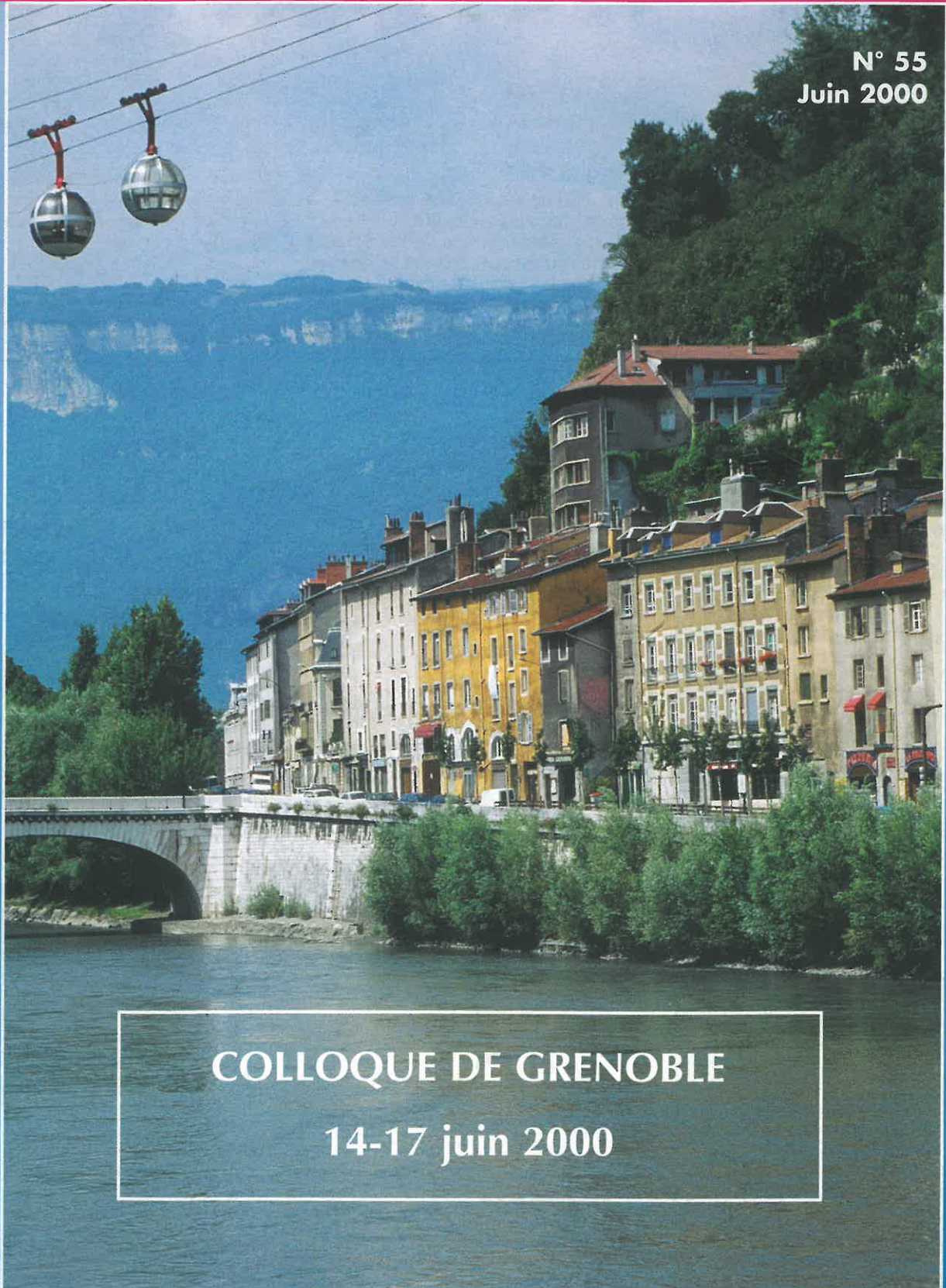


# Gesi

Revue des départements de Génie Electrique & Informatique Industrielle - IUT

N° 55  
Juin 2000



**COLLOQUE DE GRENOBLE**

**14-17 juin 2000**

# E D I T O

A plusieurs reprises, notre collègue Dominique POMPEI nous a mis en garde vis-à-vis du « toujours plus » quant à l'organisation du colloque GEii qui prend de l'ampleur. C'est avec cette sage recommandation que nous vous accueillerons sur le modèle niçois, la mer en moins, mais avec quelques sommets en plus...

Notre volonté pour Grenoble est double: nous souhaitons tout d'abord un colloque convivial, où les déplacements seront minimisés, pour « prendre le temps » et favoriser les échanges. La conclusion sera une découverte de la région qui saura sans aucun doute vous satisfaire. Nous espérons ensuite une forte association avec le monde industriel à travers l'exposition et le thème qui lui est consacré.

Nous débattons aussi d'une nouvelle thématique, pas ou peu développée dans nos départements : la supervision des procédés industriels. Il faudra aussi tenter de se positionner en ce qui concerne l'enseignement de l'électronique pour les télécommunications. Et nous n'oublierons pas nos amis anglicistes qui ne manqueront pas de faire des propositions constructives pour que nos étudiants puissent s'insérer le mieux possible dans le contexte européen.

Après plus de deux années passées à élaborer notre nouveau programme, le colloque grenoblois sera l'occasion pour nous tous d'évoquer sa mise en œuvre. Ce nouveau PPN suscite des interrogations quant à ses ambitions, alors que notre formation, dite courte,

s'inscrit dans une filière technologique en évolution avec les IUP et les nouvelles licences professionnelles. De plus en plus, il sera nécessaire de répondre à la question « Qu'attend-on de nos étudiants ? », que ce soit pour leur insertion professionnelle ou bien leur poursuite d'études. Nous souhaitons que cette manifestation nous fournisse l'occasion d'apporter des éléments de réponse à cette question.

Les deux départements GEii de Grenoble mettent tout en œuvre pour la préparation de ce colloque et vous attendent du 14 au 17 juin. A très bientôt.

Bernard Descotes-Genon  
et Jean-Paul Ferrieux

## GeSi

GÉNIE ÉLECTRIQUE  
SERVICE INFORMATION

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

Directeur de la publication :  
P. Mangeard

Responsable  
du comité de rédaction :  
G. Gramaccia

Comptabilité :  
G. Couturier

Membres du Comité de Rédaction :  
Mme Quetin, MM Barraud, Berthon,  
Bliot, Caron, Couturier, Darces,  
Duez, Lemerrier, Martin, Pardies,  
Quéré, Robert, Savary, Vergnolle

Comité de rédaction :  
Département de Génie Electrique  
IUT "A"

33405 Talence Cedex  
Téléphone : 05 56 84 57 58  
Télécopie : 05 56 84 57 83

E-mail: gramacia@elec.iuta.u-bordeaux.fr

Imprimerie : Laplante  
204, av. de la Marne  
33700 Mérignac  
Téléphone : 05 56 97 15 05  
Télécopie : 05 56 97 80 18  
e-mail: athonier@planete.net  
Dépôt légal : juin 2000  
ISSN : 1156-0681

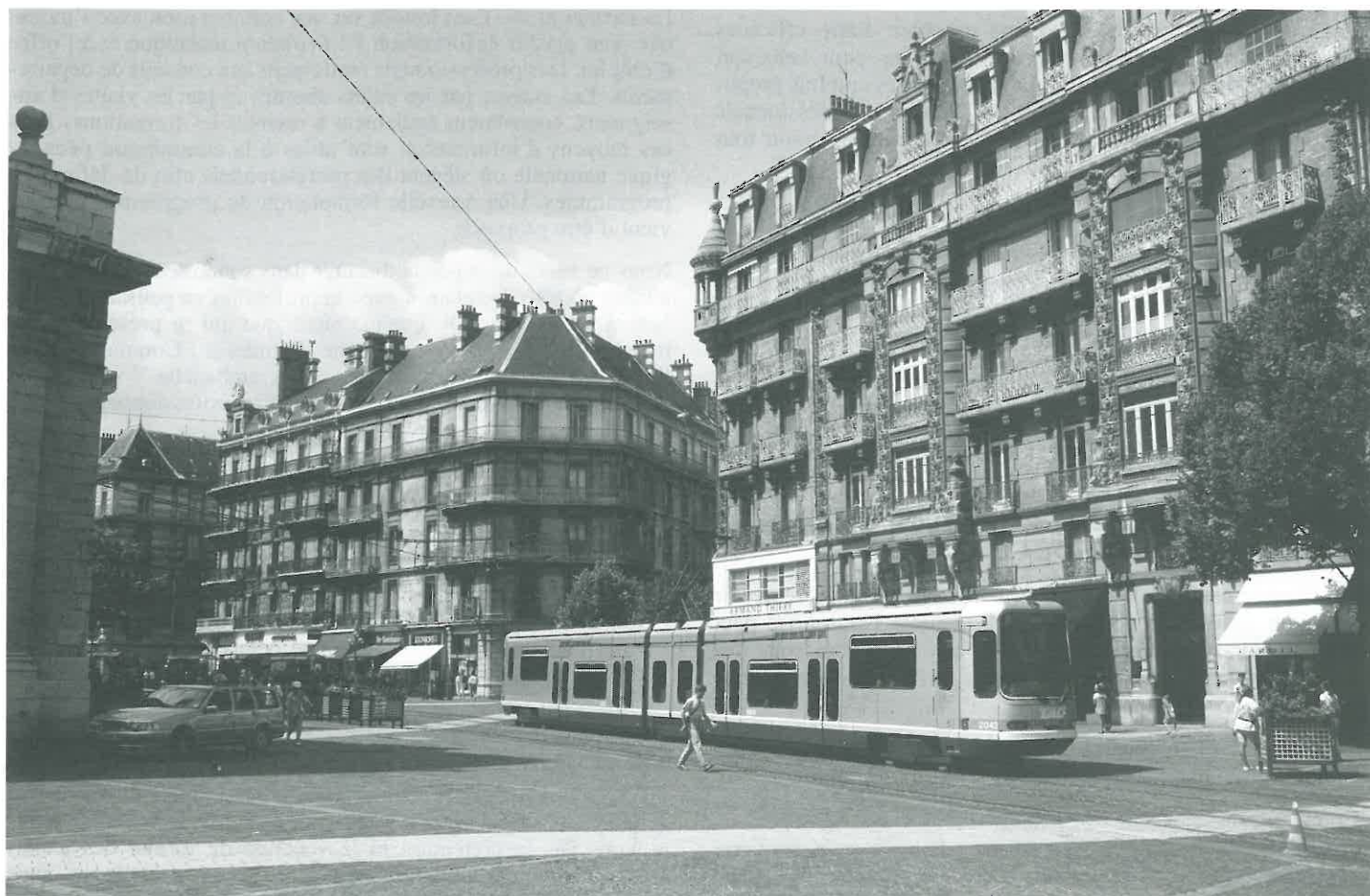


### Consultez

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

S  
O  
M  
M  
A  
I  
R  
E

Commission <i>Besoins industriels</i>	4
Après le logiciel libre, le document libre	6
La charte du document libre	7
✓ Maquette Hacheur-Onduleur en électronique de puissance	9
✓ Un générateur de bruit blanc à base d'un générateur binaire pseudo aléatoire	11
L'enseignement des automatismes : de la théorie à la pratique	14
✓ Un exemple de TP à distance	18
Internet : une révolution en trompe-l'œil ?	23
Carte minimum HC11-CPLD pour l'informatique industrielle et l'électronique numérique	25
Identification automatique et codes-barres	29
Hexapod II	34
Les projets tutorés à Bordeaux	36



## Colloque de Grenoble :

# Travaux préparatoires de la commission Besoins industriels

## 1 - INTRODUCTION

Parler des besoins industriels paraît superflu car la Commission pédagogique nationale où siègent des professionnels a pour rôle d'assurer l'adéquation de la formation et de la demande industrielle. Le DUT est apprécié et nous en sommes tous heureux.

Nous croyons cependant que réfléchir aux besoins industriels se pose d'abord au titre de la formation, principalement pour la première embauche mais également peut porter sur d'autres besoins industriels auxquels les compétences d'un département de génie électrique peuvent répondre : les plates-formes technologiques et la participation au développement de l'usage de l'internet pour la communication et de celui du multimédia pour la création de documents ou notices techniques.

Outre leur rôle de formation de DUT, des départements de génie électrique ont mis en place des plates-formes technologiques ou centres de compétences tournés vers l'entreprise. Qu'y trouvent les industriels?

Des départements ont réalisé, en partenariat avec l'industrie, des documents techniques (souvent multimédia) ou des formations internes à l'entreprise sur divers sujets techniques ou professionnels. Comment se développent ces actions ? Que devrait-on trouver sur un site internet pour mieux répondre aux attentes des entreprises dans leurs relations avec un département ?

## 2 - THÈMES ABORDÉS

### THÈME 1 - FORMATION :

- Nous devons former des étudiants capables d'être efficaces assez rapidement dans l'entreprise, au moins pour ceux qui recherchent un premier emploi. La diversité des emplois proposés et la variété des logiciels ou des matériels professionnels rencontrés est très grande et le DUT ne peut jamais avoir tout vu....
- Qu'attend l'industriel à la première embauche ?
- Comment suivre au plus près ces évolutions, par quel canaux rester informés des besoins des entreprises ? la contribution des professionnels à la formation vise à caler la formation sur la politique professionnelle, où en sommes-nous ?
- Quelle part de formation spécialisée l'entreprise trouve-t-elle normal de prendre en charge pour un jeune embauché ?
- Comment évolue ultérieurement le DUT génie électrique dans l'entreprise ?

### THÈME 2 - LES PLATES-FORMES TECHNOLOGIQUES ET CENTRES DE COMPÉTENCES.

- Les départements de Génie électrique constituent un réservoir de savoir faire et de compétences à laquelle l'entreprise peut avoir recours. Des initiatives isolées ont vu le jour sous des dénominations variées : plates-formes technologiques, centres de compétences ou de formation.
- Elles répondent en général à une demande locale, le plus souvent impulsée par des collaborations université-industrie.
- Combien sont-elles, que font-elles, à quoi servent-elles, peut-on tirer parti ailleurs de ces expériences ? Peuvent-elles coopérer ensemble dans une offre globalisée de compétences DUT génie électrique ?

