

Revue des départements de Génie Electrique & Informatique Industrielle - IUT

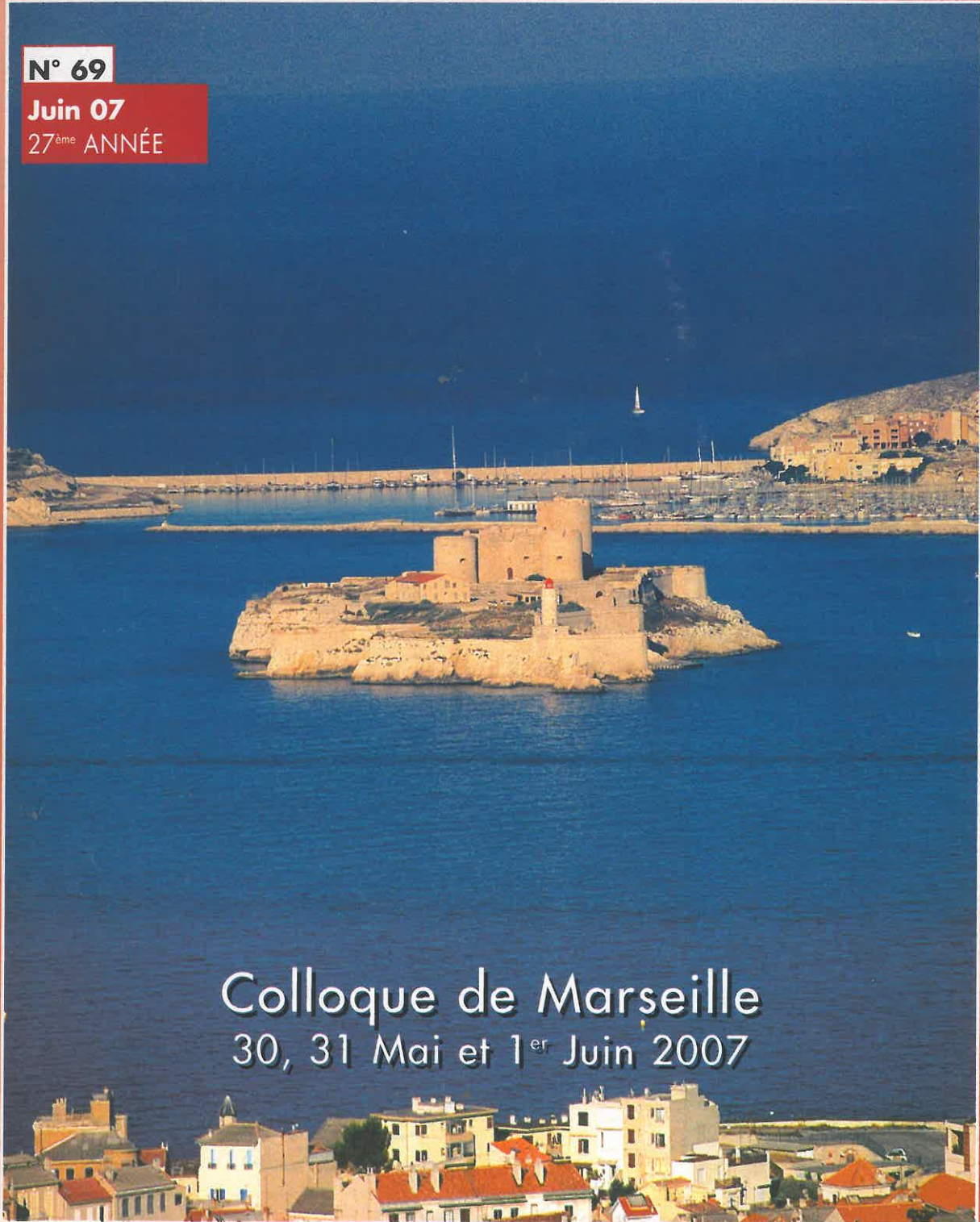
# Gesi

Revue des départements de Génie Electrique & Informatique Industrielle - IUT

N° 69

Juin 07

27<sup>ème</sup> ANNÉE



Colloque de Marseille  
30, 31 Mai et 1<sup>er</sup> Juin 2007

# EDITO

## Un colloque à Marseille, ... est-ce bien sérieux ?

Marseille, ... c'est d'abord une image qui représente une cité vieille de plus de 26 siècles dominée par la "bonne mère", une baie exceptionnelle, et le massif des Calanques avec son calcaire blanc qui se découpe sur la mer... c'est ensuite le son des cigales et l'accent incontournable qui allonge les mots trop courts de la langue française... c'est aussi l'odeur du pastis, du thym et du romarin... et c'est enfin l'histoire originale d'une fondation qui débute par un roman d'amour entre Gyptis et Protis.

Le colloque national commence donc par un bouleversement des traditions, pour permettre aux participants de prendre conscience de l'environnement avant de se mettre au travail. En langage clair, nous débutons par la soirée de gala qui prend la forme d'une mini croisière à bord d'un prestigieux navire.

Contre toute attente, il est également possible de travailler à Marseille. Il existe même un IUT avec un département GEII réparti sur deux sites : Salon et Marseille. Puissent les commissions organisées dans le cadre de ce 34ème colloque pédagogique national apporter force, courage et détermination à leurs participants. Vous découvrirez les thèmes et les problématiques dans les pages qui suivent.

En tant que marseillais d'origine, je termine cet éditorial par un vœu sincère.

Je souhaite que pour vous Marseille respecte sa tradition de ville d'accueil et que la convivialité soit au cœur de ce colloque.

Yves Esteve

Chef du département GEII Marseille

## GeSi

**GÉNIE ÉLECTRIQUE  
SERVICE INFORMATION**

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

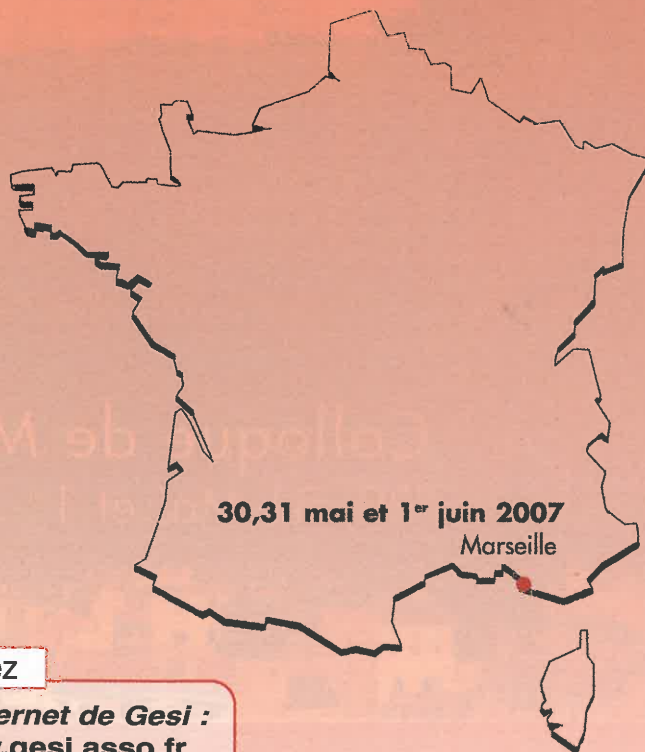
Directeur de la publication :  
M. Gindre

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@u-bordeaux1.fr

Imprimerie : Laplante  
3, impasse Jules Hetzel  
33700 Mérignac  
Téléphone : 05 56 97 15 05  
Télécopie : 05 56 12 49 00  
e-mail : pao@laplante.fr  
Dépôt légal : Mai 2007  
ISSN : 1156-0681  
Crédit photos :  
Imprimerie Laplante  
Mairie de Montpellier



Consultez

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

Tous nos remerciements à la Mairie de Marseille pour le crédit photos.

S  
O  
M  
M  
A  
I  
R  
E

**LE COLLOQUE DE MARSEILLE : AVANT-PREMIÈRE**

- Commission Mathématiques : Donner envie d'apprendre .....4
- Commission Formation par alternance .....5
- Comment appréhender dans nos formations (DUT et licences)  
les nouvelles générations de circuits à logique programmable (FPGA) ? .....6

**SCIENCES ET TECHNOLOGIES**

Estimation conjointe de la fréquence et de l'amplitude d'un signal sinusoïdal  
avec mise en quadrature .....9

"TD : travaux dirigés ? - Non ! Tableau dévissé !" .....19

Un système de commande en temps réel de faible coût .....24

**VIE DES DÉPARTEMENTS**

Le concours Robot : les perspectives .....28

CEMLAND, Tarbes (A 64, Sortie Ouest) .....34

**CULTURE, COMMUNICATION**

L'empathie dans le projet du projet personnel et professionnel .....37

**VIE DES INSTITUTIONS**

L'Institut des Sciences de la Communication du CNRS (ISCC) .....40

**VIENT DE PARAÎTRE**

Un ouvrage de Patrice Mangeard .....42

Un ouvrage de Sébastien Moutault .....43

Un ouvrage de Robert Boure .....43

Quatrième de couverture : le programme du Colloque .....44



*Marseille*

# COMMISSION MATHÉMATIQUES : DONNER ENVIE D'APPRENDRE

Sylvie Verhé, département GEII de Cergy

verhe@u-cergy.fr

Trois thèmes seront abordés lors du colloque :

## La Transversalité par Nadia Teillac (Brive)

Nous sommes arrivés à la constatation que les mathématiques ne pouvaient pas être une matière isolée se suffisant à elle-même au sein des départements GEII. Dès mon arrivée à l'IUT de Cergy-pontoise, j'ai interviewé mes collègues pour identifier les besoins dans les autres matières.

Depuis, après de longues discussions sur les lacunes les plus fréquentes et les usages des notations, nous avons cherché des moyens de faire en sorte que les étudiants ne cloisonnent pas les disciplines.

L'exemple des notations est assez exemplaire : pour une dérivée, nous utilisons plus la notation  $f'$  que  $\frac{df}{dt}$  notamment dans les

équations différentielles, ce qui déstabilise certains de nos étudiants. Inutile de vous dire que maintenant je dérive autant par rapport à  $x$  que  $t$ , en précisant bien à chaque fois quelle est la variable.

Pour un mathématicien, le nombre complexe  $j$  est une racine cubique de l'unité :  $j^3 = -1$  et l'unité imaginaire est notée  $(i)$ .

Afin d'éviter toute confusion avec la notation pour le courant  $(i)$ , nous avons adopté la notation  $j$  pour l'unité imaginaire dans beaucoup de calculs, comme par exemple l'intégrale de Fourier. Pour relier cette matière aux autres, nous sommes nombreux à avoir pioché des calculs dans des livres de Physique, électronique ou automatique... Le mieux étant d'en élaborer avec certains de nos collègues des autres disciplines scientifiques.

Nadia Teillac, Norbert Verdier, Gaëlle Lavigne et Pierre Osadchty nous présenteront leurs travaux à titre d'exemples.

Nous sommes très demandeurs, et nous espérons que cette commission permettra des échanges. Nous pensons regrouper des documents, et avoir ainsi une base de données où chaque enseignant de mathématiques pourra s'approvisionner. Nous pourrions mettre nos ressources sur le site du GESI.

Avis aux collègues, n'hésitez pas à m'envoyer des sujets sur les exercices où les étudiants doivent utiliser les mathématiques !

## Bilan PPN par Michel Cristofol (Marseille)

Depuis le nouveau PPN, les départements ont dû réorganiser les cours. Les nouveaux volumes horaires créent des problèmes d'emploi du temps et d'ordonnement des cours. Il y a des aménagements locaux qui pourraient servir d'exemple à tous, nous avons voulu faire le point sur les différents choix des départements. Pour dresser un état des lieux, nous avons réalisé un questionnaire à destination des enseignants. Il est accessible à l'adresse suivante :

<http://www.gesi.asso.fr/math/index.php?sid=1>

Nous comptons faire un bilan quantitatif sur les évolutions qu'il

s'agisse des horaires, chapitres non traités et ajoutés, des flux de chapitres, modules complémentaires, lien avec les autres matières.....

Nous invitons tous les enseignants de mathématiques qui ne l'ont pas encore fait à le remplir. Merci d'avance !

## La Motivation par Sylvie Verhé (Cergy)

Nous associons parfois démotivation et désintérêt, voire désaffection. Est-ce que nos étudiants n'aiment plus les maths ? Depuis 1999 nous avons créé une association d'enseignants en IUT dont le but est de favoriser la réflexion sur l'enseignement des Mathématiques. Nous comparons nos pratiques, nos objectifs, nos pédagogies, nos résultats....

Les formules de mathématiques n'ont pas changé depuis dix ans mais elles semblent plus obscures ces dernières années, aux yeux de nos étudiants. Certains se disent non motivés car ils ne savent pas comment réussir....

Si nous nous contentons de dire qu'ils ne réussissent plus comme avant, sans chercher leur vision des choses, sans leur demander comment eux vivent la formation, nous ne trouverons que des demi solutions, des idées de profs pour les profs. Nous avons donc essayé de leur donner la parole à travers un questionnaire que je vous engage tous à indiquer à vos étudiants pour une plus grande représentation :

<http://www.gesi.asso.fr/math/index.php?sid=2>

Nous avons voulu les interroger sur leur perception des cours de mathématiques bien sûr, mais aussi leur motivation à travailler cette matière et leurs suggestions, voir quelques exemples de question ci-dessous.

Ce qui ressort à ce jour des premières réponses, c'est que nos

Qu'est-ce que les mathématiques vous apportent ?	
<i>Cocher la ou les réponses</i>	
- Le développement de l'esprit critique	
- Des outils pour progresser dans les autres matières	
- De la rigueur	
- Des méthodes de réflexion	
- Rien	
- Autre :	

Qu'est-ce qui peut stimuler votre curiosité scientifique dans un cours de mathématiques ?

Qu'est-ce qui vous donne envie de participer en TD ?

Qu'est-ce qui pourrait augmenter votre motivation pour les mathématiques ?

## LE COLLOQUE DE MARSEILLE : AVANT-PREMIÈRE

étudiants ont en grande majorité choisi cette formation et ne le regrettent pas.

A nous de leur donner les outils nécessaires à leur réussite. Or ils ont besoin des mathématiques, et souvent subissent nos cours alors qu'ils devraient être motivés par toutes les applications. C'est là que nous rejoignons la transversalité et les choix pédagogiques des enseignants (bilan PPN).

Pour aider notre réflexion, nous avons demandé à Nadia Teillac de nous parler de la manière d'intégrer dans nos cours l'histoire des mathématiques et les applications à l'automatique, l'électronique, l'électrotechnique, l'informatique.... des notions mathématiques de notre programme.

Alain Finkel, professeur à l'ENS Cachan fera une intervention autour de la motivation des étudiants en sciences.

En résumé, l'objectif principal de cette commission est de

favoriser les échanges sur la base des expériences menées dans nos départements.

Pour chacun des thèmes, des intervenants sont prévus mais notre objectif est avant tout de laisser une grande part aux débats. Cette commission est ouverte à tous les enseignants de matières scientifiques, mathématiques ou non !

**Remerciements** : Nous remercions très sincèrement Carlos Valente et Didier Roques du département de Brive pour la mise en forme et en ligne des questionnaires qui permettent une exploitation rapide et performante des résultats.

## COMMISSION FORMATION PAR ALTERNANCE

Par Jean-Luc Seguin

Responsable de la commission « Formation par Alternance »

### Introduction

Depuis une dizaine d'années, les formations en alternance se développent dans les universités et en particulier dans les IUT.

De nombreux départements GEII proposent des formations en alternance, DUT ou LP. D'autres se préparent à en ouvrir.

La formation en alternance met en oeuvre une pédagogie spécifique, fondée sur la succession de périodes de formation académique dispensées en centres de formation (IUT) et de périodes d'acquisition de savoir-faire en entreprise. Elle est organisée autour de deux contrats : le contrat d'apprentissage dans le cadre de la formation initiale et le contrat de professionnalisation, dans le cadre de l'insertion professionnelle

### RÉSUMONS BRIÈVEMENT LES CARACTÉRISTIQUES DE CES DEUX CONTRATS

#### Le contrat d'apprentissage

- *bénéficiaires* : les jeunes de moins de 26 ans
- *formation* : diplômante (BEP, CAP, BTS, DUT, LP, master ou diplôme d'ingénieur).
- *durée* celle du diplôme préparé (de 1 à 3 ans).
- *rémunération* : variable selon l'âge et l'année de formation (de 25% à 78% du SMIC)

**Le contrat de professionnalisation.** Il remplace les anciens contrats de qualification, d'orientation et d'adaptation.

- *bénéficiaires* : les jeunes entre 16 et 25 ans sortis du système scolaire sans qualification, et les demandeurs d'emploi de plus de 26 ans ayant besoin d'acquérir une formation professionnelle reconnue.
- *formation* : qualification professionnelle reconnue sur le marché de l'emploi.
- *durée* : le contrat peut être un CDD ou un CDI. Le CDD est d'une durée de 6 à 12 mois. Pour le CDI, la période d'alternance

est aussi comprise entre 6 et 12 mois. Ces durées peuvent être portées à 24 mois pour des publics spécifiques ou des formations particulières.

- *rémunération* : elle ne peut être inférieure à 55% du SMIC pour les moins de 21 ans et à 70% du SMIC pour les 21 ans et plus.

L'apprentissage est la forme d'alternance la plus couramment pratiquée car elle conduit à un véritable diplôme universitaire identique à celui délivré par une formation classique, et la durée du contrat est parfaitement adaptée au diplôme.

Le contrat d'apprentissage implique trois partenaires : l'apprenti et l'entreprise qui signent le contrat, le CFA qui complète la formation reçue en entreprise et assure la coordination avec celle-ci. Le CFA peut réaliser lui-même la formation académique, mais le plus souvent, il en délègue la réalisation à un organisme de formation partenaire (université, IUT, ...). On parle alors de « CFA sans mur ».

#### Présentation de la commission « Formation par Alternance »

L'objectif essentiel de cette commission sera de favoriser l'échange des expériences des enseignants impliqués dans des formations en alternance (DUT et LP), mais aussi d'essayer de répondre aux questions que se posent ceux qui n'ont pas encore franchi le pas. Dans cette optique, nous nous efforcerons de susciter discussions et débats à partir de quelques présentations mettant en avant les problèmes rencontrés, aussi bien sur le plan de la pédagogie que sur le plan de l'organisation et du fonctionnement de la formation. J'ai lancé une enquête sur les formations en alternance dans les départements GEII. Nous disposerons ainsi d'un état des lieux dont la synthèse sera présentée à l'ouverture de la commission.

## LE COLLOQUE DE MARSEILLE : AVANT-PREMIÈRE

*LES TRAVAUX DE LA COMMISSION SERONT DIVISÉS EN TROIS SESSIONS.*

**1- La formation et ses clients : les apprentis, les entreprises et le CFA**

Cette première session aura pour objectif de situer la formation par rapport à ses clients que sont les apprentis, les entreprises et le CFA, et d'essayer de préciser les besoins de chacun. Des responsables de CFA, des responsables industriels et des apprentis viendront nous faire part de leur expérience et de leurs attentes vis-à-vis de la formation.

**2- Pédagogie, dossiers d'habilitation**

Etant donné que les problèmes pédagogiques du DUT sont assez différents de ceux des licences, cette deuxième session se déroulera sous la forme de deux sous-commissions en parallèle, l'une consacrée au DUT, l'autre aux LP.

*Pour le DUT, nous essaierons de confronter nos expériences sur des questions que tout responsable de formation en apprentissage s'est sûrement posées :*

- Comment mettre en œuvre un PPN de 1800 heures en 1500 heures ?
- Peut-on pratiquer la semestrialisation et le redoublement dans le cadre du contrat d'apprentissage ?
- Le projet tutoré et le Projet Professionnel Personnel prévus par le PPN présentent-ils un intérêt pour les apprentis ?
- Quel rythme pour l'alternance ?

*Pour les LP, nous avons identifié essentiellement deux points importants pour les responsables de formation :*

- l'établissement du dossier de renouvellement d'habilitation à fournir au MEN, et comment harmoniser les données demandées dans ce dossier et celles demandées par les CFA, qui sont souvent voisines, mais différentes !
- l'ingénierie du dossier de demande de filière en apprentissage auprès du CFA et de la Région : partage d'expérience, les erreurs à éviter, ...

**3- Organisation, démarche qualité, ouverture à l'international**

Dans la dernière session nous essaierons d'analyser ce qu'un service apprentissage au niveau d'un IUT et la démarche qualité peuvent apporter comme avantages pour les formations. La mutualisation de certaines actions (relations avec les entreprises, suivi post formation, ...), au sein d'un service commun à toutes les formations en alternance d'un IUT, peut-elle accroître l'efficacité du système ? Comment la mise en place d'une démarche qualité est-elle perçue par les entreprises, le CFA ? Est-elle une réelle plus value pour la formation ?

Enfin nous évoquerons les possibilités d'ouverture à l'international en découvrant l'expérience menée par l'IUT de Valenciennes.

Pour favoriser le dialogue, à la fin de chaque session, une table ronde permettra aux participants de débattre avec tous les orateurs de la session. J'espère qu'ainsi cette commission sera enrichissante pour tous les participants et encouragera de nouveaux collègues à se lancer sur la voie de l'alternance !

## COMMENT APPRÉHENDER DANS NOS FORMATIONS (DUT ET LICENCES) LES NOUVELLES GÉNÉRATIONS DE CIRCUITS À LOGIQUE PROGRAMMABLE (FPGA) ?

*Par Fabrice Aubépart, Michel Moulin, (IUT de Marseille, site de Marseille)*

*Bernard Durand (IUT de Marseille, site de Salon de Provence)*

### Résumé

Les "circuits à logique programmable" (CPLD et FPGA) se sont imposés dans tous les champs de l'industrie électronique. Leur évolution va vers toujours plus de densité, plus de fonctions intégrées, et des méthodes de développement plus puissantes (mais aussi plus abstraites). La commission "FPGA" tente de faire le point sur l'état de l'art des composants et méthodes de développement, mais aussi et surtout sur leur intégration dans nos formations DUT et Licences Professionnelles.

### Des nouveaux besoins...

Les composants intégrés dits à "logique programmable"<sup>1</sup> (*Programmable Logic Devices*) de type CPLD<sup>2</sup> et FPGA<sup>3</sup> sont devenus des cibles technologiques incontournables lors de la conception de systèmes numériques de petite et moyenne complexité. Leur évolution technologique a suivi celle de la microélectronique et les dernières générations de FPGA sont

désormais utilisées pour la réalisation de systèmes complexes rencontrés dans des domaines très variés tels que ceux des télécommunications, du médical, des transports routiers, des transports aériens, du militaire, etc. Les applications associées à ces domaines d'activité, nécessitent alors des fonctions propres au traitement du signal, à la régulation ou au contrôle de parties opératives requérant des traitements rapides et parallélisés.

### Des nouveaux composants...

Une "simple" augmentation de la finesse de gravure et du nombre de portes intégrées ne suffit pas pour répondre à une demande de puissance toujours croissante. Ainsi, les nouvelles familles de FPGA des grands constructeurs, maintenant réalisées en technologie 65 ou 90 nm, comprennent des fonctions numériques particulières telles que des coeurs de processeurs 8 à 32 bits, des blocs mémoires configurables pouvant atteindre plusieurs dizaines de Mbits, des centaines de

1 - Le terme « à architecture configurable » semble mieux adapté pour éviter les confusions de type avec les microprocesseurs ou microcontrôleurs.

2 - CPLD : Complex Programmable Logic Device

3 - FPGA : Field Programmable Gate Array

## LE COLLOQUE DE MARSEILLE : AVANT-PREMIÈRE

multiplieurs 18 par 18 bits, des dizaines de boucles à verrouillage de phase (PLL) pour les signaux d'horloge, etc.

Ces fonctions se trouvent soit sous une forme 'dure', directement gravée dans le silicium, soit sous la forme 'logicielle' de blocs configurables IP<sup>4</sup>, dont la diversité dépend du FPGA ciblé et de l'offre proposée par le constructeur ou ses partenaires commerciaux.

De plus les circuits de la famille Fusion, fabriqués par la société Actel depuis 2006, intègrent des fonctions analogiques ou mixtes élémentaires, mais nécessaires dans une chaîne de traitement du signal : Convertisseur Analogique-Numérique de 600 Ksps<sup>5</sup> configurable en 8, 10 ou 12 bits, multiplexeur analogique, régulateur de tension pour l'alimentation du réseau de cellules logiques, oscillateur intégré, etc..

### Des nouvelles méthodes de travail...

Depuis la fin des années 1990, un effort conjoint a été réalisé par plusieurs acteurs - principalement certains collègues d'IUT et le CNFM<sup>6</sup> - pour populariser la technologie des composants à logique programmable dans nos formations.

Cela s'est concrétisé d'une part par un accès simplifié et peu onéreux aux outils de CAO et aux cartes de développement à base de CPLD et/ou de FPGA, et d'autre part par le développement de méthodes d'apprentissage à partir d'un langage de description matérielle (le plus souvent VHDL)<sup>7</sup>. Celles-ci permettent une validation rapide des fonctions numériques élémentaires ou complexes, décrites d'abord sous forme textuelle (VHDL, verilog, AHDL), puis simulées dans un environnement logiciel et enfin matériellement testées à partir de leur intégration dans un FPGA, généralement disposé sur une

carte standard aux nombreuses possibilités : port RS232, contrôleur VGA, port souris, CAN/CNA, leds, afficheurs, boutons poussoirs, commutateurs, ports d'interfaces, etc.

Ces méthodes, bien qu'efficaces pour des applications moyennement complexes, trouvent vite leurs limites dès que le niveau de complexité des applications augmente. Aussi, de nouvelles voies sont ouvertes pour utiliser pleinement les ressources offertes par les FPGA. L'amélioration des outils de CAO, la démocratisation des blocs configurables IP, l'interactivité entre les logiciels et le composant via le protocole JTAG sont des exemples d'améliorations qui permettent une plus souple utilisation des nouvelles possibilités offertes par les FPGA. Citons ici deux méthodes de travail.

La première est l'intégration d'un système sur puce numérique à base d'un cœur de microprocesseur, de périphériques "standards" et éventuellement de périphériques "spécifiques" (périphériques développés par les étudiants). Cette approche nécessite des outils de conception particuliers, mais pas inabornables. Plusieurs environnements de conception de système sur puce numérique sont désormais disponibles : *SOPC Builder* (Altera), *Embedded Development Kit* (Xilinx), *CoreConsole and SoftConsole* (Actel), etc. La figure 1 présente une vue de la plateforme de développement EDK de la société Xilinx.

Du point de vue de la pédagogie, on aborde ainsi les notions de matériel (modules ENSL1, II2, ARS2) et de logiciel (module III1). Il faut conduire les étudiants à réfléchir sur la répartition des fonctions entre matériel et logiciel.

