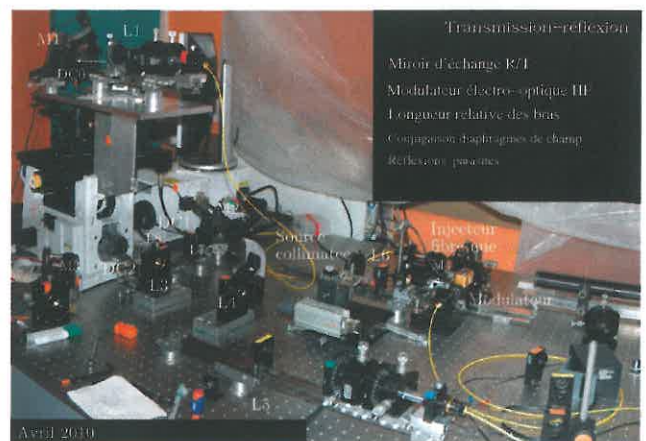


Fig. 7 : Photo du montage expérimental en transmission et réflexion.

Deux projets devraient permettre de diffuser cet instrument :

- le projet ODIN (Optical Diffractive Nanoscopy), financé par Connectus (fond de maturation commun aux universités d'Alsace et à OSEO/ANVAR), vise à construire un démonstrateur rapide de microscope tomographique 3D, basé sur le prototype du MIPS
- le projet MITHRA (Microscopie Tomographique et Holographique Rapide), financé par la Mission Recherche et Compétence Technologique, a pour but d'améliorer le microscope tomographique du MIPS pour pouvoir l'ouvrir à la communauté du Réseau Technologique et du GdR Microscopie Fonctionnelle du Vivant. Il a pour but de diffuser une technique innovante développée dans un laboratoire vers d'autres laboratoires.

### Travaux sur l'association entre microscope tomographique et de fluorescence.

L'échantillon lui-même perturbe souvent la mesure de fluorescence. Cette problématique est à l'origine du développement du microscope tomographique diffractif depuis 2005. Comme présenté au paragraphe précédent, cette technique combine microscopie de phase (en lumière cohérente) et variation des conditions d'illumination du spécimen (tomographie), pour fournir une cartographie 3D de la distribution des indices optiques dans le spécimen. La connaissance de cette quantité physique, au niveau même de l'échantillon observé, constitue en elle-même un nouveau mode d'observation microscopique.

Notre microscope, combinant acquisitions en tomographie et fluorescence, est actuellement unique au monde et nous avons démontré la meilleure résolution de notre appareil, comparé aux microscopes classiques en lumière incohérente (fig-8).

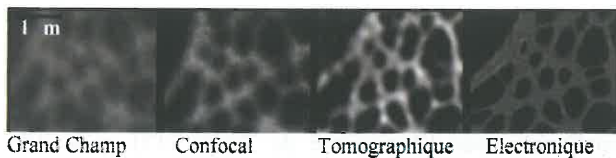


Fig 8 : Images d'une dentelle de carbone avec différentes techniques de microscopie

La combinaison des deux instrumentations (fig-9) [13] permettrait l'étude de l'augmentation de la résolution par une déconvolution adaptative des images de fluorescence à l'aide des données en tomographie. Sur cette thématique, nous avons obtenu, en 2009, une ANR Déconvolution d'Images Augmentée en Microscopie Optique N Dimensions (DIAMOND) en partenariat avec l'INRIA Sophia Antipolis de Nice, l'institut Pasteur à Paris, l'université Paris-Est Marne-La-Vallée et l'INRA à Nice. Enfin, ce travail nous a ouvert une collaboration avec la Faculté de Physique de l'Université d'Alger.



Fig. 9 : Cellule humaine infectée par le virus H3N2, observée en microscopie de fluorescence (CCQ-Lyon), en microscopie tomographique (réfraction : MIPS Mulhouse), et fusion des données.

Dans ce domaine de la microscopie en pleine expansion, la quantité, la diversité et la multiplicité d'informations à traiter constituent un problème crucial. En collaboration avec l'équipe Informatique du MIPS, nous étudions, à travers le projet du CPER 2007-2013 : Imagerie Microscopique Multidimensionnelle et Système d'Information (IMMSI), le regroupement autour d'une plateforme technologique des outils de traitement d'images dédiés à la microscopie. L'utilisation de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles appliquée à la problématique de l'imagerie microscopique multimodale et multi-échelle aborde la problématique d'unification des approches de traitement d'image (thèse Charles-Georges Guillemot, soutenance prévue fin 2011).

### VISION ET TRAITEMENT D'IMAGES

Cet axe de recherche se développe fortement au laboratoire, les différents projets menés vont de l'analyse de l'éclairage et du positionnement des caméras dans une scène, à l'association d'images de sources multiples pour des applications où l'information 3D, le suivi de zone d'intérêt et la détection d'événements sont exigés. Le laboratoire s'est spécialisé dans l'étude des systèmes monocaméra, mais demandant la reconstruction d'une information 3D (vision monoculaire 3D à partir du mouvement de la scène observée, de la caméra, ou des deux). En ce sens, on retrouve une problématique scientifique commune, puisque la microscopie 3D consiste aussi en la reconstruction d'un objet en 3D, observé à l'aide d'un seul objectif.

Le lien direct du domaine d'application de la vision industrielle avec les enseignements dans les différentes composantes de l'université (IUT, Licences Pro, Licence EEA, Master) montre l'importance de ce domaine dans le tissu industriel local. En amont les outils de traitement d'images sur lesquels s'appuie cet axe de recherche visent à améliorer la précision des analyses, à augmenter la vitesse (implémentation GPU) des traitements. En France, la communauté de recherche dans ce domaine s'articule principalement autour du thème « Image et Vision » du GDR ISIS, le groupe de recherche participe régulièrement aux actions de ce thème.

Les projets développés au laboratoire sont, pour une part importante, transversaux avec la thématique Mécanique et Automatique pour l'Automobile (MIAM) du MIPS et l'Institut de Recherche Franco-Allemand de St Louis. Certains projets rejoignent la microscopie optique au vu des échelles d'analyse et des outils d'imagerie impliqués. Ces nouveaux développements trouvent des extensions par leurs implantations sur GPU.

Les compétences acquises dans cet axe de recherche vont de la prise en compte du comportement de l'illumination, de l'interaction avec la caméra (systèmes infrarouges), de l'appariement d'images et l'obtention de l'information tridimensionnelle. Les outils de traitement d'images maîtrisés sont : le mosaïquage pour la reconstruction de scènes et la détection d'intrus, l'oculométrie de une à trois caméras pour l'association image-regard et l'analyse de texture pour la caractérisation de capteur et d'images.

**Travaux sur l'oculométrie (eyetracking)**

L'eye-tracking ou oculométrie est un outil d'analyse qui permet de déterminer à quel endroit se pose le regard d'une personne. L'eye-tracking trouve de nombreuses applications dans les domaines de l'analyse mais aussi de l'interaction par le regard. L'analyse du regard est un domaine en plein essor actuellement, essentiellement pour analyser le comportement des internautes sur une page web, où encore aider des ergonomes dans la conception d'interfaces graphiques. Le milieu médical est également concerné, puisque l'eyetracking est intéressant pour la détection de certaines pathologies, comme l'autisme chez les jeunes enfants. Le regard peut aussi devenir une source d'interaction et donc se substituer à une souris pour commander une IHM. Cette approche se retrouve pour l'assistance des personnes à mobilité réduite ou atteintes du lock-in syndrome, mais également dans l'univers des jeux vidéos.

On distingue les systèmes eye-tracking dits « déportés », qui sont constitués de caméras placées le plus souvent à la base d'un écran, et les systèmes « portés » où des caméras sont placées de manière à obtenir des images de l'oeil et la scène vue par l'utilisateur. L'équipe développe pour le domaine de l'automobile un modèle porté monoculaire (fig.-11), mais s'intéresse également aux systèmes binoculaires (fig 10). L'intérêt ici est d'obtenir le regard d'un utilisateur quelque soit sa position dans son véhicule.

Avec les systèmes « portés » monoculaire, l'image de la camera 'oeil' permet d'extraire une information sur la position de la pupille. Cette position va être utilisée pour superposer dans l'image de la camera 'scène' la position du regard de l'utilisateur.

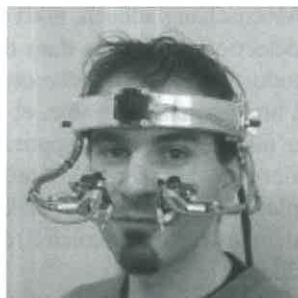


Fig.10 : Système d'eyetracking binoculaire (sur Sacha Bernet).



Fig.11 : Prototype de l'eye-tracking monoculaire développé

Les travaux de l'équipe dans ce domaine concernent une thèse en cours sur la modélisation du comportement d'un conducteur automobile, et un projet Européen associant notre laboratoire et des entreprises françaises et norvégiennes. Ce projet a pour objectif d'apporter des outils innovants pour l'apprentissage de la conduite automobile. Notre équipe s'est intéressée à l'analyse du regard d'un jeune conducteur automobile. L'idée est de proposer un outil permettant au moniteur d'auto école d'éduquer le regard du conducteur, par le moyen de clips vidéo montrant ce que l'élève regarde lors de situations de conduite. Le challenge ici, est de proposer des innovations dans les systèmes d'oculométries afin de les rendre facile d'utilisation pour des non-initiés à ce secteur.

Nous avons réussi à proposer un système ne comportant ni réglage mécanique, ni paramètres informatiques pour l'utilisateur. L'un des autres atouts de notre système est de bénéficier d'une méthode de calibration rapide, qui donne une bonne précision pour évaluer la position du regard d'un utilisateur. Avant de débiter la conduite, il faut moins de 20 secondes à l'élève pour calibrer le système à l'aide d'une mire placée dans le véhicule. Ces travaux permettent une utilisation facile de notre oculomètre dans le cadre des leçons de conduite.

Nous nous sommes également intéressés à la correction du parallaxe qui est inhérent à ce type de système. La parallaxe provient du fait que l'image récoltée par la caméra « scène » n'a pas le même point de vue d'une scène que l'oeil de l'utilisateur. Ceci nous amènes à travailler sur la modélisation stéréoscopique des oculomètres (Fig-12).

Ces travaux sont en phase de transfert technologique, puisque notre dispositif sera bientôt disponible à la commercialisation.



Figure 12 : Correction du parallaxe. En rouge la position du regard non corrigée. En vert la position du regard corrigée, montrant que l'utilisateur regarde le panneau.

## COLLABORATIONS ET TRAVAUX ASSOCIÉS

L'équipe du MIPS de l'IUT de Mulhouse a établi des liens aussi bien avec des partenaires universitaires, en instituts ou encore dans l'industrie. Nous présentons ici les travaux les plus actuels.

### *Travaux en collaboration avec l'Institut Francoallemand de Saint Louis, l'ISL.*

À des fins de renseignements, l'ISL a développé un système de projectiles munis de caméras embarquées en liaison HF avec le sol. Les images reçues découvrent ainsi une scène inconnue. Les turbulences et rotations subies par le dispositif donnent des images qui sont inexploitablement pour une visualisation directe. Il est nécessaire de créer une grande mosaïque avec ces images successives. Les conditions expérimentales imposent des recouvrements assez faibles entre les images. Ce travail a fourni des outils originaux et robustes dans le domaine du recalage subpixelique avec compensation d'erreurs. (Thèse Christophe Simler, soutenance novembre 2006).

L'ISL travaille également sur une méthode de détection des EEI (Engins Explosifs Improvisés) basée sur la surveillance d'itinéraires. L'approche vise à détecter tout changement survenu dans une scène. Le principe retenu est celui de la comparaison entre des images géoréférencées par GPS. La comparaison s'effectue entre les images issues d'un premier véhicule d'ouverture, et celles qui sont obtenues par la suite par un autre véhicule empruntant le même parcours. Ce travail fait appel aux compétences du laboratoire sur les modèles d'omographies et l'analyse du flot optique pour la comparaison d'images dans le cas de parallaxes. Les contraintes de vitesse vont nous mener à intégrer les outils sur GPU (thèse Jérôme Dhollande, soutenance prévue fin 2012).

Par ailleurs, la Contre Mesure Optronique (CMO) est un domaine d'investigation à l'ISL qui a pour objectif de diminuer les capacités de détection des systèmes optroniques. L'éblouissement par laser est efficace pour aveugler les capteurs et le développement de moyens de protection, appelés Contre CMO, passe par l'analyse physique des phénomènes d'éblouissement. Dans le cadre de la thèse de Nicolas Hueber au laboratoire MIPS, le phénomène de l'éblouissement d'une caméra a été modélisé et mesuré sur des caméras CCD. Cette étude a permis l'élaboration d'une stratégie originale de restauration des images (thèse Nicolas Hueber 2007).

### *Travaux en collaboration avec la société Sagem Défense Sécurité.*

Notre expérience en déconvolution des images en microscopie optique 3D nous a permis de développer une collaboration avec SAGEM depuis septembre 2007. Un nouveau champ d'application dans l'imagerie infrarouge de ces outils basés sur une méthode de Monte-Carlo a pour objectif de corriger les distorsions dans les images issues de la caméra de la gamme MATIS. L'intérêt des techniques issues de la microscopie réside dans la nécessité de correction d'image tenant compte de la variance spatiale de la fonction de transfert de la caméra.

### *Travaux en collaboration avec le Laboratoire LSIT (Strasbourg)*

Nous travaillons sur le développement de méthodes de comparaison d'images réelles et conceptuelles reposant sur une modélisation des applications afin de pouvoir mieux concevoir des systèmes de vision à base de connaissances, en particulier pour la métrologie dimensionnelle et la reconstruction 3D. Les objectifs sont ainsi, entre autres, de contribuer aux fondements théoriques de la comparaison d'images CAO et CCD en vue d'une extraction contrôlée d'indices images nécessaire à une modélisation fine du contenu de l'image (application à la mesure dimensionnelle et à la métrologie) et de concevoir et mettre en oeuvre une base d'expertise distribuée pour la vision par ordinateur, pour y intégrer des outils de planification d'une séance d'acquisition et d'extraction contrôlée de données. Ce travail se fait dans le cadre de la thèse de M. Abdelkrim BELHAOUA, travail qui porte notamment sur la modélisation des effets de l'éclairage permettant d'optimiser le placement d'un ensemble capteur stéréoscopique-éclairage ainsi que sur la maîtrise des incertitudes de reconstruction selon les algorithmes utilisés dans l'ensemble du procédé [14] (thèse Abdelkrim BELHAOUA, coencadrement LSIT/MIPS 2011).