## 3 - LE MULTIMÉDIA ET INTERNET AVEC L'ENTREPRISE

### 3-1 - LA COMMUNICATION AVEC L'ENTREPRISE :

- L'adéquation de la formation et des besoins industriels passe d'abord par une communication entre l'entreprise et le département (recherche de stage, suivi des stagiaires, offres d'emploi...).
- De nombreux départements ont monté un site internet.
- Peut-on confronter ces expériences ? Quels sont les éléments de ces sites spécialement orientés vers les entreprises, que veulent-elles y trouver ?

### 3-2 - LA FORMATION PAR LE MULTIMÉDIA EN PARTENARIAT AVEC L'ENTREPRISE.

- L'entreprise a, elle aussi, besoin de se former sur des matériels nouveaux ou des logiciels. Les départements de génie électrique ont toutes les compétences pour participer à ces formations en partenariat avec l'entreprise (création de documents techniques à vocation professionnelle, CD de démonstration, manuels d'emploi...).

Quelles sont les réalisations, comment sont-elles perçues par l'entreprise ?, quelle structure pour les produire ?

## THÈME 1 - FORMATION

Responsable Lelan : Département Gélec, IUT d'Angers.

### 1 - La première embauche et la vie professionnelle du DUT :

La formation DUT est fondée sur une collaboration avec l'industrie pour ajuster la formation à l'évolution technique et à l'offre d'emploi. Des professionnels participent aux conseils de départements. Les stages, par les sujets abordés et par les visites d'enseignants, contribuent également à orienter les formations. Tous ces moyens d'information sont utiles à la commission pédagogique nationale où siègent des professionnels afin de définir les programmes. Une nouvelle formulation du programme national vient d'être proposée.

Nous ne souhaitons pas la discuter dans son ensemble mais seulement aborder la relation avec la profession en pensant particulièrement au jeune DUT génie électrique qui se présente sur le marché du travail (hors poursuite d'études...). Comment mieux l'armer pour décrocher une première embauche ? et au-delà, quels atouts lui donner pour réussir sa vie professionnelle.

Au plan scientifique et technologique, la formation DUT est confrontée à deux finalités complémentaires mais en partie concurrentes par la part qui doit leur être consacrée.

- Donner une solide formation technique pour que le jeune diplômé puisse être rapidement productif vis-à-vis des exigences du marché de l'emploi.
- Donner les connaissances générales de la discipline nécessaires à une véritable formation dans une perspective d'évolution de carrière et qui par ailleurs sont exigées pour une poursuite d'études.

Le premier aspect impose d'asseoir la formation sur des outils d'usage professionnel (équipements, matériels, logiciels). La diversité de ces derniers et leur modification rapide demande une actualisation fréquente, proche des besoins industriels. Nous n'avons pas la prétention ni la vocation de former des jeunes DUT directement « opérationnels » sur toute technologie, mais l'industriel attend cependant un minimum de connaissances tech-

niques opératives et une facilité d'adaptation. Pour tout débutant, l'entreprise accepte naturellement une période d'adaptation à travers les structures de formation internes à l'entreprise.

- Comment est organisé le **début de l'activité professionnelle** du jeune dans l'entreprise.
- Quelle part **l'entreprise prend-elle naturellement** pour l'adaptation du diplômé au poste occupé ?
- Qu'attend-elle du jeune DUT ?
- Comment coller au mieux aux **besoins en vue de la première embauche** ? (enquêtes stages et autres voies d'information ?).

Le deuxième aspect nous préoccupe en ce sens qu'à côté du système actuel de poursuite d'études directement après le DUT (environ 40 % des diplômés), la formation scientifique et technique dispensée vise à permettre de suivre l'évolution technologique et aussi d'ouvrir des perspectives de carrière pour le diplômé DUT à l'intérieur même de l'entreprise.

- Que font nos DUT dans quelques entreprises types ?
- Quelles conséquences pour la formation ?
- Quelles sont les perspectives d'évolution du DUT dans l'entreprise, comment les améliorer ?

**Des témoignages d'industriels et de collègues sont attendus sur ces sujets et devraient conduire à une réflexion collective.**

## 2 - Relations entreprise-formation.

Le volet précédent suppose des relations actives entre l'entreprise et la formation DUT. Ces relations existent institutionnellement à travers les divers conseils.

La participation des professionnels à l'enseignement est bien évidemment une façon privilégiée d'assurer la cohérence entre la formation et les besoins industriels. A une époque où l'industrie est constamment sollicitée (stages divers apprentissage...) et consacre ses forces vives à la compétition industrielle, il paraît intéressant de faire un bilan :

- Qu'en est-il de cette participation effective des professionnels à l'enseignement ?
- Quel est le point de vue des professionnels qui y participent ?
- Quelle est la position de leur entreprise sur cette participation ?
- Quelle est l'activité des PAST, quel est leur point de vue ?

## THÈME 2 - PLATES-FORMES TECHNOLOGIQUES

*Animateur Jean Chilo, (+ Norbert Noury, Roger Billat, Thierry Creuzet).*

### Buts :

Dans le document « bilan perspectives pour l'enseignement supérieur » Janvier 2000, le ministère souhaite développer des plates-formes technologiques si possible en maillant le territoire.

*« p8 ... dans ces villes moyennes, à partir du réseau des IUT et des BTS, des autres formations technologiques en écoles et universités, mais aussi des lycées technologiques et professionnels, seront mises en place des plates-formes technologiques.... Ouvertes aux PME-PMI sur des bases contractuelles, pour favoriser le transfert technologique et l'innovation.*

(Ce souhait n'est pas nouveau et s'inscrit dans une suite d'actions antérieures mises en place par des ministres précédents : CRIT, AIP ...)

Ces plates-formes ont en principe vocation à répondre à des besoins industriels d'expertise et de formation.

Le développement rapide de logiciels de CAO et de simulation en génie électrique rend disponible des outils de nature professionnelle permettant de réaliser effectivement des études industrielles. Par ailleurs l'usage de ces outils par les entreprises

entraîne des demandes formations auxquelles les départements de GEII peuvent contribuer.

Il s'agit de faire un bilan de ce qui existe, de situer les problèmes rencontrés et de tracer les perspectives de développement.

Nous essaierons de répertorier aussi bien des plates-formes technologiques à vocation d'études, des centres de compétences à vocation de formation continue pour l'industrie (formation sur logiciel technique et autres).

Nous souhaitons que les départements concernés documentent une fiche de présentation de la plate-forme (ou du centre de compétences) existant : (domaine d'activité et son volume d'affaires, date de création, son organisation, ses liens avec les étudiants, ses partenaires...).

En complément, un bref historique pour expliquer d'où est partie la plate-forme serait intéressant.

Il est utile qu'un partenaire industriel ayant utilisé les services offerts par le centre ou la plate-forme puisse exposer ses réflexions critiques (positives ou non) sur le service rendu par cette structure.

La création de documents multimédia de génie électrique en partenariat avec l'industrie entrerait également dans ce champ (centre de compétences multimédia GEII) mais pour des raisons d'organisation nous le renvoyons au thème internet-multimédia. Notons aussi que l'existence d'internet permet de faire connaître l'offre des plates-formes technologiques et ouvre la formation spécialisée ou la participation à des études techniques à distance.

## THÈME 3 - MULTIMÉDIA ET INTERNET DANS LE PARTENARIAT ENTREPRISE GEIL

*Animateur, Pierre Huard (Daniel Hilaire, Th Creuzet, Amalberti)*

### 3-1 - La communication avec l'entreprise par internet :

- L'adéquation de la formation et des besoins industriels passe d'abord par une communication entre l'entreprise et le département (recherche de stage, suivi des stagiaires, offres d'emploi...).
- De nombreux départements GEII ont monté un site internet pour présenter la formation.
- Quels sont les éléments de ces sites spécialement orientés vers les entreprises ?
- Quelles sont les rubriques importantes ?
- Que veulent-elles y trouver les entreprises ?
- Peut-on confronter ces expériences, voire définir un canevas commun pour une partie .

### 3-2 - La formation par le multimédia en partenariat avec l'entreprise.

- L'entreprise a, elle aussi, besoin de se former sur des matériels nouveaux ou des logiciels. Une forte demande existe pour l'acquisition d'un savoir faire (maîtrise d'un logiciel de CAO ou de simulation par exemple). Certaines de ces formations pouvant s'effectuer en partie à distance par le biais d'internet).
- Les départements de génie électrique ont toutes les compétences pour participer à ces formations en partenariat avec l'entreprise : (création de documents techniques à vocation professionnelle, CD de démonstration, manuels d'emploi...).
- Quelles sont les réalisations existantes en partenariat ou destinées à une entreprise ?
- Comment sont-elles perçues par l'entreprise ?
- Quelle structure pour les produire ?

## Après le logiciel libre, le document libre

par Jacques CUVILLIER - IUT de Nantes

Le Web a été dès son origine un vecteur efficace de partage du savoir, et ce phénomène prend rapidement de l'ampleur. Pour autant, il n'a pas été jusqu'ici un lieu privilégié de publications, et il n'y a pas vraiment, jusqu'à ce jour, d'éditions organisées, sauf dans le domaine du logiciel.

On assiste cependant à des phénomènes qui montrent le besoin et les possibilités du partage de ressources :

- d'une part, la pratique du Logiciel libre, dont le succès n'est plus à démontrer, et dont la philosophie contraste singulièrement avec la mesquine protection des solutions « commerciales ».
- d'autre part la mise en place d'un certain nombre de sites de ressources pédagogiques, comme ceux qui dépendent du réseau des académies ou ceux qui ont été créés sous l'égide du CNDP (connaissez-vous par exemple le forum « electron »?).

Les départements GEII des IUT ont fait partie des précurseurs en la matière, tout au moins dans l'intention. Le GESI en a fait écho à chaque occasion.

Depuis une dizaine d'années, le projet « FORUM » devait permettre la diffusion de documents aux fins de la formation « multimédia ».

Depuis plus de deux ans, le site Internet du GESI maintenu par l'IUT de Brive, [www.gesi.asso.fr](http://www.gesi.asso.fr), tend son disque dur à qui veut bien donner.

Force est de constater que la mise en ligne de documents à vocation pédagogique n'est pas encore entrée dans les mœurs. Quand on connaît le potentiel de compétence et de générosité que recèlent les IUT, on peut se demander pourquoi une pratique aussi avantageuse ne s'est pas développée davantage. En réfléchissant à ce problème, nous y avons vu plusieurs raisons auxquelles nous avons voulu pallier avec le projet « document libre ».

### LE DEVOIR DE PUBLIER DES ENSEIGNANTS DU SUPÉRIEUR

De nombreux collègues ont cette obligation en tant qu'enseignants-chercheurs. Déjà bien chargés par les tâches d'enseignement telles qu'on les pratique en IUT, mis à contribution pour des tâches « annexes » et responsabilités diverses, le temps qu'ils parviennent finalement à consacrer à la recherche doit aboutir coûte que coûte à une publication référencée dans un colloque ou une revue. On peut difficilement s'attendre à ce qu'ils dégagent encore du temps pour finaliser et mettre en ligne un document qui ne pourrait pas, dans les conditions actuelles, être

authentifié et produit dans la liste des travaux au même titre que les publications habituelles.

Il fallait donc instaurer un cadre de publication tout aussi valable qu'un colloque, avec la possibilité de faire viser le document par un comité de lecture, et de le voir référencé dans une base de données.

### LES RÉFLEXES DE L'ÉDITION PAPIER

Pour « mettre sous presse » un ouvrage, l'éditeur veut qu'il soit exhaustif et excellent. Un auteur qui reste dans cette logique est donc freiné par la difficulté d'atteindre ces deux qualités.

Le souci d'exhaustivité tient au fait qu'un « bon ouvrage » se doit de traiter un sujet sans trop de lacunes. L'acheteur veut tout avoir si possible en un manuel. Cet argument ne tient plus lorsque la notion de « manuel » disparaît. Un document électronique peut sans inconvénient ne porter que sur un élément particulier de connaissance.

Le souci d'excellence honore en principe celui qui le manifeste. Il est cependant un frein majeur à la diffusion du savoir en ce sens qu'il laisse des travaux utiles en souffrance, dans l'attente d'un progrès jamais trouvé suffisant. Il est un fait que la « mise sous presse » a quelque chose d'irréversible que n'a pas le document électronique qui peut être modifié en très peu de temps.

Par ailleurs, rien n'empêche de qualifier de « version préliminaire » le premier jet d'un travail. Tout comme les logiciels libres qui se perfectionnent par la contribution spontanée de plusieurs programmeurs, un document libre est appelé à progresser grâce à la contribution des utilisateurs.

L'acte de publier, tout comme celui d'exploiter un document, repose largement sur la notion du « rapport à l'autre », notion d'ailleurs fondamentale si l'on veut concevoir et développer humainement les vastes possibilités du « Web ».

### LA DIFFICULTÉ DE TROUVER LES COLLABORATIONS NÉCESSAIRES

Bien souvent, nous ne réalisons pas à quel point les moyens modernes de communication nous rapprochent. Les collaborations nécessaires à l'entreprise d'un ouvrage sont souvent recherchées dans l'environnement immédiat. Ce n'est pas toujours possible.

La recherche d'une collaboration se heurte aussi à des aspects humains : entrer en contact avec un co-auteur nous amène à avouer nos points faibles. Apprendre progressivement à nouer des contacts

avec moins de réticence se fera sans doute par la pratique régulière d'échanges avec des personnes externes à notre milieu local, avec de surcroît la perspective d'une salutaire décrispation !

Le projet « Document Libre » incorpore d'entrée de jeu le fonctionnement partenarial qui permet en quelque sorte la croissance d'une œuvre par un apport multiple.

### LE SOUHAIT DE CONSERVER L'INTÉGRITÉ DE SON TRAVAIL

Nous admettons en toute bonne logique qu'une œuvre n'est jamais perdue si elle est reprise par d'autres et contribue de fait aux activités humaines. Mais nous devons aussi reconnaître qu'en général nous n'aimons pas que notre travail soit « récupéré » de manière anonyme ou - pire - sous un autre nom.

L'édition papier offre incontestablement la possibilité de conserver de manière intègre, une œuvre au nom de son auteur. Il n'en va pas de même de l'édition en ligne sous forme de fichiers classiques, surtout en dehors d'un énoncé clair des règles du jeu.