Une seconde méthode consiste à travailler à un haut niveau de conception sous forme graphique. L'environnement

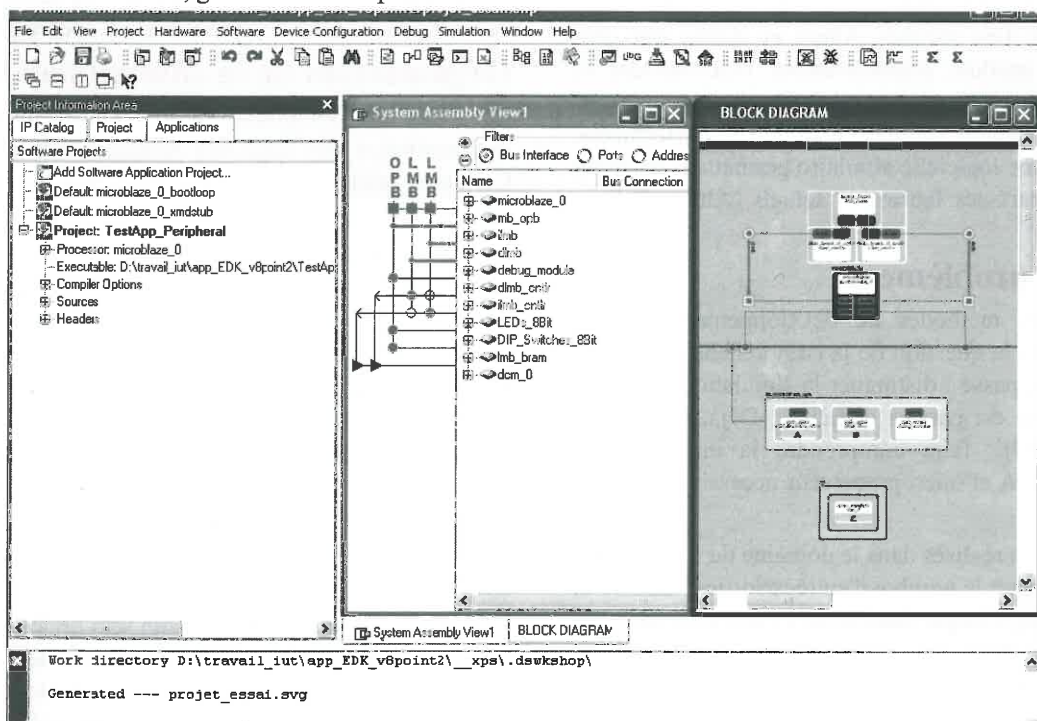


Figure 1 - Exemple d'environnement de conception pour système sur puce numérique à base de microprocesseur.

4 - IP : Intellectual Property

5 - Milliers échantillons par seconde : Kilo-Sample per seconde

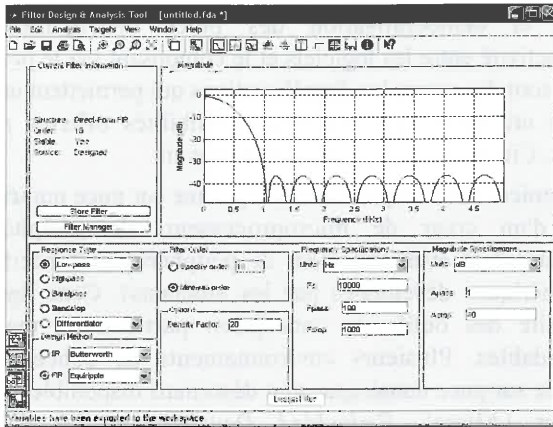
6 - CNFM : Centre National de Formation en Microélectronique

7 - Cela a d'ailleurs entraîné plusieurs débats "animés" (encore d'actualité !) sur l'apprentissage de l'électronique numérique dans nos formations...

8 - Il est toutefois toujours possible d'insérer une description VHDL dans l'environnement graphique Simulink.

## LE COLLOQUE DE MARSEILLE : AVANT-PREMIÈRE

*Matlab/Simulink* permet ainsi une telle description sans développement de code textuel de type VHDL<sup>8</sup>. Dans ce cas, les fonctions utilisées sont des blocs configurables IP. Des notions en traitement du signal peuvent ainsi être abordées facilement. Par exemple, un filtre numérique à réponse impulsionnelle finie (RIF) peut d'abord être paramétré à partir d'outils disponibles sous *Matlab* (outil *Filter Design and Analysis Tool*), avant



d'effectuer le transfert des coefficients à un bloc IP déjà préconçu, figure 2. Une passerelle logicielle transfère alors les éléments graphiques de l'environnement *Simulink* à l'environnement de CAO du fabricant de FPGA pour les étapes de synthèse, placement/routage et de génération du fichier binaire de programmation. D'autres possibilités sont également offertes par ces outils : une co-simulation matérielle/logicielle

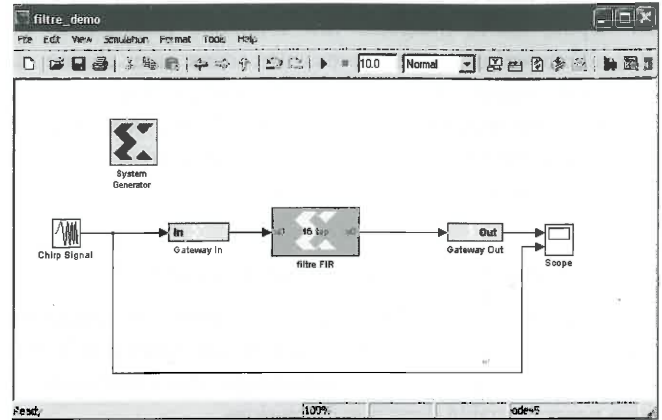


Figure 2 - Réalisation d'un filtre numérique à réponse impulsionnelle finie à partir de l'environnement Matlab/Simulink et de la passerelle logiciel System Generator (Xilinx).

devient possible grâce au protocole JTAG utilisé entre le composant FPGA et l'ordinateur. Dans un tel cas, l'environnement *Simulink* est utilisé pour l'envoi des stimuli et l'affichage graphique des résultats. L'architecture est déjà intégrée dans le FPGA, permettant une validation complète et quasi en temps réel du système numérique implanté.

Ce type de méthodologie semble actuellement se développer notamment pour toutes les applications de régulation et de traitement du signal. Les sociétés Altera et Xilinx ont déjà commercialisé leur produit, respectivement DSP Builder et System Generator. Récemment la société Synplicity, entreprise connue pour ses logiciels de synthèse logique très performants, a proposé une interface logicielle similaire permettant de cibler les FPGA de la plupart des fabricants actuels (Altera, Xilinx, Actel, etc.).

### Des nouveaux problèmes...

La puissance de ces méthodes de développement, et leur abstraction, pose alors la question de la compréhension par nos étudiants de ce qui se passe : distinguer la simulation sur PC et la réalisation concrète est parfois difficile... Déjà, lors de TP "classiques" de VHDL, faire comprendre la différence de philosophie entre FPGA et microprocesseur nécessite beaucoup d'acharnement !

Par ailleurs, les progrès réalisés dans le domaine du « packaging » ont permis d'augmenter le nombre d'entrées/sorties, mais aussi la diversité de boîtiers. Chaque famille de FPGA d'un fabricant est ainsi déclinée dans un large choix de boîtier et d'entrées/sorties, comportant jusqu'à 1170 broches d'E/S, configurables dans à peu près n'importe quel standard technologique : TTL, CMOS, ECL, mode différentiel, etc. Ainsi, les petits boîtiers, d'usage facile, (PLCC44, à 84) disparaissent au profit de boîtiers plus denses (BGA, FBGA, CSP ..)

Concevoir et réaliser des cartes utilisant ces composants devient alors pour le concepteur un véritable casse tête : peu d'entreprises maîtrisent la complexité de la conception de circuits imprimés multicouches utilisant des circuits intégrés montés en surface (CMS) de plus de 1000 pattes. Il faut alors sous traiter ces tâches. Dans notre communauté, qui doit s'efforcer d'enseigner avant tout les principes de l'électronique numérique par des méthodes simples, faciles et rapides, et avec des moyens modestes, le problème est encore plus ardu.

### Organisation de la commission...

Le choix des méthodologies de travail évolue donc avec l'augmentation des capacités intégrées des nouveaux FPGA. Certaines sont déjà acquises dans nos formations, d'autres pourraient le devenir très rapidement.

La commission FPGA sera pour nous l'occasion de faire le point sur différentes expériences pédagogiques dans nos départements. Nous laisserons ainsi une large place aux échanges d'expériences par de courtes présentations orales.

Nous essaierons aussi d'aborder les questions matérielles que se posent certains collègues notamment sur l'utilisation ou non de cartes de développement déjà préconçues (trop complexes ou pas assez adaptées à nos formations), ou encore le savoir-faire d'une carte "maison" avec ce type de composant (PCB à plusieurs couches, problèmes du soudage des composants, de CEM, etc.).

Enfin, la séance du vendredi matin sera organisée sous forme de table ronde autour de laquelle fabricants de composants et de logiciels de CAO et plusieurs techniciens ou ingénieurs "utilisateurs" de FPGA essaieront de répondre à nos différentes questions ou inquiétudes.

Un bilan sera aussi fait concernant les réponses au questionnaire que chaque collègue peut encore remplir<sup>9</sup>.

9 - <http://iut.geii.marseille.free.fr/questionnaire/index.php?sid=1>.



# ESTIMATION CONJOINTE DE LA FRÉQUENCE ET DE L'AMPLITUDE D'UN SIGNAL SINUSOÏDAL AVEC MISE EN QUADRATURE

Par Patrice Nus, Eric Ternisien, François Devillard

IUT de Saint-Dié des Vosges - Département GEII, Université Henri Poincaré, Nancy 1

[patrice.nus@iutsd.uhp-nancy.fr](mailto:patrice.nus@iutsd.uhp-nancy.fr)

## 1. Introduction

L'estimation conjointe de la fréquence et de l'amplitude d'un signal sinusoïdal bruité est une problématique courante en analyse du signal. A ces deux paramètres de la sinusoïde, on associe souvent un phénomène physique que l'on cherche à mesurer et qui permettra, le cas échéant, de commander ou de contrôler un processus. Les domaines d'applications où ces estimations sont recherchées sont donc très nombreux, citons le domaine des transmissions en particulier de la démodulation de fréquence [1], [2], de la reconnaissance vocale, du traitement des signaux radar et Doppler ou plus simplement le domaine de la mesure. La fréquence d'un signal sinusoïdal bruité peut être estimée par différentes méthodes notamment celle de Capon, de Yule-Walker, de la prédiction linéaire (LP) ou du maximum de vraisemblance [3], [4], [6]. On trouve également les approches fondées sur le filtrage et la transformée de Fourier [5], [6], la décomposition temps-fréquence avec la transformée Wigner-Ville [7] ou la décomposition en sous-espaces harmoniques comme celle de Pisarenko [8]. Ces méthodes très performantes ne sont, cependant, pas à la portée de nos étudiants en DUT-GEII. Aussi avons-nous recherché dans un but pédagogique à développer un algorithme simple compréhensible et exploitable dans les travaux pratiques relatifs au module MC-II3 (Mise en œuvre d'architecture pour le TNS) en relation avec les modules MC-EN3 et MC-EN5 (Télécommunications analogiques et filtrage numérique).

Dans cet article nous présentons un algorithme d'estimation en temps réel de la fréquence et de l'amplitude d'un signal purement sinusoïdal ou très faiblement bruité. Nous verrons également que la structure de cet algorithme permet de générer facilement un signal sinusoïdal de même fréquence en quadrature avec le signal d'entrée.

## 2. Aspects théoriques de l'estimateur de fréquence

On considère un signal d'entrée  $x(n)$  échantillonné à la fréquence  $F_e$ , composé d'un signal sinusoïdal  $s(n)$  d'amplitude  $V$  et de fréquence  $f_0$  comprise entre 0 et  $F_e/2$  et d'un bruit blanc  $b(n)$  de moyenne nulle et de variance  $\sigma^2$ , tel que :

$$x(n) = s(n) + b(n) \quad 1$$

Le signal  $s(n)$  constitue le signal dont l'angle  $\theta_0 = 2\pi f_0/F_e$  et l'amplitude  $V$  sont à estimer, il s'écrit :

$$s(n) = V \cdot \cos(\theta_0 n) \quad (\text{dans la suite } s(n) = V \cdot \cos(\theta_0 n) = V_E(n)) \quad 2$$

En l'absence de bruit, le signal sinusoïdal est parfaitement prédictible selon l'équation :

$$s(n) = 2 \cdot \cos(\theta_0) \cdot s(n-1) - s(n-2) \quad 3$$

où  $\theta_0 = 2\pi f_0/F_e$  est le paramètre qui identifie parfaitement la fréquence  $f_0$  du signal sinusoïdal.

Considérons, à présent, un signal sinusoïdal  $x(n)$  bruité de fréquence inconnue. Conformément à la prédiction linéaire, on peut définir un signal d'erreur  $e(n)$  de la forme :

$$e(n) = x(n) - 2 \cdot \cos\theta \cdot x(n-1) + x(n-2) \quad 4$$

où le paramètre  $\theta$  est inconnu mais dont la valeur est comprise entre 0 et  $\pi$  pour  $f_0$  comprise respectivement entre 0 et  $F_e/2$ .

Une approche classique pour estimer la fréquence à travers le terme  $\theta$  consiste à minimiser la somme des carrés de l'erreur  $e(n)$ . Pour ce faire, plusieurs méthodes sont possibles notamment celle de Prony

[11] ou de la covariance modifiée [10]. Si on applique la méthode basée sur la minimisation de la somme des carrés de  $e(n)$  sur  $N$  échantillons, la fonction de coût est la suivante :

$$J_N(\theta) = \sum_{n=3}^N e^2(n) \quad 5$$

Pour estimer le terme relatif à la fréquence, il suffit de calculer la dérivée première de la fonction de coût par rapport à  $\theta$  et de l'annuler, il vient :

$$\begin{aligned} \frac{dJ_N(\theta)}{d\theta} &= 0 \\ \Rightarrow \sum_{n=3}^N 2 \cdot e(n) \cdot [2 \cdot x(n-1) \cdot \sin \theta] &= 0 \\ \Rightarrow \sum_{n=3}^N 4 \cdot \sin \theta \cdot [(x(n) + x(n-2)) \cdot x(n-1) - 2 \cdot x^2(n-1) \cdot \cos \theta] &= 0 \end{aligned} \quad 6$$

Il est alors simple de trouver le terme recherché  $\cos \theta$  en annulant l'équation suivante :

$$\sum_{n=3}^N [(x(n) + x(n-2)) \cdot x(n-1) - 2 \cdot x^2(n-1) \cdot \cos \theta] = 0 \quad 7$$

qui s'écrit encore :

$$\sum_{n=3}^N x(n-1) \cdot e(n) = 0 \quad 8$$

ce qui permet d'estimer la fréquence  $f_0$  à travers le terme  $\theta$  qui s'écrit alors :

$$\cos \theta = \frac{\sum_{n=3}^N x(n-1) \cdot [x(n) + x(n-2)]}{2 \sum_{n=3}^N x^2(n-1)} \Rightarrow \theta = \theta_0 = \cos^{-1} \left( \frac{\sum_{n=3}^N x(n-1) \cdot [x(n) + x(n-2)]}{2 \sum_{n=3}^N x^2(n-1)} \right) \quad 9$$

Cet estimateur présente l'inconvénient d'être biaisé lorsque le signal d'entrée est bruité [12]. Ce biais peut être évalué simplement en calculant la moyenne de l'erreur quadratique ou encore son espérance mathématique, il vient :

$$\begin{aligned} E\{e^2(n)\} &= E\{x(n) - 2 \cdot \cos \theta \cdot x(n-1) + x(n-2)\}^2 \\ E\{e^2(n)\} &= 8 \cdot \sigma^2 \cdot \cos^2(\theta_0(n-1)) \cdot [\cos(\theta_0) - \cos(\theta)]^2 + 2 \cdot [2 + \cos(2\theta)] \cdot \sigma^2 \end{aligned} \quad 10$$

Cette moyenne n'étant pas généralement minimum pour  $\theta = \theta_0$ , l'estimateur est donc biaisé. L'utilisation de cet estimateur ne peut donc se faire que sur des signaux non bruités ou à fort RSB.

### Estimateur de fréquence non biaisé

Cet estimateur proposé par So et Chan [8], repose sur la minimisation de l'erreur quadratique sous la contrainte du terme relatif à la puissance du bruit intervenant dans le biais (équation 10) de l'estimateur précédent. La nouvelle fonction de coût à minimiser devient :

$$J_N(\theta) = \sum_{n=3}^N \frac{e^2(n)}{2 \cdot (2 + \cos(2\theta))} \quad 11$$

Comme précédemment, pour estimer  $\cos \theta$ , calculons la dérivée première de la fonction de coût par rapport à  $\theta$  pour l'annuler ensuite, il vient :

$$\frac{dJ_N(\theta)}{d\theta} = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum_{n=3}^N e(n) \cdot [x(n) + x(n-2)] \cdot \cos\theta + x(n-1) = 0$$

$$\Leftrightarrow 2 \cdot A_N \cdot \cos^2\theta - B_N \cdot \cos\theta - A_N = 0 \quad 12$$

$$\text{où } \begin{cases} A_N = \sum_{n=3}^N x(n-1) \cdot [x(n) + x(n-2)] \\ B_N = \sum_{n=3}^N [x(n) + x(n-2)]^2 - 2 \cdot x^2(n-1) \end{cases}$$

On en déduit l'expression du paramètre recherché  $\cos\theta$ , il s'écrit :

$$\cos\theta = \frac{B_N + \sqrt{B_N^2 + 8A_N^2}}{4A_N} \Rightarrow \theta = \theta_0 = \cos^{-1} \left( \frac{B_N + \sqrt{B_N^2 + 8A_N^2}}{4A_N} \right) \quad 13$$

Les propriétés statistiques de cet estimateur non biaisé sont analysées dans [8]. Il apparaît que ses performances sont très bonnes sur des enregistrements courts mais pour de faibles niveaux de bruit. Cet estimateur exploite l'approche connue sous le nom de décomposition harmonique de Pisarenko.

### 3. Approche temps réel

Pour réaliser un estimateur de fréquence en temps réel, autrement dit qui calcule une estimation de la fréquence à chaque nouvel échantillon du signal d'entrée, nous nous sommes inspirés de l'approche décrite précédemment (deuxième équation de 12). Le schéma fonctionnel proposé est le suivant où la variable de sortie  $\alpha(n)$  estime le terme relatif à la fréquence.

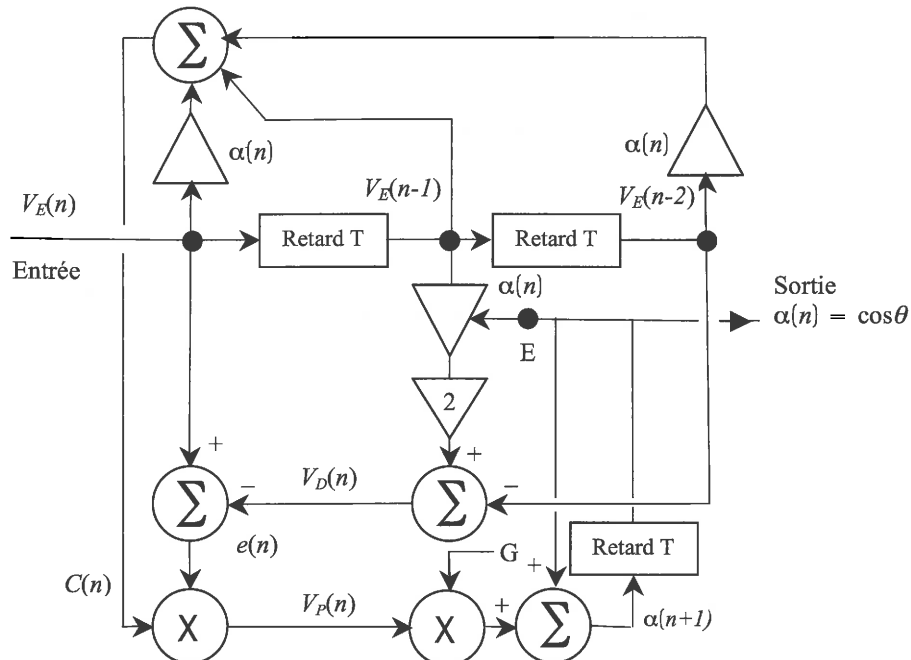


Figure 1 : Estimateur temps réel de la fréquence d'un signal sinusoïdal ( $T=1/F_e$ )

Autrement dit, la mise à jour du coefficient  $\alpha(n)$  qui identifie le terme recherché  $\alpha(n) = \cos\theta$  repose sur la méthode du gradient. Les calculs permettant d'estimer le coefficient  $\alpha(n)$  d'un signal d'entrée  $V_E(n)$  dont la forme est donnée par l'équation 2, sont les suivantes :

$V_D(n) = 2 \cdot \alpha(n) \cdot V_E(n-1) - V_E(n-2)$	Estimation du signal d'entrée	14
$e(n) = V_E(n) - V_D(n)$	Calcul de l'erreur	15
$C(n) = \alpha(n) \cdot (V_E(n) + V_E(n-2)) + V_E(n-1)$	Variable intermédiaire	16
$V_P(n) = C(n) \cdot e(n)$	Calcul du produit	17
$\alpha(n+1) = \alpha(n) + G \cdot V_P(n)$	Remise à jour de $\alpha(n)$	18

La constante d'intégration G permet, entre autres, de régler la vitesse de convergence de l'algorithme. Elle est fixée entre 0 et 1 dans le programme réalisé sur le calculateur DSP.

Dès lors que l'algorithme a convergé, la fréquence du signal sinusoïdal est donnée par :

$$\alpha(n) = \cos(\theta_0) \quad \text{ou encore} \quad f_0 = \frac{Fe}{2\pi} \cos^{-1}(\alpha(n)) \quad 19$$

La réalisation de la fonction arccosinus n'est pas abordée ici, on pourra consulter les publications relatives à ce sujet notamment celles associées aux algorithmes CORDIC. D'autre part, des essais ont montrés que des résultats comparables pouvaient être obtenus avec un algorithme simplifié pour lequel  $C(n) = V_E(n)$  dans l'équation 16, les autres équations restants les mêmes.

#### 4. Etude en boucle fermée

Cette étude a pour objectif de montrer que la variable de sortie  $\alpha(n)$  estime parfaitement la fréquence du signal purement sinusoïdal d'entrée  $V_E(n)$  lorsque l'algorithme a convergé. Sur le schéma de la figure 1, le signal de sortie  $\alpha(n)$  est obtenu par intégration de  $V_P(n)$  selon l'équation suivante :

$$\alpha(n) = \alpha(n-1) + G \cdot V_P(n-1) = G \sum_{i=0}^{i=n-1} V_P(i) \quad 20$$

Calculons l'équation du signal produit  $V_P(n)$ , il vient :

$$V_P(n) = C(n) \cdot e(n) = ((V_E(n) + V_E(n-2)) \cdot \alpha(n) + V_E(n-1)) \cdot e(n) \quad 21$$

La somme  $V_E(n) + V_E(n-2)$  étant encore égale à  $2 \cdot \cos \theta_0 \cdot V_E(n-1)$ , il vient :

$$V_P(n) = (2 \cdot \cos \theta_0 \cdot \alpha(n) + 1) \cdot V_E(n-1) \cdot e(n) \quad 22$$

En introduisant l'équation de l'erreur  $e(n)$  pour mettre ensuite  $V_E(n-1)$  en facteur, on trouve :

$$V_P(n) = (2 \cdot \cos \theta_0 \cdot \alpha(n) + 1) \cdot V_E^2(n-1) \cdot \left( \frac{V_E(n) + V_E(n-2)}{V_E(n-1)} - 2 \cdot \alpha(n) \right) \quad 23$$

Soit encore :

$$V_P(n) = (2 \cdot \cos \theta_0 \cdot \alpha(n) + 1) \cdot V_E^2(n-1) \cdot (2 \cdot \cos \theta_0 - 2 \cdot \alpha(n)) \quad 24$$

Rassemblons, à présent, les termes en  $\alpha(n)$ , on obtient :

$$2 \cdot \cos \theta_0 \cdot \alpha^2(n) - (2 \cdot \cos^2 \theta_0 - 1) \alpha(n) - \cos \theta_0 + \frac{V_P(n)}{2 \cdot V_E^2(n-1)} = 0 \quad 25$$

Considérons que pour un instant n suffisamment grand, le signal produit  $V_P(n)$  devient très petit au point d'être négligeable. Autrement dit, l'erreur  $e(n)$  tend vers zéro et l'algorithme converge vers la solution. Dans ces conditions, il est facile de trouver les deux solutions de  $\alpha(n)$  en résolvant l'équation du second degré suivante :

$$2 \cdot \cos \theta_0 \cdot \alpha^2(n) - (2 \cdot \cos^2 \theta_0 - 1) \cdot \alpha(n) - \cos \theta_0 = 0 \Rightarrow \begin{cases} \alpha_A(n) = \cos \theta_0 \\ \alpha_B(n) = \frac{1}{2 \cos \theta_0} \end{cases} \quad 26$$

Parmi ces deux solutions, se trouve celle qui nous intéresse et pour laquelle le coefficients  $\alpha_A(n)$  est égal au terme recherché  $\cos \theta_0$ . Quant à la seconde solution  $\alpha_B(n)$ , elle conduit à une erreur  $e(n)$  non nulle, elle est donc impossible.

L'algorithme d'estimation de la fréquence d'un signal sinusoïdal a été implanté sur un calculateur spécialisé en traitement du signal (DSP56002) et dont le programme est présenté à la fin de ce document. L'algorithme a été testé sur un signal analogique délivré par un générateur basses fréquences pour une estimation en temps réel.

Pour tracer la courbe de réponse de l'estimateur, le signal sinusoïdal analogique d'entrée a sa fréquence variable linéairement de 0 Hz à 40 kHz pendant une durée d'environ 20 ms, variation de fréquence qui se répète périodiquement. Pour une fréquence d'échantillonnage de 80 kHz, la réponse de  $\alpha(n)$  à une variation linéaire de la fréquence du signal d'entrée est la suivante :

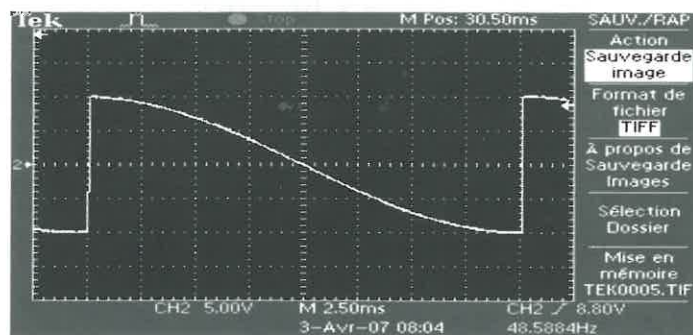


Figure 2 : Courbe de réponse en cosinus de l'estimateur de fréquence

La figure 2 relevée sur un oscilloscope, montre clairement que l'estimation de la fréquence à travers le terme  $\alpha(n)$  suit une loi de variation en arccosinus (équation 19). Le signal  $\alpha(n)$  affiché sur l'oscilloscope varie de  $\pm 10$  V car les convertisseurs numériques analogiques utilisés sur le système DSP présentent un gain de 10.