### *Travaux en collaboration avec la Hochschule Moenchengladbach (Allemagne)*

En collaboration avec le Laboratoire de Physique et Mécanique Textile (LPMT) de Mulhouse et la Hochschule de Moenchengladbach, nous travaillons sur la problématique de la détection de défauts dans des tissus de fibre de verre par vision industrielle. L'approche originale qui a été choisie est basée sur l'homographie variable, et un prototype a été construit. Celui-ci a montré que cette approche était viable pour la détection de fibres isolées (fig-13). Après caractérisation des défauts les plus rédhibitoires, le but à long terme est la construction d'un démonstrateur industriel (thèse Jun Xu, soutenance prévue fin 2011).

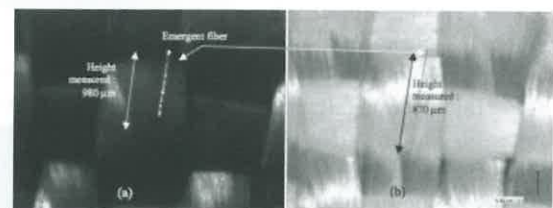


Fig. 13 : Mesure d'un défaut de type fibre émergente avec notre système (gauche) et un microscope commercial (droite). L'erreur est d'environ 10%

**Travaux en collaboration avec Rhenovia Pharma**

Nous avons démarré une collaboration avec RhenoviaPharma (Mulhouse) et l'University of Southern California – Los Angeles sur la simulation informatique des réactions neurologiques dans les synapses. Ces systèmes sont en effet modélisés par des techniques de boucle de contre-réaction s'apparentant à l'automatisme par certains aspects, et forment des systèmes complexes, dont la simulation ne peut se faire que par des méthodes informatiques avancées [15] (thèse Cifre Renaud Greget, soutenance prévue fin 2011). Les premiers résultats obtenus sont très encourageants, et une deuxième thèse Cifre a ainsi commencé en octobre 2010 sur ce sujet (Merdan Sarmis).

**Travaux en collaboration avec le CHU de Strasbourg**

Depuis septembre 2008, dans le cadre d'une bourse de thèse régionale dans le projet ANR ASAP, nous travaillons sur la reconnaissance et la classification de sons cardiaques obtenus avec un stéthoscope numérique. Les prototypes réalisés par la société Electropix fournissent des signaux collectés sur des PC portables via Bluetooth. Notre implication scientifique dans ce projet est l'aide à la caractérisation des instruments et l'analyse automatisée des signaux. Les outils de traitement de signal classiques sont comparés aux résultats obtenus avec des réseaux de neurone dans le cadre d'une collaboration avec le groupe ELSI de l'ISL. Des mesures sur les 6 membres du projet Mars500 sont en cours d'acquisition (début juin 2010) et constitueront une base de référence (hébergée à l'IRCAD) pour des signaux de patients sains. L'analyse des sons pathologiques est menée en parallèle à l'aide du Dr C. Brandt, expert du CHU de Strasbourg. (Thèse Ali Moukadem, soutenance prévue fin 2011).

**Travaux en collaboration avec le Laboratoire Gestion des Risque et Environnement (GRE) de l'UHA**

Dans le domaine de l'environnement, ce laboratoire utilise l'ELPI, un impacteur de particules contenues dans les aérosols [16][17]. En modifiant le support d'impaction afin de pouvoir imager les particules en microscopie électronique, nous avons montré l'apport de l'imagerie en microscopie à la caractérisation de nanoparticules d'aérosols issues de la combustion de bois.

Cette collaboration va se poursuivre et sera un élément de rapprochement des laboratoires de recherche des sciences pour l'ingénieur de Mulhouse.

**Travaux en collaboration avec le CREST (département de l'institut FEMTO-ST UMR CNRS 6174).**

Le CREST a proposé une solution originale pour la visualisation et l'analyse d'écoulements 3D dans les fluides [18]. Nous avons participé à ce projet intitulé : « Vélométrie Volumique Polychromatique », où l'écoulement est codé en profondeur par une information couleur. Nous avons résolu la calibration 3D du système en créant une matrice spatio-colorimétrique de passage, proposé des solutions originales d'estimations robustes pour une segmentation sans seuil des images. (Thèse Raphaël Malfara en co-encadrement, soutenance juillet 2006).

**Travaux en collaboration avec le CHU de Strasbourg le laboratoire Signal Image et Communication (IRCOM, Université de Poitiers).**

Le développement des transmissions vidéo sur canal radiomobile nécessite à la fois de comprimer l'information et de la protéger en ajoutant de l'information au message binaire issu de la compression. Nous avons étudié un codage conjoint optimal des informations (SIC) pour la transmission, associé à un post-traitement des images reçues (MIPS) pour corriger les erreurs de transmission [19][20][21] (thèse Hervé Boeglen (codirection MIPS/SIC) soutenance octobre 2008). Ce thème est actuellement relancé par Hervé Boeglen, depuis qu'il a rejoint la thématique Télécommunication et Réseaux au MIPS.

**Interactions Laboratoire - GEii Mulhouse**

Le laboratoire est situé en partie dans les locaux de l'administration du Département et en partie dans le bâtiment où sont situées les salles de TP. Cette proximité permet aux enseignants-chercheurs d'être à la fois disponibles pour les étudiants et disponibles pour leur mission de recherche. Les activités de recherche du Label sont réinvesties principalement dans les enseignements liés à la vision en fin de 2ème année et en Licence Pro. Lors des journées portes ouvertes les étudiants ont la possibilité de visiter le laboratoire et ainsi découvrir l'autre aspect de notre métier. Tous les 2 ans nous organisons une demi-journée de "retour d'expérience" où d'anciens diplômés reviennent à l'IUT présenter leur cursus et leur métier. C'est là aussi l'occasion pour le laboratoire de présenter les activités de recherches et leurs résultats aux étudiants en GEii. D'ailleurs plusieurs enseignants-chercheurs du laboratoire sont passés par un DUT GEii dans leur formation...

**Le mot de la fin**

Nous avons essayé dans cet article de présenter notre équipe, bien intégrée dans son IUT, afin d'en donner l'image la plus complète et actuelle possible. En espérant avoir atteint ce but, nous répondrons avec plaisir à toutes questions ou demande de compléments.

Toute l'équipe.

**Bibliographie**

- [1] J. JUNG, W. ECKART, A. DIETERLEN, P. HENON, S.JACQUEY  
*Three-dimensional Distribution Patterns of CD34 Antigen on Non-activated Cord Blood Cells*  
Cytometry 73A, p. 16 (2008)
- [2] O. HAEBERLÉ, B. SIMON  
*Improving the lateral resolution in confocal fluorescence microscopy using laterally interfering excitation beams*  
Optics Communications 259 (2) pp. 400-408 (2006).
- [3] B. SIMON, O. HAEBERLÉ  
*Multi-kernel deconvolution applied to confocal fluorescence*

*microscopy with engineered point spread function*  
JEOS-RP 06028 (2006).

[4] O. HAEBERLE, B. SIMON

*Saturated structured confocal microscopy with theoretically unlimited resolution*

Opt. Comm. 282 (18), pp. 3657-3664 (2009)

[5] B. SIMON, M. DEBAILLEUL, V. GEORGES, V. LAUER, O. HAEBERLÉ

*Tomographic diffractive microscopy of transparent samples*

Eur. Phys. J. Appl. Phys. 44, p. 29 (2008)

[6] M. DEBAILLEUL, B. SIMON, V. GEORGES, O. HAEBERLÉ, V. LAUER,

*Holographic microscopy and diffractive microtomography of transparent samples*

Meas. Sci. Technol. 19, 074009 (2008)

[7] M. DEBAILLEUL, V. GEORGES, B. SIMON, R. MORIN, O. HAEBERLÉ

*High resolution three-dimensional tomographic diffractive microscopy of transparent inorganic and biological samples*

Opt. Lett. 34 (1), pp. 79-81 (2009)

[8] B. SIMON, J. BAILLEUL, M. DEBAILLEUL, O. HAEBERLÉ

*Tomographie diffractive, principe et applications Spectra Analyse. (accepted)*

[9] B. SIMON, M. DEBAILLEUL, A. BEGHIN, Y. TOURNEUR, O. HAEBERLÉ

*High resolution tomographic diffractive microscopy of biological samples*

J. Biophotonics, Volume 3 Issue 7, Pages 462 - 467 (2010)

[10] M. SARMIS, B. SIMON, M. DEBAILLEUL, B. COLICCHIO, V. GEORGES, J.-J. DELAUNAY AND O. HAEBERLÉ

*High resolution reflection tomographic diffractive microscopy J. Mod. Opt. (accepted) DOI: 10.1080/09500341003624743*

[11] O. HAEBERLÉ, K. BELKEBIR, H. GIOVANINNI AND A. SANTENAC

*Tomographic Diffractive Microscopy: Basics, Techniques and Perspectives*

Journal of Modern Optics, Volume 57, Issue 9 May 2010, pages 686 - 699 (2010)

[12] S. VERTU, J.-J. DELAUNAY, I. YAMADA, O. HAEBERLÉ

*Diffractive microtomography with sample rotation: influence of a missing angle core in the recorded frequency space*

Centr. Eur. J. of Phys. 7, p. 22 (2009)

[13] A. DE MEYER, B. SIMON, C. CUDEL, B. COLICCHIO, V. GEORGES, M. DEBAILLEUL, A. DIETERLEN, O. HAEBERLE

*Microscopie de fluorescence quantitative 3D et microscopie tomographique optique diffractive 3D*

Revue des Systèmes (RS) Série Instrumentation - Mesure - Métrologie (I2M) 8 pp.157-179 (2008)

[14] A. BELHAOUA, S. KOHLER AND E. HIRSCH

*Error evaluation in a stereovision-based 3D reconstruction system*  
EURASIP Journal on Advances in Signal Processing (à paraître)

[15] J.-M. C. BOUTEILLER, M. BAUDRY, S. L. ALLAM, R. J. GREGET, S. BISCHOFF, T.W. BERGER

*Modelling glutamatergic synapses : insights into mechanisms regulating synaptic efficacy.*

J. Integrative Neuroscience 7, 185 (2008)

[16] N. COUDRAY, A. DIETERLEN, L. VIDAL, E. ROTH, G. TROUVE, S. BISTAC

*Image processing Nanoparticle Size measurement for determination of density values to correct the ELPI measures.*

Precision Engineering, 32, p.88 (2008)

[17] N. COUDRAY, A. DIETERLEN, E. ROTH, G. TROUVÉ

*Density measurement of fine aerosol fractions from wood combustion sources using ELPI distributions and image processing techniques*

Fuel 88 (5) pp. 947-954, (2009)

[18] R. MALFARA, Y. BAILLY, C. CUDEL, J.P. PRENEL

*Evaluation of the Rainbow Volumic Velocimetry (RVV) process by synthetic images*

Journal of Flow Visualization and Image Processing, Vol. 14, pp. 1-15 (2007)

[19] C. CHATELLIER, H. BOEGLIN, C. PERRINE, C.

OLIVIER, O. HAEBERLE

*A robust joint source channel coding scheme for image transmission over the ionospheric channel*

Signal Processing, Image Communication 22, pages 543-556 (2007)

[20] H. BOEGLIN, C. CHATELLIER, O. HAEBERLÉ

*Système de transmission numérique d'images fixes réalisé à partir d'appareils de mesure*

Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes

J3eA 7, p. 1021 (2008)

[21] H. BOEGLIN, L. MURA, C. CHATELLIER AND O.

HAEBERLÉ

*Pour bien commencer les communications numériques : écoutez la radio en qualité numérique !*

Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes

J3eA 8, p. 1017 (2009)



# INITIATION A LA ROBOTIQUE MOBILE

## GUIDAGE À DISTANCE D'UN ROBOT POB-BOT

Par Christophe Boucher - IUT Calais-Boulogne, dépt. GElI; rue Louis David; BP 689, 62228 Calais Cedex

Courriel : [christophe.boucher@lisic.univ-littoral.fr](mailto:christophe.boucher@lisic.univ-littoral.fr)

### 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de nos séances d'études et réalisations en informatique industrielle du semestre 3, les étudiants s'initient à la robotique mobile en programmant le robot POB-BOT de POB-Technology [1].

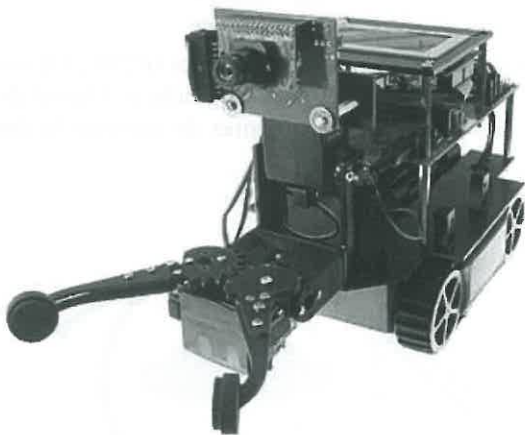


Figure 1 - Robot POB-BOT

L'ensemble de ces séances est divisé en deux parties bien distinctes :

- la première partie de celles-ci concerne la caractérisation matérielle et logicielle du robot ;
- la seconde partie est exclusivement consacrée au développement d'une application exploitant certaines capacités du robot.

### 2. CARACTERISATION DU ROBOT

A l'aide des documentations électroniques [2, 3, 4] mises à leur disposition, les étudiants doivent caractériser le robot d'un point de vue matériel puis logiciel. Trois séances sont allouées pour réaliser cette première partie.

#### 2.1. Travail demandé

L'idée consiste à rédiger un rapport par binôme d'étudiants puis le remettre à la fin de la troisième et dernière séance. Celui-ci doit faire état :

- des caractéristiques techniques du robot telles que le microprocesseur, le microcontrôleur, les mémoires, les capteurs, les actionneurs et les bus de communication utilisés ;
- de la programmation en langage C soit comment éditer, compiler et charger un programme dans la mémoire du robot via l'environnement de développement intégré.

### 2.2. Modules et composants

#### 2.2.1. POB-EYE

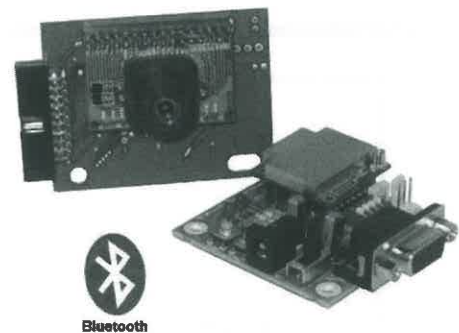


Figure 2 - Modules POB-EYE et POB-TOOTH

Ce module, équipé d'une caméra couleur, est le coeur du robot. En étudiant rigoureusement sa constitution et son architecture, on détermine le type de microprocesseur ARM qui l'anime et son standard de communication avec les autres modules.