Le projet « Document Libre », tout en encourageant la copie et la diffusion, ne renonce pas au droit d'auteur en ce qui concerne la propriété intellectuelle, littéraire ou artistique. Il énonce clairement les règles à respecter dans l'utilisation des documents, et recommande l'usage des moyens techniques de cryptage qui permettent la signature électronique et interdisent la modification des fichiers.

Par ailleurs, un système de référencement et d'enregistrement en base de données permet de garantir l'authenticité d'un document, d'effectuer des recherches au moyen de mots-clé, d'obtenir l'avis des comités de lecture, de procéder éventuellement à des vérifications ou des mises à jour.

### MISE EN ŒUVRE

Tout établissement est appelé à contribuer au projet « Document Libre ». Il est fondé sur une charte dont vous trouverez ci-après une version préliminaire. Elle est le point de départ de travaux qui seront proposés sur ce thème lors du colloque de Grenoble.

Nous attendons de sa mise en œuvre un réel essor de la publication de documents à vocation pédagogique dans le cadre du GESI, dans un premier temps, avec toutes les répercussions souhaitables en terme d'enseignement à distance.

Peut-on aussi espérer qu'il fasse école et s'étende dans l'avenir à une pratique beaucoup plus générale ?

Jacques Cuvillier IUT de Nantes.

## La charte du document libre

par Jacques CUVILLIER - IUT de Nantes - [jacques.cuvillier@iut-nantes.univ-nantes.fr](mailto:jacques.cuvillier@iut-nantes.univ-nantes.fr)

### Article 1 - Objet du document libre

Le document libre a pour objet de permettre à tout auteur de contribuer librement et gratuitement à l'élévation du niveau artistique, culturel, technique et scientifique de la communauté humaine, en facilitant le repérage et la diffusion de leur œuvre dans un but non commercial.

La présente charte a été conçue pour tirer le meilleur parti des possibilités technologiques du réseau mondial qui permet de proposer des ressources documentaires en ligne.

### Article 2 - Label « Document Libre »

Sont considérés comme document libre au sens de la présente charte, les documents dont la propriété intellectuelle appartient totalement aux auteurs mentionnés dans le document, et qui sont parés de manière explicite de la mention « Document Libre » suivi de la référence à la présente charte.

### Article 3 - Droits et devoirs de l'auteur principal

**Article 3a** - L'auteur principal est celui qui détient, au sens du droit français, la propriété intellectuelle du document dont il a émis la version originale. Dans le cas d'une production par des personnes associées de fait, leur association constitue l'auteur principal, au sens de la présente charte.

**Article 3b** - L'auteur principal est responsable du contenu de son document. Il s'engage à ne pas contrevenir par la publication du dit document au code de la propriété intellectuelle, et à ne porter atteinte ni aux droits légitimes de son employeur, ni à ceux de toute personne physique ou morale avec laquelle il serait lié par contrat ou par accord de secret, notamment en matière de propriété industrielle. Le cas échéant, il doit obtenir les autorisations nécessaires préalablement à la diffusion de son document.

**Article 3c** - L'auteur principal ne renonce pas à sa qualité d'auteur et aux droits qui s'y rapportent du fait de la publication de son document en tant que document libre. Il appose la mention de copyright à son nom ou au nom de la personne morale qui en détient le droit légitime, comme par exemple l'organisateur d'un colloque vers qui le copyright aurait été transféré.

**Article 3d** - L'auteur principal renonce à une rémunération du fait de la diffusion de son document, et autorise toute personne à en faire des copies, à remettre ces copies à des tiers, et à en faire usage dans un but non commercial.

**Article 3e** - L'auteur principal est le maître d'œuvre dans l'évolution de son document. Il est juge de l'opportunité d'inclure des modifications ou adjonctions

suggérées par les auteurs désireux d'apporter leur contribution.

**Article 3f** - L'auteur principal reconnaît la contribution des auteurs dont il accepte les ajouts et modifications représentant une part significative de l'œuvre. Il accepte leur qualité d'auteurs contributeurs, et mentionne leur nom sur le document selon les usages précisés dans la présente charte.

**Article 3g** - L'auteur principal s'engage à tenir les auteurs contributeurs au courant des évolutions du document.

### Article 4 - Droits et devoirs des auteurs contributeurs

**Article 4a** - Les auteurs contributeurs sont toutes les personnes qui, de par leur compétence, ont permis de faire progresser sensiblement l'œuvre en terme de contenu ou de qualité, et dont l'apport a été accepté par l'auteur principal.

**Article 4b** - Les obligations mentionnées à l'article 3b qui incombent à l'auteur principal, notamment en matière de respect du droit de propriété intellectuelle, littéraire ou artistique, ainsi qu'en matière de propriété industrielle, s'appliquent également aux auteurs contributeurs.

**Article 4c** - Les auteurs contributeurs renoncent à une rémunération du fait de la diffusion du document auquel ils contribuent, et autorisent toute personne à en faire des copies, à remettre ces copies à des tiers, et à en faire usage dans un but non commercial.

**Article 4d** - Les auteurs contributeurs ont droit à ce que leur nom soit mentionné sur le document, et inclus dans la base de données de l'enregistrement des documents libres au sens de l'article 9 de la présente charte.

**Article 4e** - Les auteurs contributeurs ont droit à être tenus au courant des évolutions de l'œuvre, et sont fondés à faire éventuellement des objections.

### Article 5 - Traduction des documents libres

**Article 5a** - La traduction d'un document libre est permise à condition que le traducteur et la personne physique ou morale qui opère la diffusion se conforment aux dispositions de la présente charte, et notamment les dispositions des articles 5b, 5c, et 5d ci-dessous qui y font référence :

**Article 5b** - Le traducteur est considéré comme un auteur contributeur au sens de l'article 4.

**Article 5c** - Le document traduit hérite de la qualité de document libre de l'original. A ce titre, il doit comporter les mentions obligatoires indiquées à l'article 10, exprimées dans la langue de traduction.

**Article 5d** - Le document traduit doit être protégé selon les recommandations de l'article 8 et utilisé conformément aux dispositions des articles 11 à 15.

### Article 6 - Evaluation de l'œuvre par un comité de lecture

**Article 6a** - Dans toute la mesure du possible, l'œuvre est soumise pour appréciation à un comité de lecture formé de personnes volontaires et bénévoles, dont la compétence reconnue permet l'émission d'un avis autorisé sur le sujet traité.

**Article 6b** - L'appréciation du comité de lecture n'est pas forcément élogieuse. Elle met en valeur les points intéressants du document et peut être assortie de réserves.

**Article 6c** - L'avis du comité de lecture est établi sur un document séparé de l'œuvre à laquelle elle s'applique. Il est public et porté en tant que fichier dans la base de données d'enregistrement des documents libres. Tout lecteur peut accéder à ce fichier à partir du numéro d'enregistrement du document libre, tel qu'il est défini à l'article 9 de la présente charte.

### Article 7 - Bénéfice moral de la contribution aux documents libres

Tout auteur peut se prévaloir du fait d'avoir créé un document libre ou d'y avoir contribué. L'avis du comité de lecture permet éventuellement de justifier d'une activité créatrice en matière de pédagogique, de recherche ou de production artistique, dans un cadre culturel, social, technique ou scientifique selon le cas, pour valoir ce que de droit.

### Article 8 - Intégrité des œuvres publiées en tant que document libre

Les moyens techniques en usage (voir l'annexe 1 ci-après) seront utilisés systématiquement pour conserver à l'œuvre son caractère original. En particulier la protection des documents en ligne contre la modification du contenu restreindront l'usage du document à l'impression et à la copie d'éléments contenus.

### Article 9 - Enregistrement des documents libres

**Article 9a** - L'enregistrement et le référencement des documents libres dans la base de donnée ad hoc permet la recherche documentaire, facilite le repérage et l'accès aux documents recherchés et rend possible leur authentification.

**Article 9b** - Les documents libres sont enregistrés suite à une démarche volontaire de l'auteur principal.

**Article 9c** - Chaque document enregistré reçoit un numéro d'identification suivant le modèle :

« DL- année-numéro.pays-révision ».

L'année est portée par un numéro à quatre chiffres, le numéro par trois tranches de trois chiffres séparées par des espaces, le pays par trois lettres précédées d'un point, la révision par deux chiffres (révision majeure) suivi d'un point et de deux chiffres pour les révisions mineures.

Exemple: DL-2000-000 051 223.fra-02.01

#### Article 10 - Mentions obligatoires sur un document libre

Ce sont :

- 1 - le label « document libre » qui doit figurer et toutes lettres, accompagné du logo présenté en annexe 2 ;
- 2 - le nom de l'auteur principal et éventuellement sa qualité ;
- 3 - le « copyright » du détenteur légitime de ce droit et éventuellement son logo ;
- 4 - le ou les noms des auteurs contributeurs (par ordre chronologique des contributions) ;
- 5 - la mention « copies autorisées pour un usage non commercial selon la Charte du Document libre » ;
- 6 - l'adresse Internet où cette Charte est accessible, à moins que l'expression « Charte du Document libre » ne constitue un lien hypertexte ;
- 7 - le numéro d'enregistrement de document libre ;
- 8 - L'adresse électronique de la base de données « Documents libres » ou d'une base de donnée « miroir » ;
- 9 - Dans le cas où le document a été soumis à un comité de lecture, les noms et qualité des membres de ce comité.

#### Article 11 - Traçabilité des documents libres

Un document libre doit conserver dans toute la mesure du possible les caractères qui concourent à son identification. Son titre, sa description et l'ordonnement de sa composition ne devraient donc pas être modifiés sans raison.

Le numéro d'enregistrement de document libre constitue la clé de son identification. C'est par ce numéro que le contenu du document peut être vérifié, mis à jour en cas d'apparition de nouvelles versions, et que l'avis du comité de lecture -s'il existe- peut être trouvé. Il doit donc figurer sur toute copie, même partielle d'un document libre.

#### Article 12 - Liberté et gratuité de copie et de diffusion

Un document libre est fait pour être librement copié et diffusé. Cette diffusion doit se faire dans un but non commercial. En tout état de cause, une copie ne peut être facturée à un montant supérieur à celui de son support (typiquement le prix des photocopies ou d'un disque vierge).

#### Article 13 - Usage des documents libres dans les activités d'enseignement et de formation

**Article 13a** - Les activités d'enseignement et de formation à titre onéreux qui prennent appui sur des documents libres ne constituent pas par elles-mêmes un usage commercial des dits documents au sens de l'article 12.

**Article 13b** - La distribution de documents libres aux élèves, étudiants ou stagiaires participant à ces formations restent strictement soumises aux dispositions de l'article 12.

**Article 14** - Copies partielles insérées dans de nouveaux documents

Des copies partielles de documents libres peuvent être insérées dans tout document sous réserve des dispositions qui suivent:

**Article 14a** - Les copies fragmentaires (telles que paragraphe, tableau...) donnent lieu au minimum à un renvoi - par exemple en bas de page - indiquant le numéro d'enregistrement de document libre du document d'origine et le nom de l'auteur principal ;

**Article 14b** - Les copies consécutives (telles qu'un chapitre entier) donnent lieu à l'application de l'article 10 de la présente charte, avec la possibilité de se limiter pour des raisons pratiques aux mentions stipulées aux points 2 à 7 de cet article.

#### Article 15 - Usage illicite du document libre

Toute reprise totale ou partielle d'un document libre qui contrevient à la présente charte constituerait un abus à l'encontre du droit des auteurs. Un document qui reprendrait en tout ou partie le contenu d'un document libre et mentionnerait un nom d'auteur différent constituerait une contrefaçon passible des sanctions prévues par la loi.

#### Article 16 - Organisme de gestion

Un organisme chargé de l'enregistrement des documents libres et de la gestion de la base de données de référence est appelé à l'existence. Au stade expérimental, la gestion est confiée à l'initiative de l'Assemblée des Chefs de département GEii des IUT, à une équipe émanant des IUT de Bordeaux, Brive et Nantes, dans le cadre du GESI (association loi de 1901).

### ANNEXE 1

#### LES MOYENS TECHNOLOGIQUES DE LA PROTECTION DES DOCUMENTS LIBRES

Aujourd'hui, des techniques de cryptage permettent de rendre inintelligibles les codes véhiculant les données d'un fichier. Les données peuvent être restituées en clair à partir des clés de décryptage qui peuvent être obtenues à partir d'un code d'accès.

#### L'ouverture conditionnelle

Beaucoup de documents « portables » -c'est-à-dire visibles sur des ordinateurs de type différents- véhiculent à la fois les données cryptées et la clé de décodage. Lorsqu'on tente d'ouvrir le document, une fenêtre apparaît dans laquelle on peut introduire le code d'accès qui permet l'ouverture. Une telle disposition peut être appropriée à des documents visant un public spécifique. (Il peut par exemple s'agir de corrigés d'épreuves d'examen, de formules médicamenteuses...)

#### L'utilisation restreinte

Dans ce cas, le document peut être ouvert, mais non pas modifié. Les droits de l'utilisateur sont limités par le créateur du fichier. Ils peuvent être restreints à la lecture, à la lecture et à l'impression, à la lecture et à la copie... différentes combinaisons sont possibles. Au besoin, la modification du document sera possible après l'introduction d'un mot de passe.

#### La signature numérique

Elle allie généralement un aspect visible (graphisme, image) à un code présent dans le fichier. Ce code permet de s'assurer de l'intégrité du document (qu'il n'a pas été modifié depuis la signature de son auteur) et de vérifier éventuellement l'identité de l'entité émettrice (base de données du Document Libre par exemple).

### ANNEXE 2

#### Logo du document libre

**A noter :** une version couleur du logo est prévue (que nous ne pouvons reproduire ici) : lettres jaunes sur fond bleu.



Noir/Blanc



Niveaux de gris



# Maquette Hacheur-Onduleur en électronique de puissance

par Bernard CHAVEYRON - Jean-Paul FERRIEUX - Daniel HILLAIRE - IUT de Grenoble

Les travaux pratiques, en électronique de puissance comme dans d'autres disciplines, permettent aux étudiants de s'approprier plus efficacement et plus durablement les connaissances vues en cours ou en travaux dirigés. Nos étudiants d'aujourd'hui ont de plus en plus besoin de manipuler, de regarder et d'analyser l'évolution des signaux ou de la puissance pour comprendre le principe de fonctionnement et l'intérêt de tel ou tel convertisseur.