Les fronts montants de gauche et de droite indiquent le retour rapide de la fréquence du signal d'entrée de 40 kHz à 0 Hz. Entre ces deux fronts, la courbe en cosinus suit alors la variation linéaire de la fréquence de 0 Hz à 40 kHz du signal sinusoïdal d'entrée.

La partie positive de la réponse correspond aux fréquences comprises entre 0 Hz et 20 kHz ( $F_e/4$ ) et la partie négative, aux fréquences entre 20 kHz et 40 kHz ( $F_e/2$ ).

Cette figure a été obtenue pour un signal d'entrée sinusoïdal d'amplitude crête de 3 V avec une composante continue nulle. Attention, l'algorithme proposé ne tolère aucune composante continue sur le signal d'entrée.

## 5. Génération d'un signal en quadrature avec le signal d'entrée

La compréhension du procédé de mise en quadrature, repose sur le schéma de l'estimateur de la figure 1. Pour ce faire, la boucle est ouverte au point E et le coefficient  $\alpha(n)$  est fixé à une constante  $\alpha_1$  différente du coefficient optimal noté ci-après  $\alpha_0$ . Le signal d'erreur  $e(n)$  (équation 15) calculé avec un signal d'entrée purement sinusoïdal (équation 2) s'écrit alors :

$$e(n) = V \cdot \cos(\theta_0 n) \cdot [1 + \cos(2\theta_0) - 2 \cdot \alpha_1 \cdot \cos(\theta_0)] + V \cdot \sin(\theta_0 n) \cdot [\sin(2\theta_0) - 2 \cdot \alpha_1 \cdot \sin(\theta_0)] \quad 27$$

Le signal d'erreur  $e(n)$ , nul lorsque le système bouclé a convergé, ne l'est pas dans le cas présent puisque  $\alpha(n)$  n'est pas le coefficient optimal. Par conséquent, les deux termes en facteur des fonctions sinus et cosinus sont différents de zéro, posons :

$$\begin{cases} 1 + \cos(2\theta_0) - 2 \cdot \alpha_1 \cdot \cos(\theta_0) = K1 \\ \sin(2\theta_0) - 2 \cdot \alpha_1 \cdot \sin(\theta_0) = K2 \end{cases} \quad 28$$

En revanche, lorsque le coefficient  $\alpha(n)$  est égal au coefficient optimal  $\alpha_0$ ,  $K1$  et  $K2$  sont nuls puisque l'erreur  $e(n)$  est nulle, par conséquent il vient :

$$\begin{cases} 1 + \cos(2\theta_0) - 2 \cdot \alpha_0 \cdot \cos(\theta_0) = 0 \\ \sin(2\theta_0) - 2 \cdot \alpha_0 \cdot \sin(\theta_0) = 0 \end{cases} \quad 29$$

Ces deux systèmes d'équations permettent alors d'exprimer  $K1$  et  $K2$  en fonction de  $\alpha_1$  et de  $\alpha_0$  :

$$\begin{cases} K1 = 2 \cdot \cos(\theta_0) \cdot (\alpha_0 - \alpha_1) \\ K2 = 2 \cdot \sin(\theta_0) \cdot (\alpha_0 - \alpha_1) \end{cases} \Leftrightarrow K1^2 + K2^2 = 4 \cdot (\alpha_0 - \alpha_1)^2 \quad 30$$

Considérons, à présent, le cas particulier où  $\alpha_1$  est nul et où  $\alpha_0 = \cos(\theta_0)$  est connu. Le système précédent devient :

$$\begin{cases} K1 = 2 \cos(\theta_0) \alpha_0 \\ K2 = 2 \sin(\theta_0) \alpha_0 \end{cases} \quad \begin{cases} K1 = 2 \cos^2(\theta_0) \\ K2 = \sin(2\theta_0) \end{cases} \quad \begin{cases} K1 = 2\alpha_0^2 \\ K2 = 2\alpha_0 \sqrt{1 - \alpha_0^2} \end{cases} \quad \begin{cases} K1 = 2\alpha_0^2 \\ K2^2 = K1(2 - K1) \end{cases} \quad 31$$

Autrement dit, si  $\alpha(n) = \alpha_1 = 0$  et si le coefficient optimal  $\alpha_0 = \cos(\theta_0)$  est connu,  $K1$  peut être calculé simplement par la première équation du système précédent. Reprenons l'équation de l'erreur  $e(n)$  (équation 15) calculée pour  $\alpha(n) = \alpha_1 = 0$  et notée  $e_1(n)$ , il vient après simplification :

$$e_1(n) = V_E(n) + V_E(n-2) \quad 32$$

Ce nouveau signal  $e_1(n)$  peut être exprimé en fonction de  $K1$  et  $K2$  dont les expressions sont alors données par le système d'équations 31. En utilisant l'équation 27 et la définition de  $V_E(n)$ , il vient :

$$e_1(n) = V \cdot \cos(\theta_0 n) \cdot K1 + V \cdot \sin(\theta_0 n) \cdot K2 = V_E(n) \cdot K1 + V \cdot \sin(\theta_0 n) \cdot K2 \quad 33$$

Il est alors simple d'extraire de cette équation le signal appelé  $V_Q(n)$  (terme en sinus) en quadrature avec le signal d'entrée (terme en cosinus), il s'écrit :

$$V_Q(n) = V \cdot K2 \cdot \sin(\theta_0 n) = e_1(n) - K1 \cdot V_E(n) \quad 34$$

Pour résumer, l'algorithme utilisé pour fabriquer un signal sinusoïdal en quadrature avec le signal d'entrée de fréquence quelconque exploite l'estimation de la fréquence  $\alpha(n) = \cos(\theta_0)$  délivrée par l'estimateur décrit précédemment. Cette estimation permet alors de calculer le coefficient  $K1$  lequel est ensuite multiplié par le signal d'entrée  $V_E(n)$ , le résultat étant retranché au signal  $e_1(n)$  représentant le signal d'erreur  $e(n)$  calculé pour  $\alpha(n) = 0$ . On obtient alors le signal  $V_Q(n)$  en quadrature avec  $V_E(n)$  mais multiplié par le coefficient  $K2$ . L'amplitude du signal en quadrature n'est donc pas exactement  $V$  mais  $V \cdot K2$ . Par conséquent, pour obtenir le signal en quadrature de même amplitude que le signal d'entrée, il faut calculer  $K2$  (équ. 31) puis diviser  $V_Q(n)$  par  $K2$  en prenant soin de ne pas diviser par zéro. Dans le programme proposé à la fin de ce document, nous nous sommes limités à calculer  $V_Q(n)$  selon l'équation 34 sans chercher, dans un souci de simplification, à obtenir la même amplitude  $V$ .

L'algorithme se compose de deux parties dont la première concerne l'estimation de la fréquence et la seconde, le calcul du signal en quadrature. Le calcul du coefficient  $K1$  exploite la dernière estimation de la fréquence, soit  $\alpha(n+1)$ .

*Estimation de la fréquence du signal d'entrée à travers  $\alpha(n)$*

$V_D(n) = 2 \cdot \alpha(n) \cdot V_E(n-1) - V_E(n-2)$	Estimation du signal d'entrée	35
$e(n) = V_E(n) - V_D(n)$	Calcul de l'erreur	36
$C(n) = \alpha(n) \cdot (V_E(n) + V_E(n-2)) + V_E(n-1)$	Variable intermédiaire	37
$V_P(n) = C(n) \cdot e(n)$	Calcul du produit	38
$\alpha(n+1) = \alpha(n) + G \cdot V_P(n)$	Remise à jour de $\alpha(n)$	39

*Calcul du signal en quadrature  $V_Q(n)$*

$e_1(n) = V_E(n) + V_E(n-2)$	Calcul de l'erreur $e(n)$ avec $\alpha_1 = 0$	40
$K1 = 2 \cdot \alpha^2(n+1)$	Calcul du coefficient $K1$ avec $\alpha_1 = 0$	41
$V_Q(n) = e_1(n) - K1 \cdot V_E(n)$	Signal en quadrature avec $V_E(n)$	42

## 6. Estimation de l'amplitude maximale du signal sinusoïdal

L'estimation rapide de l'amplitude  $V$  du signal d'entrée est une opération relativement simple en utilisant les résultats précédents en particulier le coefficient optimal  $\alpha(n) = \alpha_0$ , les constantes  $K1$  et  $K2$  établies pour  $\alpha_1 = 0$ , le signal en quadrature  $V_Q(n)$  et le signal d'entrée  $V_E(n)$ . Pour ce faire, on calcule le signal intermédiaire suivant noté  $V_S(n)$  en utilisant les résultats précédents :

$$V_S(n) = K2^2 \cdot V_E^2(n) + V_Q^2(n) \quad 43$$

soit encore en reprenant la définition de  $V_E(n)$  et de  $V_Q(n)$  (équation 34) :

$$V_S(n) = V^2 \cdot K2^2 \cdot \cos^2(\theta_0 n) + V^2 \cdot K2^2 \cdot \sin^2(\theta_0 n) \quad 44$$

Après mise en facteur et simplification, on obtient :

$$V_S(n) = V^2 \cdot K2^2 \quad \text{ce qui implique} \quad V = \sqrt{\frac{V_S(n)}{K2^2}} \quad 45$$

Reste à établir l'expression de  $K2$  au carré (noté  $K3$  dans l'algorithme) qui en fonction de  $K1$  s'écrit :

$$K2^2 = K1 \cdot (2 - K1) = K3 \quad 46$$

L'algorithme comporte trois parties calculées successivement à l'arrivée de chaque échantillon du signal d'entrée  $V_E(n)$ . Il se compose d'une première partie relative à l'estimation de la fréquence à travers le terme  $\alpha(n)$ , d'une deuxième qui calcule le signal en quadrature  $V_Q(n)$  et de la dernière qui estime l'amplitude maximale ou crête  $V$  du signal d'entrée  $V_E(n)$ .

*Estimation de la fréquence du signal d'entrée à travers  $\alpha(n)$*

$V_D(n) = 2 \cdot \alpha(n) \cdot V_E(n-1) - V_E(n-2)$	Estimation du signal d'entrée	47
$e(n) = V_E(n) - V_D(n)$	Calcul de l'erreur	48
$C(n) = \alpha(n) \cdot (V_E(n) + V_E(n-2)) + V_E(n-1)$	Variable intermédiaire	49
$V_P(n) = C(n) \cdot e(n)$	Calcul du produit	50
$\alpha(n+1) = \alpha(n) + G \cdot V_P(n)$	Remise à jour de $\alpha(n)$	51

*Calcul du signal en quadrature  $V_Q(n)$*

$e_1(n) = V_E(n) + V_E(n-2)$	Calcul de l'erreur $e(n)$ avec $\alpha_1 = 0$	52
$K1 = 2 \cdot \alpha^2(n+1)$	Calcul du coefficient $K1$ avec $\alpha_1 = 0$	53
$V_Q(n) = e_1(n) - K1 \cdot V_E(n)$	Signal en quadrature avec $V_E(n)$	54

Calcul de l'amplitude  $V$

$K3 = K1 \cdot (2 - K1)$  Coefficient  $K3$  soit  $K2$  au carré 55

$V_s(n) = K3 \cdot V_E^2(n) + V_Q^2(n)$  Variable intermédiaire 56

$V = \sqrt{\frac{V_s(n)}{K3}}$  Amplitude crête  $V$  57

## 7. Implantation sur le DSP56002

L'algorithme précédent a été implanté sur le DSP56002 qui est un processeur spécialisé sur 24 bits à virgule fixe. La fréquence d'échantillonnage  $Fe$  est fixée à 80 kHz et permet le traitement d'un signal sinusoïdal de fréquence comprise entre 0 Hz et 40 kHz. Le signal d'entrée est échantillonné par le convertisseur analogique numérique AD7870 (gain 1/3, adresse Y:\$FFC8) dont le signal de commande de conversion est généré par le temporisateur intégré au DSP56002. L'acquisition de l'échantillon courant  $V_E(n)$  fourni par le CAN se fait sous l'interruption /IRQA (vecteur P:\$8) sous la forme d'une interruption rapide qui se résume simplement à la lecture du CAN. La carte DSP [voir 14] dispose de deux convertisseurs numériques analogiques AD667 (gain de 10, adresses Y:\$FFD0 et Y:\$FFD1) qui permettent d'afficher les estimations calculées. Le signal d'entrée  $V_E(n)$ , le coefficient  $\alpha(n)$ , le signal en quadrature  $V_Q(n)$  et l'amplitude crête au carré  $V^2$  sont affichés en sortie sur les convertisseurs CNA. Il suffira de supprimer le point virgule de commentaire en début des lignes relatives à ces affichages pour que le nouveau programme assemblé affiche les signaux sélectionnés.

Le nombre total de cycles machines (sans les affichages sur les convertisseurs CNA) pour les calculs de  $\alpha(n)$ ,  $V_Q(n)$  et  $V^2$  est de 53 cycles, soit environ 2,65  $\mu$ s pour un temps de cycle du DSP de 50 ns. La fréquence d'échantillonnage  $Fe$  dans ces conditions sera au maximum de 377 kHz pour un traitement en temps réel d'un signal sinusoïdal dont la fréquence est comprise entre 0 Hz et 188,5 kHz.

**; Convertisseur Fréquence-Tension en Cosinus (CFTC)  
; avec signal en quadrature et mesure de l'amplitude  $V^2$**

```
IPR      equ    x:$FFFF      ; registre de priorité d'interruption
CNA1     equ    y:$FFD0      ; convertisseur numérique-analogique AD667
CNA2     equ    y:$FFD1      ; convertisseur numérique-analogique AD667
CAN2     equ    y:$FFC8      ; convertisseur analogique-numérique AD7870
TCR      equ    x:$FFDF      ; registre compteur TCR du temporisateur intégré
TCSR     equ    x:$FFDE      ; registre d'état TCSR du temporisateur intégré
PCTL     equ    x:$FFFD      ; registre de contrôle du circuit PLL intégré
BCR      equ    x:$FFFE

alpha    org    X:$00        ; organisation du champ de mémoire X
         dc     0.0          ; sauvegarde du Coefficient  $\alpha(n)$ 

Ve       org    y:$00        ; organisation du champ de mémoire Y
         dsm   2            ; sauvegarde des échantillons  $V_e$  aux instants n-1 et n-2
gain_G   dc     0.999999    ; gain G

         org    P:$0         ; vecteur d'initialisation (RESET)
         jmp   debut        ; saut au début du programme

         org    P:$8         ; vecteur d'interruption /IRQA
         movep Y:CAN2,y1    ; lecture CAN2  $\Rightarrow V_e(n) \Rightarrow y1$ 

         org    P:$40        ; adresse du début du programme
```



```

debut      movep  #\$260009,x:PCTL      ; initialisation du PLL, fréquence du DSP à 40MHz
           movep  #\$0008,x:BCR      ; 8 waitstates sur le champ des périphériques externes
           move   #alpha,R2         ; R2 pointe sur le coefficient  $\alpha(n)$ 
           move   #Ve,R5            ; R5 pointe sur les échantillons  $V_e$ 
           move   #1,M5             ; zone circulaire de 2 cases de mémoire pour  $V_e$ 
           move   #gain_G,R6        ; R6 pointe sur le gain G
           movep  #249,x:TCR        ; initialisation du TCR du TIMER pour  $F_e = 80$  kHz
           movep  #\$0D,x:TCSR       ; mode 1, TIO inversée, autorisation du TIMER
           movep  #\$0003,x:IPR      ; /IRQA de priorité 2, déclenchement sur niveau
           movec  #\$0000,sr        ; autorisation des interruptions niveaux 0,1,2,3
acqui      wait                    ; attente de l'interruption /IRQA du CAN2,  $y1=V_e(n)$ 
;          movep  y1,y:CNA1         ; affichage de  $V_e(n)$  sur CNA1

; Calcul de  $\alpha(n)$ 
           move   x:(R2),x0         y:(R5)+,y0      ;  $\alpha(n)=x_0, V_e(n-1)=y_0$ 
           mpy   x0,y0,a            y:(r5),b          ;  $\alpha(n)*V_e(n-1)=a, V_e(n-2)=b$ 
           subl  b,a                y0,b              ;  $2*\alpha*V_e(n-1)-V_e(n-2)=a=V_d(n), V_e(n-1) = b,$ 
           sub   y1,a               y:(r5),y0        ;  $V_d(n)-V_e(n)=-e(n)=a, V_e(n-2)=y_0$ 
           mac   y1,x0,b            a,x0              y1,y:(R5) ;  $V_e(n)*\alpha(n)+V_e(n-1)=b, -e(n)=x_0, V_e(n)$  remplace  $V_e(n-2)$ 
           mac   y0,x0,b            y0,x1            ;  $V_e(n-2)*\alpha(n)+V_e(n-1)=c(n), V_e(n-2)$  dans  $x1$ 
           move  b,y0                ;  $c(n)=y_0$ 
           mpy  -y0,x0,a            y:(r6),y1        ;  $a=c(n)*e(n)=V_p(n), G$  dans  $y1$ 
           move  a,x0                ; transfert de  $V_p(n)$  dans  $x_0$ 
           move  x:(r2),b            ;  $\alpha(n)=b$ 
           mac   x0,y1,b            y:(r5),a          ;  $\alpha(n+1)=\alpha(n)+V_p(n)*G=b, V_e(n)$  dans  $a$ 
           move  b,x:(R2)            ;  $\alpha(n+1)$  à la place de  $\alpha(n)$ 
;          movep  b,y:CNA2         ; affichage de  $\alpha(n)$  sur CNA2

; Calcul de  $V_q(n)$ 
           add   x1,a                x:(r2),x0        ;  $V_e(n)+V_e(n-2)=e1(n)=a, \alpha(n+1)$  dans  $x_0$ 
           mpy  x0,x0,b            y:(r5),x1         ;  $\alpha(n+1)^2=K1/2, V_e(n)$  dans  $x1$ 
           move  b,x0                ;  $\alpha(n+1)^2=K1/2=x_0$ 
           mpy  x0,x1,b            ;  $V_e(n)*K1/2=b$ 
           subl  a,b                x0,a             ;  $e1(n)-2*K1/2*V_e(n)=b=V_q(n), K1/2=a$ 
;          movep  b,y:CNA2         ; affichage de  $V_q(n)$  sur CNA2

; Calcul de  $K3$ 
           mac   -x0,x0,a            b,x0            ;  $(K1/2)-(k1/2)^2=K3/4, V_q(n)=x_0$ 
           asl  a                    ;  $K3/2=a$ 
           asl  a                    y:(r5),y0        ;  $K3=a, V_e=y_0$ 

; Calcul de  $V_s$ 
           mpy  y0,y0,a            a,x1              ;  $V_e^2(n)=a, K3=x1$ 
           mpy  x0,x0,b            a,x0              ;  $V_q^2(n)=b, V_e^2(n)=x_0$ 
           mac   x0,x1,b            ;  $V_q^2(n)+K3*V_e^2(n)=V_s=b$ 

; Calcul de  $V^2=V_s/K3$ 
           and  #\$FE,CCR            ; division à termes positifs
           rep  #\$18                ; division itérative
           div  x1,b                  ;  $V_s/K3=V^2$  dans  $b_0$ 
           add  x1,b
;          movep  b0,y:CNA2         ; affichage amplitude crête au carré  $V^2$  sur CNA2
           jmp  acqui                 ; saut à l'acquisition d'un nouvel échantillon
           end

```

**Conclusion**

Dans cet article, nous avons présenté un estimateur de la fréquence d'un signal sinusoïdal et de son amplitude avec la mise en quadrature du signal d'entrée. Ce procédé numérique peut être utilisé dans de nombreuses applications mais s'applique sur un signal sinusoïdal peu ou pas bruité. Au département GEII de Saint-Dié, il est exploité dans les TP de MC-II3 où l'étudiant de deuxième année peut mettre en œuvre ce démodulateur FM numérique pour une transmission vocale, après avoir implanté l'algorithme sur le processeur spécialisé DSP56002. Dans ce TP, l'étudiant exploite uniquement la partie estimation de la fréquence et démodule un signal FM en travaillant à une fréquence de porteuse de  $F_c/4$  dans la plage presque linéaire de la fonction cosinus.

Cet algorithme peut aussi être utilisé pour générer un signal en quadrature avec le signal d'entrée de référence et ceci quelle que soit sa fréquence. Il s'agit d'une alternative intéressante au filtre déphaseur traditionnel dont le déphasage varie néanmoins dans la bande passante.

Une autre application de ce système numérique concerne la démodulation d'amplitude AM avec porteuse. En effet, ce procédé numérique détectant la fréquence et l'amplitude d'un signal sinusoïdal peut démoduler aisément un signal AM. L'oscillateur local restituant la porteuse n'est plus nécessaire de même que le filtre passe-bas utilisé dans le cas de la détection synchrone. D'autres applications sont possibles notamment dans le domaine de la démodulation QAM dont nous verrons un exemple dans un autre article GESI.

**Bibliographie**

- [1] C. De Luigi, E. Moreau, "An iterative algorithm for estimation of linear frequency modulated signal parameters," IEEE Signal Processing Letters, vol. 9, N° 4, Avril 2002.
- [2] Bang-Sup Song, In Seop Lee, "A digital demodulator for FM, TV and Wireless," IEEE Trans. On Circuits and System, vol. 42, N° 12, Décembre 1995.
- [3] J. Ben, B. D. O. Anderson, R. C. Williamson "Characterization of threshold for single tone Maximum likelihood frequency estimation," IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 43, N°4, avril 1995.
- [4] Elias Aboutanios, "A modified dichotomous search frequency estimator," IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 11, N°2, Février 2004.
- [5] Tyler Brown et Michael Mao Wang "An iterative algorithm for single-frequency estimation," IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 50, N°11, Novembre 2002.
- [6] Henry K. Kwok et Douglas L. Jones, "Improved Instantaneous frequency estimation using an adaptive Short-time Fourier Transform," IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 48, N°10, Nov. 2000.
- [7] Zahir M. Hussain et Boualem Boashash, "Adaptive instantaneous frequency estimation of multicomponent FM signals using quadratic time-frequency distributions," IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 50, N°8, Août 2002.
- [8] H. C. So et K. W. Chan, "Reformulation of Pisarenko Harmonic decomposition method for single-tone frequency estimation," IEEE Trans. On Signal Processing, vol. 52, N°4, Avril 2004.
- [9] Ian Galton, "Analog-Input digital phase-locked loops for precise frequency and phase demodulation," IEEE Trans. On Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing, vol. 42, N°10, Octobre 1995.
- [10] L. B. Fertig et J. H. McClellan, "Instantaneous frequency estimation using linear prediction with comparisons to the DESAs," IEEE Signal Processing Letters, vol. 3, Février 1996.
- [11] D. W. Tufts et P. D. Fiore, "Simple effective estimation of frequency based on Prony's algorithm," Proc. Int. Conf. Acoust. Speech, Signal Processing, vol. 5, Atlanta, GA, pp. 2801-2804, Mai 1996.
- [12] R. M. Adelson, "Frequency estimation from few measurements," Dig. Sig. Proc., Vol. 3, 1997.
- [13] P. Nus, "Oscillateur sinusoïdal et mesure de fréquence. Application à la détection d'un signal DTMF," Revue GeSi, N°63, Juin 2004. GESI 2004.
- [14] P. Nus, "Traitement Numérique du Signal. Application du Processeur spécialisé DSP56002," Publitrone-Elektor, 1998.

## «TD : TRAVAUX DIRIGÉS ? NON ! TABLEAU DÉVISSÉ !»<sup>1</sup>

Par Sébastien Moutault (IUT de Bordeaux 1, 15, rue Naudet - CS 10207, F-33175 GRADIGNAN Cedex)

Joël SENPAU-ROCA (Ecole des Mines de Paris, 60 Boulevard Saint Michel, F-75272 PARIS cedex 06)

Jacques-Olivier Klein (IUT de Cachan, 9 Avenue de la Division Leclerc, F-94234 Cachan cedex)

### Résumé

Nous constatons un comportement de plus en plus passif de la part de nos étudiants lors des séances de travaux dirigés. La plupart se contente de recopier la correction des exercices avec l'idée, illusoire, de revenir dessus au moment des révisions d'examens. Pour briser ces mauvaises habitudes, nous avons expérimenté une solution extrême dont le principe général est très simple : il n'y a plus aucune correction au tableau. Dans cet article, nous décrivons l'organisation pratique de séances de travaux dirigés « sans correction » et le rôle qu'y joue l'enseignant. Nous montrons aussi comment les supports pédagogiques peuvent être adaptés à cette nouvelle organisation. Enfin, nous traçons un bilan de la mise en pratique de cette méthode.

### Mots clés

travaux dirigés, tableau dévissé, pédagogie active, apprentissage coopératif, autonomie, tuteur, programmation.

### Introduction

Les séances de travaux dirigés devraient mettre les étudiants en situation de réflexion pour qu'ils s'approprient des savoir-faire. Malheureusement, nous constatons un comportement de plus en plus passif de la part de notre public d'étudiants. Chacun assiste aux séances en spectateur, comme on va au cinéma. On vient prendre note des corrections, probablement en vue d'une hypothétique révision ultérieure. Il n'existe plus de réflexion sur place. Il n'y a donc plus de recherche de solution de la part des étudiants. La séance manque alors son principal objectif de "Travail Dirigé". Comme le travail personnel tend également à disparaître, il ne reste plus qu'un seul moment de réflexion : l'examen. C'est évidemment insuffisant. Dans ce contexte, l'enseignant s'adapte souvent en offrant aux étudiants ce qu'ils attendent : rappel du cours en début de séance, correction des exercices par l'enseignant ou par un étudiant au tableau. Actant de la passivité des étudiants, la conception des sujets n'a pas besoin d'être progressive et il arrive que la solution des premiers exercices soit effectivement hors de portée de la plupart des étudiants. La boucle se referme alors sur l'acceptation, comme état de fait, de cette irrémédiable passivité.

Las du comportement de nos étudiants, nous voulions faire évoluer nos pratiques vers une pédagogie où leur activité serait placée au centre du dispositif d'apprentissage. Les pratiques dites "actives" telles que l'apprentissage par problème (APP) et/ou par projets [1, 2, 3 & 5] répondent merveilleusement bien

à cette volonté mais au prix d'un effort considérable tant de l'équipe enseignante que de l'institution. Après quelques expériences réussies mais douloureuses, nous nous sommes penchés vers des solutions moins radicales susceptibles d'emporter l'adhésion du plus grand nombre de nos collègues.