#### 2.2.1. POB-PROTO

Ce module sert d'interface entre le coeur du robot et les ports d'entrées/sorties. Le microcontrôleur PIC équipant ce module gère, via ses ports, l'ensemble des entrées ou sorties qui peuvent être numériques ou analogiques. On trouvera, connectés à ce module, les moteurs à courant continu permettant le déplacement du robot, les servomoteurs permettant l'orientation de la caméra ou la gestion de la pince, et les capteurs de distance.



Figure 3 - Module POB-PROTO

### 2.2.1. POB-TOOTH

Ce module n'est autre qu'un convertisseur de liaison série RS232 vers la liaison sans fil Bluetooth. Il permet d'effectuer les opérations de chargement des programmes dans la mémoire du robot et d'échanger à distance des informations à partir d'un périphérique compatible (ordinateur, smartphone, etc.).

### 2.3. Outil de développement

POB-Technology met à disposition toutes les bibliothèques de fonctions, et leur documentation, permettant de gérer les différents modules du robot. POB-TOOLS constitue l'environnement de développement intégré sous Windows. Il permet un travail sous forme de projet dans lequel on ajoute les fichiers source C à compiler. On chargera le programme via ce logiciel.



Figure 4 - IDE POB-TOOLS

Il est également possible de tester un certain nombre de modules du robot et un terminal de communication série autorise l'échange d'informations entre le robot et l'ordinateur. La compilation et l'édition des liens du programme sont réalisées par le compilateur C GNU ARM et toutes les erreurs sont signalées. Il n'existe pas ici de possibilité de débogage. La première réalisation que l'on peut attendre des étudiants est la compilation et le chargement du programme de démonstration des capacités du robot. L'étape de chargement requiert au préalable un appairage du module POB-TOOTH avec le périphérique Bluetooth installé sur l'ordinateur. On explique alors aux étudiants le mode opératoire qui reste valide pour opérer d'autres échanges d'informations par la suite.

## 3. PROGRAMMATION DU ROBOT

L'application à développer concerne ici le guidage à distance, via une connexion Bluetooth, du robot avec système d'évitement : à partir d'un ordinateur, on souhaite pouvoir piloter le robot en évitant tout obstacle de l'environnement dans lequel il se déplace. Des groupes de deux binômes d'étudiants sont constitués afin d'aboutir à la réalisation de ce projet.

### 3.1. Travail demandé

On alloue aux étudiants les 9 séances restantes et le cahier des charges comprend :

- le développement d'un programme en langage C pour la gestion du déplacement, des capteurs de distance et de la communication au niveau du robot ;

- la prise en main et l'utilisation d'un terminal de communication série au niveau de l'ordinateur pour la gestion de l'envoi des commandes de déplacement et la réception des messages en provenance du robot ;
- la rédaction d'un rapport consignait les points précédents.

## 3.2. Déplacement du robot

### 3.2.1. Gestion des moteurs à courant continu

A partir de l'étude du module POB-PROTO réalisée lors des premières séances, les étudiants ont pu identifier les connexions effectives entre l'un des ports d'entrées/sorties numériques du microcontrôleur PIC et les deux moteurs à courant continu permettant d'actionner la chenille droite et la chenille gauche du robot. A partir d'exemples de programme et de la documentation de la bibliothèque des fonctions, on leur demande de développer un programme permettant de faire avancer, reculer, tourner à droite puis à gauche le robot.

### 3.2.1. Gestion des capteurs de distance

Le robot est équipé de 3 capteurs de distance GP2D12 [5], tous situés à l'avant du robot (1 frontal, 1 latéral gauche et 1 latéral droit). Ce capteur infra-rouge analogique permet de renvoyer la distance à l'obstacle entre 10cm et 80cm.

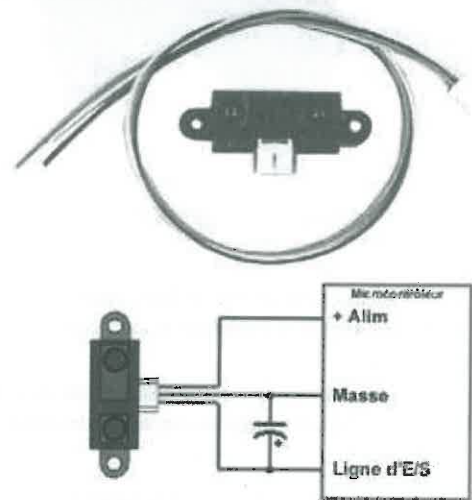


Figure 5 - Capteur de distance GP2D12

Après avoir identifié les connexions des capteurs sur les ports de conversion analogique-numérique du microcontrôleur PIC du module POB-PROTO, on demande aux étudiants d'étalonner chaque capteur et retrouver sa courbe caractéristique distance à l'obstacle=f(amplitude en sortie du capteur). Les étudiants peuvent s'appuyer sur des exemples de programme qui leur permettent de développer un banc test. De cet étalonnage, ils détermineront un seuil de distance pour la procédure d'évitement au niveau du robot.

### 3.3. Communication avec le robot

#### 3.3.1. Étude de la liaison série RS232

Pour établir une communication avec le robot, il est nécessaire que les étudiants aient à leur connaissance les paramètres du protocole série RS232. On leur propose une vulgarisation de cette liaison qui leur permet de comprendre la configuration des fonctions de communication série du robot : ils peuvent ensuite programmer l'initialisation de la communication avec un terminal externe, l'envoi ou la réception d'informations. Je leur mets à disposition un robot dans lequel j'ai téléchargé mon propre programme répondant au cahier des charges ainsi qu'une application Win32 développée en C leur permettant de guider à distance le robot.

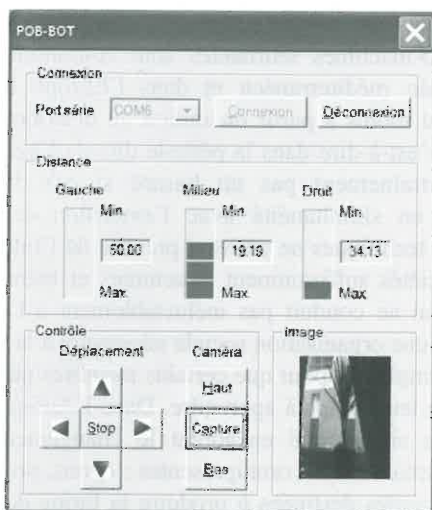


Figure 6 - Exemple de programme de guidage

#### 3.3.2. Terminal de communication RS232

Une fois les fonctions de communication correctement paramétrées, les étudiants peuvent développer un simple programme permettant de réceptionner des messages en provenance du robot vers un terminal série (Hyperterminal sous Windows XP) installé sur un ordinateur. Ils peuvent également tester le traitement d'informations envoyées du terminal vers le robot : l'exemple le plus souvent mis en pratique est la gestion de 4 touches du clavier de l'ordinateur par le terminal permettant de déplacer ensuite le robot à distance... Après avoir intégré la procédure d'évitement, les étudiants mènent leurs derniers tests d'intégration du programme complet.

### 4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Lors de ces séances d'études et réalisations, les étudiants sont donc confrontés à la gestion d'un projet dans sa totalité. Le travail en groupe permet une mise en pratique de la répartition des tâches qui n'est pas toujours naturelle pour eux. Ce projet d'informatique industrielle mêle à la fois électronique numérique et programmation. Le choix du robot POB-BOT comme support matériel donne un aspect souvent « ludique » à ce projet même si un investissement sérieux est requis pour le mener à bien. Certains groupes d'étudiants réussissent parfois à répondre au cahier des charges dans un délai plus court et on leur demande alors de traiter des tâches complémentaires comme la prise en main du logiciel RISBEE pour « programmer » graphiquement et par icônes les différentes tâches ou la réflexion sur un système électronique permettant au robot de connaître la charge disponible des batteries NiMH constituant son alimentation électrique voire la mise en oeuvre d'une solution de remplacement de la communication Bluetooth par une communication Wi-Fi.

POB-BOT constitue un outil très intéressant d'un point de vue pédagogique. Ce matériel est robuste et connaît un taux de panne assez faible. La société POB-Technology propose actuellement à la vente un nouveau produit, POB Robotics Suite, qui remplacera à terme le robot POB-BOT.

### REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement Pierre Séguin, président de POB-Technology, pour l'autorisation qu'il m'a accordée d'utiliser certaines illustrations des documentations électroniques ainsi que pour l'aide qu'il m'a apportée lors de l'utilisation et la programmation du robot POB-BOT.

### RÉFÉRENCES

- [1] POB-Technology. <http://www.pob-technology.com>. 2011.
- [2] POB-Technology. *Manuel Utilisateur du POB-BOT*. 2008.
- [3] POB-Technology. *Documentation POB-TOOTH*. 2006.
- [4] POB-Technology. *POB-TOOLS V4*. 2009.
- [5] SHARP Corporation. *GP2D12 datasheet*. 2005.

## L'HISTOIRE DES TECHNIQUES : ENTRE SIMPLICITÉ ET COMPLEXITÉ

Par Michel Pernot - Directeur de Recherche CNRS - mail : [mpernot@u-bordeaux3.fr](mailto:mpernot@u-bordeaux3.fr)

Nous ne connaissons pas de société humaine sans technique ; en dehors des restes osseux, les plus anciennes des cultures du Paléolithique – l'âge de la pierre – nous sont connues par les outils lithiques. La prédation par la chasse et la cueillette, voire le charognage, est accompagnée par des outils fabriqués par des individus qui, dans une perspective évolutionniste, précèdent le genre Homo ; il y a donc plus de deux millions d'années. Ensuite, il y a quelques centaines de milliers d'années, toutes les sociétés humaines, semble-t-il, acquièrent progressivement la maîtrise du feu. Il est remarquable que les sociétés les moins engagées dans "l'investissement" technique, décrites par les ethnologues, mais aussi celles du Paléolithique supérieur, il y a plusieurs dizaines de milliers d'années, développent des techniques sans objectifs alimentaires pour réaliser des parures corporelles. Des ornements faits de plumes, de lianes, de coquillages, de cailloux, etc., plus ou moins transformés, façonnés, polis et percés, décorent – et identifient – l'individu et son groupe parmi des femmes, des hommes et des enfants qui vivent nus ou quasiment nus. Même les sociétés humaines qui ne transforment pas leur environnement transforment les corps par des coupes des cheveux ou de poils, des épilations, des peintures corporelles, des scarifications ou bien encore des tatouages.

De manière non simultanée, mais indépendante, dans une dizaine d'endroits différents de la Planète, débutent, il y a quelques milliers d'années, des économies de production ; c'est, dans l'Ancien Monde, la période du Néolithique. Avec la domestication d'espèces végétales et/ou animales, les hommes, transforment profondément leur environnement ; certains groupes se sédentarisent et des techniques de production de biens non comestibles voient le jour. Pour donner quelques exemples, il s'agit de l'arc, de la poterie de terre cuite, de la roue et du char ; les liens avec la quête alimentaire restent fort, mais non exclusifs.

Ces techniques n'émergent cependant pas dans toutes les cultures ; il est à noter, par exemple, que les sociétés de l'Amérique ont vécu avant la colonisation européenne sans l'usage de la roue ni du char. En opposition, diverses formes de dispositifs tournants représentent un des piliers fondamentaux de la culture occidentale – comment vivre sans tout ce qui tourne ? – et pourtant des sociétés étatiques, expansionnistes, techniquement développées, comme l'empire Inca, ont vécu sans.

Des proto-machines tournantes sont couramment utilisées, dans le bassin méditerranéen et dans l'Europe des latitudes tempérées, au moins à partir du milieu du deuxième millénaire avant J.-C., c'est-à-dire dans la période dite de l'âge du Bronze. Ce n'est certainement pas un hasard si ces dispositifs se développent en simultanéité avec l'extension de l'usage de métaux ; ces techniques ne peuvent prendre de l'importance que dans des sociétés suffisamment structurées et hiérarchisées. La hiérarchisation ne conduit pas inéluctablement à l'oppression ; elle est aussi une organisation sociale nécessaire à la transmission de savoirs complexes, pour que certains membres puissent passer une partie de leur temps à apprendre. Dans l'Antiquité romaine, soit dans les siècles qui encadrent le changement d'ère, les machines tournantes sont omniprésentes ; citons, pour illustrer le propos, les meules destinées à produire la farine de céréales ou bien l'huile d'olive. Le monde romain connaît également la vis, employée dans des presses de "l'industrie" alimentaire, mais aussi textile, pour "repasser" des tissus, en associant une rotation à faible vitesse à une translation. Pour ce qui est de l'usage d'un mouvement rectiligne, il connaît aussi le piston, utilisé dans des pompes à eau. Le moulin hydraulique pour la mouture du grain, décrit par Vitruve au Ier siècle avant J.-C., prouve que la transmission par des roues dentées, avec des axes de rotation perpendiculaires, est en usage. De nombreuses découvertes archéologiques récentes montrent que de telles machines sont courantes, et ainsi que l'exploitation de l'énergie hydraulique, qui permet d'aller au-delà de la force musculaire humaine ou animale, n'est pas anecdotique dans le monde romain.

Les débuts de l'association rotation-translation à moyenne vitesse (de l'ordre de plusieurs tours par seconde) sont encore mal connus aujourd'hui. Il semble que l'emploi du dispositif, promis à un très brillant avenir, de la bielle, entraînée par un pivot excentré, débute au proche orient dans la seconde moitié du Ier millénaire après J.-C. L'existence du tour à perche, qui utilise une pédale venant tirer une corde enroulée sur la partie tournante et accrochée à une perche de bois utilisée comme ressort de rappel, n'est certaine en Europe occidentale qu'à partir de la période médiévale (fig. 1). Ce dispositif, comme un tour ou un perceur à archet, conduit à une rotation alternative. Le tour à rotation continue avec le couple bielle-manivelle, automatiquement deux fois plus productif, paraît prendre son réel essor à la période moderne. La période médiévale voit se produire bien d'autres





changements. Le grand développement de l'emploi de l'énergie hydraulique est d'autant plus intéressant que l'usage de l'arbre à cames s'y associe ; parmi d'autres conséquences, ce système conduit à une très forte augmentation de la production d'objets en fer. Des cames actionnent des soufflets ; ainsi le procédé direct de réduction des minerais de fer permet la production continue de fonte. Des cames actionnent des martinets, ou marteaux hydrauliques, qui mettent en action des masses de plusieurs centaines de kilogrammes, ce qui est inaccessible à la force musculaire humaine. Au-delà du développement à grande échelle de l'emploi de l'énergie hydraulique, la fin du Moyen Âge voit débiter l'emploi du charbon de terre qui reste la source énergétique principale de la société industrielle de l'époque moderne. C'est au XIX<sup>e</sup> siècle que prend place la combinaison du charbon de terre qui fournit la vapeur, qui pousse un piston, qui, via une bielle et une roue à excentrique, ou un vilebrequin, fait tourner un arbre (fig. 2). Cette machine à vapeur peut être fixe et servir à de multiples fonctions, depuis l'exhaure des mines jusqu'au marteau pilon qui forge des pièces de fer de plusieurs tonnes. Pour arriver à la locomotive, encore faut-il avoir l'idée d'embarquer une machine à vapeur sur un chariot. Une autre idée, d'une simplicité "biblique", voit le jour au siècle des Lumières ; c'est celle de la montgolfière. Pourquoi une idée aussi simple, ne nécessitant rien de technologiquement complexe – de la toile vernie, de la corde, un panier, de l'air chaud – émerge-t-elle au XVIII<sup>e</sup> siècle, en France pré-révolutionnaire, et non avant, à l'âge du Bronze, époque centrale de l'Ancien Testament, dans une région du monde ?