Il est possible d'utiliser des convertisseurs industriels si on se limite à regarder la fonction avec éventuellement ses entrées et ses sorties. Ces derniers sont par contre inadaptés pour l'étude de la structure du convertisseur ou le dimensionnement des éléments. Ce sont également des produits figés qui ne conviennent bien souvent qu'à un seul TP.

Il existe bien sûr des maquettes didactisées, mais elles sont souvent à des prix prohibitifs ou alors à un niveau de puissance très faible.

Ce constat a conduit plusieurs établissements à développer ses propres maquettes. Pour notre part, nous utilisons trois maquettes pour couvrir la partie électronique de puissance du programme.

- Une maquette de redressement commandé,
- Une maquette de hacheur et alimentation à découpage,
- Une maquette hacheur / onduleur que nous allons détailler ci dessous. Les autres TP font intervenir les machines, les variateurs de vitesse et la simulation.

## HACHEUR / ONDULEUR À IGBT

Cette maquette est basée sur trois cellules de commutation de type onduleur, associées à un point milieu capacitif et à une cellule hacheur.

La partie puissance, commande rapprochée et protections est nettement séparée des générateurs des commandes.

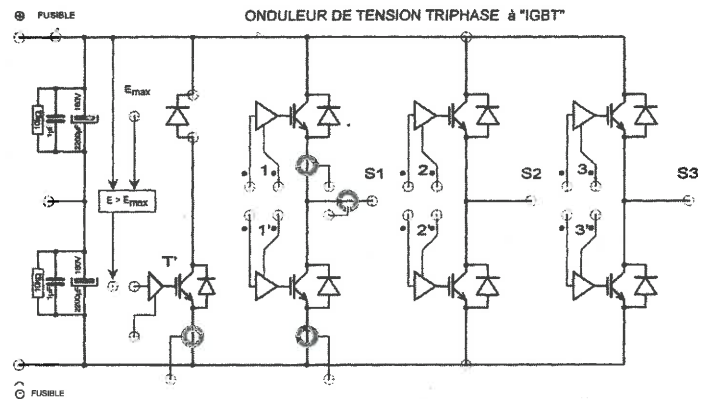
Les principales caractéristiques de cette maquette sont les suivantes :

- Elle est modulable ce qui permet l'étude de hacheurs, d'onduleurs monophasés et triphasés avec différentes commandes.
- Elle est munie des protections indispensables au bon fonctionnement avec des étudiants standards. En particulier, elle est protégée contre le court-circuit franc d'un bras.
- Les composants utilisés sont également standards, de faible coût et facilement remplaçables.
- La maquette peut être associée à des moteurs de 2,2 à 3 kW.

### LA PARTIE PUISSANCE

La partie puissance est composée d'un pont triphasé à IGBT et d'un bras hacheur qui peut être utilisé de façon indépendante ou en surveillance du bus continu. Chaque bras comporte deux IGBT associés à des diodes (600V - 30A). Tous les semi-conducteurs sont discrets et facilement accessibles de façon à pouvoir être remplacés aisément et à faible coût.

La commande rapprochée est assurée par le classique IRF 2110 qui empêche la conduction simultanée des 2 interrupteurs du même bras. Une limitation de courant est présente sur chaque



interrupteur. La mesure se fait à travers une résistance non inductive.

Tous les interrupteurs ont une commande indépendante et isolée au moyen d'un opto-coupleur.

Des transformateurs d'intensité et un capteur à effet hall permettent de prélever l'allure des courants en différents points d'un bras.

Un septième interrupteur est utilisé en association avec une charge interne de 470Q pour limiter la tension sur le bus continu. Il est possible de rajouter des charges externes. Cet interrupteur peut aussi être utilisé de façon indépendante (en hacheur par exemple).

Le bus continu est équipé de condensateurs. Le point milieu de ce bus est disponible.

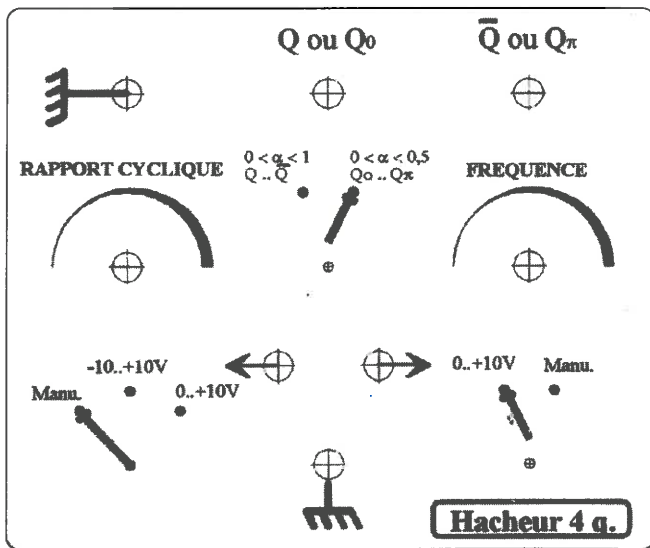
### LA COMMANDE ÉLOIGNÉE

Comme expliqué précédemment, les commandes de chaque interrupteur sont indépendantes (à condition de ne pas commander simultanément les deux interrupteurs d'un même bras mais des protections sont prévues). Il suffit donc d'alimenter le circuit de la diode de l'opto-coupleur pour que l'interrupteur commute. Nous pouvons donc réaliser la commande de notre choix. Actuellement, il a été réalisé.

- Une commande de Hacheur 4 quadrants,
- Une MLI sinusoïdale synchrone en triphasé (ou en monophasé),
- Une commande décalée,
- Une commande à temps de conduction fixe.

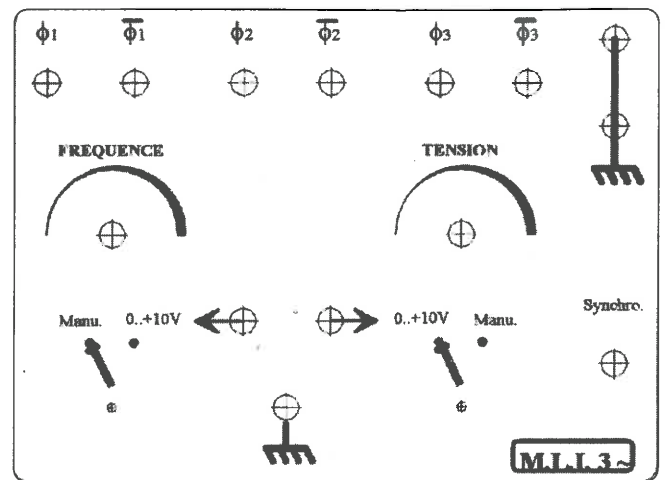
### LE HACHEUR

La commande du hacheur 4 quadrants propose une sortie normale et une sortie complémentée. Il est possible de faire varier le rapport cyclique en maintenant la fréquence fixe ou de faire varier la fréquence en maintenant le rapport cyclique fixe. Le réglage se fait par potentiomètre ou par des entrées analogiques (0 10V, + 10 - 10V). Ces entrées peuvent être utilisées pour la réalisation d'un asservissement ou pour générer une MLI de forme quelconque à l'aide d'un GBF.



**Commande en MLI sinusoïdale synchrone.**

Dans la commande en MLI sinusoïdale, nous disposons de trois sorties déphasées de 120° ainsi que de leur complément. Il est possible de faire varier indépendamment la fréquence ou l'amplitude de la référence (dans ce cas le U/f constant se fait manuellement). Des entrées analogiques sont aussi disponibles.



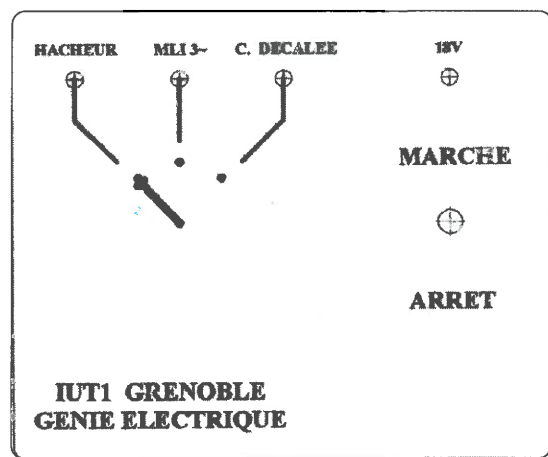
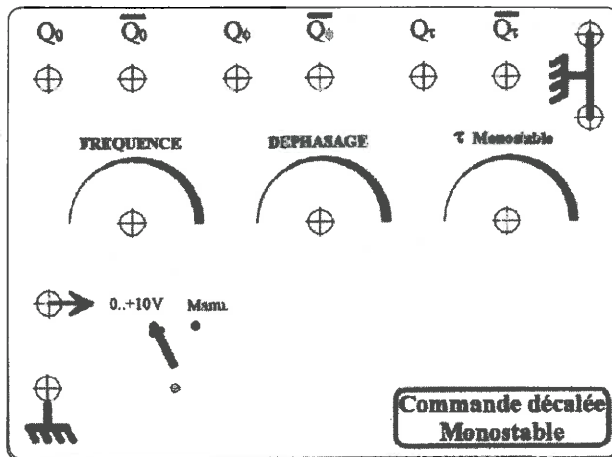
**Commande décalée**

La commande décalée propose les sorties Q et Qφ, ainsi que leur complément.

Qφ est la commande décalée par rapport à Q d'un angle φ, réglable.

**Commande monostable**

Dans la commande monostable, le temps de conduction reste fixe lorsque la fréquence varie.



**QUE FAIRE DE TOUT CELA ?**

Actuellement, nous l'utilisons dans différents TP :

- Hacheur 4 quadrants associé à une MCC à aimant permanent,
- Onduleur à ondes pleines sur charge RL, puis à résonance (RLC),
- Principe des onduleurs à MLI sinusoïdale (monophasé et triphasé),
- Onduleur à MLI associé à un moteur asynchrone.

De plus, plusieurs travaux de réalisation utilisent la partie puissance et développe la commande autour de micro-contrôleur et de circuits spécialisés.

**Mais encore :**

Avec les commandes réalisées, il est possible d'étudier les onduleurs à commande décalée et certains hacheurs à résonance. L'ajout d'une boucle de courant, d'un asservissement de vitesse, peut permettre des manipulations également intéressantes en asservissement.

**POUR LE COLLOQUE**

Nous vous proposons de découvrir cette maquette lors du colloque GEii 2000 puisque nous jouons à domicile... Si elle vous intéresse, vous pourrez l'acquérir à un prix qui n'est pas encore défini, mais que nous tâcherons de rendre le plus raisonnable possible.

# Un générateur de bruit blanc à base d'un générateur binaire pseudo aléatoire

par Serge DUSAUSAY<sup>1</sup> - Université Montpellier 2

Le montage proposé lie les avantages suivants : projet pédagogique et de faible coût, mettant en œuvre des outils modernes, et de courte durée. Il est à dominante électronique numérique, et grâce à la souplesse du sujet, la population d'étudiants concernée s'étend de bac + 2 à bac + 4. Une démonstration a eu lieu lors du colloque CETSIS EEA, à Montpellier, le 5 novembre 1999.

Mots clés : bruit blanc, PRPG, réponse spectrale, circuit programmable Altera, filtre numérique.

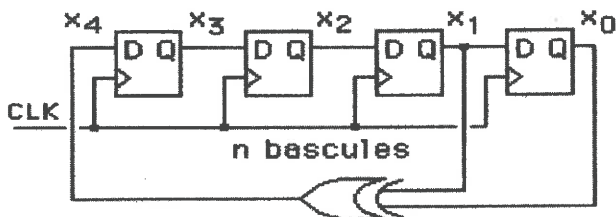
## 1. UN PEU DE THÉORIE...

### 1.1. Pseudo random pattern generator

Les «pseudo random pattern generator», ou P.R.P.G., (générateur de motifs pseudo aléatoires), sont des montages très simples constitués de registre à décalage à n bascules D à entrée série, et de ou exclusif.

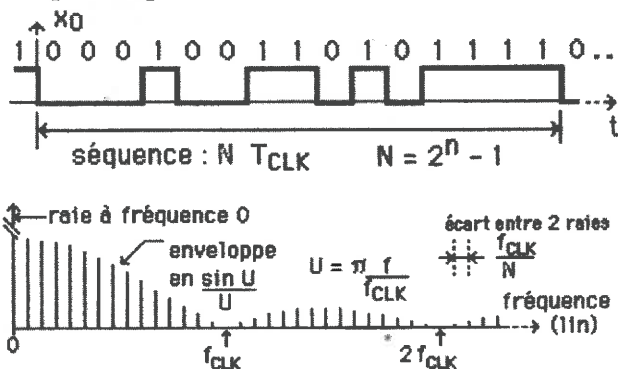
- La sortie du séquenceur est prélevée sur une sortie des bascules D.
- L'entrée série reçoit un signal issu du ou exclusif, dont les entrées sont câblées sur certaines des n bascules D, ce qui permet une séquence générée de longueur maximale.

exemple avec n = 4, et  $x_4 = x_1 \oplus x_0$  :



La séquence de longueur maximale dure  $N T_{CLK}$ , avec  $N = 2^n - 1$ . Si N est très grand, la succession de bits est d'apparence quelconque, mais si l'on attend une durée égale à  $N T_{CLK}$ , on recommence un cycle. Cela justifie le nom de pseudo aléatoire.

### 1.2. Propriétés spectrales



Le signal issu du PRPG est périodique, et admet une série de Fourier.

- La raie 0 est la valeur moyenne du signal,
- Les raies sont espacées d'un écart égal à  $\frac{f_{CLK}}{N}$
- Une fonction en  $\frac{\sin U}{U}$ , avec  $U = \pi \frac{f}{f_{CLK}}$ , module l'amplitude des raies.

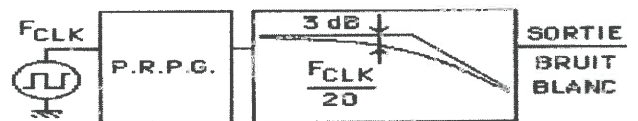
1. Voir rubrique « Vient de paraître ».