La solution à laquelle nous avons abouti repose sur un principe général très simple : il n'y a plus aucune correction au tableau. En conséquence, l'attitude passive, d'attente de solution devient impossible. Nous avons baptisé cette démarche pédagogique originale "TD : Tableau dévissé" dans la mesure où le tableau noir ne nous est plus nécessaire, ou, du moins, plus pour le même usage qu'auparavant. On y retrouve certains d'aspects de l'APP, en particulier l'apprentissage coopératif [6] et la place qu'y tient l'enseignant.

Les trois auteurs de cette communication pratiquent cette pédagogie avec quelques variantes. Nous en présentons ici une synthèse.

Dans un premier temps, nous présenterons le contexte dans lequel cette méthode pédagogique a vu le jour, quelles étaient nos motivations et quelles sont les contraintes que nous avons rencontrées.

Ensuite nous présenterons la manière dont nous organisons les séances de travaux dirigés et le rôle particulier qu'y joue l'enseignant. Nous verrons en particulier qu'il n'enseigne plus, au sens premier du terme, mais qu'il guide l'apprentissage.

La réussite de notre méthode repose sur l'évolution progressive de la difficulté des exercices. Nous verrons dans une troisième partie comment nous structurons les supports pédagogiques et quelles sont les activités que nous proposons à nos étudiants.

Enfin, avant de conclure, nous dresserons un bilan de nos 2 premières années d'expériences, tant du point de vue des résultats obtenus que de l'opinion des acteurs actifs ou passifs de la réforme.

### Contexte, motivations et contraintes

Nous avons expérimenté cette méthode dans des modules de programmation (langage C) dispensés dans deux établissements de formations radicalement différents. Dans les deux établissements, nous avons eu le souci de respecter à la fois l'institution, nos collègues enseignants et les étudiants.

Dans cette section, nous présentons d'abord le contexte de notre expérience, ensuite quelle a été notre volonté vis-à-vis des étudiants, enfin quelles contraintes nous nous sommes fixés vis-à-vis du respect de nos collègues et de nos institutions.

1 - Cet article a été publié au colloque 2006 de l'Association Internationale Pédagogie Universitaire qui s'est tenu à Monastir en Tunisie et a remporté le prix Jean Demal récompensant les 3 meilleurs communications du colloque.

**Le contexte : l'enseignement de la programmation en 1<sup>er</sup> cycle**

La première expérience, menée à l'EFREI (Villejuif, France), concerne un public de première année de futurs ingénieurs en informatique. La structure pédagogique de ce module repose sur le paradigme classique cours magistraux (1h), travaux dirigés (3h) puis travaux pratiques (4h). Pour les travaux dirigés et pratiques, la promotion de 160 étudiants est répartie en 6 groupes de 26 étudiants environ.

La seconde expérience, menée à l'IUT de Cachan (Université Paris Sud, France), concerne un public de première année en cycle de technicien supérieur. Cette fois le cours magistral est absent de l'organisation pédagogique. Ces dernières années, les amphithéâtres devenaient inefficaces. C'est pour cette raison qu'ils ont été supprimés. La promotion de 160 étudiants est répartie en 6 groupes. Deux ou trois séances de cours/travaux dirigés (6 à 9h en tout) précèdent la séance de travaux pratiques (4h).

**Placer l'étudiant au centre**

Dans les travaux dirigés traditionnels, l'enseignant est au centre. Il transmet son savoir-faire en montrant les méthodes et techniques à ces étudiants. Ce qui est attendu de leur part, c'est de parvenir à reproduire les mêmes techniques. Les étudiants attentifs y parviennent, au pire par mimétisme, au mieux par un véritable travail d'appropriation.

Nous avons voulu inverser ce modèle en plaçant l'étudiant au centre du dispositif. Notre objectif a été de le faire entrer dans un cercle vertueux dans lequel sa réussite personnelle devient le moteur de son travail.

Pour y parvenir, nous avons fait le postulat que l'étudiant est doué d'intelligence et qu'il est capable d'apprendre par lui-même les techniques en question. Le rôle de l'enseignant est alors de mobiliser cette intelligence en respectant l'état de ses connaissances, ses difficultés, sa façon de travailler, son rythme, etc., de le faire évoluer à son rythme et de l'aider à trouver la méthode de travail qui lui convient.

**Respecter la liberté des enseignants**

Les expériences de pédagogies actives que nous connaissons n'ont pas toujours été mises en place sans douleur. De plus, dans nos établissements, les plaies de réformes antérieures n'étaient pas encore complètement cicatrisées. Nous ne voulions pas provoquer un traumatisme supplémentaire.

Nous avons cherché un dispositif réellement innovant mais qui soit parfaitement compatible avec des pratiques traditionnelles. Cette contrainte s'est évidemment appliquée à nos documents pédagogiques. Nous avons donc opté pour un cadre dans lequel chaque enseignant est libre de choisir la pratique avec laquelle il est le plus à l'aise.

**Respecter l'environnement**

L'aménagement d'une réforme dans une discipline provoque des effets de bord dans les disciplines adjacentes au niveau des volumes horaire ou du contenu des programmes. Nous avons voulu les réduire au minimum.

Nos travaux dirigés, par exemple, se sont inscrits dans les tranches horaires imposées par l'institution. Nous n'avons réclamé aucun aménagement d'horaires particuliers.

En revanche, concernant les programmes, il a été difficile d'en maintenir l'ensemble des contenus. Cependant, nous savons que

si les pratiques actives nécessitent plus de temps (à volume constant, c'est donc le contenu du programme qui en souffre), ce désagrément est largement compensé par la qualité de l'apprentissage. Nous avons parié sur le fait que notre méthode aurait les mêmes effets.

**Les séances de travaux dirigés : autonomie et coopération**

Notre approche est inspirée des méthodes actives [3 & 5], en particulier sur les aspects coopératifs et sur le rôle de tuteur qu'y joue l'enseignant. Nous nous en écartons dans le fait que les étudiants n'ont pas de problèmes à résoudre mais un parcours d'exercices progressifs à suivre.

Nous expliquons dans cette section pourquoi nous avons supprimé les corrections. Ensuite nous abordons les aspects coopératifs de notre méthode et le rôle que joue l'enseignant. Puis nous expliquons le rôle particulier que joue le tableau. Enfin nous expliquons comment nous faisons évoluer les supports pédagogiques en les adaptant sans cesse aux difficultés réelles de nos étudiants.

**Aucune correction d'exercice**

Le coeur de notre méthode repose sur le fait qu'aucune correction n'est fournie à aucun moment de la formation. L'étudiant ne peut compter que sur lui, les ouvrages de références et sur ses pairs pour obtenir des solutions aux exercices qu'on lui propose. Il comprend assez vite que s'il attend "qu'il se passe quelque chose", d'une part il s'ennuiera jusqu'à la fin de la séance, d'autre par il n'aura aucun moyen d'obtenir l'information qu'il est venu chercher. Il n'a d'autre choix que de se plonger dans le premier exercice. Exercice qu'il réussit, à sa grande surprise, en quelques minutes. L'ennui et l'inquiétude sont donc les premiers moteurs de l'activité de nos étudiants, avant que le plaisir d'apprendre ne les remplace.

Dans ce contexte, céder en donnant une correction, même partielle, stoppe net le processus d'apprentissage. Les vieilles habitudes reviennent : puisqu'on a obtenu une correction cette fois, il suffit d'insister suffisamment pour que les corrections suivantes apparaissent au tableau.

La consigne donnée à l'équipe enseignante est donc claire : "Aucune correction ! Jamais !"

**Les étudiants s'entraident et coopèrent**

Comme le dit [4], il faut utiliser "le groupe (...) comme moteur de l'apprentissage". De même que [4], nous pensons que "l'on comprend mieux soi-même quand on est amené à expliquer à d'autres." C'est sur cette base que les séances de travail fonctionnent. Selon les cas, les étudiants sont répartis en groupe de 6 à 8 autour d'une table ou sont plus simplement laissés libre de circuler et de communiquer dans la salle. Les discussions et débats y sont encouragés et l'entraide est favorisée.

Il faut toutefois noter que si la communication et l'entraide sont favorisées, il ne s'agit pas pour autant d'un travail en groupe. La consigne donnée est la suivante : s'appuyer sur les pairs pour se sortir de situations difficiles, pour comparer ses résultats, etc. mais pas pour recopier le résultat.

Cette consigne est vécue parfois comme une contradiction ce qui révèle l'une de nos difficultés. Trouver l'équilibre entre le travail coopératif et le travail personnel est en effet la principale faille

de notre dispositif. Il est matériellement impossible de séparer les groupes puis de les reconstituer rapidement lorsque le besoin s'en fait sentir. Devant cette difficulté certains d'entre nous préfèrent former de groupes et d'autres font le choix inverse.

#### ***Le tuteur organise, oriente, confronte, valide...***

Le tuteur passe dans les rangs ou autour des groupes pour contrôler le processus. Bien qu'en retrait, c'est finalement lui le régisseur de séance.

Son premier rôle est de proposer un parcours d'exercices adapté à chaque étudiant : éviter les situations de blocage des plus faibles, l'ennui des étudiants les plus doués, etc. Un parcours type est proposé qui conviendra au plus grand nombre. Mais face à une difficulté le tuteur propose une déviation personnalisée vers une activité qui permettra de la lever et de reprendre le parcours normal. Une parfaite connaissance des documents pédagogiques est donc primordiale pour bien guider la séance.

Le tuteur est ensuite un facilitateur d'apprentissage. Il guide par ses questions, renvoie aux ouvrages de références, provoque des débats autour des points polémiques, valide éventuellement les réponses, etc.

Enfin, l'enseignant assure le maintien de l'ambiance de travail. Une ambiance conviviale est importante mais elle doit rester studieuse. Dans le cas de travail en groupes, il faut remanier leur constitution à chaque fois que cela est nécessaire afin de maintenir l'ambiance adéquate ou pour faire progresser un groupe en difficulté, etc.

Le rôle de l'enseignant n'est donc plus d'enseigner mais de placer les étudiants dans les conditions idéales d'apprentissage et de garantir le maintien de ces conditions tout au long de la séance de travail.

#### ***Plus de tableau (ou presque)***

Dans une telle organisation, le tableau a, de fait, une place inhabituelle. Il est utilisé pour réguler le déroulement de la séance de travail. Le tuteur y inscrit, dans le plus grand silence, des informations d'organisation, la rectification d'erreurs d'énoncés, à de rares occasions, le rappel succinct d'un point de cours, etc.

Le principal levier de régulation dont dispose le tuteur est l'ajustement du parcours d'exercices, nous l'avons vu. Les textes de travaux dirigés sont longs et proposent volontairement des activités répétitives. Certains exercices peuvent être sautés, d'autres sont indispensables. Le rôle du tableau est d'afficher le parcours d'exercices à réaliser. Ce dernier est ajusté en temps réel en fonction de la progression des étudiants et de leurs difficultés. Une autre situation où le tableau joue un rôle primordial peut être lorsqu'une question est posée à plusieurs reprises révélant une difficulté. Les informations jugées strictement nécessaires au déblocage de la situation sont alors inscrites au tableau sans que soit interrompue l'activité des étudiants. Le tuteur n'a plus qu'à pointer du doigt le tableau pour débloquer la situation. L'information restera tant que tous n'auront pas passé la question difficile.

Grâce à cette exploitation du tableau, la séance est pilotée par l'enseignant à travers des informations écrites sans qu'à aucun moment la dynamique de travail de la classe n'ait été interrompue par des interventions orales réclamant l'attention de tous.

#### ***Le pédagogue apprend et améliore le dispositif***

La séance de travaux dirigés est une occasion formidable pour le pédagogue d'en apprendre sur ses étudiants et d'améliorer le dispositif.

Lorsqu'une erreur nouvelle apparaît sur un cahier, l'enseignant cherche à en comprendre l'origine, la logique et la cohérence en discutant avec l'étudiant. Cette matière première lui servira à concevoir de nouvelles activités dans le but d'apporter des réponses spécifiques à chaque difficulté.

Ainsi, petit à petit, les difficultés réelles trouvent, dans les supports pédagogiques, des exercices qui leur sont parfaitement adaptés.

### **Les supports pédagogiques : apprendre et maîtriser une notion en trois temps**

Notre méthode exige un style de rédaction des supports pédagogiques particulièrement directif et exempt de toute ambiguïté. Le moindre manquement à cette exigence peut provoquer des situations de blocage et rendre les séances inefficaces. Un soin particulier est donc apporté à leur rédaction et à la cohérence du parcours qu'ils proposent.

Les supports pédagogiques sont structurés selon des séquences en trois temps de difficulté croissante. L'étudiant est amené, petit à petit, à résoudre des problèmes qu'il jugeait hors de portée.

Chaque séquence est consacrée à une seule notion. En une séance de travaux dirigés plusieurs notions sont abordées, chacune à travers une séquence qui lui est propre.

Nous avons dénommé les trois phases de la séquence lire, écrire et résoudre. Lire propose des exercices d'analyse ; écrire des exercices d'application directe ; enfin la troisième phase, résoudre, rassemble des énoncés plus classiques de type problème qui mobilise éventuellement des notions antérieures.

Nous détaillons dans cette section chacune des trois phases. Nous en expliquons les objectifs, le principe, et donnons un exemple tiré d'une séquence réelle qui porte sur la notion d'alternative if... else en langage C.

#### ***Commencer par lire***

Première phase d'une séquence qui en compte 3, lire est capitale à plus d'un titre.

Elle l'est d'abord par son objectif d'apprentissage. Il s'agit d'introduire une notion et d'en faire comprendre les principes élémentaires. En général, cette notion est considérée comme nouvelle, bien qu'elle ait pu être abordée pendant le cours magistral. Elle l'est ensuite, par rapport à l'autonomie qu'elle met en place vis-à-vis de la recherche d'informations. A ce stade, les exercices sont d'une extrême simplicité. Si bien que le tuteur se refuse à donner la moindre indication. Pour répondre à ces premiers exercices, l'étudiant doit se plonger dans ses notes de cours et les ouvrages de références mis à sa disposition, les plaçant d'emblée comme principale source d'information.

Elle l'est enfin par la relation émotionnelle et motivationnelle qu'induisent ces premiers exercices entre l'étudiant et cette nouvelle notion. Le déroulement de lire conditionne l'appréhension qu'aura l'étudiant de cette nouvelle notion lors des 2 phases suivantes. S'il la juge d'emblée inaccessible, la partie est terminée. Il sera difficile d'attendre de lui l'autonomie et la motivation nécessaire à un bon apprentissage. A l'inverse, si l'exercice est réussi, l'étudiant satisfait se prendra au jeu de la découverte.

La phase lire est constituée d'exercices d'analyse simples pour lesquels l'étudiant trouve rapidement des réponses. Les questions trop ouvertes du type "analyser le programme ci-dessous" sont proscrites. La réponse attendue dans ce type de question n'est pas clairement identifiable ce qui bloque l'étudiant. On préférera des questions très précises ou des activités ludiques telles que compléter des tableaux (fig. 1), classer des éléments, faire des associations, trouver des erreurs, etc.

La même activité est proposée plusieurs fois avec des degrés de difficulté croissante. La nouvelle notion est ainsi analysée à un rythme rapide ce qui procure chez l'étudiant un sentiment de satisfaction très motivant.

Programme	dans a	dans b	dans m
1: void main(void) { 3: int a = 2, b = 3, m; 4: 5: if (a > b) 6: m = a; 7: else 8: m = b; 9: }	2	3	?

1) Indiquer l'ordre d'exécution des lignes de ce programme et barrer les lignes qui ne sont pas exécutées.

2) Remplir le tableau en donnant la valeur prise par chaque variable à chaque ligne du programme.

**Fig. 1.** Un exercice d'introduction à l'alternative if... else. Il s'agit d'analyser un programme très simple qui calcule la valeur maximale entre deux valeurs entières. L'étudiant doit remplir un tableau montrant le déroulement d'un programme extrêmement simple. L'exercice ne prend qu'une minute.

Lorsque la phase de lecture est terminée, l'étudiant est prêt à écrire, seul, des programmes simples.

### Ecrire

Le temps d'écrire arrive donc. L'objectif de cette seconde phase est de permettre à l'étudiant de s'approprier la notion qu'il vient de découvrir en la manipulant à travers des exercices d'écriture et de transformation.

Les premiers exercices de ce second temps ne demandent pas d'aptitude à poser un problème. Il s'agit d'appliquer directement la notion dans des cas non contextualisés (fig. 2). On pourra, par exemple, proposer des activités de correction, des activités inspirées des "texte à trous", des transformations (passage d'une représentation du concept à une autre), etc.

Durant cette phase, l'étudiant est bien souvent amené à revoir les réponses qu'il a données dans la phase précédente. Il en tire des généralités qu'il applique à ses manipulations.

Ecrire les programmes correspondant aux phrases suivantes où a, b et c sont des entiers :

- 1) Si a est égale à b, alors c prend la valeur nulle.
- 2) Si a est plus grand que b, alors c prend la valeur de a, sinon il prend la valeur de b.
- 3) Si a est positif et que b est positif également, alors c vaut 1, sinon, si a est négatif, alors c vaut 0 sinon c vaut -1.

**Fig. 2.** Un exercice de transformation qui consiste à passer de la formulation en français d'un algorithme à sa version codée en langage C. L'exercice ne prend, là encore, que quelques minutes.

Les activités sont répétées à un rythme rapide qui donne à l'étudiant un sentiment de maîtrise. La satisfaction est plus grande

à chaque exercice. L'étudiant se prend définitivement au jeu.

On peut alors introduire quelques pièges destinés à placer l'étudiant devant ses erreurs de représentation ou ses incohérences de raisonnement. Un rapide échange avec l'enseignant permettra d'en identifier la cause et de tirer un formidable apprentissage de ce trébuchement.

En fin de phase écrire, les exercices proposés sont légèrement contextualisés. On prépare la phase suivante de la séquence (fig. 3). La notion étant mise à profit dans des contextes simples, des relations se tissent entre des problèmes d'algorithmique simple et leur "mise en équation" informatique.

Ecrire un programme qui calcule la racine carrée rx d'un nombre réel x en vérifiant au préalable que ce nombre est bien positif. On pourra utiliser un appel à la fonction sqrt de la bibliothèque standard.

**Fig. 3.** Un exemple d'exercice légèrement contextualisé. L'algorithme à mettre en œuvre est décrit en langage courant. L'étudiant doit arriver à le formaliser en termes informatiques.

Maîtriser la progression en difficulté est capitale dans cette phase. Un mur trop haut à franchir démotivera rapidement l'étudiant tandis qu'une progression trop lente le lassera assurément. Le texte proposera bien souvent une progression adaptée aux plus faibles, progression que le tuteur module pour chaque étudiant.

### Résoudre de vrais problèmes

La dernière phase de la séquence ressemble à nos travaux dirigés "classiques". Il s'agit de problèmes pleinement contextualisés nécessitant d'identifier les données fournies, les résultats à produire et un algorithme plus ou moins complexe à mettre en oeuvre (fig. 4).

Durant cette phase, l'étudiant met en oeuvre la notion dans toute sa complexité. Il parvient, parfois avec un peu d'aide de l'enseignant, à résoudre des problèmes qu'il ne pensait pas à sa portée en début de séquence.

Une année est bissextile si son millésime est multiple de 4. Ceci est vrai, sauf pour les années séculaires qui ne sont donc pas bissextiles. Enfin, il y a une exception à l'exception. Bien que séculaire, une année dont le millésime est un multiple de 400 est bissextile.

Proposer un programme qui détermine si l'année en cours est bissextile ou non.

**Fig. 4.** Véritable problème mettant en œuvre l'alternative. Quelques tests de divisibilité permettent de le résoudre.

Les problèmes proposés nécessitent parfois la mise en oeuvre des notions abordées dans les séquences précédentes si bien que leur complexité est sans limite. Chaque étudiant y trouve alors son compte. Les plus lents arrivent jusqu'aux premiers problèmes et parviennent à les résoudre. Les plus rapides atteignent les problèmes les plus difficiles sur lesquels ils s'avouent certes vaincus mais avec la satisfaction d'être arrivés jusque-là.

### Un premier bilan

Nous pouvons tracer un premier bilan de ces deux expériences, bilan qui repose sur les résultats des étudiants aux examens, les résultats d'une enquête menée auprès d'eux, et notre opinion personnelle après 2 années d'expérience.

Tout n'est pas rose, bien évidemment et la méthode rencontre quelques oppositions fortes tant du côté des étudiants que du côté des enseignants. Comme toute pratique, elle ne convient pas à tout le monde. Mais les bénéfices qu'elle apporte sont tels qu'un retour

en arrière nous semble inconcevable. Nous dressons dans cette section un bilan, d'abord centré sur l'étudiant. Nous faisons ensuite une critique plus qualitative que quantitative sur l'évolution du niveau général des étudiants et de leurs aptitudes. Enfin nous abordons les difficultés rencontrées du côté des enseignants.

#### *Des étudiants autonomes et heureux d'apprendre*

Notre méthode n'est pas miraculeuse. Une frange très minoritaire de la population étudiante n'adhère pas et se retrouve en situation d'échec au bout d'un semestre. Certains parce que l'absence de corrections les déstabilise fortement, d'autres parce que la progression des exercices n'est pas encore assez lente, enfin les derniers par refus de jeu. Si nous regrettons les premiers, nous sommes convaincus que les deux catégories suivantes sont considérablement réduites par rapport à une méthode traditionnelle.

En revanche, pour tous les autres, les bénéfices sont indéniables. Nous avons observé des comportements que nous ne pensions pas possible de la part de nos étudiants. Ils acquièrent rapidement une autonomie remarquable et se prennent en charge sans que l'enseignant ait besoin d'intervenir. Ils ont trouvé et acquis des méthodes de travail efficaces. Etc.

Du point de vue de leur comportement social, les choses ont aussi changé. Le groupe est une entité soudée et l'entraide est devenue naturelle.

Quant à l'opinion des étudiants sur cette méthode, les enquêtes montrent une réelle satisfaction et un plaisir d'apprendre qui les étonne eux-mêmes. En majorité, ils trouvent ou retrouvent ce plaisir qui devient alors un formidable moteur pour la suite de leur cursus.

#### *Des résultats au moins aussi satisfaisant qu'auparavant*

En termes de résultat brut, il est difficile de quantifier les bénéfices de notre approche. Les travaux dirigés ont changé mais les examens aussi. Une certitude au moins : le niveau de nos étudiants n'est pas plus faible qu'avec une pédagogie traditionnelle.

Les observations des enseignants qui encadrent nos étudiants dans les trimestres suivants apportent quelques éléments de réponses. Les commentaires sont mitigés : Les enseignants reconnaissent un changement radical de comportement des étudiants en termes d'autonomie, de volontarisme et de curiosité. Ils déplorent cependant une réduction importante des contenus sans pouvoir affirmer que les précédentes promotions en savaient plus, concédant qu'il ne suffit pas qu'une notion soit au programme pour qu'elle soit suffisamment maîtrisée.

#### *Savoir dévisser un tableau n'est pas inné*

Notre démarche s'est inscrite, d'emblée dans une volonté de respecter la liberté des enseignants et leurs choix pédagogiques. En particulier, les supports pédagogiques que nous avons mis au point permettent tout autant de pratiquer notre méthode que de fonctionner selon une démarche classique. De ce point de vue, aucune contestation n'est à déplorer dans les équipes enseignantes. Des difficultés ont cependant révélé un réel besoin de formation chez les enseignants qui se sont essayés à notre méthode.

D'une part, une partie importante de nos collègues se trouvent mal à l'aise dans cette pratique. Renvoyer par exemple aux étudiants leur questionnaire plutôt que leur servir "les bonnes explications au bon moment" est vécu comme une frustration parfois difficile à surmonter. Sur ce point, nous n'avons pas d'inquiétudes. A force de discussions, les mentalités évoluent.

D'autre part, nous avons lourdement insisté sur le fait qu'il ne fallait donner aucune correction mais nous n'avons malheureusement donné aucune consigne sur ce qu'il fallait faire. Une partie de nos

collègues en a conclu qu'il fallait "laisser faire" les étudiants, attitude aussitôt sanctionnée par des groupes à la dérive.

Des aménagements vont donc être faits concernant la formation des tuteurs : la pratique du "tableau dévissé" s'apprend.

Par ailleurs, en échangeant nos documents, nous avons réalisé que, bien que maîtrisant la méthode, il nous était très difficile de travailler avec les documents pédagogiques produits par un autre. La connaissance que l'on a du sujet et la confiance qui en résulte est donc un facteur déterminant pour assurer une bonne conduite des séances de travail, plus encore que nous l'avions imaginé au départ. Dans la mesure où il ne suffit plus de connaître la solution des exercices pour diriger la séance, un "guide du tuteur" accompagnant chaque support de TD est nécessaire.

Outre ces difficultés, les bénéfices de cette pédagogie sont aujourd'hui partagés par une part importante de nos collègues si bien que l'expérience est aujourd'hui en passe de se diffuser vers d'autres disciplines.

## Conclusion

Nous voulions, tout à la fois, trouver une réponse à la passivité de nos étudiants en leur redonnant le plaisir et l'envie d'apprendre mais sans bouleverser ni l'institution et ni nos collègues. Nous avons présenté une méthode pédagogique répondant à cette double volonté. Elle repose sur une progression structurée d'exercices pour lesquels nous ne donnons jamais aucun élément de correction. Devant l'absence de corrigé, l'étudiant n'a d'autre choix que de chercher lui-même les réponses aux exercices. Dans cette méthode, la place de l'enseignant n'en est pas pour autant moindre, au contraire. Il n'enseigne plus à proprement parlé, il se transforme en tuteur. Il est en retrait, certes, mais joue un rôle essentiel de régisseur de séance et de facilitateur d'apprentissage.

Notre méthode montre des résultats très satisfaisants. La grande majorité des étudiants trouvent effectivement le plaisir que nous cherchions à provoquer chez eux. Quelques points sont cependant à améliorer, en particulier dans la formation des enseignants au métier de tuteur.

La méthode du "tableau dévissé", initiée pour l'enseignement de la programmation, est prometteuse à plus d'un titre. D'abord pour les résultats qu'elle produit, ensuite par la transition douce qu'elle autorise depuis une pédagogie plus traditionnelle. Nous sommes convaincus qu'elle est transposable à d'autres disciplines.