Pour aboutir à la réalisation de machines compliquées, il faut assembler des pièces, c'est-à-dire exploiter des procédés de fabrication de matériaux, de mise en forme de ces matériaux, et encore utiliser des concepts divers et une source d'énergie. Nous voudrions souligner combien l'histoire des techniques est remplie d'idées extrêmement simples. Ne parle-t-on pas de "ré-inventer la roue", pour dire qu'il s'agit d'un acquis ? Or, ce qui apparaît comme une "évidence" à un enfant de trois ans du XXI<sup>e</sup> siècle, il a bien fallu l'inventer ! Et toutes les sociétés ne l'ont pas fait ; celles-ci n'étant absolument pas arriérées, si toutes fois ce terme à un sens. La concomitance de l'émergence de l'idée de la montgolfière – cette chose technologiquement si simple (fig. 3) – avec la prise de distance de la conscience politique par rapport à la domination de la pensée religieuse, avec l'évolution d'une conception de la famille qui entraîne, par une baisse de la natalité, l'entrée de la France dans la transition démographique, est-elle le fruit du hasard ?

Le caractère cumulatif de la compétence technique est un fait ; mais pourquoi une idée, si simple que l'on oubliera que des hommes ont vécu sans, germe-t-elle à telle période, dans tel contexte social ? Remonter dans l'histoire des techniques nous permet d'établir des faits précis – le système bielle-manivelle semble bien ne pas exister dans l'Antiquité, alors qu'aujourd'hui il fait partie des jouets des tout petits – et de poser la question pertinente, mais encore sans réponse : quelle(s) loi(s) gouverne(nt) ces émergences ? Des hommes pilotent-ils la machine technique ? Une évolution inéluctable assure-t-elle une auto-progression ? Pour nous, ce champ des sciences humaines, parfaitement d'actualité, reste ouvert à la recherche.

### Bibliographie

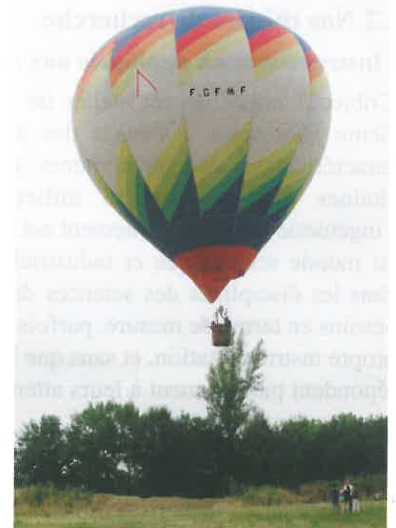
- Daumas M., dir., 1962 – *Histoire générale des techniques*, PUF, Paris.
- Gille B., dir., 1978 – *Histoire des techniques, Encyclopédie de la Pléiade*, Gallimard, Paris.
- Haudricourt A.-G., 1987 – *La technologie science humaine*, Editions MSH, Paris.
- Leroi-Gourhan A., 1943 (et 1971) – *L'homme et la matière*, Albin Michel, Paris.
- Leroi-Gourhan A., 1945 (et 1973) – *Milieu et techniques*, Albin Michel, Paris.
- Pernot M., La place de la technique dans les sociétés anciennes, in : *Cahiers d'Épistémé 1 – Histoire et éthique des sciences et des techniques*, Université Bordeaux 1, 2006, p. 7-25.

### Légendes des figures

Fig. 1 - Reconstitution d'un tour à perche : la perche est en haut, la pédale en bas, la pièce en cours de tournage apparaît en clair à mi-hauteur. (photo M. Pernot)

Fig. 2 - Le système bielle-vilebrequin d'une locomobile (machine à vapeur statique pour les travaux agricoles) du XXI<sup>e</sup> siècle. (photo M. Pernot)

Fig. 3 - Une montgolfière : de la toile vernie, des cordes, un panier d'osier, de l'air chaud... une technologie des plus simples. (photo M. Pernot).



Cette contribution a été présentée dans le cadre d'un symposium sur le thème de la l'interdisciplinarité dans l'innovation, organisé à Bordeaux le 16 décembre 2009 et soutenu par l'Institut des Sciences de la Communication du CNRS – l'ISCC, dirigé par Dominique Wolton.

Voir le site : <http://e-pow.iut.u-bordeaux3.fr/>

# CRÉATION D'UNE STRUCTURE DE RECHERCHE À L'IUT LYON1

## ARTHÉMIS : ATELIER DE RECHERCHE THÉMATIQUE INSTRUMENTATION

par Christine Marguet, Dominique Ligot, Bruno Favre - IUT Lyon1 - 17 rue de France, 69627 Villeurbanne Cedex

[christine.marguet@univ-lyon1.fr](mailto:christine.marguet@univ-lyon1.fr) ; [dominique.ligot@univ-lyon1.fr](mailto:dominique.ligot@univ-lyon1.fr) ; [bruno.favre@univ-lyon1.fr](mailto:bruno.favre@univ-lyon1.fr)

### 1. GENÈSE ET OBJECTIFS D'ARTHÉMIS

#### 1.1 Recherche en IUT

La structure de recherche ARThémIs, constituée actuellement de 3 enseignants-chercheurs, a été créée en 2006 dans les locaux de l'IUTB. Cette création fait suite à une recommandation émise par le Comité National d'Evaluation, lors de l'évaluation, qui a souligné le manque d'activités de recherche au sein même de l'IUT B (site Gratte Ciel). Ce site est implanté à 5 km du campus scientifique de La Doua où sont localisés la plupart des laboratoires de recherche dans lesquels sont affectés les enseignants-chercheurs.

De plus, compte-tenu des liens étroits qui existent déjà entre IUT et milieu industriel (intervenants industriels, stages, formations en alternance, ...), cette structure permet à l'université d'assurer son rôle de transfert de compétences et de technologie vers l'industrie.

#### 1.2 Nos thèmes de recherche

##### • Instrumentation appliquée aux milieux naturels

L'objectif initial de cet atelier de recherche était d'associer le Génie Electrique à l'étude des milieux naturels (analyse et caractérisation des phénomènes naturels, développement de chaînes d'acquisition en milieux spécifiques). En effet, l'ingénierie de l'environnement est une préoccupation croissante du monde scientifique et industriel, Les laboratoires impliqués dans les disciplines des sciences de la vie et de la terre ont des besoins en terme de mesure, parfois sans pouvoir développer leur propre instrumentation, et sans que les appareils du commerce ne répondent parfaitement à leurs attentes.

##### • Étude et réalisation de systèmes embarqués intelligents – capteurs intelligents

Ce thème de recherche est devenu plus généraliste en complétant une première réalisation de système embarqué par de "l'intelligence", orientée vers deux aspects principaux :

- La gestion de la consommation énergétique pour assurer l'autonomie
- La fiabilisation et l'amélioration de l'exactitude de la mesure.

#### 1.3 Relations industrielles

ARThémIs propose des expertises dans le cadre de l'aide à l'innovation et à la valorisation technologique et du transfert de technologie dans la thématique globale "Du capteur à l'interprétation des résultats".

Des contacts institutionnels ont été établis avec :

- Agence régionale du développement et de l'innovation de la Chambre de Commerce et d'Industrie de LYON (CCInnovation)
- CAP'TRONIC, compétitivité et innovation des PME par l'électronique dans le cadre de l'association JESSICA France

Depuis la fusion des IUT de Lyon1 début 2010, une réflexion commune à l'ensemble des départements est menée concernant la relation IUT-Entreprises. Pour cela, un groupe de travail a été créé qui a dégagé deux axes de travail :

- relation IUT/entreprises dans le cadre des licences professionnelles et des stages
- relation IUT/entreprise pour le transfert de compétences et de technologies.

L'équipe ARThémIs est impliquée dans ce groupe de travail sur ce deuxième volet.

Les objectifs sont :

- de recenser les compétences et les ressources humaines et matérielles dans les départements afin d'élargir le cadre d'action du "centre de compétence" TILT actuellement dédié à la chimie
- de communiquer de façon globale aux entreprises l'ensemble de cette offre afin de pouvoir répondre à des demandes pluridisciplinaires.

## 2. ARTHÉMIS DÉVELOPPE DES CENTRALES DE MESURE MULTI-CAPTEURS INTELLIGENTES ET AUTONOMES

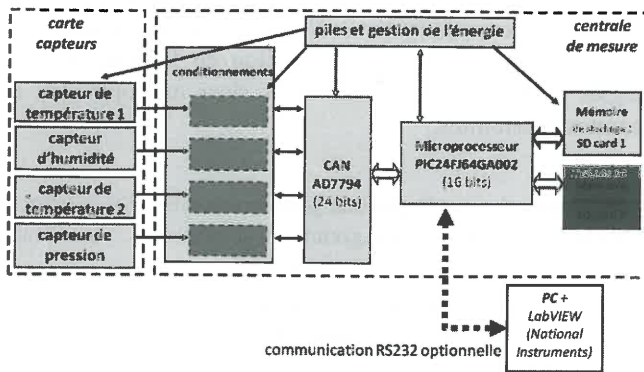


Fig 1 : Synoptique d'une carte centrale de mesure multi-capteurs

Lors de la réalisation d'une centrale de mesure multi-capteurs dédiée à l'hydrogéologie nous avons mis en évidence le fait que celle-ci combinait les caractéristiques d'un système embarqué et d'un capteur intelligent. En effet, cette instrumentation doit permettre de mesurer plusieurs grandeurs telles que pression (hauteur d'eau), température, conductivité, pH, débit, concentration de marqueur chimique, sens de courant d'eau,... et doit donc être constituée d'un système multi-capteurs. Les spécificités d'une telle instrumentation (fonctionnement en milieu humide ou inondé, souterrain, d'accès difficile) sont : une autonomie de plusieurs années (gestion de l'énergie et du stockage des données), une excellente résolution (mesure d'infimes variations des grandeurs physiques) et une grande fiabilité.

En réalisant un système dont « l'intelligence » est à la fois au service de l'autonomie (gestion de la consommation et capacité de stockage mémoire), de la métrologie (amélioration de la qualité de la mesure), et de la prise de décision (autodiagnosics, alarmes,...), nous disposons d'un système embarqué multi-capteurs intelligent qui peut intéresser plusieurs domaines d'application (étude des milieux naturels, équipements médicaux, ...). Nous avons donc poursuivi ce travail dans le but de développer un système polyvalent et modulable.

### 2.1 Fusion des concepts capteur intelligent et système embarqué

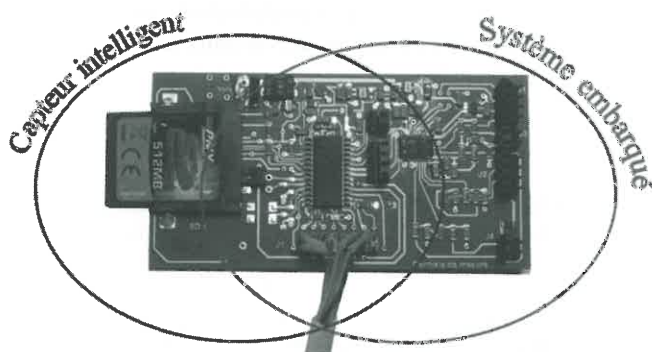


Fig 2 : Fusion d'un capteur intelligent et d'un système embarqué

Un système embarqué peut se définir comme un système électronique et informatique (processeur) dédié à une tâche précise, autonome du point de vue énergétique et disposant d'un espace mémoire et d'une puissance de calcul adaptés, capable de fonctionner en temps réel, avec des critères de sûreté et de fiabilité, doté d'intelligence dans la prise de décision et l'auto-dépannage, capable de communiquer, et respectant enfin des contraintes de taille, poids et coûts limités.

Un capteur intelligent est défini comme un système dédié à la mesure, intégrant les éléments sensibles du capteur, la chaîne de mesure et le traitement des données, capable d'effectuer la mesure et le traitement en temps réel (ou temps « connu ») avec une grande fiabilité et une bonne sûreté de fonctionnement. Son intelligence a pour objectif principal l'amélioration des caractéristiques métrologiques (résolution, fiabilité, précision,...) grâce à la capacité de traitement intégré. Il doit être capable d'auto-tests et/ou d'auto-diagnosics suivis de prise de décision (déclenchement d'actions). De plus, il peut être communicant selon le domaine d'application.

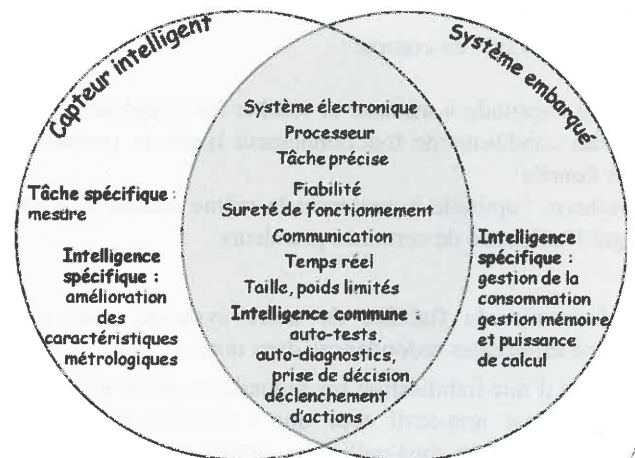


Fig 3 : Analyse comparée des caractéristiques d'un capteur intelligent et d'un système embarqué

### 2.2 Intelligence dédiée à l'autonomie énergétique

Une étude exhaustive des facteurs influents nous a permis de choisir, en fonction de notre application, une stratégie de minimisation de la consommation par gestion de l'alimentation, gestion des capteurs et gestion de la mesure.