### 1.3. Générateur de bruit blanc

Un générateur de bruit blanc peut être réalisé à base de PRPG avec N tendant vers l'infini, et suivi d'un filtre passe bas du deuxième ordre, coupant à  $\frac{f_{CLK}}{20}$ . De cette façon :

- les raies sont très proches entre elles, car  $\frac{f_{CLK}}{N}$  tend vers 0,
- et les énergies de ces raies sont identiques à 1% près, car :  $1 > (\frac{\sin U}{U})^2 > 0,99$ , si  $U < \frac{\pi}{20}$ .

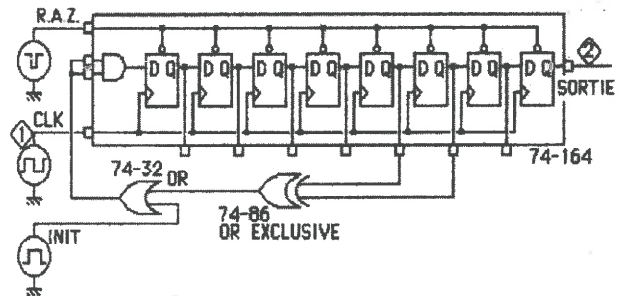
Ce générateur présentera toutes les fréquences de même niveau dans l'intervalle  $]0; \frac{f_{CLK}}{20}[$  :



## 2. UN PEU DE SIMULATION...

### 2.1. Schéma de la partie numérique

Afin d'exploiter la version d'évaluation du simulateur Pspice 9.1 et de sa librairie, le PRPG est constitué du registre à décalage 74\_164, contenant 8 bascules D.



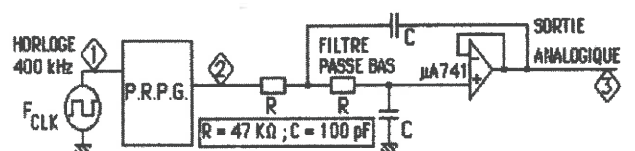
Dans notre schéma, seules 6 bascules sur les 8 participent au PRPG. La séquence attendue doit durer 63 périodes d'horloge.

La séquence est prélevée sur la dernière bascule, soit en V(2).

L'horloge est en V(1). On choisit 400 kHz.

Le lancement de la séquence se fait par l'ajout d'une porte OU (74\_32) qui permet d'insérer un état logique 1, durant au moins une période d'horloge. La combinaison 000000 doit être interdite, car permanente.

### 2.2. Schéma complet simulé



En sortie de la partie numérique, on place un filtre analogique d'ordre 2. La composante continue n'est pas coupée : le signal de sortie sera portée par une tension d'offset.

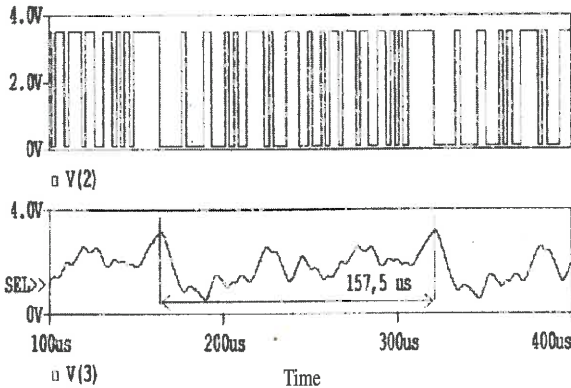
Une étude séparée, ou une simulation indépendante, montre une fréquence de coupure à - 3 dB de 21 kHz et un coefficient d'amortissement réduit  $z = 1$ .

### 2.3. Simulation temporelle

On réalise une analyse transitoire, pour afficher la sortie du PRPG, et le bruit blanc.

Avec l'échelle choisie, la forme pseudo aléatoire est manifeste sur les deux traces :

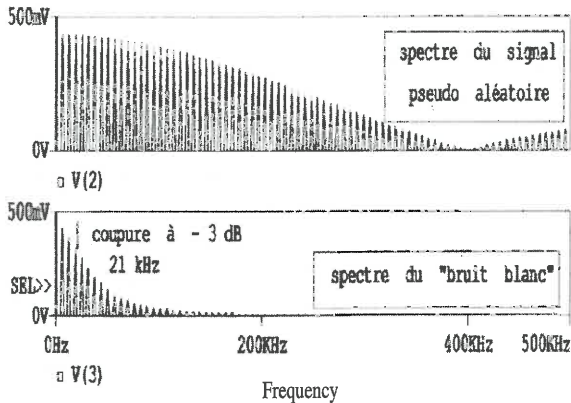
- la succession de 0 et de 1,
- le signal analogique.



On reconnaît néanmoins la durée de la séquence complète,  $63 \times 2,5 \mu s$  soit  $157,5 \mu s$ .

### 2.4. Aspect fréquentiel

Par le menu Fourier, on peut afficher le spectre en module de ces signaux :



Les échelles sont choisies pour mettre en valeur l'enveloppe en  $\frac{\sin U}{U}$ . La "raie 0" vaut 1,82 V.

Avec ce choix de séquence à 63 bits, il est clair que la richesse spectrale du bruit blanc se limite à quelques harmoniques.

## 3. BEAUCOUP DE PRATIQUE...

### 3.1. Cahier des charges

Le signal devra être blanc jusqu'à 5 kHz. Cela impose  $f_{CLK} = 100$  kHz.

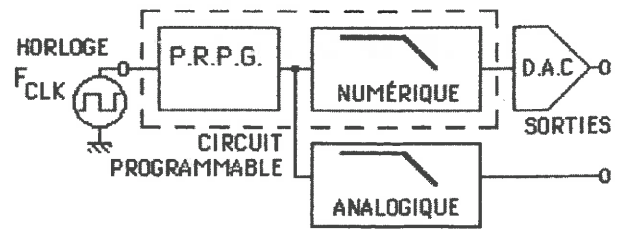
La partie numérique exploite le circuit programmable MAX 7128S.

Logiciel MAXPLUS2, version étudiante, 7.21.

Pour des raisons pédagogiques, deux filtres sont demandés :

- Un filtre analogique actif,
- Un filtre numérique qui s'intègre dans le même circuit que le PRPG. Il est alors nécessaire de câbler un convertisseur N/A externe. Le choix s'est porté sur un 8 bits.

### 3.2. Structure complète



### 3.3. Application

On propose, pour le filtre numérique, une solution de départ très simple : il s'agit de mettre en cascade 2 filtres numériques du premier ordre. Le filtre élémentaire est du type R.I.I., synthétisé par une méthode du modèle, en ayant pour gabarit la même réponse indicielle que le filtre analogique correspondant, de

$$\text{transmittance : } H(p) = \frac{A}{1 + \tau p}$$

$$1 - \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right)$$

$$\text{Soit : } H(z) = A \frac{1 - \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right)}{z - \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right)}$$

$$\text{Avec } A = 1 \quad \tau = \frac{1}{2\pi 5k} = 31,8 \mu s$$

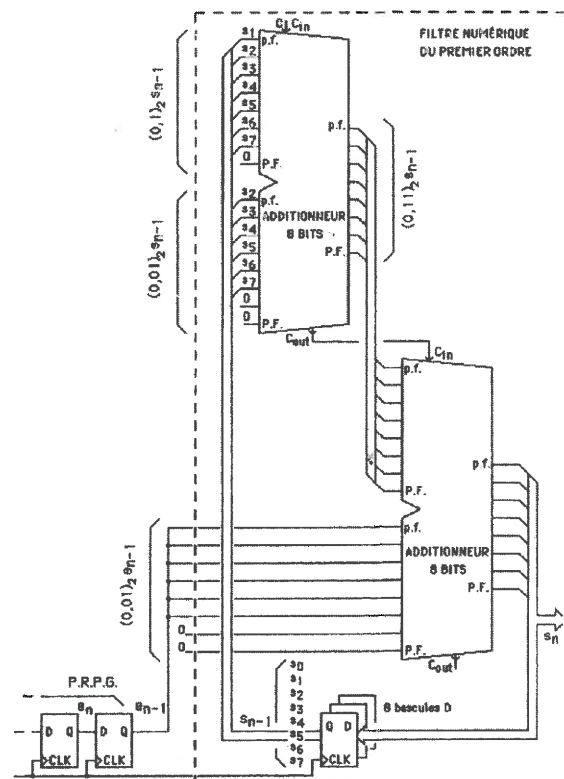
$$f_{CLK} = 100 \text{ kHz} \quad T = 10 \mu s \quad \frac{T}{\tau} = 0,314$$

$$\text{On a donc : } H(z) = \frac{S(z)}{E(z)} = \frac{0,27 z^{-1}}{1 - 0,73 z^{-1}}$$

L'équation aux différences est :  $S_n = 0,27 e_{n-1} + 0,73 S_{n-1}$

Pour gagner en simplicité, on adopte :  $S_n = 0,25 e_{n-1} + 0,75 S_{n-1}$

On remarque que  $e_{n-1}$  est, en fait, une sortie sur un fil. En codant les nombres en arithmétique binaire naturel, il résulte que le niveau bas sur ce fil est converti en 00h, et que le niveau haut en FFh. D'où le schéma de câblage :



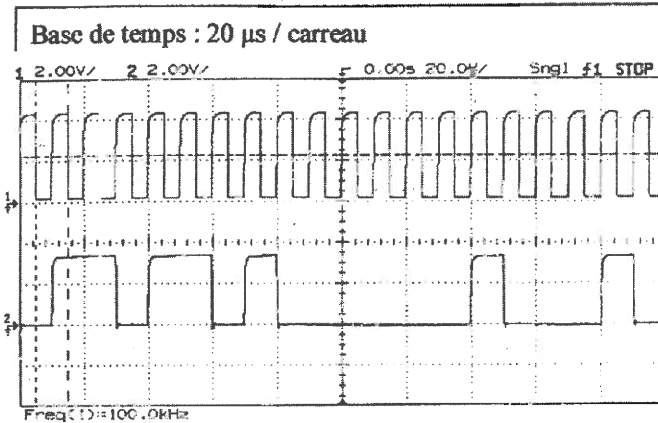
Deux filtres numériques sont mis en cascade.

Après ce filtrage numérique, le convertisseur N/A est câblé pour délivrer un signal bipolaire.

## 4. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

### 4.1. Séquence binaire pseudo aléatoire

On observe finement un extrait de la séquence.



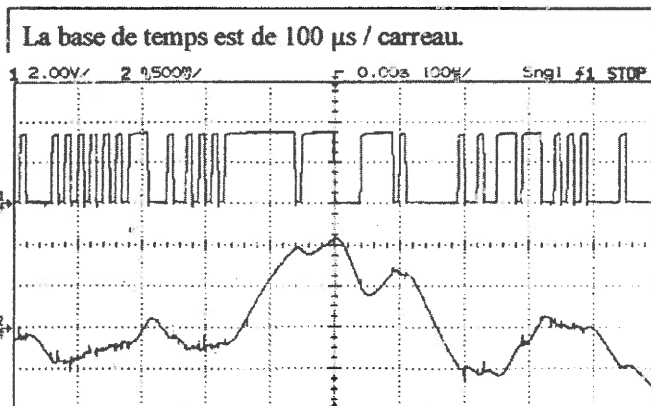
Trace du haut : DC, 2 V / carreau : Horloge TTL.  
Trace du bas : DC, 2 V / carreau : Extrait de la séquence binaire pseudo aléatoire.

On peut lire dans cet oscillogramme: 01101101000000100010.

### 4.2. Action du filtre passe bas d'ordre 2

On visualise un extrait de la séquence issue du PRPG, et la sortie du filtre analogique.

Ce dernier, à base de  $\mu 1A741$ , est du type Sallen Key, dont la fréquence de coupure à -3 dB est proche de 5 kHz.



Trace du haut : DC, 2 V / carreau : PRPG  
Trace du bas : AC, 0,5 V / carreau : Signal aléatoire analogique formant le bruit blanc.

Les échelles choisies permettent d'apprécier l'action passe-bas de ce filtre.

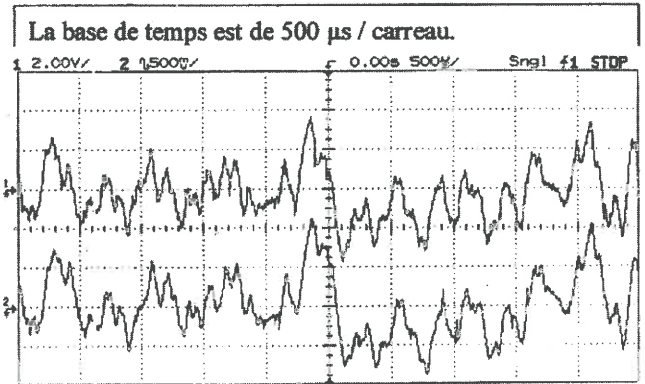
### 4.3. Comparaison bruit blanc numérique et bruit blanc analogique

Le convertisseur N/A est un DAC08 suivi d'un étage convertisseur I/U à base de TL071.

Par comparaison, on rappelle la sortie du filtre analogique.

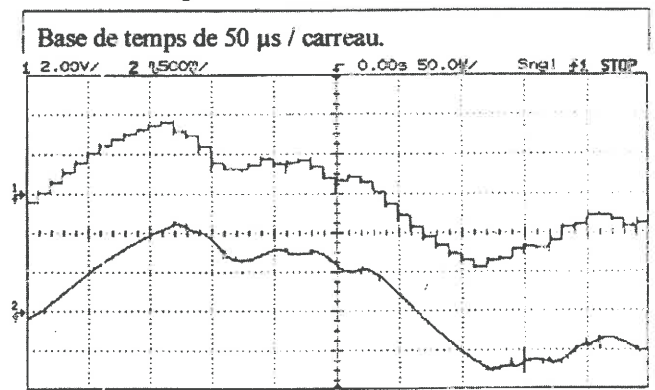
Le signal issu du CNA dispose d'une dynamique de -5 V à +5 V.

Le signal issu du filtre analogique est porté par une tension d'offset de 1,8 V.



Trace du haut : DC, 2 V / carreau : Bruit blanc obtenu par filtrage numérique  
Trace du bas : AC, 0,5 V / carreau : Bruit blanc obtenu par filtrage analogique.