## Références

- [1] D. R. Woods (1994). Problem-Based Learning : How to Gain the Most from PBL, McMaster University.
- [2] L. Guilbert, L. Ouellet, (2004). Etude de cas - Apprentissage par problème, Presses de l'Université du Québec.
- [3] E. Milgrom, (2002). Construire une formation d'ingénieur : le rôle de l'apprentissage actif, actes du colloques de l'AIPU 2002, Louvain-la-Neuve
- [4] E. Aguirre, C. Jacqmot, E. Milgrom, B. Raucet, A. Soucisse, Ch. Trullemans, C. Vander Borght, (2002). Devenir ingénieur par apprentissage actif. <http://www.fsa.ucl.ac.be/candis/publications/>.
- [5] G. Lachiver, D. Dalle, N. Boutin, A. Clavet, F. Michaud, J.-M. Dirand (2002). Programmes de génie électrique et de génie informatique axés sur le développement de compétences et des projets à l'Université de Sherbrooke, IEEE Canadian Review, Summer 2002.
- [6] J. S. Thousand, R. A. Villa, A. I. Nevin (dir.) (1999). La créativité et l'apprentissage coopératif, Editions Logiques.

# UN SYSTÈME DE COMMANDE EN TEMPS RÉEL, DE FAIBLE COÛT

Par Jocelyn Sabatier, Christian Pécoste, Ludgi Vingataramin - IUT de Bordeaux - Département GEII - Université Bordeaux 1

15, rue Naudet - CS 10207 - F33175 GRADIGNAN Cedex - Tél : +33 (0)5 56 84 57 39 - Fax : +33 (0)5 56 84 57 83

Email : [prenom.nom@u-bordeaux1.fr](mailto:prenom.nom@u-bordeaux1.fr) - URL : <http://www.iut.u-bordeaux1.fr/geii/>

**Résumé :** Un système de commande en temps réel utilisant LABVIEW est présenté dans cet article est appliqué à la commande en vitesse d'une maquette pédagogique. Les avantages en termes de coût, performance, convivialité, de la solution utilisée sont également discutés.

**Mots clés :** Automatique, Système de commande temps réel

## 1-Introduction

Lorsque l'on souhaite développer un système de commande en temps réel, pour par exemple illustrer la mise en œuvre de correcteur numériques dans le cadre de TP d'Automatique, deux types de solutions peuvent être envisagés :

- avoir recours à un système de prototypage rapide disponible sur le marché [1-4],
- utiliser un noyau ou un exécutif temps réel sur diverses plateformes [5-7].

La première classe de solutions conduit à des coûts souvent très élevés car elle impose l'achat simultané de logiciels et de matériel dédiés. La seconde solution permet de s'affranchir d'un tel coût mais conduit à des développements fastidieux, difficile à maintenir et souvent le résultat est peu convivial. Par ailleurs, cette solution impose parfois l'utilisation d'outils et de plateformes peu répandues et qui ne seront surement plus jamais utilisées par les étudiants.

Du fait de la politique commerciale que mène National Instruments auprès des Universités Françaises, il existe tout de même une solution qui allie performance, convivialité, simplicité de développement et faible coût.

Cette solution est présentée dans cet article et appliquée à la commande en vitesse d'une maquette pédagogique. L'intérêt de la solution retenue est discutée.

## 2 - Description de la solution retenue

### 2.1 - Description générale

La solution que nous avons retenue est une solution proposée par la société National Instruments parmi l'ensemble permis pour l'utilisation du module « Real time ». Comme l'illustre la figure 1, cette solution met en œuvre deux ordinateurs de type PC. L'un des deux ordinateurs est défini comme le « PC hôte ». Ce PC sert à développer sous le logiciel LABVIEW, les applications qui devront être exécutées en temps réel. Le second PC, défini comme le « PC cible » est utilisé dans cette configuration comme simple processeur de calcul et moyen de stockage de données. Les deux PC sont reliés par une liaison Ethernet. Cette

liaison permet de transférer vers le PC cible, les applications à faire fonctionner en temps réel. Lors de la mise en route de l'application, la liaison Ethernet permet également des échanges d'informations entre les 2 PC (modification de paramètres, visualisation de signaux, ...).

Le logiciel LABVIEW et le module « Temps réel » doivent impérativement être installés sur le PC hôte. Des modules supplémentaires devront être installés selon la nature de l'application qui est à concevoir. Le PC cible nécessite quant à lui un formatage complet et doit subir une procédure d'installation très peu complexe et largement décrite dans [8-9]. Pour communiquer avec le système à commander, le PC cible doit être équipé d'une carte entrée-sortie. La communication peut également être effectuée par tout autre moyen permis par un ordinateur PC et le logiciel LABVIEW (liaison série / parallèle, ...).

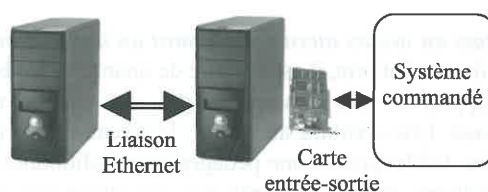


Figure 1 – Description du système de commande mis en œuvre

### 2.2 - Surtout ne jetez rien !!!

Le titre un peu singulier de ce paragraphe a pour but d'alerter le lecteur sur le caractère peu onéreux de la solution décrite au paragraphe précédent. Elle peut en effet être mise en place en réutilisant du matériel informatique obsolète. Certaines parties du système de commande déjà existant peuvent également être réutilisées comme le démontre la description technique qui suit et qui concerne la constitution du PC cible. Aucune contrainte n'est imposée au PC hôte.

Le PC cible - Pour le PC jouant le rôle de cible, National Instruments préconise comme configuration minimale, un Pentium III muni d'un lecteur de disquette 5"1/4. Nous avons cependant réussi des implantations sur des Pentium II sans aucun problème (il est simplement nécessaire d'utiliser le fichier lvalarms.dll du répertoire 7046 plutôt que celui du répertoire 7063 préconisé dans [9]). Aucune restriction n'est imposée sur la taille de la mémoire vive ni sur la taille du disque dur (10 Mo suffisent). Ces paramètres vont tout de même conditionner la vitesse d'exécution de l'application et le volume des données (mesures) stockables. Le renouvellement périodique des postes de travail imposé par l'évolution des matériels et logiciels, pourra donc être l'occasion de reconvertir un PC obsolète en PC cible.



La carte réseau - La carte réseau nécessaire à la communication entre le PC cible et le PC hôte doit pouvoir être supportée par la couche logicielle qui s'implante sur le PC cible. National Instruments fournit la liste des « chipset » qui sont supportés [10]. Les cartes réseaux correspondantes ne sont généralement pas les cartes standards implantées dans un PC. Un léger investissement est donc à envisager.

La société National Instruments entretient des relations privilégiées avec les centres informatiques d'un grand nombre d'universités Françaises. Cela permet aux différents départements de l'Université d'avoir accès à des licences site complètes pour des cotisations annuelles modestes (quelques centaines d'euros, pas seulement dédié au montage du système de commande mais à l'ensemble des activités autour de Labview dans le département concerné). A ce coût logiciel, doit être rajouté le prix d'une carte

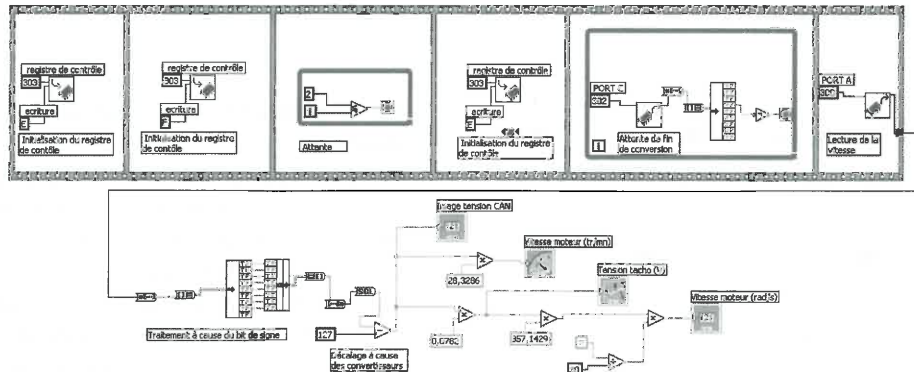


Figure 2 – Exemple de mise en œuvre d'une carte entrée-sortie par manipulation de ses registres internes au moyen des fonctions Inport8 et Outport8.

La carte entrée-sortie - La carte entrée sortie nécessaire à l'échange de données avec le système commandé peut être choisie parmi l'ensemble du matériel National Instruments supporté [10]. Cependant, une fois encore, votre matériel quelque peu obsolète peut être encore réutilisé. Si le PC cible appartient à une vieille génération, il dispose encore sûrement d'un bus ISA ce qui permet de réutiliser les cartes (PC-axe, Digimetrix, ...) qui existaient sur votre ancien système de commande. A titre d'exemple, la figure 2 montre comment les fonctions Inport8 et Outport8 (lecture et écriture d'une donnée de 8 bits à une adresse spécifiée) peuvent être utilisées pour effectuer la conversion (sur 8 bits) analogique numérique d'une information de vitesse à partir d'une carte de marque « Feedback » (d'adresse basse 0x300) et connectée à une génératrice tachymétrique. Cette figure montre notamment l'utilisation de la structure « Flat sequence » de Labview pour l'initialisation des registres de la carte et la reconstitution de la vitesse et de son signe. On notera tout de même que l'utilisation d'un matériel trop ancien peut limiter les performances du système global en augmentant les temps de traitements. Ce point sera développé au paragraphe 3.

Le clavier et l'écran - Pour permettre le démarrage du PC cible, un clavier doit lui être connecté au démarrage. Lors de la mise en place du PC cible et pendant les phases de maintenance, un écran est nécessaire. Il peut être supprimé lors des phases normales d'utilisation.

En ce qui concerne la constitution du PC cible, aucun autre matériel n'est nécessaire. National Instruments préconise même la suppression de cartes implantées sur la carte mère telles que des cartes son, modem ...

### 2.3 - Coût de la solution développée

Comparée à l'existant, la solution que nous avons retenue présente un très bon rapport qualité prix, prix dont nous proposons à présent une évaluation.

réseau (environ 45 Euros). Aucun autre investissement n'est nécessaire si un PC et une carte entrée-sortie de récupération est utilisée. Environ 500 Euros devront être rajoutés pour l'achat d'une carte entrée-sortie de National Instruments de type PCI 6221.

## 3 - Mise en œuvre sur un TP d'automatique

Afin d'évaluer son efficacité et sa convivialité, le système de commande en temps réel décrit dans les paragraphes précédents a été utilisé dans le cadre d'un TP d'Automatique au département GEII de l'UT de Bordeaux. L'objectif du TP est de réaliser un asservissement numérique de vitesse. La partie opérative, dont une photographie est donnée à la figure 3 est une maquette pédagogique de la société Feedback.



Figure 3 - Photographie de la maquette pédagogique utilisée

3.1 - Description du TP

Comme l'illustre la figure 4, cette maquette pédagogique est dotée :

- d'un convertisseur numérique analogique 8 bits et de buffers (qui jouent le rôle de bloqueur d'ordre 0 BOZ),
- d'un convertisseur analogique numérique 8 bits
- d'un moteur à courant continu et son amplificateur de puissance,
- d'une génératrice tachymétrique pour la mesure de vitesse,
- d'une carte au format ISA à insérer dans un PC et au travers de laquelle transitent les informations provenant du CAN et envoyées au CNA.

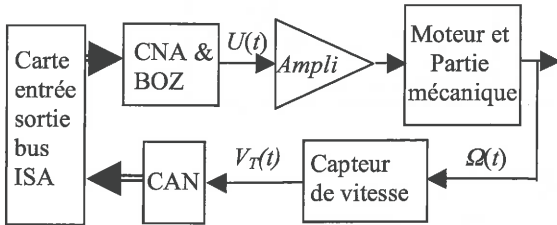


Figure 4 – Schéma fonctionnel des éléments de la maquette pédagogique utilisée pour réaliser l'asservissement

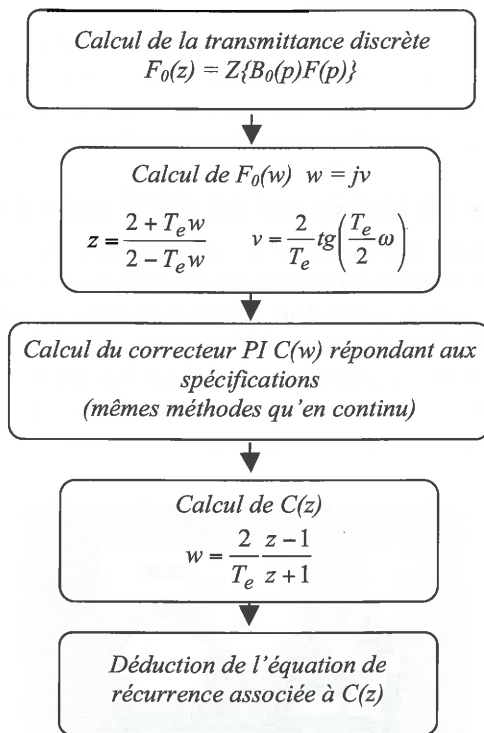


Figure 5 – Méthode de synthèse du régulateur

La partie opérative ainsi décrite est caractérisable par la fonction de transfert

$$G(p) = \frac{V_T(p)}{U(p)} = \frac{K}{1 + \tau p} \quad K = 0,85 \quad \text{et} \quad \tau = 0,28.$$

L'objectif du TP est de synthétiser un correcteur numérique de vitesse qui permet de répondre aux spécifications suivantes :

- erreur statique nulle,
- marge de phase égale à 50°,
- pulsation au gain unité en boucle ouverte égale à 20 rd/s,
- période d'échantillonnage  $T_e = 15$  ms.

Compte tenu du niveau de performance souhaité vis-à-vis de la période échantillonnage imposée (rapport de 20 entre la pulsation au gain unité et la pulsation d'échantillonnage), la synthèse du correcteur ne peut être effectuée en discrétisant l'opérateur de dérivation par une quelconque approximation. La synthèse du correcteur est transposée dans le domaine pseudo continue en utilisant l'algorithme décrit par la figure 5.

Le correcteur à implanter est finalement décrit par l'équation de récurrence :  $U(kT_e) = U((k-1)T_e) + 6.1591e(kT_e) - 5.1187U((k-1)T_e)$ .

3.2 - Implantation du régulateur dans le système de commande temps réel

La figure 6 permet de visualiser le diagramme utilisé pour mettre en œuvre la relation de récurrence précédente. La base de ce diagramme est une "boucle cadencée". Cette boucle caractérise une tâche périodique dont la périodicité peut être imposée par l'utilisateur. Outre les fonctions "lecture vitesse" et "écriture commande", réalisées en utilisant un principe analogue à celui présenté par la figure 2, ce diagramme fait apparaître un bloc IIR (Infinite Impulse Response) pour la programmation de l'équation de récurrence. Par rapport à l'utilisation de blocs PID disponibles dans la toolkit "conception et simulation de contrôle", ce choix nous est apparu plus pédagogique puisqu'il permet de faire le lien avec les cours de Traitement du Signal et d'Electronique également dispensés au département GEII. Par ailleurs, les algorithmes des blocs PID n'étant pas accessibles (comme sur l'ensemble des systèmes proposant de telles fonctions clef en main), l'utilisation de tels blocs ne permet pas la maîtrise totale de l'implantation.

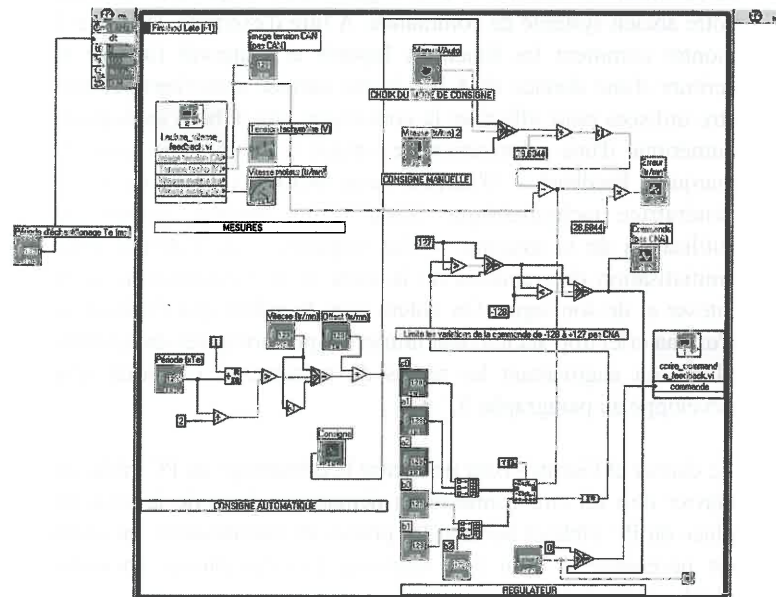


Figure 6 – Diagramme utilisé pour la mise en œuvre de la loi de commande

Le chargement du schéma s'effectue de façon très simple en seulement 2 opérations :

- choix de la cible sur laquelle doit être exécutée l'application à partir du champ "Switch execution target" du menu "Operate" ;
- compilation et lancement de l'application du champ "Run" du menu "Operate".

Il est à noter qu'au cours de l'exécution de l'application, l'affichage des courbes et des indicateurs est en permanence rafraîchi, et que les modifications des paramètres entrants (coefficient du PI, consignes,...) sont prises en compte.

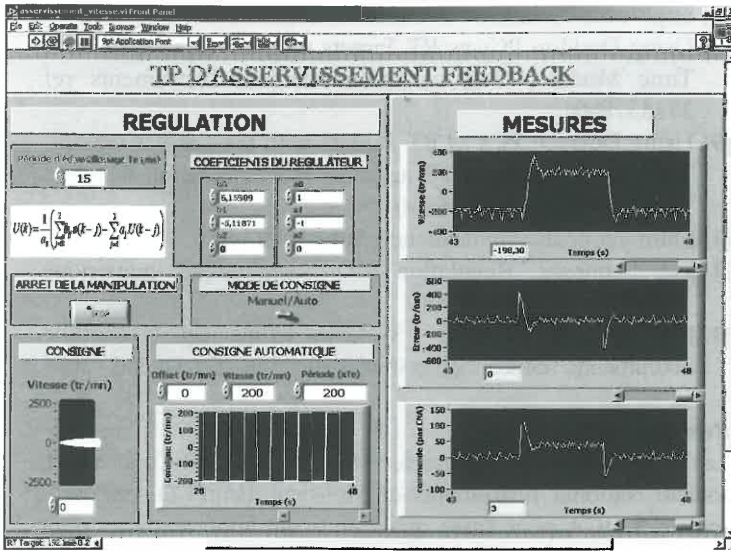


Figure 7 – Face avant correspondant au diagramme

3.3 - Mise en évidence des contraintes temporelles et évaluation des performances du système

Grâce à l'outil "Labview execution trace toolkit" il est simultanément possible :

- de vérifier que les contraintes temporelles liées à l'implantation de la loi de commande sont vérifiées,
- d'évaluer les performances du système de commande.

Cet outil peut se mettre très simplement en œuvre par l'ajout de deux blocs sur le diagramme de l'application comme l'illustre la figure 8.

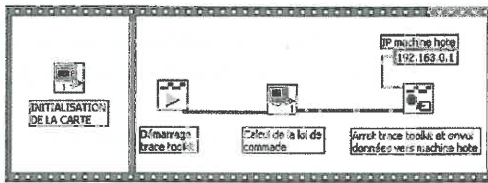


Figure 8 – Mise en œuvre de l'outil « Labview execution trace toolkit »

A l'arrêt de l'application, la fenêtre de l'outil "Labview execution trace toolkit" est chargée avec les chronogrammes sur lesquels figurent l'appel aux blocs principaux qui composent l'application. Sur la figure 9, qui correspond aux chronogrammes de l'asservissement de vitesse précédemment décrit, il est alors possible de vérifier que la période d'échantillonnage (15 ms) est bien respectée et que les temps de traitement ont une durée minimale par rapport à la période d'échantillonnage. On peut alors conclure que la méthode de synthèse décrite par la figure 5 est tout à fait valide.

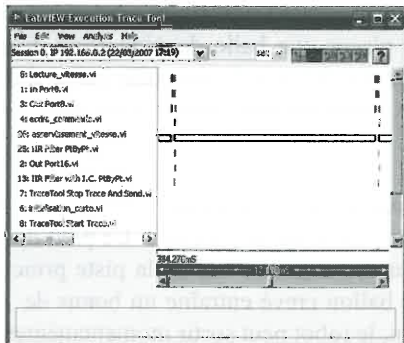


Figure 9 – Chronogrammes des appels aux fonctions de l'asservissement de vitesse.

Un élargissement de la partie correspondante au calcul de la loi de commande fait apparaître 3 zones :

- zone 1 - lecture de la vitesse du moteur,
- zone 2 - calcul de la nouvelle commande,
- zone 3 - écriture de la nouvelle commande.

Ces trois zones apparaissent sur la figure 10 et ont une durée totale de 350 µs. Une analyse plus fine des chronogrammes permet même de dire que la plus grande partie du temps de calcul est consacrée à la lecture de la vitesse du moteur et très précisément à la conversion analogique numérique. En effet, en reprenant le schéma de la figure 2, on constate que l'attente de la fin de conversion s'effectue après trois appels de la fonction Inport8.

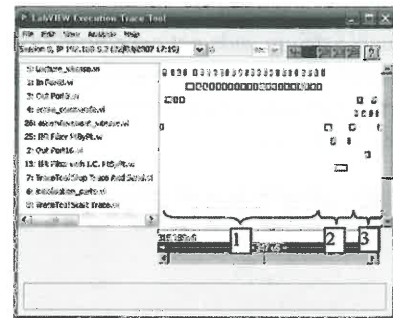


Figure 10 – Chronogrammes des appels aux fonctions de l'asservissement de vitesse.

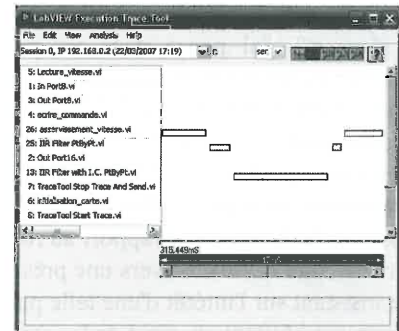


Figure 11 – Chronogrammes des appels aux fonctions durant le calcul de la nouvelle commande.

Un élargissement de la zone 2 de la figure 10 révèle alors que le calcul de la commande s'effectue uniquement en 50 µs environ (voir figure 11).

Cette analyse permet de conclure que le système de commande présenté dans cet article est très largement assez performant pour illustrer les principes de la commande échantillonnée dans le cadre de TP. Le niveau de performance de l'ensemble du banc d'essai est en fait réduit du seul fait de la maquette commandée (et non par le système de commande) puisque les convertisseurs numérique-analogique dont elle est équipée ont un temps de conversion très important. On pourra donc accroître le niveau de performance de la solution retenue en utilisant notamment une des cartes entrées-sortie préconisée par National Instruments.

4 - Conclusion

Le système de commande en temps réel présenté dans cet article regroupe de nombreux atouts pour être utilisé dans le cadre de TP d'Automatique. Tout d'abord, la programmation graphique imposée par Labview permet une retranscription quasi directe des schémas bloc utilisés pour analyser les bouclés de commande. La solution proposée utilise également du matériel

et des logiciels maintenant très répandus dans l'industrie. Les outils logiciels qui sont créés sont généralement faciles à maintenir (langage graphique) et conviviaux de par l'ensemble des fonctions d'affichage proposées par Labview. Par ailleurs, avec un matériel de qualité relativement modeste, on peut vérifier que le niveau de performance atteint est largement suffisant pour une utilisation dans le cadre de TP d'Automatique [11] ou pour illustrer les principes de la commande en temps réel [12]. Enfin, le coût de la solution est relativement modeste du fait de la possibilité de réutiliser du matériel ancien.

### Bibliographie

- [1] <http://www.dspace.fr/ww/fr/fra/home.cfm>  
 [2] <http://www.add2.co.uk/add2/>  
 [3] <http://products.astrium.eads.net/corp/prod/00000790.htm>  
 [4] <http://www.mathworks.com/products/xpctarget/>  
 [5] <http://www.microsoft.com/france/windows/embedded/windowsce.as>  
 [6] <http://www.fsmlabs.com/>

- [7] <http://ucos-ii.com/>  
 [8] Using Desktop PCs as RT Targets with the LabVIEW Real-Time Module, Documentation National Instruments ref. 371857B-01  
 [9] Using Desktop PCs as RT Targets with the LabVIEW Real-Time Module for ETS targets, Documentation National Instruments ref. 323836A-01  
 [10] <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4480>  
 [11] D. Lequesne, Régulation PID : analogique, numérique, floue- Ed. Hermes, 2006.  
 [12] F. Cottet, E. Grolleau - Systèmes temps réel de contrôle-commande : conception et implémentation - Ed. Dunod - 2005.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Monsieur Vincent Coudre de la société National Instruments et Monsieur Bruno Orsoni de la société SAICA pour l'aide qu'ils nous ont apporté au cours de cette expérience.

## LE CONCOURS ROBOT : LES PERSPECTIVES

*Par Loïc Viel, IUT de Caen*

Quand j'ai été contacté par Gino Gramaccia, afin de rédiger un article pour le numéro 69 du GESI, sur le thème "le concours de robotique de Vierzon", j'ai pensé dans un premier temps à détailler un élément technique de notre robot.

Mais après une courte réflexion, et même si notre robot est relativement performant, il ne possède rien d'exceptionnel, du moins rien qui puisse susciter l'intérêt d'un tel article, mis à part, peut-être, le traitement du signal vidéo par un CPLD3764, afin d'extraire la position de la ligne par rapport au robot.

J'ai donc préféré orienter cet article vers une présentation globale du concours en insistant sur l'intérêt d'une telle participation, afin d'encourager ceux qui hésitent encore à se lancer dans l'aventure.

### Règlement et évolution depuis 2001

Juin 2001, juin 2007, cette année sera donc la 6<sup>e</sup> édition de notre concours national. Même si les règles ont évolué chaque année, l'esprit original est conservé :

- châssis métallique + motoréducteur + batterie, identiques pour toutes les équipes, c'est l'électronique qui doit faire la différence. Tous ces éléments sont disponibles auprès de notre collègue de Cachan, Bertrand Manuel ([bertrand.manuel@iut-cachan.u-psud.fr](mailto:bertrand.manuel@iut-cachan.u-psud.fr)). Deux moteurs, l'un pour la roue gauche, l'autre pour la droite, sont posés sur le même axe : on a donc affaire à une commande du type char.
- Le robot doit être le fruit du travail de nos étudiants : ils doivent donc être capables d'en expliquer le fonctionnement global, ainsi que tous les détails techniques lors de la soutenance orale des pré-qualifications.
- Lors de ces pré-qualifications, le robot doit être capable d'effectuer un suivi de piste sur quelques mètres et c'est tout.
- La piste, pour ceux qui ne sont jamais venus à Vierzon ou n'ont jamais vu une photo du concours, est tracée sur une moquette bleue de 8 m par 10 m, à l'aide d'un ruban adhésif de couleur blanche. En fait, on devrait dire les pistes, puisque chaque

rencontre met en jeu 2 robots, sur 2 pistes différentes. Ces pistes se croisent, obligeant les compétiteurs à respecter, comme sur notre réseau routier, la priorité à droite. Les pistes n'étant pas strictement de la même longueur, une rencontre se compose de 2 matchs afin que les deux robots aient parcouru les 2 pistes et donc la même distance au total. Ces parcours sont chronométrés, le temps obtenu est additionné (ou retranché) aux éventuels malus (ou bonus) afin d'établir un temps global.