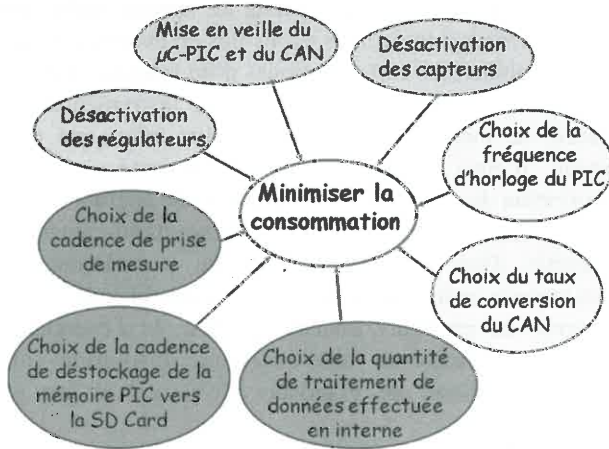


Fig 4 : Assurer l'autonomie énergétique

L'autonomie de la centrale de mesure est alors déduite du rapport entre la capacité de la pile (2,4 Ah, technologie Lithium Thionyl Chloride) et le courant moyen consommé. Pour notre première application, cette autonomie est supérieure à 2 ans.

### 2.3 : Intelligence dédiée à l'optimisation des qualités métrologiques

Trois axes sont pris en compte :

- Précision
- Fiabilité : aptitude à mesurer et stocker les grandeurs définies dans des conditions de fonctionnement fixées et pendant une durée donnée
- Robustesse : aptitude à conserver la même qualité de mesure malgré l'influence de certaines grandeurs

Afin d'accroître la fiabilité de notre système, nous avons développé différentes redondances dans notre système

Dans le cas d'une fiabilisation par redondance passive, l'élément de secours est non-actif tant que l'élément principal est fonctionnel. On peut ainsi pallier les défaillances de type circuit ouvert ou court-circuit. Nous utilisons ce type de redondance au niveau de la tension de référence du convertisseur A/N en commutant sur la référence interne du convertisseur en cas de défaillance du composant externe.

Pour une fiabilisation par redondance active, les éléments fonctionnent simultanément. Ainsi, en multipliant le nombre de capteurs du même type, on peut :

- soit avoir recours à des critères de vote qui permettent de discriminer le capteur défaillant des autres par élimination du résultat de mesure le plus éloigné,
- soit calculer la valeur moyenne afin de minimiser l'influence des perturbations aléatoires, ce que nous réalisons pour la mesure de température avec les deux sondes platine PT100.

Nous effectuons de même une redondance active sur le stockage mémoire en réalisant une double sauvegarde sur deux SD Card en parallèle.

La redondance active permet de prendre en compte des dysfonctionnements plus subtils (décalibration, dérive, bruit...). De plus, en utilisant des capteurs de technologies différentes pour mesurer la même grandeur, on peut minimiser l'impact des grandeurs d'influence sur un type de capteur donné et participer ainsi à la robustesse du système. Notre centrale de mesure multi-capteurs permet d'élaborer, en fonction de l'application, des stratégies de fiabilisation encore plus fines en combinant ces différentes possibilités.

La robustesse est assurée par une grande précision des mesures et une bonne connaissance des grandeurs d'influence. Trois étapes permettent d'accéder à cette connaissance :

- identification des grandeurs d'influence : dérive dans le temps et/ou en fonction de la température, variation de la tension d'alimentation,...
- mesure de leurs effets in situ : établissement de courbes de correction, détermination des coefficients des équations de correction,
- correction, soit au moment de la mesure en utilisant des procédés de compensation directe (mesure différentielle électrique ou optique), soit en effectuant une correction mathématique lors du traitement des données.

On peut donc réaliser une compensation des grandeurs d'influence en mettant en œuvre une architecture multicapteurs avec fusion des données.



Fig 5 : Intelligence dédiée à l'optimisation des qualités métrologiques

Nous avons appliqué cette technique à la mesure d'humidité. La principale grandeur d'influence est la température, que nous mesurons, et l'équation de correction est connue. La donnée issue du capteur d'humidité est donc corrigée en interne avant stockage sur la carte mémoire.



2.4 : Stratégie globale mise en oeuvre

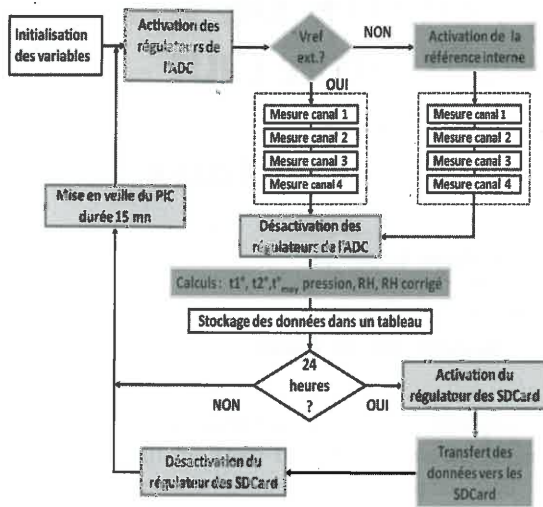


Fig.6 : Organigramme de fonctionnement général soulignant les actions d'optimisation de la consommation et d'optimisation de qualité métrologique

Optimisation de la consommation  
 Optimisation de la qualité métrologique

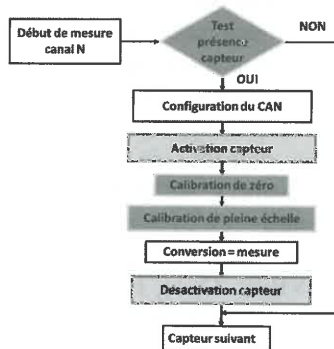


Fig.7 : Organigramme de mesure soulignant les actions d'optimisation de la consommation et d'optimisation de qualité métrologique

3. PERSPECTIVES D'ARTHÉMIS

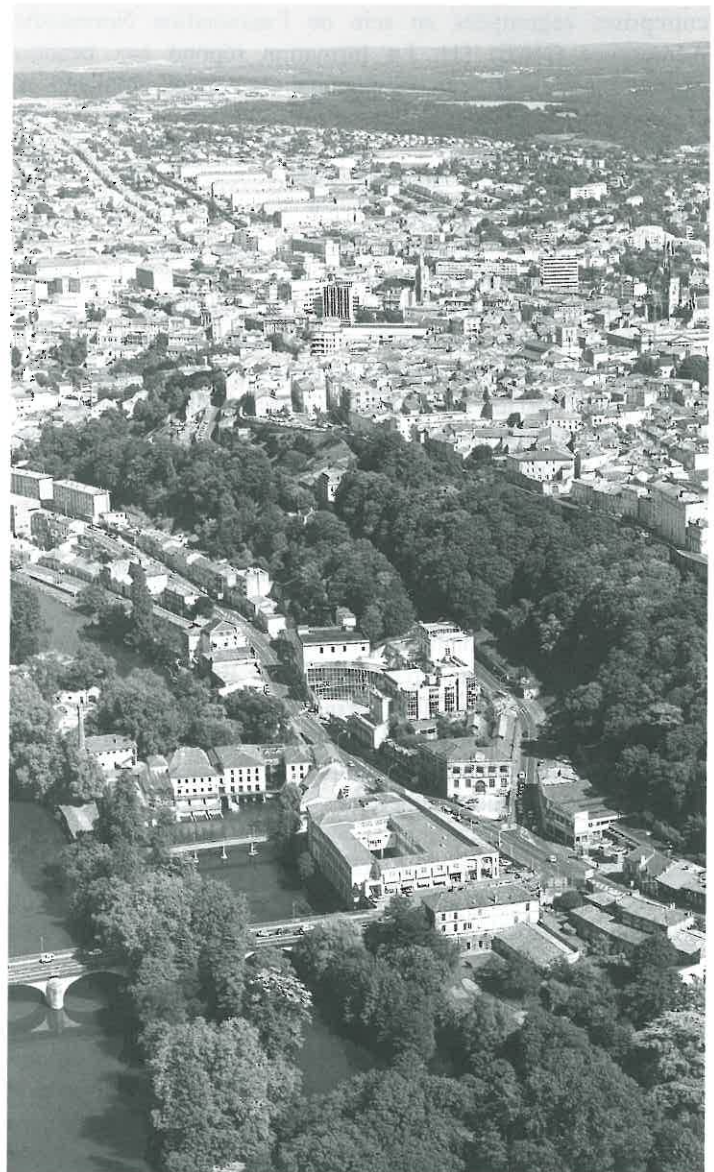
ARTHÉMIS est soutenu par le département GEii qui a mis à notre disposition locaux et matériels, et par l'IUT Lyon1 (ARTHÉMIS figure dans la proposition au Contrat d'Objectifs et de Moyens).

Pour autant des difficultés existent :

- non reconnaissance de la part de l'Université car nous ne sommes pas rattachés à une structure labellisée
- financement

Cependant, il nous semble important de consolider cette démarche de recherche appliquée qui permet, de plus, d'élargir l'offre du centre de compétences TILT de l'IUT Lyon1. En effet, nous sommes convaincus que les IUT ont un vrai rôle à jouer dans le transfert de compétences et de technologie vers les industries.

Ces travaux de recherche ont été présentés lors du colloque C2I 2010 au Mans (Colloque Interdisciplinaire en Instrumentation) et publiés aux éditions Hermès. "Centrale de mesure multi-capteurs intelligente et autonome - Fusion du capteur intelligent et du système embarqué" 5ème colloque interdisciplinaire en instrumentation p 471-479 Ed. Hermès Science



# LE DÉVELOPPEMENT DES FORMATIONS PROFESSIONNELLES À L'UNIVERSITÉ DE ROUEN FACILITÉ PAR LE RAPPROCHEMENT ENTRE L'IUT ET LES ENTREPRISES RÉGIONALE MENÉE AU DÉPARTEMENT GEII DE L'IUT BORDEAUX 1

*Pascal Dherbécourt <sup>a</sup>, Mohamed Kétata <sup>a</sup>, Philippe Eudeline <sup>b</sup>*

<sup>a</sup> Enseignant chercheur, Département Geii, IUT de Rouen

<sup>b</sup> Président Normandie AéroEspace, Professeur Associé IUT de Rouen

## INTRODUCTION :

L'Institut Universitaire de Rouen, composante à part entière de l'Université, s'est lancé dès 2000 dans la création de plusieurs licences professionnelles dans les secteurs secondaire et tertiaire. La LP Electronique spécialité Aéronautique et Spatial a été créée en 2004 en partenariat entre la Région Haute-Normandie et le secteur industriel. Elle bénéficie du soutien particulier des entreprises regroupées au sein de l'association Normandie Aéroespace (NAE) [1]. La formation répond aux besoins exprimés par le secteur aéronautique et spatial, implanté en région avec des grandes entreprises comme Thales Air System, EADS, Snecma, Aircelle... mais aussi par d'autres secteurs comme l'automobile (Renault Cléon, Sandouville) ou les télécommunications (Alcatel-Lucent à EU). Nous situons la formation dans son contexte régional, nous décrivons le rôle important que jouent les professionnels dans cette formation, notamment par la mise en place ces dernières années de l'alternance proposée sous la forme de contrats de professionnalisation. Nous mettons l'accent particulièrement sur le rôle joué par les intervenants extérieurs dans les contenus pédagogiques dans le but de faciliter l'insertion professionnelle des étudiants diplômés, par la mise en place notamment de formations spécifiques pour les entreprises.

## 1 – La création de la licence professionnelle EAS : un besoin exprimé par les entreprises régionales :

Les licences professionnelles, diplômes nationaux de niveau II, avec 60 ECTS on été créées en 1999. Elles répondent aux engagements européens qui prévoient un cursus licence adapté aux exigences du marché du travail ainsi qu'à la demande de nouvelles qualifications, entre le niveau technicien supérieur et le niveau ingénieur-cadre supérieur. Le cursus est ouvert à des publics diversifiés (formation continue) et offre ainsi aux techniciens en situation d'activité professionnelle la possibilité de développer leur carrière. Elle a notamment recours à la validation des acquis de l'expérience professionnelle (VAE) et est proposée aux salariés en période ou congé de formation. Le regroupement de ces étudiants et salariés de diverses origines professionnelles représente un atout sur le plan de la progression pédagogique. Une étape de mise à niveau des différents publics n'est pas rendue nécessaire à ce jour mais peut être mise en œuvre si le besoin apparaît, notamment dans les enseignements théoriques comme les mathématiques. La licence professionnelle est conçue

dans un objectif d'insertion professionnelle immédiate. Son existence repose sur un besoin dans un métier ou groupe de métiers. Elle a pour vocation de former des techniciens supérieurs rapidement efficaces dans l'industrie, faisant preuve d'une culture et d'une autonomie suffisante pour s'insérer sur le marché du travail dès la fin de leur formation. Elle apporte un approfondissement des connaissances dans les domaines scientifiques, techniques et professionnels appliqués à l'électronique et l'instrumentation pour le secteur de l'aéronautique et le spatial, mais aussi pour d'autres secteurs (l'automobile, les télécommunications, le secteur biomédical...). Les compétences des diplômés se traduisent en termes de savoir mais aussi surtout en termes de compétences développées tout au long de l'année au contact des intervenants professionnels à l'IUT mais aussi lors des périodes de stage pratique ou d'alternance. Parmi les compétences appréciées citons : mettre au point ou dépanner une carte électronique de complexité moyenne, développer un prototype de carte électronique simple, mettre en œuvre des procédés de mesure en basse, haute fréquence et hyperfréquences, maîtriser le fonctionnement des appareils de mesure électronique basse, haute et hyperfréquences, développer des applications logicielles en langage évolué (LabVIEW, C++), lire et analyser une notice technique en anglais, travailler en équipe autour d'un projet industriel. Les débouchés professionnels visés sont en particulier des emplois de technicien supérieur en bureau d'étude ou en production, responsable de développement de banc de tests.

La LP EAS adossée au Département GEII de l'IUT de Rouen répond au besoin exprimé par le terrain économique local. Seul cursus régional à Bac+3 en électronique des hyperfréquences et instrumentation, la formation permet également aux étudiants d'aborder des domaines plus largement rencontrés dans l'industrie, comme l'instrumentation par l'automatisation de bancs de tests, le traitement automatique des mesures, la fiabilité et la compatibilité électromagnétique. Organisé sur une année, le cursus de la licence professionnelle intègre enseignements théoriques, enseignements pratiques et finalisés, apprentissage de méthodes et d'outils, périodes de formation en milieu professionnel, notamment stage et projet tuteuré individuel ou collectif. La licence professionnelle réalise une mise en contact réelle de l'étudiant avec le monde du travail de manière à lui permettre d'approfondir sa formation, de consolider son projet professionnel et de faciliter ainsi son insertion.