Zoom de la trace précédente :



Trace du haut : DC, 2 V / carreau : Bruit blanc obtenu par filtrage numérique  
Trace du bas : AC, 0,5 V / carreau : Bruit blanc obtenu par filtrage analogique

À cette échelle, on distingue très bien la discrétisation du signal numérique.

## 5. BILAN

- Cette réalisation présente toutes les phases d'un projet: recherche d'information, étude globale, étude détaillée, simulation, réalisation d'un prototype (en wrapping), mesure ...
- La simulation Pspice proposée permet de vérifier l'étude théorique, et d'accéder à la représentation spectrale sans disposer d'analyseur de spectre.
- Le sujet ouvre la discussion sur l'emploi des PRPG, sur le bruit blanc, et sur les notions de spectre en général.
- De plus, les composants programmables permettent très aisément et rapidement des modifications. Par exemple :
  - autres coefficients,
  - autres structures, autres synthèses,
  - utiliser le mode complément à 2.

## BIBLIOGRAPHIE

Comprendre l'électronique par la simulation. Serge Dusausay, éditions Vuibert.

CETSIS-EEA'99, 4 et 5 novembre 1999, Université Montpellier 2, éditions Cépaduès.

Serge DUSAUSAY : dusausay@isim.univ-montp2.fr  
Institut des Sciences de l'Ingénieur de Montpellier,  
Département Micro-électronique et Automatique.  
Université Montpellier 2, Place Eugène Bataillon, 34000 Montpellier.

# L'enseignement des automatismes : de la théorie à la pratique

par Bernard REEB<sup>1</sup> - IUT Mulhouse

*Cet article se propose d'apporter quelques éléments de réflexion en se basant sur des confusions constatées auprès des étudiants (partie A), et de faire part d'un travail pédagogique qui aborde tant l'aspect théorique (partie B) que l'aspect pratique (partie C) de l'enseignement des automatismes industriels.*

## PARTIE A

### 1. L'APPLICATION DES NORMES

#### 1.1 Les normes « Grafcet » et la norme « langages de programmation »

La première norme sur le Grafcet a été enregistrée en France en 1982 (NF C 03-190). Elle avait été établie suite aux travaux de l'AF CET (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique) et de l'ADEPA (Agence pour le DEveloppement de la Productique Appliquée à l'industrie). La CEI (Commission Electrotechnique Inter-nationale) a publié la norme CEI 848 en 1988. L'UTE (Union Technique de l'Electricité), puis l'AFNOR (Association Française de NORmalisation), ont ensuite publié des nouvelles versions : UTE C 03-190 en 1990, UTE C 03-191 en 1993 et la dernière à ce jour, NF C 03-190 en 1995. Une mise à jour de la norme CEI 848 est actuellement en préparation, mais la date de publication n'est pas encore connue. Elle sera basée sur la version de 1995.

Toutes ces normes concernent l'« établissement des diagrammes fonctionnels pour systèmes de commande » ou « diagramme fonctionnel GRAFCET pour la description des systèmes logiques de commande ». On constate que la norme française est plus récente que la norme internationale : doit-on dans un tel cas privilégier l'ampleur géographique ou bien la fraîcheur de la date de publication ? Cette question se pose en effet, car quelques symboles ont évolué au fil des différentes publications. Les étudiants manipulent un panachage de représentations et peuvent donc ressentir une certaine confusion.

Par ailleurs, outre son intérêt intrinsèque qu'il n'est plus besoin de démontrer, le Grafcet permet la transcription immédiate de l'application en programme depuis l'apparition de la norme internationale CEI 61131-3 sur les langages de programmation des automates industriels (1993). Dès lors que deux concepts aussi éloignés se ressemblent autant (le Grafcet et le langage de programmation qui en a découlé), ce qui est un avantage indiscutable sur le plan technique, peut engendrer des confusions supplémentaires chez les étudiants.

#### 1.2 Exemple 1 : actions mémorisées

Le cas des actions mémorisées est significatif. La norme CEI 848, pourtant citée le plus souvent en référence, propose une représentation peu utilisée (figure 1-a) alors que la représentation communément admise (figure 1-b) est en réalité directement issue du langage SFC défini dans la norme CEI 61131-3. L'interprétation que l'on peut faire de la lettre S ajoute à la confusion : en réalité, elle signifie « Stored » dans le premier cas (début mémorisé, arrêt mémorisé), et dans le deuxième cas elle signifie « Set » (positionné à l'état 1 et mémorisé) en opposition à R pour « Reset » (remise à zéro prioritaire).

La norme UTE C 03-191 propose une version supplémentaire (figure 1-c), qui donne d'ailleurs des informations redondantes. La norme la plus récente (NF C 03-190 de 1995, figure 1-d) permet d'éviter l'amalgame avec le langage de programmation. Il

serait donc souhaitable que cette représentation soit retenue dans la prochaine norme internationale. Il est vrai qu'à l'inverse, la normalisation de la version de la figure 1-b garantirait la cohérence avec le langage SFC.

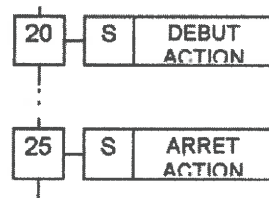


Figure 1-a

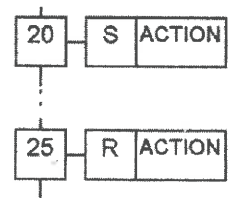


Figure 1-b

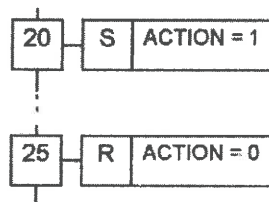
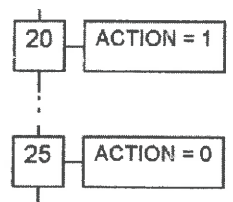


Figure 1-d



#### 1.3 Exemple 2 : grafkets hiérarchisés

Le dialogue entre grafkets dans un structure de type maître-esclave peut également induire des erreurs dans l'apprentissage du Grafcet, et surtout, générer des hésitations au moment du passage à la programmation.

Il s'agit d'isoler les diverses tâches à réaliser par l'automatisme en autant de grafkets indépendants dont l'exécution est organisée par un grafket de commande de niveau hiérarchique supérieur.

Cette structure rappelle immanquablement la notion, dans le domaine informatique, d'un programme principal faisant appel à des sous-programmes. C'est pourquoi, dans la norme NF C 03-190 de 1995, on associe à l'étape appelante une action représentée entre boudes-barres comme dans les organigrammes informatiques (figure 2-a).



Figure 2-a

Le mot « sous-programme » est placé entre guillemets dans la norme, ce qui montre bien qu'il ne s'agit que d'une vague analogie. De manière concrète, il est fréquent qu'un étudiant familiarisé avec cette représentation hésite au moment du passage à la programmation, aucune action ne devant être programmée sur l'étape appelante. Ne s'agissant pas d'une action, le symbole prête à confusion. Cette précaution sémantique est d'autant plus nécessaire qu'un programme

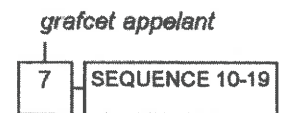


Figure 2-b

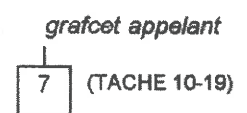


Figure 2-c

1. Voir rubrique « Vient de paraître ».

d'automate bien structuré nécessite effectivement des sous-programmes pour traiter isolément les différentes fonctions non séquentielles (calcul préalable de fonctions logiques, combinatoire des sorties, calculs arithmétiques, communication par réseau, gestion de données, etc.) tandis que tous les grafquets appartiennent au même niveau hiérarchique du programme.

Puisqu'il est judicieux de réserver l'encadrement par un rectangle aux seules actions, le symbole défini dans les normes CEI 848 et UTE C 03-191 (figure 2-b) est également à éviter.

La macro-étape (UTE C 03-191) est intéressante, mais ne trouve pas d'application dans les logiciels de programmation des automates et nécessite l'ajout d'une notion supplémentaire. Or les règles de base suffisent à répondre au besoin de dialogue entre les grafquets (figure 2-c). Un commentaire peut être associé à l'étape appelante. C'est la représentation la plus simple et la plus cohérente.

**2. L'ÉLABORATION DES GRAFCETS**

**2.1 Situation**

Les normes présentées ci-dessus définissent l'outil Grafcet et les langages de programmation des automates. Elles n'abordent pas la construction des applications d'automatismes, c'est-à-dire la façon d'aborder un problème et de développer les grafquets. C'est la créativité du concepteur qui est en question. L'exemple suivant montre l'intérêt d'une approche raisonnée.

**2.2 Exemple : commande d'un manipulateur**

Un manipulateur prélève des produits dans un stock et les dépose sur l'un des deux postes de travail A ou B selon leur disponibilité. Chaque poste ne peut traiter qu'un seul produit à la fois. Le manipulateur est également chargé d'évacuer les produits vers le stock en aval de la cellule (figure 3). Les temps de travail sur A et B ne sont pas prédéterminés.

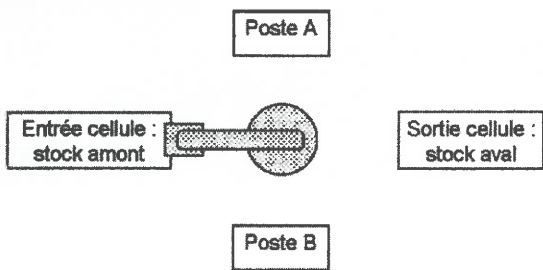


Figure 3

L'approche habituelle des étudiants face à ce type de problème consiste souvent à adopter le point de vue du produit à manipuler. De cette façon, le grafcet décrit les divers cheminements possibles et conduit à une architecture arborescente comme proposé en figure 4-a : après saisie d'un produit dans le stock, le manipulateur le dépose sur A ou sur B selon disponibilité; si le poste adverse est alors libre et qu'un nouveau produit est présent, le manipulateur alimente ce poste; sinon, il attend de pouvoir évacuer le poste qu'il vient d'alimenter. Cette manière d'aborder le problème n'est pas satisfaisante lorsque le nombre de postes à gérer se multiplie : l'étudiant cherchera à réduire le nombre d'étapes du grafcet par réutilisation de séquences communes (figure 4-b). Les liaisons qui en résultent ne feront que rendre la lecture du grafcet plus obscure, et les réceptivités devront également verrouiller certaines évolutions (r2 interdit si passage par r1). Le grafcet devient rapidement difficile à interpréter: grand nombre de liens et de transitions, structure enchevêtrée, réceptivités complexes.

Une analyse fonctionnelle aboutit à une solution bien plus claire : partant de la fonction principale, on définit les fonctions composantes d'une manière de plus en plus fine par itérations succes-

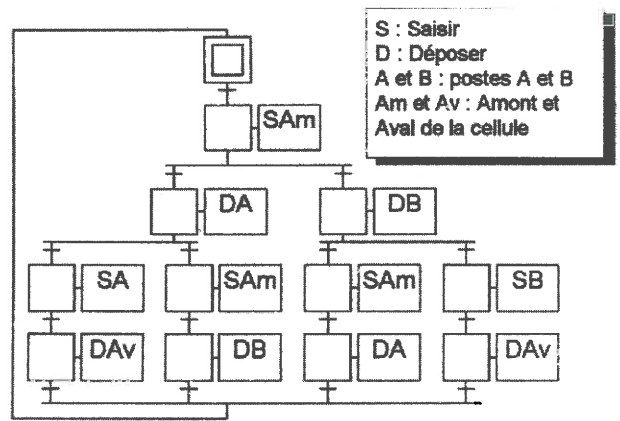


Figure 4-a

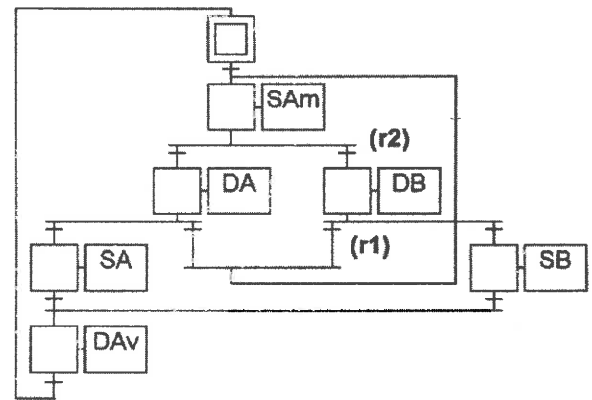


Figure 4-b

sives (figure 5-a). Afin de réduire les réceptivités à leur expression minimum, il convient ensuite de limiter les liaisons entre les étapes au strict nécessaire pour former les séquences obligées : par exemple, la saisie à l'entrée de la cellule ne peut être suivie que par la dépose sur l'un des postes. Le grafcet qui résulte de cette analyse (figure 5b) s'attache effectivement davantage au manipulateur qu'au produit. La fonction principale est facilement identifiable : SAm-DA-DB pour «alimenter» et SA-SB-DAv pour «évacuer les postes». Après chaque séquence de saisie-dépose le manipulateur est rendu disponible (activité de l'étape-ressource X1) pour réaliser le travail qui convient le mieux. Le mécanisme qui régit le fonctionnement de ce grafcet s'apparente à un système expert dont le moteur est constitué par le tracé général du grafcet tandis que les réceptivités forment les règles. L'intérêt essentiel de ce type de structure est que la complexité du grafcet ne croît pas avec l'augmentation du nombre de postes et reste d'une excellente lisibilité.