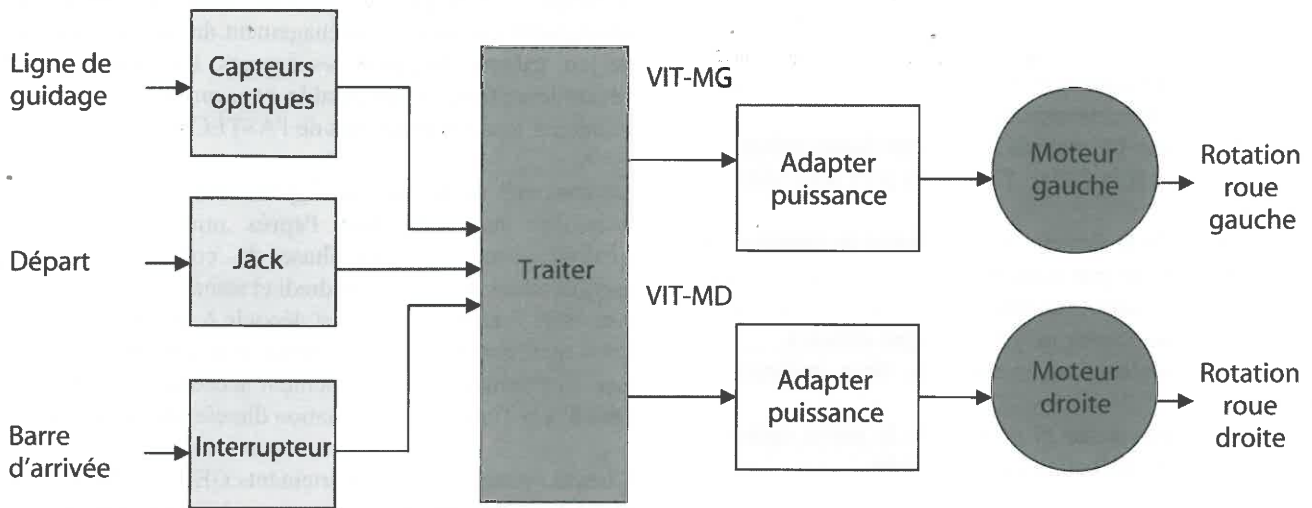
Au fil des années, ce règlement a été complété par de nouvelles difficultés.

- *raccourci* : un raccourci, indiqué par un repère placé perpendiculairement et à gauche de la piste principale, permet au robot qui l'emprunte de réaliser directement une économie de distance à parcourir, et donc de temps.
- *figure* : un double repère placé perpendiculairement à la piste principale, mais à droite cette fois-ci, lui indique qu'il peut réaliser une figure imposée, la plus complexe, un tour sur lui-même, lui permet de gagner un bonus de 15s.
- *La balle de ping-pong (abandonnée pour l'édition 2007)* : une fois la barre d'arrivée mise à terre par le robot, celui-ci a 10 secondes pour placer une balle de ping-pong dans une boîte (format A4) placée derrière la seconde barre d'arrivée, cette dernière devant rester sur son support sans quoi il en coûte un malus de 10s.
- *Ballon de baudruche (nouveau 2007)* : 2 ballons de baudruche, sont placés sur le parcours. Le pied du ballon est à 60 cm du sol et son axe à 30 cm de la piste principale, sur sa droite. Chaque ballon crevé entraîne un bonus de 15s. Afin de crever un ballon, le robot peut sortir momentanément du gabarit (longueur 40 cm, largeur 30 cm, hauteur 50 cm).

### Structure d'un robot

La réalisation de tous les points du règlement peut aboutir à une structure de robot complexe. Mais je rappelle qu'un seul de ces

points est indispensable pour être qualifié, suivre une ligne. Dans ce cas, la structure ci-dessous suffit.



Les robots présents à Vierzon présentent des solutions technologiques très différentes les unes des autres.

#### Pour le capteur optique :

- 8 capteurs optiques de proximité industriels (type automatisé)
- 8 capteurs optiques sortie TOR (réalisation maison)
- 2 capteurs optiques sortie Analogique (réalisation maison)
- Traitement (par un CPLD) du signal vidéo issu d'une camera CCD.

#### Pour le traitement des informations (pilotage du robot) :

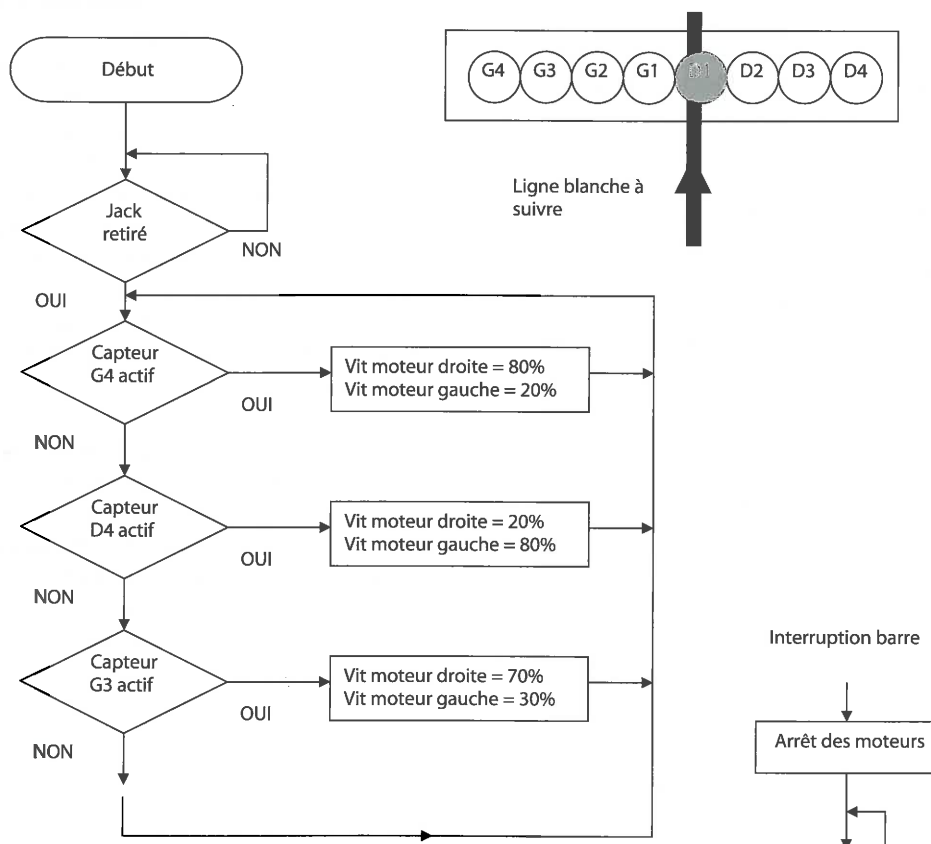
3 familles se distinguent :

- les CPLD
- les microcontrôleurs
- CPLD + microcontrôleurs (cette solution est utilisée généralement sur des structures plus complexes)

#### Pour la puissance :

Rien d'exceptionnel, on va du simple transistor MOS, au pont en H (LMD18200, L297).

Pour l'algorithme, il est très simple :



Cette structure et cet algorithme correspondent au robot engagé par notre département au concours 2001. Si on souhaite aller plus loin, c'est-à-dire répondre à l'intégralité des points du règlement et avoir un suivi de ligne propre, il faut envisager une structure plus complexe ou apparaissent les éléments suivants :

- Traitement de l'information provenant des capteurs optiques pour détecter les différents indicateurs.
- Utilisation de capteur permettant de détecter l'autre robot afin de respecter la priorité à droite. Pour notre part nous utilisons des MSU04.
- Camera CCD et CPLD associé, afin d'extraire du signal vidéo la position de la ligne par rapport au robot. Cette technique permet d'obtenir une information précise, paramètre incontournable pour obtenir un suivi de ligne efficace.
- Boucle d'asservissement en vitesse des deux moteurs de propulsion.
- Carte auxiliaire permettant la gestion de la partie opérative permettant de crever les ballons de baudruche.
- ...etc.

Ces éléments figurent sur le robot construit par les étudiants de 2<sup>e</sup> année de notre département. Il est évident que celui-ci est en partie basé sur l'expérience des années précédentes, même si chaque année deux robots nouveaux voient le jour.

### Dans quel cadre pédagogique ?

D'un département à l'autre, la réalisation des robots s'effectue dans des cadres pédagogiques très variés. En ce qui nous concerne, le robot de 1<sup>ère</sup> année est réalisé en projet tuteuré, tandis que celui de 2<sup>ème</sup> année est réalisé dans le cadre des séances de projet (2 modules de 30h en S3, 1 module de 30h en S4) qui représentent au total 90h. Ce nombre d'heures important est malgré tout insuffisant. C'est pourquoi les étudiants de 2<sup>e</sup> année viennent travailler le jeudi après midi en compagnie des 1<sup>ère</sup> année. Ce qui se traduit par des échanges fructueux et des liens qui se tissent entre les deux promotions (ce qui n'est pas inutile).

L'idée, au final, est d'avoir une équipe de 8 étudiants qui construit 2 robots et non 2 équipes construisant chacune leur robot. Afin de réduire le travail de l'enseignant encadrant le projet tuteuré (c'est-à-dire moi), l'équipe de 2<sup>ème</sup> année, formée comme vous l'avez compris de 4 étudiants, fait toujours appel à un étudiant ayant participé au concours précédent. Il apporte ainsi son expérience du concours et ses compétences techniques au reste de l'équipe.

Voilà pour notre département. Mais pour en avoir discuté avec d'autres enseignants rencontrés à Vierzon, je sais qu'il existe d'autres philosophies :

- l'ensemble des étudiants de 1<sup>ère</sup> année travaille sur le robot (3 à 4 étudiants par robot) dans le cadre des projets de 1<sup>ère</sup> année (S1, S2). Un concours interne est organisé afin de déterminer l'équipe qui sera chargée de représenter à Vierzon le département en question.
- même philosophie que la précédente, sauf que le cadre n'est plus le projet de 1<sup>ère</sup> année, mais le PPP, ce qui je vous l'avoue me surprend, mais chacun peut avoir sa propre interprétation du programme national.

### Déroulement du concours

Depuis 2001 l'ASTECH (Association pour la Promotion des filières Technologiques, basée à Vierzon), se charge de la logistique : hébergement et restauration de 150 étudiants + enseignants encadrants, aménagement du hall du concours, aire de jeu, tribune, box pour les équipes, son/lumières, etc. Cela nécessite un travail considérable, et je profite de cet article pour remercier tous les bénévoles de l'ASTECH.

Le concours se déroule sur 3 jours début juin. Nous sommes accueillis le jeudi dans l'après midi. Suivent les pré-qualifications. La 1<sup>ère</sup> phase du concours, les manches qualificatives ont lieu le vendredi et samedi matin. Chaque robot rencontre 6 adversaires. Il en découle 6 temps par robot. Seuls les 4 meilleurs temps sont retenus afin d'établir un classement. Les 16 premiers de ce classement accèdent aux phases finales (des 8<sup>e</sup> à la finale, par élimination directe) du samedi après midi.

Chaque année, 30 à 35 départements GEII (sur 54 au total) sont représentés au concours. Ce qui est déjà une belle réussite. De plus, plusieurs équipes, comme la nôtre, engagent deux robots. C'est donc 40 à 50 robots qui s'affrontent durant ces 3 jours de compétition.

### Intérêt d'une participation/Communication

Participer au concours est un vrai projet où sont présentes les notions suivantes :

- cahier des charges (règlement du concours)
  - date butoir (planning)
  - coût + gestion des commandes \*
  - travail en groupe
  - mise en pratique des connaissances acquises (électronique, programmation, VHDL, etc)
- \* j'essaie de responsabiliser au maximum les étudiants et je n'hésite pas à attribuer diverses fonctions (responsable gestion des composants, ...) en plus de leur tâche purement technique.*

L'aspect ludique du robot et le concours créent une vraie émulation chez ces étudiants, c'est pourquoi ceux-ci reviennent volontiers sur leur temps libre pour travailler à l'IUT. Ce qui, du moins à Cherbourg, devient de plus en plus rare.

Ce support est très attractif et donc très utilisé dans toutes nos opérations de promotion du département : journée du lycéen, porte ouverte, fête de la science ...

Afin de financer une partie de notre participation, nous faisons appel à des sponsors, ce qui nous oblige à communiquer : 2 conférences de presse sont organisées (l'une avant, l'autre après le concours) afin de présenter nos équipes puis les résultats à la presse et aux radios locales. Répété chaque année, cela nous donne une trentaine d'articles. Localement nous sommes connus et cette année nous avons été contactés par FR3 Normandie pour participer à l'une de leur émission. Nous avons également monté une mini exposition (panneau décrivant le fonctionnement du robot + film du concours + vitrine ou sont présentés les robots) qui est exposée tous les ans chez nos sponsors.

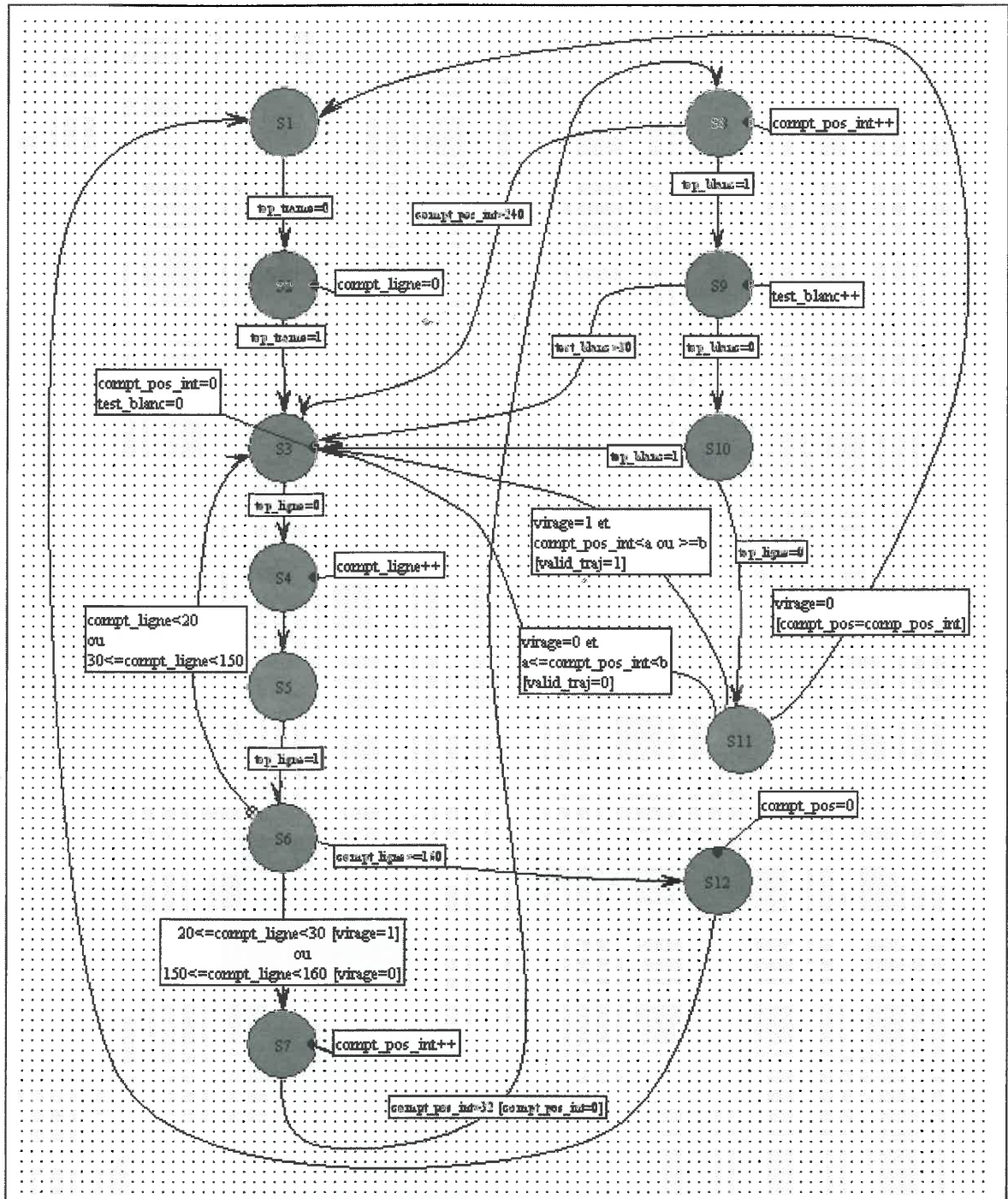
Pour rechercher des sponsors, j'ai fait simple et efficace, en

## VIE DES DÉPARTEMENTS

sollicitant nos intervenants extérieurs. Ces derniers n'ont eu aucun mal à convaincre leur direction de nous aider financièrement. De plus nous recevons une subvention du FSDIE (Fond de Solidarité et de Développement des Initiatives Etudiantes). La mairie de Cherbourg-Octeville nous donne un coup de pouce, en mettant à notre disposition un minibus. Enfin deux fournisseurs de matériel (Cypress et Raisonance) nous font des prix avantageux.

Un peu de technique : détection de la position de piste à partir d'un signal vidéo.

Depuis 3 ans nous utilisons sur le robot construit par les étudiants de 2ème année une caméra CCD pour indiquer la position de la ligne par rapport au robot. Plus exactement, c'est le CPLD qui traite le signal vidéo issu de cette caméra qui transmet cette information au microcontrôleur principal.



Algorithme de traitement du signal vidéo afin d'en extraire la position de la ligne par rapport au robot, travail réalisé par Florian Enault étudiant en 2<sup>ème</sup> année GEII à l'IUT de Cherbourg Manche.

La carte 'traitement du signal vidéo' est donc constituée :

- D'un CPLD 3764 de chez Cypress
- D'un LM1881, séparateur de ligne et de trame
- D'un comparateur (LM311), qui indique par un 5v (top\_blanc) la présence de la piste blanche.
- De leds de visualisation

La carte a évolué chaque année, mais malgré ces évolutions, elle n'était toujours pas fiable. Elle donnait en effet de temps à autre des valeurs erronées. J'ai donc demandé une nouvelle fois à un étudiant de fiabiliser cette carte. D'après les premiers résultats, je pense que cette année le but est atteint. Une nouvelle carte a donc été réalisée, permettant de 'clamper' le signal vidéo (grâce à l'entrée du LM1881) avant de le comparer à une tension de référence (détection du blanc). Mais le plus gros du travail a porté sur un nouvel algorithme présenté ci-dessous.

Cet algorithme permet également d'indiquer (valid\_traj) la présence d'un virage, ceci afin de ralentir le robot après une longue ligne droite, pendant laquelle le robot aura accéléré. Différentes variables méritent d'être présentées :

- compt\_pos\_int permet de mesurer le temps entre le début de ligne et l'apparition du top blanc (incrémenté toutes les 0,2us).
- Test\_blanc permet de mesurer le temps correspondant à la présence de top\_blanc.
- compt\_ligne permet comme son nom l'indique de compter les lignes, pour une détection de position on s'intéresse aux lignes 150 à 160, pour la détection de virage on s'intéresse aux lignes 20 à 30. Pourquoi 10 lignes ? Des tests sont effectués afin de valider les mesures, si ces derniers ne sont pas concluants, on relance la mesure sur la ligne suivante. Ces tests sont au nombre de 3 :
- Fenêtrage : on limite le champ de vision à gauche (comp\_pos\_int>32) et à droite (compt\_pos<240)
- Mesure de la largeur de la bande blanche : Test\_blanc doit être inférieur à un maximum (30)
- Sur la ligne traitée, on ne doit détecter qu'une seule ligne blanche.

## PRÉSENTATION DE L'ASTECH ET RELATION AVEC LES IUT GEII

*Par Michel Aufavre*

*Président d'Astech*

L'objectif de L'ASTECH, association de bénévoles, est d'inciter des jeunes à se diriger vers les sciences et les techniques.

Mettre en place une rencontre à caractère technologique, pour mettre en valeur des jeunes motivés est le moyen que nous avons retenu.

**La Coupe Robotique des IUT GE-II est le module charnière, à la base de cette manifestation, à laquelle sont associés la Coupe des Collèges, le Défi des écoles primaires, l'espace Entreprises (Technologie- Innovation).**

La collaboration de l'Astech (logistique de la manifestation) et de l'Association des professeurs d'IUT GE-II (gestion de l'aspect technique du concours) est excellente.

C'est avec un réel plaisir que nous nous retrouvons pour la mise au point et le déroulement de CarTecInno. L'objectif commun est de favoriser une pédagogie dynamique innovante, source de motivation. Les valeurs développées correspondent à notre éthique

C'est un travail important, constant au cours de l'année. Mais quelle récompense de voir l'investissement des étudiants. Leurs témoignages, ainsi que ceux des enseignants, leur souhait de revenir l'année suivante, voilà notre salaire.

Longue vie à la Coupe Robotique IUT GE-II.



*Notre robot sur le plateau de FR3 Basse Normandie*



## AVENIR DU CONCOURS

*Par Laurent Henry,*

*Membre du comité d'organisation,*

*Chargé des relations avec l'I.U.T*

Face au désengagement des étudiants pour les filières scientifiques et technologiques, l'ensemble des acteurs pédagogiques ont développé et mis en place des nouvelles pédagogies visant à attirer les étudiants en leur montrant l'intérêt pratique des sciences.

Ces nouvelles pédagogies sont basées sur des projets : les mathématiciens ont appris aux étudiants à utiliser les mathématiques autrement dans les ateliers Math en Jeans, les scientifiques ont fait de la science autrement avec les divers concours tels que le concours Esso qui consiste à parcourir un maximum de distance avec un litre de carburant, le lancement de Fusée qui consiste à faire décoller une fusée pour recueillir des informations météorologiques, les concours de ponts consistant à tester la résistance des matériaux et enfin le concours robotique E=M6.

Partant de ce constat, un comité constitué de professeurs de GEII et une association, l'ASTECH ont alors décidé il y a 6 ans de créer une manifestation nationale basée sur ces réflexions. Le comité institue un règlement et l'ASTECH apporte tous les supports logistiques nécessaires à cette manifestation. Avec cette simple idée qu'un robot puisse suivre une ligne, participer au concours devient accessible à tous. Les étudiants s'approprient alors rapidement le projet et on constate alors que des étudiants allergiques à certaines matières s'en servent naturellement. Ainsi un étudiant ne trouvant pas d'intérêt à étudier l'électronique de puissance est obligé de construire des hacheurs quatre quadrants, des hacheurs élévateurs, identifier des machines à courant continu ! Et l'étudiant n'ayant pas de grandes

dispositions en électronique, doit concevoir des cartes de capteurs, de transducteurs, de liaisons, connectiques, d'interfaçage microprocesseurs ! De même celui que la logique programmable et les microprocesseurs rebute, se voit comprendre et appliquer cette matière dans le but de rendre le robot intelligent ! Enfin pour nombre d'entre eux dont l'asservissement et la régulation sont vides de sens, se retrouve en pleine découverte quand le niveau de la batterie fluctue et quand le robot se trouve dans la difficulté à suivre la ligne.

Tous ces exemples ont pour but de monter l'intérêt expérimental que trouve l'étudiant dans un tel projet et depuis 6 ans ce concours se révèle indispensable pour beaucoup d'entre nous mais surtout pour nos étudiants qui aujourd'hui apportent un témoignage actif (beaucoup d'anciens étudiants reviennent nous voir à Vierzon). Les bases pour perdurer une telle manifestation sont sur le point d'être acquises d'abord par un renouvellement d'un bail de trois années avec notre partenaire l'Astech accordé par les chefs de départements lors de l'assemblée de novembre 2006 et un comité débordant de réflexion sur les futurs règlements.

Enfin le comité d'organisation en profite pour remercier tous ceux qui ont et participeront dans le futur à une cette manifestation. Nous sommes conscients de la difficulté de mise en place d'un tel projet dans les enseignements (surtout dans ces temps où chacun d'entre nous met en place le nouveau programme pédagogique) alors pour vous aider le comité proposera en septembre 2007 un fascicule de mise en place d'un robot avec plusieurs solutions détaillées dans la logique de la revue *Electronique Pratique* pour monter son premier robot et les idées pour perdurer dans un département cette activité. Comme Loic Viel l'a précisé dans son article, ce concours doit rester accessible à tous, être un véritable lieu d'échange où la technologie reste le point de discussion principale. Pour continuer ensemble, de manière plus concrète nous vous invitons à vous inscrire dès à présent pour les manifestations futures !!!



*Vue de la piste.*

## CEMLAND, TARBES (A64, SORTIE OUEST)

Par Jean-Marc Dienot, IUT Tarbes - Dept. Geii/ Labcem

**Résumé :** Si vous passez en pays de Bigorre, là-bas en bas à gauche de la France, prenez un moment pour (re) faire un petit tour au département GEII de l'IUT de Tarbes. Sorti de terre avec le groupe des "Six" en 1995, à côté de l'Echez (une rivière locale à 50 m), sous les feux de l'actualité dans les premières années dites dynamiques (Gesi 1997 [réf.1], colloque GEII 2001, colloque CNRIUT 2003...), l'activité semble aujourd'hui se décliner tranquillement à l'ombre des géants tutélaires de sa position "frontière" entre deux grandes académies universitaires régionales. Mais si vous prenez le temps de vous attarder, alors vous découvrirez peut-être le monde étrange qui se dessine en filigrane à travers les activités établies du département, que sont l'EEP et l'Informatique Industrielle. Vous trouverez peut-être les clés pour pénétrer le monde incertain du génie électrique. Vous vous surprendrez peut-être sur les mystères oubliés de l'électricité et de la face cachée des circuits électroniques. Voici le petit guide pour comprendre et entrer à CEMLAND (prononcer Ssé-Heu-aim-leudeu), c'est à Tarbes depuis... fort longtemps ? ... on ne sait plus.