## 2 – Les professionnels sont acteurs dans la formation

Ce type de formation exige une pédagogie innovante. La participation pédagogique des industriels est primordiale. Ils interviennent en tant que vacataires ou professeurs associés. Une proportion de 35% des enseignements est dispensée par des professionnels qui participent à part entière à la formation. Leur intervention prend différentes formes : des cours magistraux et travaux dirigés dans des spécialités pointues (hyperfréquences, fiabilité, compatibilité électromagnétique, automatisation de bancs de mesures, technologie des composants, CEM, simulation d'entretien d'embauche, conduite de projets industriels...), des conférences et exposés, l'encadrement de projets tuteurés industriels et stages. Les professionnels interviennent aussi dans la définition des contenus pédagogiques : Les industriels impliqués jouent un rôle actif pour l'étude de l'évolution du contenu de la formation dans l'objectif de répondre au mieux aux évolutions du marché de l'emploi, ils participent au comité de pilotage de la formation, le contenu de l'enseignement est évolutif pour permettre une grande réactivité face à la demande du monde socioéconomique. Les partenaires collaborent aujourd'hui dans l'objectif de renforcer le réseau d'entreprises partenaires. Nous donnons ainsi l'occasion aux étudiants de rencontrer et d'échanger avec des professionnels au cours de conférences par la présentation d'entreprise, de ses métiers, des débouchés de la formation suivie, mais aussi par le partage d'expériences, la restitution d'un parcours professionnel et personnel.

### → L'implication de l'association Normandie Aéroespace :

Lors de la création de la licence en 2004, l'association Normandie Aéroespace s'est impliquée dans l'élaboration de la maquette pédagogique, son Président actuel, Philippe Eudeline est Professeur Associé à l'IUT, enseignant depuis 1990 au département Génie Electrique et en charge des enseignements des hyperfréquences. La licence a depuis été intégrée à l'offre de formations soutenues par la filière [1].

Normandie AéroEspace (NAE) est la filière d'excellence Normande du domaine Aéronautique, Spatial, de la défense et de la Sécurité. Regroupant 80 membres (Grands groupes Industriels, PME/PMI, Établissements d'Enseignement Supérieurs) elle représente 10000 emplois en région Normandie (Haute et Basse Normandie), un chiffre d'affaire de 1, 5 Milliards d'euros. La mission de cette filière est le développement des activités Aéronautiques sur le territoire Normand. Pour mener à bien cette mission NAE a lancé quatre chantiers majeurs :

- Recherche et Technologie
- Achats, Sous-traitance
- Emploi, Formation
- Communication

Le chantier Emploi, Formation a pour objectif de réaliser une cartographie de l'évolution des métiers de ses membres, de définir les besoins en ressources humaines et en compétences et si certaines compétences ne sont pas disponibles de définir et mettre en place avec les partenaires académiques les formations adaptées. C'est dans le cadre de ce chantier que NAE s'est fortement impliquée pour la mise en place de cette Licence Professionnelle Aéronautique et Spatiale. NAE a participé activement à la définition des objectifs, au soutien de l'IUT vis à

vis du Ministère et de nombreux ingénieurs de la filière participent à la formation en qualité de vacataires. De même de nombreuses entreprises (Grands Groupes et PME) accueillent les étudiants en stage de fin d'année ou en contrat de professionnalisation, ceci débouchant aussi sur des embauches. La filière Aéronautique NAE se félicite des résultats obtenus et contribue aujourd'hui à supporter activement la formation.

### → L'expérience menée avec Alcatel-Lucent pour la formation du personnel :

Dans le secteur des télécommunications, des relations privilégiées sont développées depuis 2006 avec la société Alcatel-Lucent située en Seine Maritime à EU. Cette entreprise de plusieurs centaines de salariés est le centre industriel de production de systèmes de télécommunication hyperfréquences le plus important en Europe. Entre 2009 et 2011, cinq salariés de niveau bac +2 ont suivi avec succès la licence en période de formation professionnelle, cette action a été menée en étroite collaboration avec le centre de formation continue de l'Université de Rouen. Une formation spécifique en mathématiques, et langage LabVIEW a été créée spécifiquement en juin 2010 pour permettre une remise à niveau des salariés entrant en formation en septembre. Dans le cadre de l'Unité d'Enseignement Connaissance de l'entreprise et Conduite de projet, l'intervenante professionnelle a encadré un projet de visite de la société Alcatel-Lucent mené par trois salariés inscrits en formation. La journée a été l'occasion pour les étudiants, reçus par le directeur du site, de visiter les ateliers de fabrication et de montage des cartes électroniques intégrées dans les baies de télécommunications. En 2011, une collaboration réelle s'est construite avec l'IUT. Elle se traduit concrètement par la formation des salariés intérimaires du site sous la forme de modules spécifiques en électronique et télécommunications, par l'accueil de stagiaires et par l'embauche de nouveaux diplômés en licence professionnelle. Une vingtaine de postes de techniciens et ingénieurs devraient être ouverts en 2011 dont plusieurs adressés aux diplômés de licence.

## 3 - Conclusion

Cet article témoigne d'un partenariat réussi à l'IUT de Rouen entre le monde universitaire académique et le monde professionnel. L'organisation de la formation correspond à la fois à une nécessité économique et à un souhait des étudiants voulant entrer dans la vie active avec une poursuite d'étude de trois années après le baccalauréat. Elle accueille à la fois les étudiants de formation initiale DUT mais aussi des BTS. La Licence Professionnelle Electronique spécialité Aéronautique et Spatial a été construite en partenariat avec les entreprises du secteur regroupées en association, secteur en pleine croissance au sein des régions Haute et Basse Normandie. Elle représente aussi un intérêt pour le secteur des télécommunications hyperfréquences avec l'entreprise Alcatel-Lucent, située à EU. La réussite de la formation repose sur le lien que nous avons tissé avec les entreprises depuis plusieurs années.

La mise en place de ces contrats de professionnalisation vient renforcer les liens Université - IUT entreprises. Notre objectif est de développer ce type de contrat particulièrement en direction des petites et moyennes entreprises. Au niveau national, les

licences professionnelles sont évaluées par le ministère tous les quatre ans, l'expérience a montré qu'il est important de continuer à développer nos actions d'ouverture vers le monde professionnel pour favoriser l'insertion de nos diplômés, conformément aux recommandations ministérielles. La formation est attractive au niveau national, comme le montre l'origine géographique des candidats, elle est répertoriée au GIFAS (Groupement des Industries Françaises en Aéronautique et Spatial) [2].

**Témoignage de Jérémy Beaurain diplômé en 2007 :**

« Sortant d'un Bac STI puis d'un DUT GEII, je ne souhaitais pas effectuer des études longues. La licence m'a permis d'accroître mes connaissances, d'obtenir un diplôme reconnu dans le cadre du LMD ainsi que de me préparer à une insertion dans la vie active plus aisée grâce à l'intervention de professionnels venant de grands groupes du monde de l'industrie aéronautique et spatiale (Thales, Snecma)....»

**Témoignage de Mme Isabelle Roux intervenante professionnelle en conduite de projet industriel :**

Permettre aux étudiants de faire un autodiagnostic de leurs compétences : « Le regard dubitatif qu'ils ont lorsque je les engage à effectuer un autodiagnostic de leurs compétences et de leurs valeurs pourrait faire sourire si il ne cachait le fait qu'à 18 ou 20 ans c'est la première fois qu'on leur reconnaît une valeur ou une compétence transposable dans l'entreprise. Outre, les compétences métiers qu'ils vont acquérir au cours de leurs études, ce sont leur capacité à intégrer les valeurs de l'entreprise que je veux mettre en évidence. Ils n'auront pas d'autres expériences à valoriser lors de leur entrée sur le marché du travail. Certains vont valoriser une expérience d'animateur de centre aéré, d'entraîneur d'équipe sportive, d'arbitre, de capitaine, de sportif, de musicien ou de danseur ... d'autres vont valoriser un passage en entreprise, les petits travaux menés dans l'entreprise familiale, le stage de découverte de 3ème ... enfin, et ils m'intéressent tout autant (ce sont des cas réellement rencontrés) d'autres vont réaliser que les « coups durs » de leur courte vie leur ont fait développer des compétences : perte d'un père à l'âge de 10 ans et responsabilité nouvelle sur ses petits frères pour l'un, petite sœur autiste et apprentissage de la différence pour l'autre ! Les entreprises les plus performantes et qui ont le moins de turn-over sont celles qui se sont penchées surtout sur le recrutement de « potentiels ».

**Liens internet :**

[1] Association Normandie Aéroespace : <http://www.normandieaerospaace.fr>



[2] Groupement des Industries Françaises en Aéronautique et Spatial GIFAS : <http://www.gifas.asso.fr>



[3] IUT de Rouen, formation licence professionnelle EAS : [http://www.univ-rouen.fr/jsp/fiche\\_pagelibre.jsp?STNAV=&RUBNAV=&CODE=24542537&LANGUE=0](http://www.univ-rouen.fr/jsp/fiche_pagelibre.jsp?STNAV=&RUBNAV=&CODE=24542537&LANGUE=0)  
<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid20181/licence-professionnelle.html##formation>

## RETOUR SUR EXPÉRIENCE : SUR UNE THÈSE PASSÉE PAR UN ENSEIGNANT DU SECOND DEGRÉ EN IUT

**P. Vrignat<sup>1</sup>, M. Avila<sup>1</sup>, F. Duculty<sup>1</sup>, F. Kratz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Université d'Orléans - Laboratoire PRISME - IUT de l'Indre - 2 Avenue François Mitterrand 36000 Châteauroux

<sup>2</sup> ENSIB - Laboratoire PRISME - 88 Boulevard Lahitolle - 18020 Bourges Cedex  
pascal.vrignat@univ-orleans.fr - <http://pascal.ajoux.free.fr>

**Résumé :** Cet article relate un retour d'expérience, après 3 années de travail de recherche en maintenance, du point de vue du doctorant, sur un emploi de Prag à l'IUT et du point de vue des encadrants, ses collègues par-fois nommés après lui dans un petit IUT délocalisé. Sans tomber dans des états d'âme, les auteurs témoignent de cette expérience, du parcours professionnel et personnel d'un enseignant du second degré en poste à l'IUT de l'Indre. Ce récit d'expériences éveillera peut-être des vocations. L'un des rôles de l'Université et notamment des IUT est de pousser des collègues issus du secondaire à d'autres tâches : d'éveiller leur curiosité vers un enrichissement personnel et vers une autre pédagogie.

### 1 PREAMBULE :

#### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

La vie nous offre au fur et à mesure que l'on vieillit, un certain nombre de chemins. On peut rester sur le même chemin, changer de chemin (par volonté, par obligation ou par nécessité). La décision de changer est souvent difficile voire délicate, car les impacts divers et variés existent et il faut autant que possible les borner. A l'heure des choix, on peut dresser une liste :

- éléments positifs,
- éléments négatifs,
- éléments neutres.

#### \*\*\* Les encadrants \*\*\*

L'une des richesses de la « structure IUT » est d'associer des intervenants<sup>v</sup> de différents horizons, de différentes cultures, de différentes expériences : des enseignants-chercheurs, des enseignants du secondaire et des professionnels. Cette richesse profite à l'étudiant et le prépare bien au monde professionnel. Dans ce cadre, un enseignant du secondaire peut être tenté de « mettre un pied » dans la recherche. Lorsqu'un collègue vous sollicite avec cette volonté, sur un site où les activités de recherche sont à renforcer, c'est avec beaucoup de plaisir que l'on s'engage dans ce projet. Cependant, il y a des doutes concernant l'encadrement : il va falloir « diriger » un collègue avec qui on travaille depuis plusieurs années.

### 2 AU CENTRE DE L'EXPERIENCE :

#### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

Enseignant du second degré, en poste au département GEII à l'IUT de l'Indre, sur le site de Châteauroux depuis 1996, je suis Pascal VRIGNAT « l'acteur central » de ce projet. Mes enseignements principaux concernent l'informatique industrielle et les réseaux industriels de communication en liaison avec les

systèmes automatisés de production. Depuis 1996, je suis avec un certain nombre de collègues, très impliqué sur différentes collaborations avec le tissu professionnel local et régional : projets avec des étudiants (DUT et LP), encadrements d'apprentis, expertises, organisations de conférences thématiques...

Ces différentes collaborations ont été l'élément déclencheur de mon changement de chemin. Effectivement, mes différents travaux en liaison avec les professionnels impliquaient de nombreuses actions en ingénierie sur leurs systèmes automatisés de production. Toute la difficulté était de franchir le gap vers des activités présentant des verrous scientifiques nécessitant des actions de recherche.

Ce choix a été guidé par des besoins constatés dans les entreprises partenaires. Effectivement, les activités industrielles et humaines font presque quotidiennement les grands titres des actualités avec leurs cor-tèges d'incidents, d'accidents ou d'évènements catastrophiques. En effet, le zéro défaut ou le risque zéro n'existe malheureusement pas pour les activités industrielles à cause de l'occurrence de défaillances humaines ou matérielles



Photo 1 : Incendie de la plate-forme pétrolière Deepwater le 21 avril 2010 [9]

Toutefois, pour tenter de réduire les risques à un niveau le plus faible possible et acceptable, des méthodes, des techniques et des outils scientifiques ont été développés dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle pour évaluer les risques potentiels, prévoir l'occurrence des défaillances et tenter de minimiser les conséquences des situations catastrophiques lorsqu'elles se produisent.

### \*\*\* Les encadrants \*\*\*

Nos sommes à l'IUT, à l'origine de la création d'une licence professionnelle dans le domaine des automatismes communicants. Il nous est apparu, rapidement, que ces nouvelles capacités communicantes, des composants d'automatique, offraient de nouvelles perspectives à explorer. Ce domaine, de la e-maintenance, faisait déjà l'objet de nombreux travaux.

Lorsque Pascal VRIGNAT a émis le souhait de dé-marrer une thèse, il a été facile de faire le lien entre ses champs de compétences, les moyens dont nous disposions et les perspectives qui semblaient intéressantes dans le domaine de la e-maintenance. Le sujet était sur les rails.

Dans un grand nombre d'applications industrielles, une demande croissante est apparue en matière de remplacement des politiques de maintenance curative par des stratégies de maintenance préventive. Cette mutation d'une situation où on « subit les pannes ou les défaillances » à une situation où on « maîtrise les pannes ou les défaillances », nécessite des moyens technologiques ainsi que la connaissance de techniques d'analyse appropriées. L'ensemble de ces développements méthodologiques à caractère scientifique représente, à l'aube du troisième millénaire, la discipline de la sûreté de fonctionnement. La sûreté de fonctionnement consiste à connaître, évaluer, prévoir, mesurer et maîtriser les défaillances des systèmes technologiques et les défaillances humaines. Cette sûreté de fonctionnement sera de qualité si la maintenance associée est de qualité, tant sur le plan Humain que Technologique. Dans ce contexte, à partir de ces éléments, nos travaux se sont imbriqués dans la conception d'un modèle de décision permettant d'améliorer la maintenance conditionnelle des processus industriels (titre de la thèse : Génération d'indicateurs de maintenance par une approche semi-paramétrique et par une approche markovienne).

### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

Avec un accueil par Frédéric KRATZ (PR. ENSIB<sup>1</sup>) dans le laboratoire PRISME, début octobre 2007, je m'inscrivais à l'école Doctorale Sciences et Techno-logies de l'Université d'Orléans. Mes travaux pouvaient débiter co-encadrés par Manuel AVILA et Florent DUCULTY (Maîtres de conférences – labo-ratoire PRISME – IUT de l'Indre).

### \*\*\* Les encadrants \*\*\*

Pour s'inscrire en doctorat, il faut pouvoir justifier d'activités de recherche et disposer d'une personne habilitée à diriger les recherches. Sur notre site, nous ne disposons d'aucun Professeur d'Université (ni de MCF HDR). Après un stage de Master, ayant permis de présenter des travaux lors de conférence, nous avons obtenu le soutien du laboratoire pour assurer l'encadrement de la thèse.

## 3 VERS UNE AIDE À LA DECISION :

La fonction maintenance, dont la vocation est d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est maintenant une des fonctions stratégiques majeures dans les entreprises. La norme européenne NF EN 13306X 60-319 (AFNOR, 2001 [1]) définit en totalité cette fonction. De manière plus pragmatique, un système de production n'est performant que si sa finalité, les objectifs qui lui sont attribués, les résultats qu'il fournit et les moyens (financiers, stratégiques, technologiques et humains) qu'il met en œuvre, sont en parfaite cohérence [3].

Les pratiques sont ainsi passées d'une « maintenance curative » à une « maintenance préventive ». Ce phénomène se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur le système ou processus. Cela permet de remplacer des composants juste avant leur défaillance. Ces actions préventives étaient dans un premier temps effectuées de façon systématique selon des calendriers prédéfinis. Elles permettaient effectivement d'anticiper les pannes, mais au prix d'un alourdissement important des coûts de maintenance. « Une nouvelle maintenance » se développe aujourd'hui grâce aux différents travaux de recherche et aux technologies de diagnostic et de contrôle utilisant les réseaux de communication (Beltrami [2]; Leger [7]; Muller et al., [8]). Cette « nouvelle maintenance » utilise des techniques de prévision des pannes (par exemples : l'analyse des vibrations ou des huiles).

Ce stade ultime de la maintenance, dite « prédictive » ou « préventive conditionnelle », permet de remplacer des composants juste avant leur rupture (Muller, 2005). Le passage de la maintenance curative à la maintenance prédictive n'est cependant pas systématique. Il vise moins à minimiser les coûts de maintenance qu'à les optimiser en fonction des objectifs de production. Il peut ainsi être économiquement rentable d'appliquer une maintenance préventive systématique à un processus de production particulier (pour un produit phare à forte marge bénéficiaire par exemple). La maintenance curative peut s'avérer la seule « économiquement acceptable » pour un autre produit ou équipement sur lequel l'entreprise dispose de l'expérience et l'habitude de réparer des pannes. Les entreprises opèrent donc des choix parmi les différents types de maintenance, en fonction de nombreux critères techniques, économiques, internes et externes tels que la fréquence des défaillances cycliques ou aléatoires des équipements, les aptitudes et compétences du personnel de maintenance ou des soustraitants, les politiques et modes d'organisation du travail...

Nos travaux s'insèrent dans le cadre d'une politique de maintenance préventive (Figure 1).

<sup>1</sup> Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieur de Bourges

VIE DES DÉPARTEMENTS

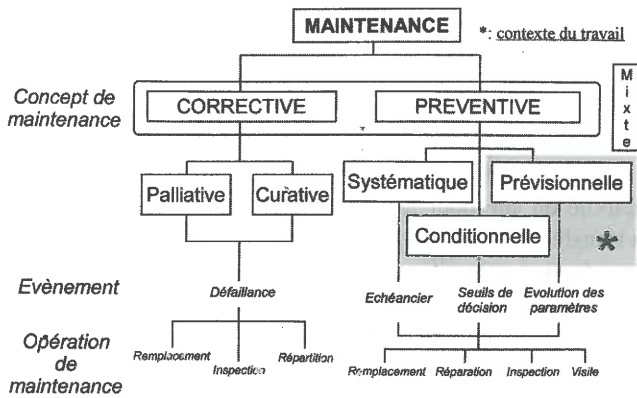


Figure 1 : Contexte du travail dans le cadre d'une politique de maintenance préventive

**Hypothèse : les événements qui précèdent une panne sont souvent récurrents. Une suite d'évènements particuliers peut, éventuellement, in-former d'une panne prochaine !**

- Quelques exemples connus peuvent illustrer notre hypothèse :
- en mécanique : un bruit, une vibration précède la rupture. Une baisse de performance traduit une ou des anomalies,
  - en informatique : un déplacement inopiné du pointeur, un ralentissement, un dysfonctionnement d'une application comme un navigateur Internet peuvent traduire la présence d'un virus sur l'ordinateur concerné, ...

Notre approche tente d'appréhender « cette suite d'évènements » à l'aide d'un Modèle de Markov Caché<sup>2</sup> ou HMM<sup>3</sup>. Pour cela, les évènements observables et traités dans notre travail sont issus d'activités de maintenance opérationnelle dans le cadre d'une politique de maintenance préventive. Le processus caché correspondra à l'état du système ou sous-système (Marche, Dégradation1, ..., DégradationN, Panne) et les observations seront les informations visibles sur le système (Figure 2).

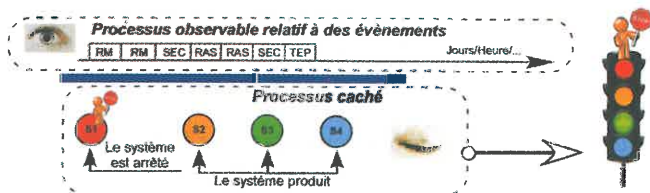


Figure 2 : Couche visible et couche cachée (états du processus ou du système)

Le but de nos travaux est d'apporter, à partir d'un indicateur fiable concernant le niveau de dégradation d'un processus maintenu, une aide à la décision dans l'organisation et l'évaluation quotidienne de la maintenance (Figure 3). Des lois de survie (Kaplan-Meier [6] et Cox [4]) ont été mises en œuvre pour servir de références pour les comparer à notre méthode.

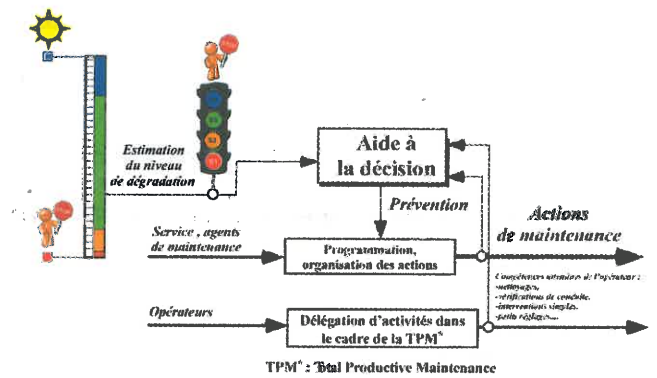


Figure 3 : Objectif des travaux initiés

4 PARTENAIRES INDUSTRIELS :

Notre implication auprès des professionnels, depuis plusieurs années, nous a permis de travailler dans un climat de confiance mutuel.

L'ensemble de nos travaux s'appuie sur deux cas industriels différents. Le premier cas concerne l'étude d'un sous-ensemble s'intégrant dans un processus continu pour l'agroalimentaire pour la fabrication de pain. Ce processus fonctionne toute l'année sans interruption en équipes organisées en 3x8. Pour chaque équipe, des bases de données sont disponibles et renseignées, conformément aux activités de maintenance opérationnelle (Tableau 1) dans une politique de maintenance préventive. La Figure 4 décrit l'organisation du processus continu.

Numéro dans la liste	NOM	EQUIPE	DATE	LIGNE	NOM DE MACHINE	TRAVAUX EFFECTUES	OBS	CODES MAINTENANCE	TI (min)	PIECES CHANGEES	REF
1	M.Dupond	AM	03/01/2005	M2	Peseuse	la demande du RL		RM	20		
2	M.Dupond	AM	03/01/2005	M2	Peseuse	la demande du RL		RM	20		
3	M.Dupond	M	04/01/2005	M2	Peseuse	deconsigne armoire		SEC	20		
4	M.Dupond	M	08/01/2005	M2	Peseuse	deconsigne		SEC	10		

Tableau 1 : Exemple de consignation des activités opérationnelles en maintenance sur la peseuse

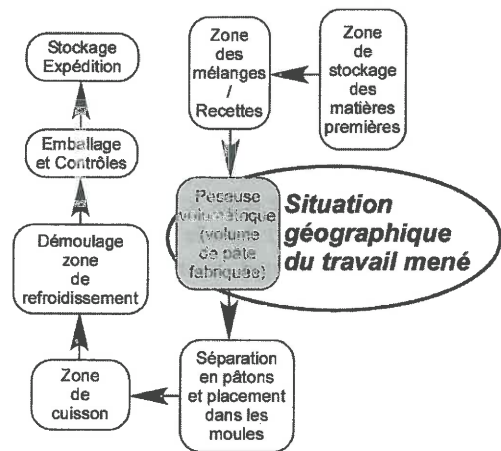


Figure 4 : Principe d'organisation du processus continu étudié.

<sup>2</sup> Un modèle de Markov Caché est un processus doublement stochastique dont une composante est une chaîne de Markov non observable. Ce processus peut être observé à travers un autre ensemble de processus qui traduit une suite d'observations.

<sup>3</sup>Hidden Markov Model

Dans le cadre d'un processus continu, une maintenance préventive est indispensable (les sous-ensembles, liés les uns aux autres, doivent assurer une continuité de fonctionnement pour que la production ne soit pas arrêtée). Notre étude porte plus particulièrement sur le sous-système peseuse volu-métrique. Le fonctionnement de cette peseuse volumétrique peut être assimilé au fonctionnement d'une seringue que l'on remplirait par un effet de dépression.

Le deuxième cas concerne l'étude d'un processus complet s'intégrant dans un processus discontinu pour la fonderie d'aluminium. Cette société fabrique des produits moulés en alliages d'aluminium. L'environnement du processus discontinu étudié s'intègre dans la fabrication de pièces en aluminium pour les véhicules légers (Figure 5).

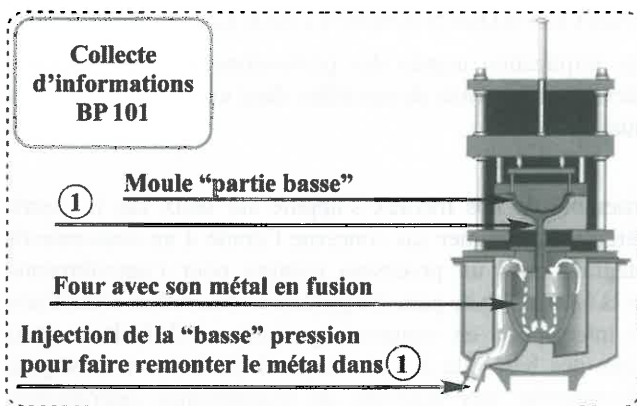


Figure 5 : Schématisation d'une presse basse pression

Le procédé consiste à remplir la pièce avec un système sous pression et à utiliser ce même système pour remplacer les masselottes afin de nourrir la pièce, les attaques servant de masselottes<sup>4</sup>.

Le principe de fonctionnement de la machine basse pression repose sur quatre éléments principaux :

- le four étanche qui sera mis en pression,
- le système d'alimentation entre le four et le moule,
- le système de commande et de maintien des éléments du moule,
- le moule.

Le principe de la coulée sous basse pression consiste à appliquer dans le four étanche une pression de 0,2 à 2 bars (Figure 5). Cette pression permet d'élever le métal liquide jusqu'au niveau du moule. Le métal liquide monte dans le tube de liaison avant de remplir le moule. L'air contenu dans le moule s'échappe sous la pression du métal. Le principal avantage du procédé basse pression est le mode de remplissage, calme, de bas en haut qui préserve la qualité de l'alliage. La solidification se propage naturellement des zones froides aux zones chaudes, des zones éloignées vers l'attaque. Lorsque la pièce est solide, on relâche la pression du four et le métal resté liquide, recoule dans le four, séparant ainsi la pièce du système d'alimentation.

<sup>4</sup> Réservoir aménagé dans le moule, recevant du métal liquide lors du remplissage et restituant une partie de ce métal à la pièce pendant la solidification pour compenser la réduction de volume due à la contraction du liquide et à la solidification.

## 5 LA RECHERCHE DANS UN JEUNE IUT DÉLOCALISÉ

### \*\*\* Les encadrants \*\*\*

La spécificité d'un petit site universitaire délocalisé rend le travail d'un enseignant-chercheur un peu délicat. Arriver à gérer l'attractivité du site pour les étudiants, proposer de la recherche ou du transfert de technologies aux entreprises locales et assurer de la production scientifique de qualité ne sont pas des missions simples. La démarche, mise en place par Christian ETIENNE (ancien Chef de département et directeur de l'IUT), il y a plusieurs années, consistant à associer étudiants, entreprises et enseignants-chercheurs à travers des projets tuteurés, permet parfois de répondre à toutes ces missions.

Notre implication dans le suivi de projets d'étudiants nous a permis de renforcer les liens avec nos partenaires industriels. Cela nous a permis d'obtenir, en 1998, le premier financement de thèse sur le site de Châteauroux avec une entreprise, aujourd'hui leader en France dans le domaine de l'ingénierie routière. Ce premier partenariat positif a donné suite quelques années plus tard à un projet pour un second doctorant. La proximité et la taille « humaine » de notre IUT a probablement facilité la réussite de ce projet.

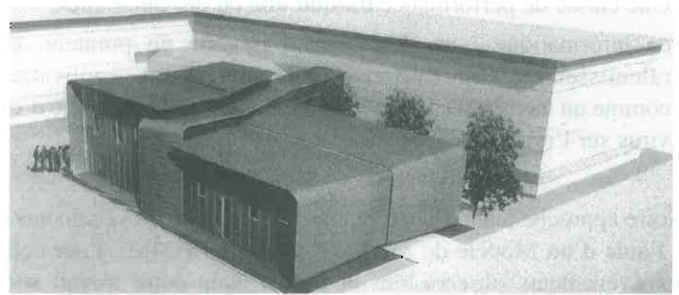


Figure 6 : Plateau technique et recherche

Fort de ces expériences réussies de partenariats avec des industries du département, plusieurs contrats de recherche ont été signés. En plus de ceux évoqués précédemment, nous avons mené des études consistant à mettre en place des dispositifs communicants pour améliorer les processus de fabrication :

- pour diminuer les rebus,
- pour caractériser les « bonnes recettes » de fabrication,
- pour réduire les consommations énergétiques,
- ...