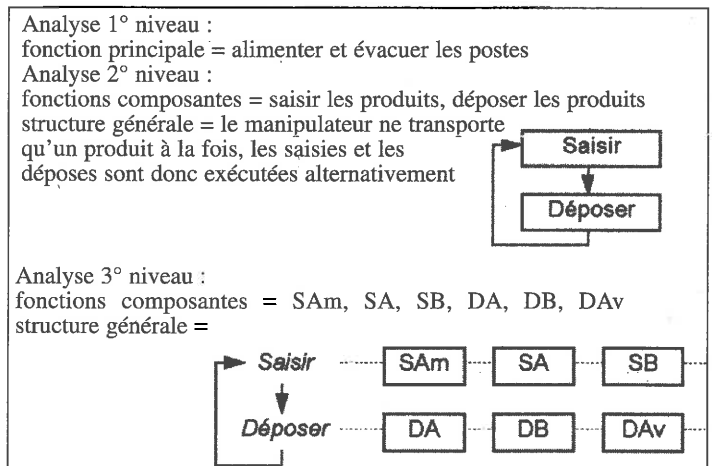


Figure 5-a

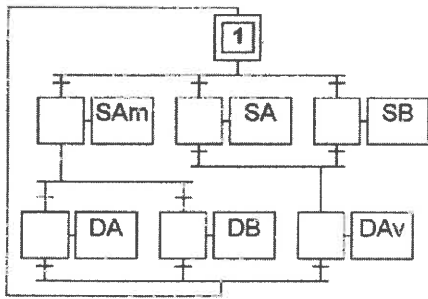


Figure 5-b

Si les produits sont de types différents et qu'ils doivent être traités de manières différentes (affectations à des postes déterminés par exemple), une structure de données permet le paramétrage de certaines réceptivités du grafcet. Des fonctions supplémentaires de gestion des données sont alors nécessaires.

L'ouvrage qui est présenté dans les lignes qui suivent s'attache essentiellement à formaliser de manière exhaustive une telle démarche pour le développement des grafkets.

## PARTIE B

### 3. L'INTÉRÊT D'UNE MÉTHODE POUR LE DÉVELOPPEMENT DES GRAFCETS

La démarche entrevue ci-dessus (paragraphe 2.2) est intéressante sur le plan pédagogique car elle apporte une plus grande rigueur dans la réflexion, et les employeurs sont de plus en plus souvent sensibilisés à l'analyse fonctionnelle. Sur le plan technique, cette méthode se révèle suffisamment puissante pour répondre à des problèmes relativement complexes, notamment la commande des systèmes flexibles. Les entreprises étant de plus en plus confrontées à l'évolutivité du marché, les machines, même modestes, doivent pouvoir s'adapter rapidement à des conditions en perpétuelle évolution. Le Grafket n'est plus réduit aux seules fonctions séquentielles élémentaires.

### 4. LE LIVRE « DÉVELOPPEMENT DES GRAFCETS »

L'ouvrage « Développement des grafkets » n'est pas un manuel de type mémento. Il s'applique par contre à accompagner le lecteur d'une manière très progressive, en alternant des éléments de cours, des études de cas très fouillées et des exercices largement commentés.

Une première partie apporte les éléments de base. La suite de l'ouvrage explique isolément les trois volets de la méthode de construction des grafkets : l'analyse des fonctions, la limitation aux séquences obligées et la gestion de structures de données.

La présentation du contexte industriel permet de montrer l'importance des systèmes de communication en précisant les différents besoins. On aborde les notions de réseaux locaux et de supervision industrielle, exemples pratiques à l'appui. La place du Grafket dans ce contexte général est alors précisée.

Enfin, une synthèse combine l'ensemble des notions abordées pour aboutir à des applications complètes.

Tout au long des chapitres, le livre propose également des indications pour le passage à la programmation sur automate industriel.

#### Références :

DEVELOPPEMENT DES GRAFCETS  
Des machines simples aux cellules flexibles  
Du cahier des charges à la programmation  
par Bernard REEB  
Ed. ELLIPSES - Coll. TECHNOSUP  
ISBN 2-72989915-4

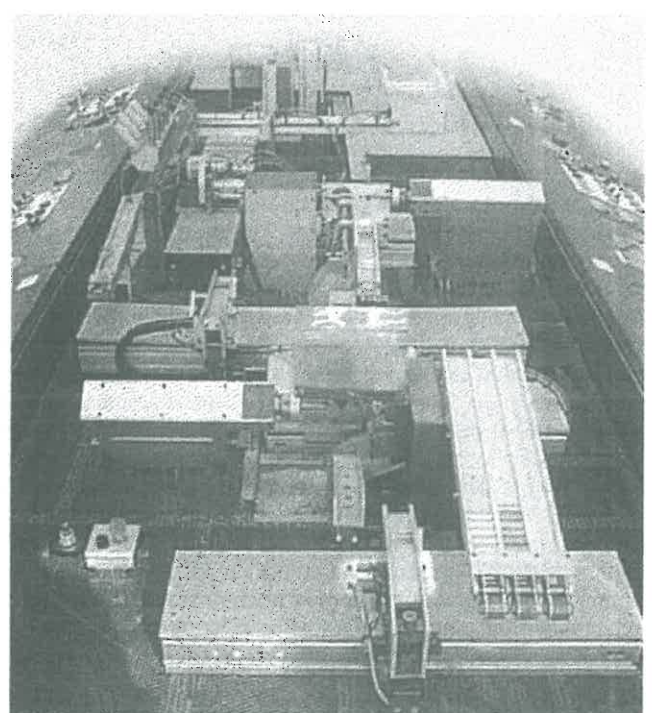
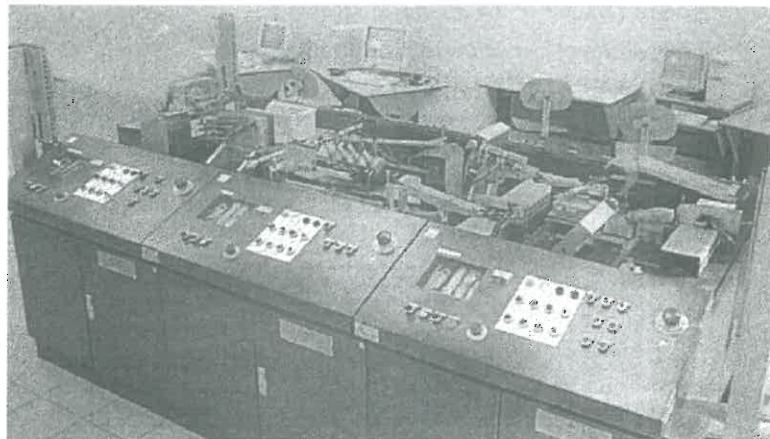
## PARTIE C

### 5. UN SYSTÈME AUTOMATISÉ DIDACTIQUE ADAPTÉ AUX DÉPT. GEII

#### 5.1 Présentation générale

Le Laboratoire d'Automatismes et de Production commercialisé par la société « Isti », qui est spécialisée dans les matériels et logiciels didactiques, est une unité de production automatisée complète destinée à l'enseignement des automatismes, de la supervision, des réseaux locaux et du pilotage de systèmes dans un contexte plus global de gestion d'une production de stylos décoratifs. L'intégration totale du système et la flexibilité de l'unité de production sont illustrées grâce à la mise en œuvre d'une chaîne d'informations complète, depuis la création du design du produit par le client lui-même jusqu'à l'obtention des produits finis.

L'ensemble de l'équipement est décomposé en 5 sous-systèmes complets constitués chacun d'une console de programmation, d'un pupitre de pilotage, d'un automate et d'une partie opérative basée sur les technologies électro-pneumatiques. Les automates sont interconnectés par un réseau local qui intègre également un superviseur. Un poste distant de création du design du produit est relié au superviseur par l'intermédiaire du réseau téléphonique public.



Figures 6-a et 6-b



Le prototype a été conçu et réalisé à l'IUT et constitue une plate-forme d'enseignement commune aux départements GMP et GEII, en formation traditionnelle et en formation par apprentissage, ainsi qu'en Formation Trinationale d'Ingénieurs en mécatronique.

## 5.2 OBJECTIFS PÉDAGOGIQUES

Le module « automatismes industriels et réseaux » du nouveau programme pédagogique est en grande partie directement applicable sur cet équipement. Le tableau ci-dessous indique les objectifs pédagogiques pris en compte dès la conception du système.

<i>modes d'utilisation</i>	<i>mise en œuvre</i>	<i>objectifs pédagogiques</i>
production effective de biens de consommation	programmes complets livrés avec le laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• conduite de systèmes automatisés</li> <li>• maintenance</li> <li>• gestion de production avec simulation de goulets, gestion des stocks</li> <li>• lecture et modifications mineures de programmes</li> <li>• analyse de grafjets, de variables, de programmes</li> <li>• fonctions de diagnostic, configuration automate</li> </ul>
élaboration progressive d'applications	<p>programmes entièrement à développer</p> <p>travaux pratiques basés sur des programmes préparés à modifier ou à compléter</p> <p><i>dans cette configuration, tout le potentiel de la machine n'est pas obligatoirement utilisé : ceci permet une approche très progressive des difficultés</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mise en œuvre de l'algèbre logique</li> <li>• prise en compte de la sécurité câblée et programmée</li> <li>• édition en langages normalisés CEI 61 131-3</li> <li>• mise en évidence de la scrutation cyclique ou périodique, des interruptions, des mémoires-images</li> <li>• utilisation de symboles, de tables d'animation, de forçages, de pages de mise au point et de configuration, des données système</li> <li>• apprentissage du Grafjet et de la gestion des modes de marches et d'arrêts</li> <li>• grafjets hiérarchisés et paramétrés</li> <li>• fonctions : temporisateurs, compteurs, structures de données</li> <li>• comptage rapide, tâche rapide, traitements événementiels et algorithmiques, interfaces analogiques, horodatage, formats numériques et alphanumériques...</li> <li>• communication par réseau local</li> <li>• édition d'applications de supervision : configuration de tables et de variables, paramétrage d'objets, scripts en langage C, recettes, événements...</li> </ul>
développements	apport de compléments aux programmes existants	réservés aux activités de longue durée de type projet : optimiser la gestion de production, affiner les modes de défaillances, ajouter des fonctions de supervision

La documentation technique et pédagogique est complète et des programmes aboutis permettent la marche de l'ensemble, intégrant les fonctions d'automatisme et de supervision habituelles. Un système de fiches pédagogiques a été conçu dans le but de permettre une pédagogie individualisée, active et par objectifs, qu'elle soit menée de façon inductive, déductive ou par projet. Selon la nature de la formation et les acquis de chacun, l'étudiant navigue dans ce système de fiches: il est autonome et responsabilisé. Par ailleurs, l'interconnection des sous-systèmes en un système complet cohérent génère implicitement un travail en équipe à l'image d'une activité sur site industriel.

## 5.3 CHOIX TECHNOLOGIQUES

Un certain nombre de choix technologiques tiennent compte de l'emploi particulier de l'équipement dans un environnement pédagogique. En voici quelques exemples :

- En mode d'usinage réel, on réalise des produits finis à partir de pièces brutes par usinage, gravure, peinture et assemblage. En mode simulé, tous les mouvements sont intégralement exécutés. La différence par rapport au mode réel est que les outils restent en retrait des pièces ouvragées de quelques millimètres. Dans ce mode, on utilise des pièces préparées. Il est ainsi possible aux étudiants de tester leurs programmes en toute sécurité. On choisit également ce mode pour faire fonctionner les machines sur des périodes importantes sans consommer inutilement de matière première. Le passage d'un mode à l'autre se fait instantanément grâce à une commande centrale par interrupteur à clé.

- Les mécanismes nécessitent un minimum d'entretien et de réglages. La maintenance est limitée car les systèmes mécaniques individuellement considérés restent très simples.
- Le câblage offre des possibilités intéressantes. Par exemple, chaque sous-système dispose de son propre arrêt d'urgence et d'un interrupteur secteur, ce qui permet de réaliser des TP relatifs à la surveillance et aux modes de démarrage sans que les sous-systèmes ne se gênent mutuellement.

## 6. CONCLUSION

L'ouvrage et le système automatisé didactique présentés dans cet article sont le fruit d'une dizaine d'années de réflexions et d'expérience tant sur le plan scientifique et technique que sur le plan pédagogique. Les notions de flexibilité et de production intégrée font en effet partie de notre enseignement depuis 1990 avec un premier progiciel de supervision dès 1992. Le Laboratoire de la société « Isti » ne fonctionne en plate-forme pédagogique que depuis la rentrée 1998, mais il n'est pas prématuré de dire que les étudiants trouvent une réelle motivation à pratiquer leur apprentissage sur cet équipement. Des unités de formation de plus en plus nombreuses sollicitent cet environnement pédagogique. Le lecteur qui souhaite une description plus détaillée de l'ouvrage et de la machine didactique est invité à consulter le site Internet <http://lab.reeb.free.fr/ai.htm> et peut également y contacter l'auteur. Ajoutons que l'ouvrage, bien que cohérent par rapport à la machine didactique, est conçu pour être utilisé de façon indépendante.

## Un Exemple de TP à distance

par Thomas ZIMMER, Didier GEOFFROY, Université Bordeaux 1, Laboratoire de Microélectronique IXL  
351, cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France - e-mail : [zimmer@ixl.u-bordeaux.fr](mailto:zimmer@ixl.u-bordeaux.fr)

### A. INTRODUCTION

Le développement des N.T.I.C. (Nouvelles technologies de l'Information et de la Communication) a connu ces derniers temps un essor considérable tant les besoins sont importants. Il suffit de voir le nombre croissant de colloques et de travaux qui leur sont consacrés.

Elles ouvrent de nouveaux espaces dans les domaines de l'éducation, la formation etc... La C.E.E. à travers le programme SOCRATES aide le développement d'outils tournés vers l'apprentissage à distance.

C'est dans ce cadre que le laboratoire IXL de l'Université de Bordeaux 1 en partenariat avec la Fachhochschule de Münster et

l'Université de Madrid ont développé RETWINE (REMoTe Worldwide Instrumentation Network).

Cet outil permet d'utiliser à distance (via Internet) des appareils de mesures électroniques très performants.

Cet article a pour but de montrer une utilisation de RETWINE dans le cadre de TP à distance.

### B. IMPLÉMENTATION DE RETWINE

La figure 1 présente les équipements nécessaires à la mise en place d'un parc d'instruments accessibles par le Web pour réaliser les TP en ligne.