### CEM, vous avez dit CEM?

La Compatibilité Electromagnétique (CEM) reste encore aujourd'hui un domaine peu connu dans ses pratiques et sa réalité, même si le terme a fait son chemin depuis 1996 dans les esprits et les intitulés de nos diverses activités. A cette date, une certaine recrudescence de la CEM a vu le jour en France, liée à l'affichage juridique du respect de directives européennes concernant les pratiques de normalisation CEM. Les industriels, en premier lieu, se sont inquiétés, du manque soudain de moyens réels et cohérents pour pouvoir répondre à cette directive. Certains ont même pu avoir l'impression que cette directive venait de "créer" de nouveaux problèmes techniques sur leurs produits, qui n'existait pas jusqu'à alors... (un peu comme à l'approche d'élections...). [réf. 2, 3]

Les problèmes d'interférences, de parasitage, de bruit, de couplages intempestifs ont toujours existé, naturellement (foudre, rayonnements) ou artificiellement dès l'apparition de l'électricité et de ses démarches visant à la gérer au début du siècle (précédent). Mais avec la course effrénée aux nombres et aux performances de produits utilisant l'énergie électrique dans toutes ses formes, les soucis de cohabitation et de pollution électrique entre ces éléments est sans doute à l'origine du terme supplétif "Compatibilité" accolé un jour à "Electromagnétique", et qui a donné naissance au domaine. On trouve son équivalent en anglais sous le terme "Compliance", exprimant un peu plus une cohabitation inhérente pour un fonctionnement nominal harmonieux entre différents produits.

### Comment ça (ne) marche (pas) ?

Extrait de AIR & COSMOS, n°1420, semaine du 5 au 11 avril 1993 : "Outre Atlantique, pas moins d'une quarantaine de pilotes ont signalé dernièrement des cas de perturbations de leurs

instruments de vol qu'ils attribuent aux objets et gadgets électroniques utilisés par certains de leurs passagers. Phénomène le plus souvent observé : l'avion dévie de sa trajectoire nominale, au moment où l'un ou plusieurs passagers utilisent un appareil électronique."

#### Paroles d'experts CEM :

"En CEM, tout est vrai et son contraire aussi."

"As in many other aspects of life, taking simple precautions at the beginning can avoid pain and suffering later" \*

#### Paroles d'étudiants :

"M'sieur (M'dame), y a des parasites, ça marche pas votre truc...."

"J'te dis que c'est le 50Hz, c'est le prof qui l'a dit, y'en a partout y paraît..."

Ces exemples et citations, parmi d'autres, pour illustrer directement le côté réel et déroutant de la CEM, puis ensuite le désarroi des gens de bonne volonté qui, dans une démarche académique, scientifique et rationnelle voudrait s'intéresser à la problématique CEM et en donner des moyens de compréhension. Lors des premières années au département GEII de Tarbes, jeunes enseignants-chercheurs fraîchement émoulus de la grande Université, nous avons voulu nous emparer de cette problématique, sentant qu'elle était consistante dans sa demande et sa soif de renseignements. Il est apparu bien difficile de donner une réponse instantanée, fiable et reproductible à l'industriel qui a un souci de norme, à l'ingénieur qui a un souci de conception optimisée sur un prototype, à l'étudiant qui a un souci de mesures pendant le TP... Ce fut ce manque de repères "classiques" qui a généré une partie de la communauté académique un certains nombre d'actions d'informations entre 1996 et 2000, visant à synthétiser un peu les règles scientifiques du domaine, et ses méthodologies associées : journées thématiques CEM, écoles d'été, séminaires académiques... etc [réf 4, 5, 6]. Participant pratiquement sans relâche à tout cela, nous en avons tout doucement retiré avec une certaine humilité une pratique mais aussi une philosophie visant à construire une démarche pédagogique pour la CEM dans notre Département, avec les principes de base suivants :

- *Principe premier* : la majeure partie des problèmes dit CEM sont d'origine déterministe (transcription : les parasites, c'est pas magique)
- *Principe deuxième* : les problèmes CEM n'existent que dans la réalité, lorsque le système est en situation fonctionnelle. (transcription : Si tu branches mal, ça va rien faire.)
- *Principe troisième* : la CEM est le reflet de la qualité de démarche de conception ou de mise en œuvre (transcription : s'il n'y a pas de solution, c'est qu'il n'y a pas de problèmes... faut juste tout refaire).

### Enseigner la Cem or not Enseigner la Cem? That is...

A partir de ces réflexions, nous avons pu comprendre qu'il serait assez ardu d'organiser un enseignement CEM ex-nihilo, dans des formations Post-bac, sans maîtrise du cursus initial du

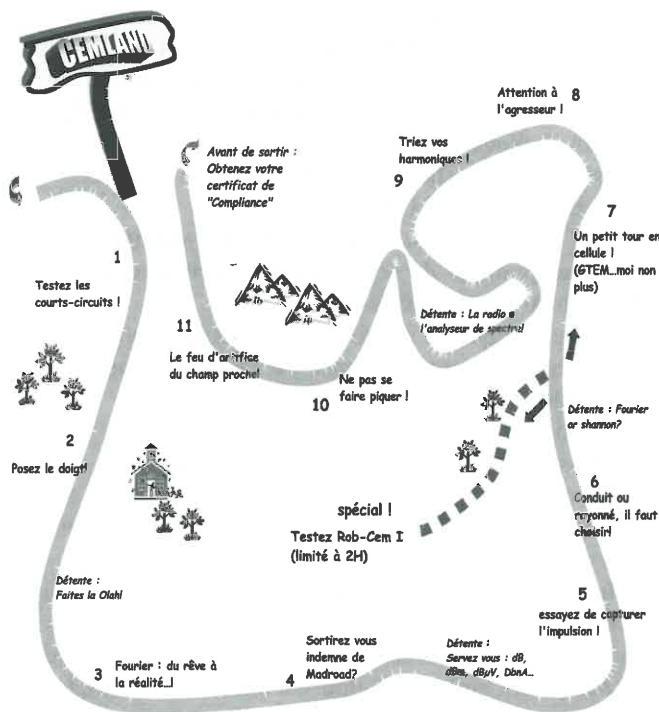
\* traduction de la citation et conclusion : "En CEM, comme dans beaucoup d'aspects de la vie quotidienne, prendre un minimum de précautions dès le début évite, à terme, de la sueur et des larmes inutiles."

VIE DES DÉPARTEMENTS

public. [réf 8] Le profil d'une bonne démarche CEM serait, pour nous, comme celle du détective qui cumule les indices, les questions, les réponses, les réactions, et qui synthétise le résultat dans la grande bibliothèque (ou la salle à manger) en reconstituant le scénario et en désignant le coupable, qui se suicide alors en emportant ses secrets... Les domaines et concepts de base parcourus, l'expérience sur des cas réels ou démonstratifs, l'utilisation de connaissances multi-domaine sont des préliminaires indispensables pour toute action visant à expliquer et maîtriser un cas de compatibilité électromagnétique. Sur cette approche, l'enjeu d'une démarche pédagogique, que nous avons prise sur le département est la suivante :

- Parler de et diffuser la CEM dans les domaines de base : Maths, Physique, Electronique, Informatique en expliquant les problèmes potentiels, leurs origines concrètes, les outils qui vont servir à l'analyse.
- Réaliser des enseignements dits "CEM" au maximum en fin de cursus (S4, S6, S10 pour le parcours LMD) s'appuyant si possible sur des cas réels de différents produits déjà connus fonctionnellement.
- Réaliser des T.P. CEM propres à illustrer différents aspects du domaine. Le challenge important dans ce cas, c'est de réaliser des maquettes qui reproduisent toujours des dysfonctionnements : c'est très formateur pour... le formateur ! [réf 14]
- Inclure par défaut au maximum dans le cahier des charges des activités projets, quand le temps imparti le permet, des investigations CEM au même titre qu'une conception industrielle actuelle doit (devrait...) l'inclure.

Voici, maintenant, illustrée d'après ces principes, un aperçu et une synthèse de cette tentative, depuis une dizaine d'années, de la diffusion d'une pédagogie orientée CEM. Insufflée à travers différentes actions de formations à Tarbes : DUT GEII, DUT SRC, Licence Professionnelle Systèmes Electriques Embarqués (CCS2E), Formation Continue et Ingénierie locale..., voici le plan et le guide de Cemland à Tarbes : entrée gratuite.



1. Impédances et câblages HF des appareils de mesures

Les éléments parasites RLC des câbles, couplages inductif et capacitif, Influence des impédances d'entrée.

Cours et T.P., Physique S1 GEII

2. Mise en œuvre Circuit JFET/MOS : éclairage/extinction de la Led avec le doigt.

Aspect de la haute impédance d'entrée

Cours et T.P. sur les composants EN1 GEII

3. Carte CASSAV 07 : application à la modulation et aux filtres analogiques.

Illustration de l'analyse spectrale de signaux électroniques à l'oscilloscope.

Cours de Maths S3 -S4 GEII et LP CCS2E,

Cours et TP EN3 GEII, MC EN4 GEII

4. Carte MADROAD : Mise en œuvre de fonctions électroniques sur PCB (Circuit Imprimé), mesures et simulations (Spice)

Oscillations parasites, couplages analogique-numériques, impact du choix de l'alimentation (plans de masse, condensateurs découplages, charge de la pile...), couplages EM et diaphonies.

Cours et TP EN3 GEII, MC EN4 GEII

Cours Physique P1 (Electromagn.) et P3 (Cem) GEII

Cours Cem LP CCS2E

5. Propagation, adaptations d'impédances et réflexions sur les lignes de transmission (réseaux, coaxial, microstrip...) en numérique

Illustration d'intégrité de signal, de couplages, blindages des lignes de transmission.

Cours Physique P3 (Cem) GEII

Cours LP CCS2E (Transmissions embarquées)

T.P. réseaux ARS3 GEII

6. Maquette CEM convertisseur puissance (Hacheur)

Mesures des perturbations conduites par RSIL, des rayonnements magnétiques par sondes H.

Formation CEM des Systèmes Embarqués (LP CC2E, FC...)

7. La "petite" cellule TEM (circuits 10x10cm, 1GHz), et la "grosse" cellule GTEM (50 dm3, 18 GHz)

Mesures des émissions et de l'immunité HF sur les PCB et petits systèmes.

Séminaires professionnels LP CCS2E (Normes et Mesures en CEM)

Formation CEM des Systèmes Embarqués (LP CC2E, FC...)

Projet tutoré et stages LP CCS2E.

8. Cartes PTR5 et PTR6 : IGBT, MOSPOWER et leurs drivers sur PCB de Puissance (Aluminium)

Illustration des émissions conduites et champ proche d'architectures de fortes commutations : Smart Power, IGBT, Power PCB.

Cours P3 (Cem) GEII, Cours Cem LP CCS2E

Formation CEM des Systèmes Embarqués (LP CC2E, FC...)

9. Banc Harmocem (Distribution électrique)

Les harmoniques réinjectés sur le réseau électrique.

T.P. EEP S3 S4 GEII

10. Banc et cartes pour l'agression Transient et ESD (Décharges Electrostatiques)

Mise défaut de fonctions numériques (CMOS, CPLD) en agressant différents positions du circuit (Alimentation, I/O, découplages).

Cours P3 (Cem) GEII, Cours Cem LP CCS2E.

Formation CEM des Systèmes Embarqués (LP CC2E, FC...)

11. Cartographie en champ H et champ E d'une carte DSP

Identification et représentation des zones d'émission suivant la disposition spatiale et la fréquence.

Cours P3 (Cem) GEII, Cours Cem LP CCS2E

Cours LP CCS2E (Architecture DSP, CPLD)

VIE DES DÉPARTEMENTS

**SPECIAL ! ROB-CEM I**, autour d'un système mobile avec de l'électronique embarqué...

Immunité : essayer de perturber le mouvement régulier de **ROB-CEM I** :

- approchez la main de la carte de commande ...surprise !
- activez votre propre téléphone portable ou PC wifi, observez Robcem\_I : surprise !

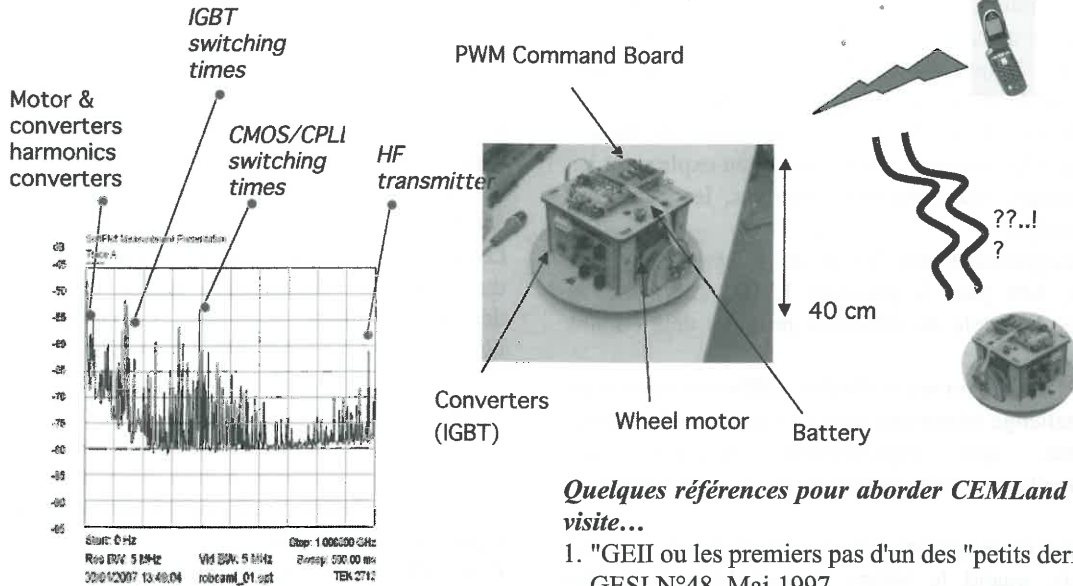
Emissions : retrouvez (sans en oublier) toutes les signatures

spectrales des composants électroniques de **ROB-CEM I** !

- choisissez les bonnes antennes ( biconic ? Spire H ? Spire E ? cellule GTEM...)
- choisissez les bonnes gammes de fréquences à l'analyseur...
- la signature dépend-elle de la charge de batterie....?

*Remarque : laissez la place aux suivants (max 2h) , remettez une batterie chargée SVP.*

**Maquette Rob-cem I**



**Les zones halte-détente en CEMLAND :**

- "Faites la Olah" : créez et propagez une onde progressive à plusieurs, tout en décompressant vos articulations et activant plusieurs muscles engourdis(cours de physique, propagation)
- "Servez vous : dB, dBm, dBμV, dBnA..." : découvrez l'origine des dB (fiches histoire et définitions). Amusez vous à passer des Watts au dBnA,. Saurez vous remplir sans faute la grille complète de conversion des différents dB?(cours de Physique, Electronique, CEM, mathématiques...)
- "Fourier ou Shannon?" : testez votre maîtrise du domaine fréquentiel à travers quelques exercices réflexes : Série ou transformée? Signatures spectrales? Le carré est-il plus distordu que le triangle? Shannon et Nyquist ont il travaillé ensemble? les harmoniques et fréquences fantômes sont elles réelles? ... (Cours de mathématiques, électronique, traitement signal, DSP...)
- "La radio à l'analyseur de spectre" : retrouvez votre station FM préférée, tout en manipulant et découvrant les éléments d'une chaîne de détection analogique utilisée au siècle dernier (1999, et encore aujourd'hui....). Comparez avec vos propres systèmes personnels numériques. (T.P. propagation, CEM, Electronique)
- "Avant de sortir : votre certificat de Compliance" : remplissez la fiche de pré-qualification CEM sur l'objet de votre choix : tél. mobile, lecteur MP3, PC portables, robots, réalisation de projets ... que vous aurez préalablement testé suivant vos contraintes CEM. Remettez la fiche à l'hôtesse d'accueil(le prof), et patientez (coin-café dans le hall de l'IUT). Si vous passez le test avec succès, récupérez votre certificatCEM, le logo CE autocollant gratuitement offert en 10 exemplaires...et la note de projet qui va avec ! (Stages CEM et projets IUT, LPCCS2)

**Quelques références pour aborder CEMLand ou prolonger la visite...**

1. "GEII ou les premiers pas d'un des "petits derniers", D. Couty, GESI N°48, Mai 1997.
2. "La CEM ou Compatibilité Electromagnétique", Le Haut Parleur n°1861, 1997
3. "Faut-il avoir peur de la CEM ?", Tekelec Electron n°79, Mars-Avril 1996
4. "Rayonnement : émission -susceptibilité J. Andrieu(IUT Brive), Conduction : émission - susceptibilité J.L. Schanen (IUT Grenoble), Problèmes d'Harmoniques et Réseaux EDF J.C. Guignard (IUT Angers)", Ecole d'été CEM, Grenoble, 7-11 Juillet 1997.
5. "C.E.M. : Effets sur les matériels, réseaux électriques et les personnes", Journée E.E.A., Le Havre, 13-14 Mars 1997
6. "Exemples de Travaux Pratiques d'Electronique en IUT intégrant les aspects CAO, mesures FFT et CEM.", J.M. Dienot, Colloque CETSIS 2003, Toulouse.
7. "Passeport pour la CEM", Revue de l'Electricité et de l'Electronique, Avril 1996
8. "L'IUT et la CEM", J. Chilo, GESI n°48, Mai 1997
9. "Manuel pratique de compatibilité Electromagnétique", M. Mardiguian, Prana R&D.
10. "Guide pratique de la CEM", C. Tavernier, Dunod
11. "Tracés des circuits imprimés", P. Dunand, Dunod
12. "Parasites et perturbation des électroniques", A. Charoy, Dunod
13. "Measure harmonics with a spectrum analyser", J. Gorin, Microwaves and RF, Janvier 2000
14. "Cookbook for EMC precompliance measurements", Hewlett Packard, Note d'application 1328, 1999.
15. "Influence du tracé des circuits imprimés sur le comportement des montages", Jacques Cuvillier, 1998.
16. <http://geii2.iut-tarbes.fr/ccsee/jeudisembarques/jeudisembarques.html>
17. Labcem et Cemland... <http://www.traditionet.fr/jmd.nsf>
18. ...

# L'EMPATHIE DANS LE PROJET DU PROJET PERSONNEL ET PROFESSIONNEL

Par Florence Hénon - GEII Chartres - Université d'Orléans

GREC/O-CEMIC, EA n°535, Bordeaux3

[florence.henon@univ-orleans.fr](mailto:florence.henon@univ-orleans.fr)

A Chartres, Le PPP est coordonné par le chef de département et l'enseignant de communication que je suis. C'est un choix, que j'apprécie et qui me permet d'associer certains enseignements de communication. La communication sert donc de passerelle au PPP. J'utilise la mallette, créée par l'ADIUT et la centrale de formation et médias pédagogiques des IUT. Je l'adapte, bien sûr mais je trouve qu'elle a été bien pensée.

Elle me sert de base et permet une efficacité et une rapidité non négligeables. Interviennent ensuite régulièrement des professionnels et des anciens étudiants. Un spécialiste de la communication d'entreprise, une consultante en recrutement, un informaticien industriel et un électronicien agissent au sein du PPP. Ils ouvrent les étudiants vers les métiers GEII et l'entreprise en général. Cette modeste équipe dynamise le PPP et y apportent régulièrement des améliorations.

L'empathie et la chaleur humaine du groupe caractérisent notre action envers les étudiants. C'est cela qui plaît et permet de récupérer parfois, des étudiants en partance vers un monde meilleur, inconnu et sur une planète X. Loin d'être une référence ou un modèle, nous essayons d'amener l'étudiant GEII à trouver sa place dans le monde vaste des GEII. Avec une expérience ternaire, ce qui est peu, nous constatons, cependant, certains invariants dans les réactions estudiantines.

En effet, les étudiants n'aiment pas ériger leur bilan du moins la première fois. Ils le réactualisent au cours de l'année mais surtout parce qu'ils se sentent obligés et non pas concernés. Un peu perdus au début, ils ne réalisent pas vraiment l'impact de ce travail et l'importance de leur investissement. Ils apprécient la table ronde du début de séance au semestre 1 car elle leur permet rapidement de prendre contact les uns avec les autres.

La rigueur des fiches permet de les habituer dès le semestre 1 à un respect des normes et à structurer à la fois la prise de notes et les réflexions environnantes. Cependant, ils n'aiment pas remplir la rubrique "ce que je pense et je propose". Ils travaillent difficilement entre deux séances car ils préfèrent l'urgence. Ils apprécient beaucoup la mise en place de leur blason, la rencontre avec les professionnels, les anciens étudiants et la visite en entreprise.

L'impact sur les formations existe bel et bien car les étudiants comprennent, dès le premier semestre, le but du diplôme qu'ils préparent. Certains étudiants, en cours de semestre 1 sont déçus par la formation proposée et ils réalisent qu'ils se sont trompés de filière. Il faut, bien évidemment établir un bilan avec eux et trouver d'autres possibilités donc d'autres orientations. Mais après un bilan, étayé d'un dialogue avec le coordonnateur et le chef de département, il arrive que les étudiants soient simplement démotivés, mal organisés dans leur travail et qu'ils décident de poursuivre leur formation. Dans ce cas, le PPP joue un rôle important car il évite le blocage et l'échec.

Dans certains départements, les heures consacrées au PPP sont très intéressantes car nombreuses et dans d'autres, elles sont restreintes, c'est dommage. De plus, aux semestres 3 et 4, le PPP n'existe plus et les étudiants le regrettent. Ils ne comprennent pas pourquoi après avoir consacré un certain temps à ce dernier, ils doivent l'arrêter ou le poursuivre mais seuls.

## Rôle de l'empathie

### Définition

L'empathie revêt de multiples facettes qui nécessitent une convergence de diverses aptitudes. Elle est une capacité propre à la nature humaine car elle repose sur des systèmes neurologiques que des chercheurs contemporains découvrent progressivement.

Jean Decety nous dit "*nous sommes des animaux sociaux assez particuliers, car non seulement nous passons une grande partie de notre existence à interagir avec nos congénères, mais même lorsque nous faisons une promenade solitaire, nous pensons à eux. Seuls les humains font intentionnellement attention aux autres, se soucient de leur bien-être, seuls ils ont la capacité de s'identifier à autrui, seuls les humains ont la capacité d'épouser la perspective subjective d'autrui*".

L'empathie vient du grec et signifie "dans, à l'intérieur" et "souffrance, ce qu'on éprouve". En philosophie et en psychologie, il s'agit de la faculté à s'identifier à quelqu'un, de ressentir ce qu'il ressent. Ce terme désigne à la fois le mécanisme psychologique par lequel l'individu peut comprendre

les sentiments et les émotions d'une autre personne, sans les ressentir lui-même.

Carl Rogers définit l'empathie comme *“être empathique consiste à percevoir avec justesse le cadre de référence interne de son interlocuteur ainsi que les raisonnements et les émotions qui en résultent (...). C'est-à-dire capter la souffrance ou le plaisir tels qu'ils sont vécus par l'interlocuteur, en percevoir les causes de la même façon que lui”*.

Ainsi définie, l'empathie se conçoit comme une compétence interpersonnelle et elle nécessite un ensemble d'aptitudes intrapersonnelles. Certaines de ces compétences vont permettre d'être en empathie, d'autres de savoir l'exprimer avec justesse et de manière opportune. Ces deux temps sont indissociables et nécessaires.

Pour avoir accès au cadre de référence interne, aux pensées intimes, aux raisonnements qui en découlent et au vécu qui leur est associé, il est nécessaire de créer un climat de confiance, de faciliter l'expression de l'étudiant. Il est important d'offrir une bonne écoute, d'observer les attitudes, de s'appuyer sur son expérience, ses connaissances préalables. L'intuition permet de percevoir et de reconnaître les indices verbaux et non-verbaux qui suggèrent des états émotionnels.

L'enseignant dispose de deux manières pour exprimer l'empathie : en exposant directement sa compréhension ou en reflétant des pensées et des émotions sans porter de jugement. Il s'avère nécessaire de prendre en compte les spécificités culturelles de l'étudiant dans la manière qu'il a de s'exprimer. L'utilisation de reflets empathiques, en particulier la paraphrase, permet de faire passer un message de compréhension sans faire référence à soi-même. Les expressions faciales et vocales permettent de comprendre qu'elle est l'émotion éprouvée par autrui.

Les théories modernes distinguent l'empathie de la sympathie qui consiste à comprendre les affections d'une autre personne mais qui comporte en plus une dimension affective. Nous devons différencier empathie et sympathie. L'empathie repose sur une capacité d'imagination. La sympathie fait référence à une proximité affective avec celui ou celle qui en est l'objet. En effet, la sympathie consiste à éprouver les émotions de l'autre sans se mettre nécessairement à sa place.

On peut donc être empathique sans éprouver de sympathie et avoir de la sympathie sans être empathique. Nous nous référons au test de discrimination de l'empathie et de la sympathie, établi par Bavelas et son équipe. L'empathie est donc un mode de connaissance. Si elle a bien cette fonction épistémique, l'empathie peut aussi être un vecteur de transmission de connaissances sur le monde.

C'est aussi, comme le précise Elisabeth Pacherie, un excellent instrument *“de construction de soi en tant qu'être social pris*

*dans un réseau de normes”*. La sympathie est davantage un mode de rencontre avec autrui. On parle d'empathie cognitive pour insister sur le fait que l'empathie se base sur le mécanisme cognitif neutre sans lien avec la relation, qu'on entretient avec la personne qui en est l'objet. L'empathie implique un processus intellectuel qui vise la compréhension des états émotionnels des autres.

### ***L'ambiguïté de l'empathie***

L'empathie est prônée par de nombreux spécialistes de l'aide et de la communication mais ils invitent tous à trouver la bonne distance pour ne pas s'impliquer et ne pas mettre de l'affectivité. Cependant, se mettre à la place de l'autre génère une part d'affectivité. Ecouter l'autre pour se mettre à sa place, tout en restant soi-même n'est-il pas un leurre ? Se mettre à la place de l'autre, peut-il réellement permettre de le comprendre ?

Rappelons-nous Narcisse, qui, voyant son image se refléter dans la fontaine, croit voir une autre personne et en tombe amoureux. Il en mourra de soif. S'adonner à l'empathie, serait-ce une forme de narcissisme relationnel ? Se mettre à la place de l'autre revient seulement à contempler son propre imaginaire, c'est-à-dire à ne pas voir l'autre et à n'être que relationnel. Se mettre à la place ne renseigne pas sur la réalité de ce que vit ou perçoit l'autre car similaire ne veut pas dire identique.

Cependant, au lieu de se mettre à sa place, nous pouvons soigner notre écoute et l'entendre exprimer ce qu'il ressent, pense ou vit à la place où il est. En laissant notre imaginaire et nos hypothèses de côté, nous pourrions peut-être mieux le comprendre. Cependant, notre imaginaire est très utile pour devenir créatif.

De même, émettre des hypothèses est important dans la résolution de problèmes mais uniquement avec une rigueur scientifique. Une vraie qualité d'écoute s'opère de façon active car laisser parler serait maladroit et nous rendrait passif. Nous devons aider les étudiants à exprimer ce qu'ils ont à dire grâce à des questions pertinentes.