C'est dans ce cadre, que Pascal VRIGNAT a pu démarrer ses travaux en liaison avec les missions dans lesquelles il était déjà impliqué sur un volet plus « pédagogique ».

Ces différentes actions de transferts de technologies nous ont permis de faire construire un bâtiment dédié à ces actions : plateau technique et recherche (Figure 6). Ce bâtiment héberge, depuis son inauguration, des bureaux de chercheurs notamment les doctorants, des collègues invités (doctorants issus de partenaires européens par exemple). Il nous permet également d'accueillir des partenaires industriels pour des actions spécifiques comme de la formation.



## 6 IMPLICATIONS ET OUVERTURES VERS LA COMMUNAUTE SCIENTIFIQUE :

### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

Au démarrage des activités de recherche, on sent un changement radical d'environnement. Le regard, les points de vue, les analyses, les enseignements, même la rédaction de documents deviennent très différents. Lors des « premiers pas » de lectures de l'état de l'art liés à nos activités, les portes s'ouvrent à 180° et on se rend compte instantanément, que le travail scientifique, dépend de travaux engagés, il y a plusieurs années, par « nos pères ». On essaye d'apporter une petite pierre à un édifice qui se construit au fur et à mesure.

Par exemple, les travaux de recherche sur l'aspirine (acide acétylsalicylique : substance active de nombreux médicaments aux propriétés analgésiques, antipyrétiques et anti-inflammatoires) illustrent ces progrès à petits pas. Ces travaux ont commencé il y a plusieurs centaines d'années et ils continuent encore aujourd'hui. C'est une des exigences de la recherche : d'être au fait de « l'actualité ».

En ce qui concerne mon travail, la plus ancienne référence utilisée est : Weibull W., A statistical theory of the strength of material, 1939. L'une des plus récentes est la thèse de Mlle V. Zille., Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multicomposants, Thèse de Doctorat, Université de Technologie de Troyes, Institut Charles Delaunay, Département Management de Risques Industriels de la division R&D d'EDF, 2009. « Être à l'écoute, humble et ne jamais rester seul » sont également des points majeurs dans la réussite du travail en recherche. Nous nous sommes insérés très rapidement sur différents Groupes de Recherche (GDR MACS - GT S3, IMdR - GT REX) pour échanger des points de vue, des informations, présenter notre travail devant des experts du domaine. Le hasard d'une rencontre sur un forum nous a permis d'engager une collaboration importante avec des collègues de Polytech'Tours.

## 7 ENSEIGNANT ET DOCTORANT ?

### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

Avant de commencer, la masse de travail à mener, vous semble être une véritable montagne. Edifice peut-être insurmontable qui engendrera implacablement des contraintes dans votre emploi du temps professionnel, personnel et familial (les vacances pendant ces 3 années ont été courtes et les week-end chargés...).

### \*\*\* Les encadrants \*\*\*

En 2<sup>ème</sup> année de thèse, l'IUT a accepté la demande de décharge d'enseignements pour une année. Le doctorant peut ainsi bénéficier d'une décharge de 50% de son service statutaire soit, 192 heures. Cette demande n'est pas acceptée systématiquement car les heures non réalisées sont à la charge de la structure. La taille humaine de la structure peut faciliter l'acceptation de la demande, notamment en prenant en compte l'investissement, de part le passé, du candidat pour le fonctionnement de la structure.

### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

Comment gérer son temps ? Comment gérer son projet, son travail ? Concernant ces points, c'est peut-être mon expérience professionnelle préalable, qui a simplifié cette tâche. Le « recul » permet d'aller plus vite à l'essentiel par rapport à un étudiant plus jeune qui sort de Master. Certains outils de description, utilisés régulièrement, m'ont peut-être permis de synthétiser au mieux les contextes industriels sur lesquels, il fallait travailler. J'ai rédigé au fur et à mesure, créé beaucoup de figures, de schémas, de tableaux, réalisé de très nombreux tests. Au final, cette démarche m'a fait gagné du temps. Un étudiant inscrit en thèse dans une école doctorale, doit suivre un certain nombre de cours obligatoires dans deux champs d'activités [5] :

- les cours disciplinaires,
- les cours spécifiques.

Pour ma part, déjà en poste et salarié, je me suis inscrit sur de nombreux cours pour enrichir mes compétences : initiation aux méthodes numériques, modélisation des systèmes dynamiques, communication orale scientifique en anglais,...

Après 3 ans d'activités en recherche, je soutenais mes travaux devant un jury de thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université d'Orléans (spécialité Automatique). Depuis 1994 date de la création de l'IUT, c'était la 1<sup>ère</sup> thèse soutenue dans les locaux du site de Châteauroux.

## 8 QUALIFIÉ AUX FONCTIONS DE MCF

### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

C'est peut-être, la phase qui a généré le plus de « stress ». Effectivement, après avoir travaillé pendant trois années d'une manière intensive (les journées n'ont que 24 heures), on souhaite en général valoriser le travail au delà de la thèse. Cet objectif doit être intégré dès le début pour répondre à l'un des critères essentiels concernant la qualification : la production scientifique. Bien évidemment, l'expérience de l'enseignement est importante mais, elle est aisément valorisable lorsque c'est notre métier.

La production scientifique est fondamentale pour la reconnaissance du travail par la communauté scientifique, associée depuis quelques temps à l'« Impact Factor ». Les attentes et remarques sur lesquelles il faut s'appuyer pour être dans le cadre d'une potentielle qualification sont tous les ans précisées dans les différents rapports d'activités des CNU<sup>5</sup>.

### \*\*\* Les encadrants \*\*\*

A l'heure des politiques d'évaluation des Universités, la question du devenir des doctorants est primordiale et elle permet d'avoir une mesure de la qualité des travaux du « jeune docteur ».

L'accompagnement du « jeune » diplômé dans ses démarches est importante et malheureusement il est quelquefois négligé par l'encadrement de l'étudiant.

Dans ce domaine, il nous semble essentiel de conseiller les candidats à la qualification et par la suite, à les préparer aux auditions qui leur permettront de décrocher le poste souhaité.

<sup>5</sup> Conseil National des Universités

Ce partage d'expérience est d'autant plus facilité par la petite taille de la structure et par les échanges fréquents entre les différentes catégories de personnel d'un IUT.

Ce succès du docteur est également valorisant pour l'encadrant puisqu'il est à l'image de la qualité des travaux de l'équipe.

## 9 CONCLUSION

### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

Je retiens de ces trois années bien naturellement plusieurs éléments qui m'ont « grandi ».

En premier lieu, le temps, ce temps qui passe inexorablement, trop vite, où l'organisation de son travail doit être optimale. Par exemple, la rédaction d'un article, à un instant t, nous projette, huit mois plus tard, à une présentation en congrès...

En deuxième lieu, les rapports humains, avec notre famille, avec notre encadrement, avec notre structure Universitaire qui nous soutiennent et nous aident à trouver le bon chemin. Mais au final, on est seul à savoir, au fond de soi, exactement l'engagement personnel qu'il a fallu, car tout ne se voit pas de l'extérieur et après la soutenance, quelques semaines plus tard, il y a une espèce de vide... Mais la nature a horreur du vide et déjà le quotidien d'un IUT re-prend sa place.

### \*\*\* Les encadrants \*\*\*

A l'heure du bilan, nous pouvons faire le constat d'une belle réussite. Première soutenance de thèse à l'IUT de l'Indre, avec des partenaires du département et un doctorant originaire de la région et en poste dans l'établissement. Cela peut paraître sans importance, mais dans l'Indre, au début de ces travaux, les deux seules offres de formations universitaires dans le domaine du secondaire étaient un DUT et une LP.

Débuter un doctorat après 40 ans c'est courageux, surtout quand on a femme et enfants. Le réussir brillamment et dans les temps, c'est également une belle performance. Le cadre « à taille humaine » tel que notre IUT n'est probablement pas dénué de lien avec cette réussite.

Nous espérons que cette expérience éveillera des vocations chez des collègues, car cette expérience a été enrichissante pour tous les acteurs.

## 10 PERSPECTIVES

Ces travaux initiés ne sont qu'un début. En effet un projet est en cours d'élaboration entre notre laboratoire, le radiotélescope de Nançay ainsi que la société Française de Roues (F2R). Ce projet consiste à mettre en place un module de surveillance développé au laboratoire, ainsi qu'une planification de la maintenance fondée sur les résultats de la thèse, au sein d'un outil de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO). Nos travaux sont également poursuivis depuis 6 mois avec une personne supplémentaire dans l'équipe. Bernard ROBLES (Ingénieur Informaticien à l'IUT de l'Indre) continue l'aventure sur la poursuite du sujet, par une inscription en thèse depuis octobre 2010, après avoir suivi le travail initié depuis 3 ans.

### \*\*\* Le doctorant \*\*\*

Mon implication sur ce projet, s'insèrera logiquement dans la continuité de mes travaux de thèse. Qualifié en 61ème section, je vais également postuler sur un poste de Maître de conférences.

## 11 LES PUBLICATIONS ACCEPTÉES PENDANT LES TRAVAUX

### Thèse de Doctorat :

P. Vrignat, "Génération d'indicateurs de maintenance par une approche semi-paramétrique et par une approche markovienne", Thèse de Doctorat de l'Université d'Orléans, 14 Octobre 2010.

### Publications dans une Revue Internationale :

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, F. Kratz, "Use of HMM for Evaluation of maintenance activities", IJAIS, International Journal of Adaptive and Innovative Systems, Vol. 1, Nos. 3/4, pp. 216-232, 2010.

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, F. Kratz, "Towards a maintenance and servicing indicator", IFIP, International Federation for Information Processing, AICT 318, pp. 113-120, 2010. Burbidge Award For the Best Presentation

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, S. Aupetit, M. Slimane, F. Kratz, "Maintenance policy: degradation laws versus Hidden Markov Model availability indicator", Journal of Risk and Reliability, accepté.

### Publication dans une Revue Nationale :

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, S. Aupetit, M. Slimane, F. Kratz, "Estimation du niveau de dégradation d'un processus à l'aide de lois de dégradation et d'un modèle de Markov caché", JESA, Journal Européen des Systèmes Automatisés, accepté.

Communications dans des Congrès Internationaux avec Comité de Lecture :

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, F. Kratz, "Conventional approaches to the modelling of a dysfunctional process in the context of maintenance activity", Electrotechnical Conference, The 14th IEEE Mediterranean, IEEE MELECON, Ajaccio, pp. 41-47, 2008.

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, B. Robles, F. Kratz, "Decision support with a Markovian approach for maintenance context activities", ESREL, European Safety & Reliability Conference, Troyes, 2011.

### Communications dans des Congrès Nationaux avec Comité de Lecture :

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, F. Kratz, "Que peut-on attendre aujourd'hui des nouveaux produits d'automation pour la maintenance ?" CNRIUT, Colloque National de la Recherche en IUT, Thionville, 2007.

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, F. Kratz, "Modélisation des dysfonctionnements d'un système dans le cadre d'activités de maintenance", λμ 16ème Congrès de Maîtrise des Risques et de Sécurité de Fonctionnement, Communication 4A-1, Avignon, 2008.

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, F. Kratz, "Utilisation des chaînes de Markov cachées pour une évaluation des activités de maintenance dans le cadre d'un processus industriel pour l'agroalimentaire", CNRIUT, Colloque National de la Recherche en IUT, Lille, 2009.

P. Vrignat, M. Avila, F. Duculty, F. Kratz, "Evaluation et organisation des activités opérationnelles en maintenance dans le cadre de processus industriels", Colloque International Francophone, Evaluation des Performances et Maîtrise des Risques Technologiques pour les Systèmes Industriels et Energétiques, Le Havre, 2009.

## RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUES UTILISÉES DANS CET ARTICLE

[1] AFNOR, Terminologie de la maintenance, NF EN 13306 X 60-319, juin, 2001.

[2] Beltrami C., e-maintenance - Possibilités actuelles et perspectives, PROCEED - A3SI Lorraine - ENSAM, 2005.

[3] Chandler A.D.Jr., Stratégie et structures de l'entre-prise, Editions d'organisation, Paris, 1989.

[4] Cox D.R., Regression Models and Life Tables (with Discussion), Journal of the Royal Statistical Society, Series B 34, pp. 187-220, 1972.

[5] <http://www.univ-orleans.fr/ed/st/cours2011/?page=0>.

[6] Kaplan E.L. and Meier P., Non-parametric Estimation from Incomplete Observations, Journal of the American Statistical Association, 53, pp. 457-481, 1958.

[7] Leger J.B., Maintenance & Transports : De la e-maintenance de sites industriels... à la e-maintenance de flottes, PREDICT, 2007.

[8] Muller A., Crespo Marquez A. and Iung B., On the concept of e-maintenance: Review and current re-search, Reliability Engineering and System Safety 93, pp. 1165-1187, 2008.

[9] Thalassa, <http://blog.france3.fr/equipe-thalassa/index.php/tag/bp>.



Hôtel de Ville d'Angoulême



## Je construis mon robot sumo

Bases Techniques, programmation et réalisation  
*Editions Techniques et scientifiques françaises*  
F. GIAMMARCHI

**La robotique, une science tout autant qu'un loisir !**

Construire un robot sumo, star incontestée des concours de robotique, offre une occasion de se mesurer à d'autres passionnés lors de tournois animés et stimulants. Riche de l'expérience de son auteur, expert en robotique et organisateur de tournois, cet ouvrage vous permet de relever ce défi. Après quelques rappels des connaissances de base en électronique, mécanique et programmation, il vous montre comment créer pas à pas votre propre robot sumo, prêt au combat :

- Concevez-le en suivant un règlement et un cahier des charges précis ;
- Agencez de façon optimale ses composants mécaniques et électroniques ;
- Découvrez les principes de la programmation comportementale ;
- Maîtrisez la stratégie de ses déplacements, pour plus d'efficacité face à l'adversaire.

Créateurs de robots, participant ou non aux concours de robotique mobile, ou encore simples amateurs intéressés, cet ouvrage vous aide à élaborer le robot de vos rêves, robot sumo et plus encore. Les enseignants, eux, y trouveront un support pratique pour aborder les multiples technologies de la robotique de manière ludique.



Vue d'Angoulême