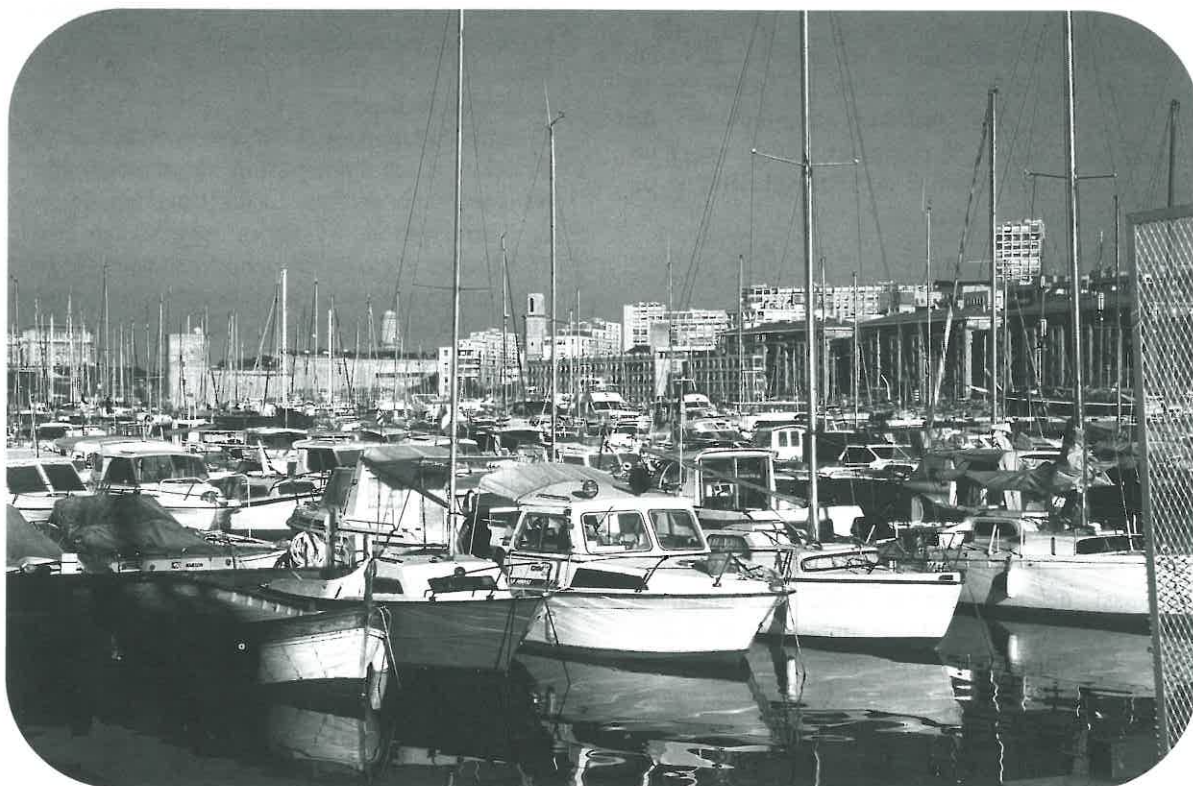
La chaleur humaine est nécessaire car elle montre que nous sommes ouverts à l'autre sans avoir besoin de lui. Etre présent signifie qu'il faut être ici dans l'espace et maintenant dans le temps. De cette façon, nous pouvons être chaleureux sans ambiguïté et obtenir une communication sereine et efficace. La communication fait appel, entre autre, à l'acuité car elle permet de voir et d'accueillir cette différence de perception.

Smith nous dit que : *“Comme nous n'avons aucune expérience immédiate de ce que les autres hommes ressentent, nous ne pouvons nous faire aucune idée de la manière dont ils sont affectés, sinon en concevant ce que nous ressentirions nous-mêmes dans une pareille situation. Bien que notre semblable soit dans les tourments, tant que nous sommes tranquilles, nos sens ne nous informeront jamais de ce qu'il souffre. Ils ne nous ont jamais porté hors de notre propre personne, car ils ne peuvent pas, et ce n'est que par l'imagination que nous pouvons avoir une conception de ce que sont ses sensations. Or, cette faculté ne peut pas non plus nous y aider d'une autre manière qu'en nous représentant ce que seraient nos propres sensations si nous étions dans son cas. C'est exclusivement les impressions de nos sens, pas les siens, que notre imagination copie. En imagination, nous nous plaçons dans sa situation, nous nous voyons endurer les mêmes tourments sans exception, nous entrons en quelque sorte dans son corps et devenons dans une certaine mesure la même personne que lui, et par là nous nous formons quelque idée de ses sensations et ressentons même, bien que plus faiblement, quelque chose qui n'y est pas entièrement étranger”*. Même si autrui se met à la place de, ce n'est jamais totalement, comme la personne elle-même.

Nous constatons donc que certains théoriciens contemporains de l'empathie mettent l'accent sur le mode de perception directe des émotions d'autrui ou au contraire sur le rôle de l'imagination et de la simulation projective. Ces deux approches s'opposent, pourtant, elles pourraient être complémentaires. L'empathie, dans le projet personnel et professionnel joue un rôle important et permet d'établir une relation privilégiée avec les étudiants.

### Bibliographie

- Bavelas JB, Black A, Lemery CR et Mullett J, « Motor mimicry as primitive empathy », in Eisenberg N et Strayer J, *Empathy and its Development*, New-York, Cambridge University Press, 1987, P. 317-338.
- Berthoz Alain et Jorland Gérard, *L'empathie*, Odile Jacob, 2004.
- Berthoz A, *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997.
- Berthoz A, *La décision*, Paris, Odile Jacob, 2003.
- Darwin Ch, *The expression of emotions in man and animals*, 3<sup>e</sup> édition de 1872, New-York, Oxford University Press, 1998.
- Dictionnaire de psychologie Doron-Parot, PUF.
- Decety Jean, *Cerveau, perception et action*, PUG, 2001.
- Decety Jean et Nadel Jacqueline, *Imiter pour découvrir l'humain*, PUF, 2002.
- Domasio A, *Le sentiment même du soi*, Paris, Odile Jacob, 1999.
- Eisenberg N et Strayer J, *Empathy and its Development*, Cambridge, University Press, 1987.
- Pacherie Elisabeth, “L'empathie et ses degrés”, in *L'empathie*, Odile Jacob, 2004, P181.
- Smith A, *The theory of moral sentiments*, Raphaël DD et Macfie AL, Oxford, Clarendon Press, 1976, P. 9.
- Spencer H, *Principles of psychology*, Londres, William and Norgate, 1870.



# L'INSTITUT DES SCIENCES DE LA COMMUNICATION DU CNRS (ISCC)

Par Dominique Wolton

Directeur de recherche et de la Revue *Hermès* au CNRS

## Pourquoi créer un Institut des Sciences de la Communication du CNRS ? (ISCC)

Dans les sociétés ouvertes, mondialisées, plus il y a de techniques d'information, plus les difficultés d'intercompréhension entre les hommes, les sociétés, les cultures et les civilisations sont visibles.

C'est en cela que la question de la communication est une des questions scientifiques et politiques les plus importantes du début du XXI<sup>e</sup> siècle.

Le paradoxe est que l'information et la communication sont devenues, en 50 ans, des enjeux scientifiques assez largement ignorés. Autrement dit, on a changé de monde sans disposer des concepts, des théories pour penser la communication dans les sociétés ouvertes.

Il est donc impératif, pour donner un sens à la révolution des techniques qui s'opère depuis un demi-siècle - et à la société qui lui est liée - de penser une définition scientifique de l'information et de la communication. Pour cela, trois dimensions sont à prendre en considération : technique, économique et socioculturelle.

Dans cette mutation, les scientifiques et les universitaires sont appelés à jouer un rôle central car dans la société de la connaissance, ils sont les premiers producteurs de connaissances. De plus, ils sont à même de pouvoir poser un regard critique sur les contradictions de la mondialisation de l'information et de la communication.

Le monde académique ne peut plus rester seulement du côté des connaissances en ignorant les défis économiques, politiques, éducatifs et culturels liés à la gestion et à l'appropriation des flux d'information, de connaissance et de communication. Désormais il existe une responsabilité de la communauté des scientifiques.

Le champ de recherche est immense, riche, et la communauté scientifique française dans un domaine neuf, peut apporter beaucoup. D'où la nécessité de rattraper au plus vite le retard.

A condition aussi de valoriser le travail accompli et d'entreprendre une politique scientifique ambitieuse et visible. *Il faut faire pour la communication, ce qui a été fait pour les sciences du vivant, l'environnement, les sciences pour l'ingénieur.*

## Les Objectifs de l'ISCC

**a) Recenser et valoriser :** Faire l'état des lieux, dans les départements scientifiques, des chercheurs qui de fait travaillent sur des problématiques de l'information et de la communication, sans trop le dire faute de soutien et de valorisation. Ils sont aujourd'hui nombreux. On peut estimer cette communauté entre 200 et 300 chercheurs, au CNRS, dans tous les départements. En SHS, mais aussi en SDV, en STII, en chimie, EDD, MPPU. Le recensement doit tout autant valoriser les coopérations existantes avec les universités qui entrent de plein droit dans les champs d'action de l'ISCC. La revue *Hermès* depuis près de 20 ans a créé un réseau avec 45 publications et 800 auteurs avec un milieu stable de 100 à 200 personnes. Des chercheurs existent aussi dans tous les départements scientifiques pour des travaux interdisciplinaires et épistémologiques dans la perspective d'une théorie de la connaissance dans ses rapports avec les systèmes d'information et de communication.

### b) Mettre en place une politique structurelle

- Création de l'Institut avec une direction scientifique et administrative, des locaux, un budget de recherche et de fonctionnement
- Embauche sur postes fléchés par les départements et l'institut sur les cinq thèmes de recherche
- Bourses,
- Crédits de recherche
- Création de laboratoires. Double rattachement possible.
- Création d'une commission interdisciplinaire du Comité National. Deux existent. La 45 (Cognition, langage, traitement de l'information, systèmes naturels et artificiels) et la 46 (Risques environnementaux et société). A l'instar de ce qui a été fait il y a plus de 30 ans avec le CNU pour les universités.
- Coopération avec l'université et les autres institutions scientifiques.

### c) Renforcer la Coopération internationale

- Rejoindre les réseaux européens. Ils ont souvent plus de 15 ans d'existence. La recherche française peut apporter dans un domaine de connaissance où les identités culturelles et les traditions scientifiques jouent un rôle certain. Dans les disciplines des sciences de la communication, l'Europe, l'Asie et l'Amérique latine sont des pôles de recherche à développer.
- Amplifier les réseaux qui existent avec les laboratoires du CNRS à l'étranger, les coopérations universitaires, et les correspondants du CNRS. Par ailleurs les 153 centres culturels et de coopération du Quai d'Orsay et les 27 instituts de



recherche sont un point d'appui. C'est le premier réseau culturel au monde. Avec de nombreux attachés scientifiques. Notamment au Proche Orient - Asie - Amérique et Amérique Latine.

- Jouer la carte des outremer (10 collectivités sur 3 océans) et de la Francophonie (63 États, Est/Ouest, Nord/Sud). Il existe une langue en partage et des valeurs communes. L'information et la communication ne peuvent qu'être enrichies par cette diversité culturelle. Ici tout est à faire et la demande est forte. Le réseau de l'AUF (Agence Universitaire de la Francophonie) qui réunit de manière autonome plus de 570 universités dans le monde peut également être un partenaire pour une politique de *coopération scientifique internationale*.

## Axes de recherche de l'ISCC

### 1. - Langage et communication

- Neurosciences, sciences cognitives, psychologie, langage et représentation.
- Discours, argumentation, débats, rumeurs, interactions et communication.
- Usage des techniques, modélisation, dialogue homme/machine. Archives. Industries des loisirs et de la connaissance.

### 2. - Communication politique, espace public et société

- Médias, presse, opinion publique, sondages et politique. Information et communication entre valeurs, pratiques, industries et démocratie.
- Médias de masse et nouvelles technologies. Contenus. Individus, communautés et lien social dans le temps et l'espace public.

- Les hommes, et les systèmes d'information. Production et échange dans les organisations.

### 3. - Mondialisation et diversité culturelle

- Mondialisation des industries culturelles et de la communication. Entrée village global et tour de Babel.
- De la société de l'information à la société de la communication. Savoirs, industries, réseaux et dialogue des cultures.
- Identité, culture, communication. Diversité culturelle, inégalités, enjeux politiques et conflits dans la mondialisation.

### 4. - Information scientifique et technique

- Documentation, traitement et structuration de l'information, métriques, classification et représentation, économie de l'information, systèmes de gestion de contenu, terminologies, conservation et archivage, accès et navigation.
- Diffusion, vulgarisation, appropriation de la culture scientifique et technique dans les sociétés ouvertes.
- Les systèmes d'information : entre éducation, connaissance, industrie et partage des savoirs.
- Savoirs, connaissances, cultures et inégalités Nord/Sud.

### 5. - Sciences, techniques et sociétés

- Concepts et théories de l'information et de la communication.
- Expertise controversée et connaissance. Sciences, techniques et société.
- Statut, rôle et responsabilité des communautés scientifiques dans l'espace public et la mondialisation.



## VIENT DE PARAÎTRE

CHEMINEMENTS vous proposent de réserver

# FAUT-IL GARDER LA MAJORITÉ À 18 ANS ?

Plaidoyer pour une émancipation  
progressive de la jeunesse

Préface de Jean Arthuis

*de Patrice Mangeard*

Ce livre a grandi avec mes quatre enfants âgés aujourd'hui de 16 à 23 ans. Il a grandi aussi avec les étudiants que je côtoie journellement. Il est un vécu qui invite à remodeler l'actuelle majorité à dix-huit ans.

Une majorité progressive par paliers à quinze, dix-huit et vingt et un ans est proposée ici. La sexualité, l'accès aux petits boulots, le service volontaire lycéen, le permis de conduire, la réussite des étudiants et la question existentielle sont des sujets d'actualité. Sans oublier la jeunesse en difficulté qui a besoin de chemins innovants. La majorité progressive apportera des réponses à ces sujets urgents.

Les mondes de la jeunesse et des adultes sont trop lointains. C'est pour qu'ils deviennent riverains que ce livre est dédié. C'est de cette volonté d'aimer, de ce rapprochement, dont notre jeunesse a le plus besoin en ces temps incertains.

*L'auteur enseigne à l'université d'Angers et est originaire du Maine-et-Loire. Il fut responsable de formations universitaires et président de parents d'élèves. Il enseigne dans un collège québécois et à l'école polytechnique de Montréal. Il est l'initiateur de projets d'accompagnement scolaire auprès des jeunes en difficultés. De formation scientifique, il porte un regard passionné sur l'émancipation de la jeunesse.*



## Ma part de vérité

un ouvrage de qualité  
de 180 pages  
d'un format de 14,5 x 23 cm  
imprimé sur papier 90 gr

Couverture  
*Patrick Forest*

à découper et à renvoyer

Nous informons les réservataires que le chèque joint à leur bon ne sera mis en banque qu'une fois le livre paru.

### BON DE RÉSERVATION

parution prévue en mars 2007

NOM ..... PRÉNOM .....

ADRESSE .....

COMMANDE ..... EXEMPLAIRES AU PRIX AVANT PARUTION DE 14 euros (franco de port) DU LIVRE

FAUT-IL GARDER LA MAJORITÉ  
À 18 ANS ?

**Patrice Mangeard**

SOIT UN TOTAL DE ..... EUROS

que je règle par chèque ou mandat  
libellé à l'intitulé CHEMINEMENTS

1, chemin des Pièces – Bron – 49 260 Le Coudray-Macouard

# VIENT DE PARAÎTRE

## Un ouvrage de Sébastien Moutault



<http://www.lalangagevhdl.net/>

Ce site est un complément à l'ouvrage Le Langage VHDL, du langage au circuit, du circuit au langage de Jacques Weber, Sébastien Moutault et Maurice Meaudre, 3ème édition (ISBN : 9782100501915), publié chez Dunod.

Le visiteur trouvera sur ce site un sommaire détaillé du livre et la documentation des exemples de descriptions VHDL utilisés dans le livre. Les codes sources de ces mêmes exemples sont disponibles dans l'espace de téléchargement ainsi que les programmes qui permettent d'en tester le fonctionnement. Des compléments sur VHDL sont également proposés sous forme de documents à télécharger ou de liens vers les sites traitant de VHDL. On trouvera aussi des liens vers les principaux fabricants de circuits programmables ou de logiciels de simulation.

Enfin, un espace est réservé aux corrigés des exercices proposés dans le livre.

### Sommaire

#### AVANT PROPOS A LA TROISIEME EDITION

#### PARTIE A. MODELISATION ET SYNTHÈSE

##### 1. Le langage VHDL dans le flot de conception

##### 2. Quels que soient l'outil et le circuit : la portabilité

##### 3. Deux visions complémentaires : hiérarchique et fonctionnelle

#### PARTIE B. CONCEPTION ET VERIFICATION, LE LANGAGE VHDL A TRAVERS UN PROJET

##### Chapitre 1. Un contrôleur de liaison série asynchrone

- 1.1. Principe de la communication série asynchrone
- 1.2. Architecture du contrôleur
- 1.3. Fonctionnement
- 1.4. Implémentation matérielle

##### Chapitre 2. Décrire le circuit

- 2.1. La boîte noire et son contenu
- 2.2. Décrire des opérateurs combinatoires
- 2.3. Décrire des opérateurs séquentiels
- 2.4. Décrire des machines d'états synchrones
- 2.5. Décrire des architectures (appréhender la complexité)
- 2.6. Concevoir un Intellectual property Core

##### Chapitre 3. Vérifier son fonctionnement

- 3.1. Structure générale d'un banc de test

##### 3.2. Effectuer des tests unitaires

##### 3.3. Effectuer une vérification post-synthèse

##### Chapitre 4. Quelques pièges

- 4.1. Les mémoires cachées
- 4.2. Signaux et variables
- 4.3. Automates : codage des états
- 4.4. Les boucles
- 4.5. La complexité sous-jacente
- 4.6. De l'ordre dans les horloges
- 4.7. Conflits et signaux trois états
- 4.8. Penser "circuit"

#### PARTIE C. SIMULATION, DE LA SEMANTIQUE DU LANGAGE VHDL AU MODELE RETRO-ANNOTÉ VITAL

##### Chapitre 5. Parallélisme et algorithmes séquentiels : signaux, variables et processus

- 5.1. Parallélisme
- 5.2. Signaux et variables
- 5.3. Durée de vie des variables : procédures, fonctions et processus
- 5.4. Gestion du temps simulateur

##### Chapitre 6. Bus, conflits et arithmétique de vecteurs : le standard IEEE-1076.3

- 6.1. Les paquetages du standard IEEE-1076.3
- 6.2. Des types logiques simples multivalués
- 6.3. Des opérateurs prédéfinis

##### Chapitre 7.

##### Communiquer avec l'environnement et le simulateur

- 7.1. Fichiers (STD.TEXTIO)
- 7.2. Instructions ASSERT et REPORT

##### Chapitre 8. Violation des règles temporelles : des modèles "maison" à la librairie VITAL

- 8.1. Des modèles "maison"
- 8.2. Les primitives VITAL
- 8.3. Les fichiers de timings

#### PARTIE D. LE LANGAGE VHDL, ELEMENTS DE SYNTAXE

##### Chapitre 9. Un préliminaire grammatical : le formalisme de Backus et Naur (BNF)

##### Chapitre 10. Les objets du langage

- 10.1. Les mots réservés
- 10.2. Une structure de blocs homogène
- 10.3. Unités de conception : entité et architecture
- 10.4. Types et classes
- 10.5. Expressions
- 10.6. Attributs

##### Chapitre 11. Les instructions

- 11.1. Instructions concurrentes
- 11.2. Instructions séquentielles

##### Chapitre 12. Structures d'un programme

- 12.1. Les sous-programmes : procédures et fonctions
- 12.2. Bibliothèques et paquetages
- 12.3. Construction hiérarchique

#### BIBLIOGRAPHIE

#### INDEX

## Un ouvrage de Robert BOURE

◀ ECHANGES ▶

◀ ECHANGES ▶

La plupart des grandes interrogations sur les Sciences humaines et sociales (SHS) sont contemporaines des premières tentatives d'autonomisation des savoirs sur l'homme et la société. Et pourtant, elles sont toujours récurrentes à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle. Sans doute parce que nombre d'entre elles sont existentielles : d'où viennent ces sciences ? Qu'ont-elles à voir avec les sciences de la nature et de la vie, et au-delà avec les mathématiques et l'expérimentation ? Quel est leurs rapports avec la littérature et la philosophie ? Est-il possible et souhaitable de construire des cartes et de tracer des frontières à partir des seuls critères épistémologiques ? Comment, quand et pourquoi sont-elles devenues des disciplines académiques ? Pourquoi se sont-elles longtemps développées dans des cadres nationaux ? L'étude diachronique et sociale des SHS permet de mobiliser des ressources dans le passé non seulement pour mieux le comprendre, mais surtout afin de penser et d'agir dans le présent par rapport à des questions qui demeurent vives.

Robert Boure, Professeur de Sciences de l'Information et de la communication à l'Université Toulouse 3, est également Directeur de la revue *Sciences de la Société*.



ISBN 978-2-930481-15-9  
Dépôt légal : 2007/9202/16  
Prix de vente : 34,00 €

Les sciences humaines et sociales en France

Robert BOURE

Les sciences  
humaines et sociales  
en France

E.M.E.

Directeur : Yves Chevalier, Professeur, Université de Bretagne Sud.  
Comité d'orientation scientifique : Françoise Bernard (Professeur, Université d'Als-Marseille), Yves Jeanneret (Professeur, Paris 4 - CELSA), André Lafrance (Professeur, Université de Montréal), Jean Mouchon (Professeur, Université Paris 10), Stéphanie Olivès (Professeur, Université Lyon 2).  
Leur adresse mail : F. Bernard : Francoise.Bernard@up.univ-paris.fr ; Y. Jeanneret : yves.jeanneret-cesa@paris.sorbonne.fr ; A. Lafrance : andre.lafrance@umontreal.ca ; J. Mouchon : mouchon.jean@wanadoo.fr ; S. Olivès : Stephane.Olives@univ-lyon2.fr

#### "Echanges"

Cette collection fait le pari qu'échanges interdisciplinaires et partage des questions et des doutes constituent l'essence même des Sciences Humaines et Sociales, à la recherche de points de vue novateurs, tout à la fois ancrés dans la production de savoirs, en dialogue avec les voisins proches et plus lointains, et à distance des clivages artificiels, et des modes de pensée unique.

Les commandes sont à adresser à :  
E.M.E. (Éditions Modulaires Européennes) & Inter-Communications S.P.R.L.  
40, rue de Hanret  
B - 5380 Cortil-Wodon  
Tel. : 0032(0)83 42 63 et 0032(0)473 93 46 57  
Fax : 32(0)81 83 52 63  
Courriel : info@intercommunications.be  
Site : www.intercommunications.be

Adresse où envoyer des manuscrits :  
Yves Chevalier  
Université de Bretagne Sud  
IUT, 8 rue Montaigne  
BP : 56107  
56017 VANNES CEDEX

Le projet éditorial d'« Echanges » est ancré dans le sentiment, sans doute bien peu académique mais pourtant bien réel, du plaisir des échanges entre individus et disciplines d'horizons divers. C'est dire qu'à l'inverse de ce que l'on peut observer ici ou là, il cherche à éviter le repli institutionnel sur des positions scientifiques, posture qui est souvent observée dans un contexte de fragilisation des Sciences Humaines et Sociales. Cette collection fait le pari qu'échanges interdisciplinaires et partage des questions et des doutes constituent l'essence même des Sciences Humaines et Sociales, à la recherche de points de vue novateurs, tout à la fois ancrés dans la production de savoirs en dialogue avec les voisins proches et plus lointains, et à distance des clivages artificiels, et des modes de pensée unique.

Les Sciences Humaines et Sociales sont en effet aujourd'hui confrontées à des modes d'inscription sociale et des normes d'évaluation institutionnelle qui leur sont parfois étrangers. Leur situation institutionnelle est de manière récurrente débattue, voire remise en cause. Les approches scientifiques des Sciences Humaines et Sociales, la définition de leurs objets et de leurs méthodes constituent en effet bien souvent une remise en cause, à tout le moins un questionnement pour tous les discours à prétention scientifique. Ces questionnements peuvent gêner, mais ils sont irremplaçables face aux tentations néopositivistes, au triomphe des vulgates, aux mythes épiques de la techno-science en marche.

Paradoxalement, les discours des Sciences Humaines et Sociales semblent totalement banalisés, socialisés, domestiqués ; ses vulgates alimentent en effet les magazines, et font florès dans les médias de grande diffusion. La mesure de ce paradoxe est au cœur de ce projet éditorial.

Confrontées aux défis d'une socialisation des savoirs et d'un nécessaire dialogue pluridisciplinaire exigeants, la collection propose des réflexions originales reposant sur des travaux de recherche égayés.

**L'équipe colloque de l'I.U.T de Marseille,  
départements de Marseille et de Salon de Provence,  
est heureuse de vous accueillir  
au 34<sup>e</sup> Colloque Pédagogique National des départements GEII**

**LES 30, 31 MAI ET 1 JUIN 2007.**

*<http://iut.geii.marseille.free.fr/Commissions/commissions.php>*

**Commission : 1**

Electronique et energies : réalité incontournable  
Responsable : Berthon Alain -IUT de BELFORT  
*E-mail : [alain.berthon@univ-fcomte.fr](mailto:alain.berthon@univ-fcomte.fr)*  
Liste des membres et des inscrits

**Commission : 2**

Mathématiques : Donner envie d'apprendre.  
Responsable : Verhé Sylvie -IUT de CERGY  
*E-mail : [sylvie.verhe@u-cergy.fr](mailto:sylvie.verhe@u-cergy.fr)*  
Liste des membres et des inscrits

**Commission : 3**

Architecture FPGA  
Responsable : Aubepart Fabrice - IUT de MARSEILLE  
*E-mail : [fabrice.aubepart@univ-cezanne.fr](mailto:fabrice.aubepart@univ-cezanne.fr)*  
Liste des membres et des inscrits

**Commission : 4**

Formation par Alternance  
Responsable : Seguin Jean Luc - IUT de MARSEILLE  
*E-mail : [j-l.seguin@univ-cezanne.fr](mailto:j-l.seguin@univ-cezanne.fr)*  
Liste des membres et des inscrits

**Commission : 5**

Mise en place du PPN 2005  
Responsable : Pejot Claude - IUT de TOURS  
*E-mail : [pejot@univ-tours.fr](mailto:pejot@univ-tours.fr)*  
Liste des membres et des inscrits