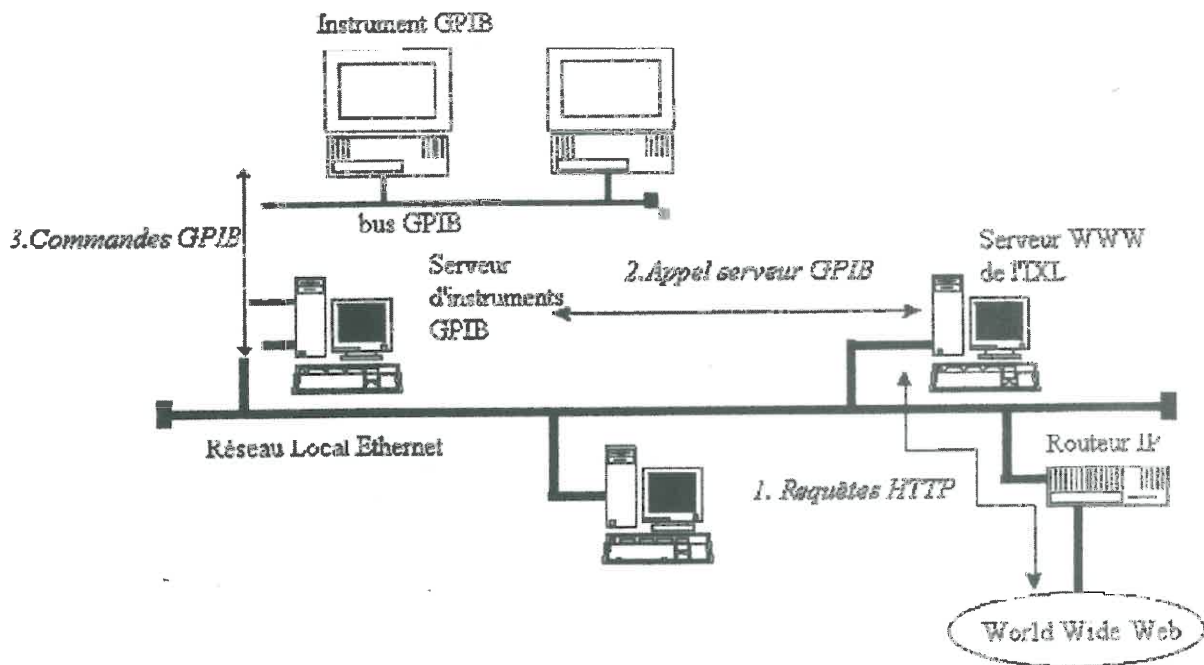


Fig. 1 – Implémentation d'instruments virtuels WWW.

Il est nécessaire d'avoir une station de travail (ou un PC) possédant une carte GPIB pour piloter les instruments IEEE-488. Une application serveur doit être développée à cet effet. Un serveur WWW doit être aussi mis en place et peut être installé sur la station de travail ou mieux sur une deuxième pour des raisons de sécurité. Il convient ensuite de développer les pages HTML où l'on définit les principales fonctions et la face avant de chaque instrument. L'interaction entre l'application serveur et les requêtes valides reçues par le serveur WWW est réalisée à l'aide de requêtes HTML « GET » ou « POST » ; ce qui oblige donc à écrire des scripts CGI (« Common Gateway Interface »). Ces pages deviennent alors accessibles par tout le monde par le Web. Un mécanisme d'identification sera enfin à mettre en place pour identifier par mot de passe l'accès au service d'instrument virtuel. La mise en place d'une base de données indépendante de celle du système d'exploitation est généralement offerte par le serveur WWW pour la gestion de mots de passe.

### C. APPAREILS DE MESURES

Pour réaliser le TP qui est décrit ci-après, les étudiants se serviront du HP 4194 pour mesurer des capacités et du HP 4155 pour tracer les caractéristiques I (V).

Un tutorial décrivant en détail le fonctionnement de ces appareils est disponible sur le Web à l'adresse suivante : <http://retwine.ixl.u-bordeaux.fr:8080>

### D. TP DISPONIBLE EN LIGNE

#### ELECTRONIQUE DU CIRCUIT INTEGRE LE TRANSISTOR MOS

##### I. BUT DE LA MANIPULATION.

Étude du transistor MOS. Mesures des principales caractéristiques du transistor MOS. Extraction des paramètres du premier ordre.

##### II. RÉFÉRENCES, MOTS CLÉS.

- Le transistor MOS
- Technologie MOS

##### III. ASPECTS THÉORIQUES DU TRANSISTOR MOS.

Rappeler brièvement :

- a) la structure d'un transistor MOS à canal N et à canal P vue en coupe et de dessus

b) l'allure des caractéristiques électriques pour un transistor NMOS :

$I_D(V_{DS})$  pour différentes valeurs de  $V_{GS}$ ,  $V_{BS} = 0$ .

$I_D(V_{GS})$  en saturation.

$I_D(V_{GS})$  en régime linéaire pour différentes valeurs de  $V_{BS}$ .

c) le rôle du substrat, comment doit-il être polarisé ?

d) la définition: faible inversion et forte inversion

e) la signification physique et l'unité de chaque paramètre utilisé dans l'expression suivante :

$$I_{Dsat} = \frac{\mu_0 C_{ox} W}{2 L} (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

On rappelle que la tension de seuil  $V_T$  dépend de  $V_{BS}$  selon l'expression :

$$V_T = V_{T0} + \gamma \left[ \sqrt{2|\phi_F| + V_{SB}} - \sqrt{2|\phi_F|} \right]$$

f) Comment est obtenue l'expression de la transconductance  $g_m$  à partir de  $I_{dsat}$  ?

Donner l'expression de  $g_m$  en fonction de  $I_{dsat}$  (en saturation).

g) Comment est obtenue l'expression de la conductance  $g_{ds}$  à partir de  $I_{dsat}$  ?

Donner l'expression de  $g_{ds}$  en fonction de  $I_{dsat}$  (en saturation).

h) Comment est obtenue l'expression de la conductance  $g_{mbs}$  à partir de  $I_{dsat}$  ?

Donner l'expression de  $g_{mbs}$  en fonction de  $I_{dsat}$  (en saturation).

#### IV. EXPÉRIMENTATION

L'expérimentation a pour but de se familiariser avec la technologie MOS, d'étudier le LAYOUT (dessin des masques) de quelques structures de test, d'effectuer des mesures sur ces structures de test et d'en déduire les paramètres principaux caractérisant la technologie et le transistor MOS.

##### IV.1. Étude du LAYOUT

Le LAYOUT de la puce est représenté *figure 2*. Sur la puce se trouvent les éléments suivants :

- 1 transistor NMOS court ( $W=10\mu m \times L=260\mu m$ )
- 1 transistor NMOS long ( $W=30\mu m \times L=320\mu m$ )
- 1 condensateur MOS de  $500\mu m \times 500\mu m$
- 1 condensateur MOS de  $146\mu m \times 854\mu m$
- 1 diode N+/P- de  $400\mu m \times 400\mu m$
- 1 résistance diffusée NF ( $L/W = 136$  carrés) pour mesure « 4 points ».

Repérer les différents éléments.

Indiquer drains, source et grille.

Qu'ont en commun les deux condensateurs (air, périmètre) ?

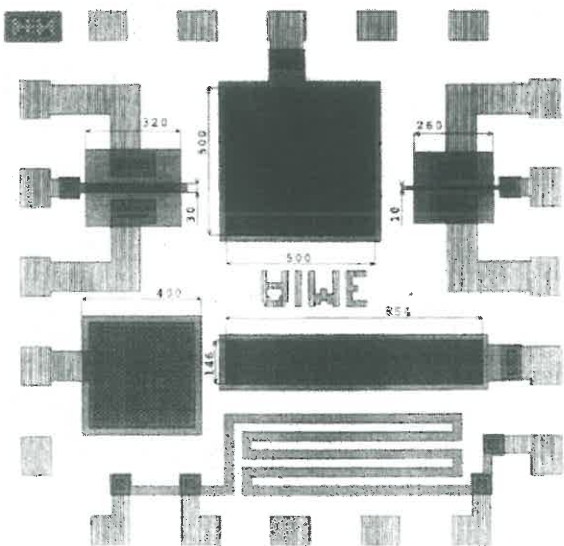


Fig. 2 – LAYOUT de la puce.

Le câblage de la puce est indiqué la *figure 3*.

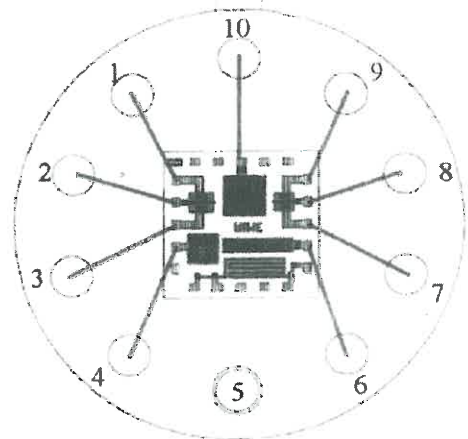


Fig. 3 – Câblage de la puce, vue de dessus.

Le substrat est connecté à la broche 5.

##### IV.2. Mesure de la capacité MOS

###### IV.2.1. Intérêt

La capacité MOS constitue l'élément de base utilisée pour la caractérisation des technologies CMOS.

La *figure 4* schématise la structure MOS classique et représente son circuit équivalent correspondant. Il comporte deux capacités en série  $C_{OX}$  et  $C_D$  relatives respectivement à la couche isolante et à la région de surface du semiconducteur.

$C_{OX}$  est indépendante du régime de polarisation appliqué entre la grille G et le substrat B tandis que  $C_D$  en dépend.

$C(V)$  est donc la capacité équivalente à la mise en série de  $C_{OX}$  et de  $C_D(V)$ .

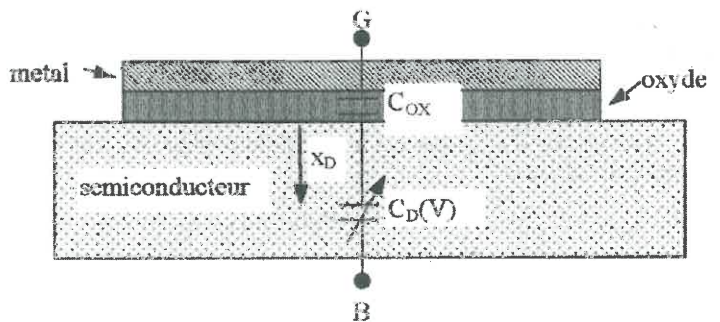


Fig. 4 – Structure MOS classique et son circuit équivalent.

L'exploitation de la mesure de  $C(V)$  permet de déterminer plusieurs grandeurs caractéristiques notamment l'épaisseur  $T_{OX}$  d'oxyde mince et le dopage moyen du substrat  $N_{SUB}$ .

###### IV.2.2. Mesure de $C(V)$

La mesure  $C(V)$  est effectuée avec le HP4194 en régime de petits signaux c'est-à-dire qu'il y a superposition d'un petit signal alternatif (amplitude de 30 mV, fréquence 1 MHz) à une polarisation continue  $V_{GB}$ .

La *figure 5* indique l'allure d'une caractéristique  $C(V)$  en hautes fréquences d'une structure MOS et les régimes de polarisation associés.

###### IV.2.3. Extraction de $T_{OX}$

En régime dit d'accumulation ( $V_{GB} \ll 0$  pour un substrat de type P),  $V_{GB}$  est telle que les porteurs majoritaires du substrat s'accumulent à l'interface oxyde / semiconducteur jusqu'à rendre la capacité  $C_D$  très grande.

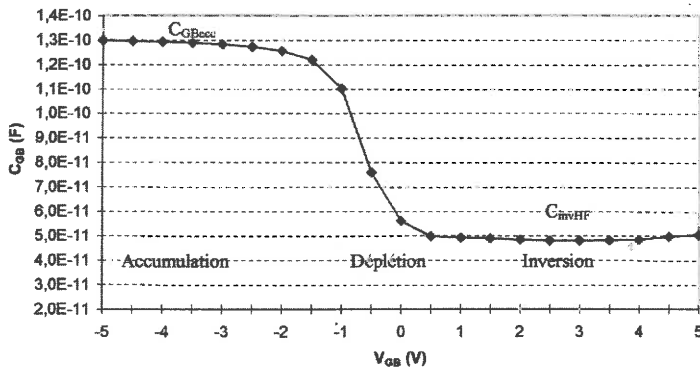


Fig. 5 – Caractéristique C(V) en régime de hautes fréquences.

Les charges se situent donc uniquement de part et d'autre de l'oxyde, si bien que la capacité totale est simplement la capacité d'oxyde. On a alors :

$$C_{GBacc} = \frac{\epsilon_{OX} A}{T_{OX}} = C_{OX}$$

A aire de la capacité  
 $\epsilon_{OX} = \epsilon_{SiO_2} \epsilon_0 = 3.45 \cdot 10^{-11} F/m$  constante diélectrique du SiO<sub>2</sub>  
 T<sub>OX</sub> épaisseur d'oxyde mince

On peut donc en déduire directement T<sub>OX</sub> de la courbe C<sub>GB</sub> mesurée.

**IV.2.4. Extraction de N<sub>SUB</sub>**

Dans les régimes de déplétion et d'inversion, c'est-à-dire pour V<sub>GB</sub> ≥ 0, la modulation de la charge présente sur la grille est équilibrée, côté semiconducteur, par une avancée ou un recul de la zone de charge d'espace faisant apparaître une charge à une distance x<sub>D</sub> de l'interface oxyde / semiconducteur.

La structure devient alors équivalente à la mise en série de deux condensateurs de capacités respectives C<sub>OX</sub> et C<sub>D</sub>. Cette mise en série diminue la capacité totale mesurée.

Ainsi, en considérant le substrat uniformément dopé, la capacité HF en inversion, C<sub>invHF</sub>, permet le calcul du dopage. On a en effet la relation suivante :

$$C_{invHF} = C_{min} = \frac{1}{\frac{1}{C_{OX}} + \frac{1}{C_{Dmin}}}, \text{ d'où } C_{Dmin} = \frac{1}{\frac{1}{C_{invHF}} - \frac{1}{C_{OX}}}$$

Or, C<sub>Dmin</sub> est aussi donnée par :

$$C_{Dmin} = A \sqrt{\frac{q \epsilon_{Si} N_{SUB}}{4 \Phi_F}}, \text{ d'où il vient finalement } N_{SUB} = \frac{4 C_{Dmin}^2 \Phi_F}{A^2 q \epsilon_{Si}}$$

Néanmoins, il convient de remarquer que Φ dépend logarithmiquement de N<sub>SUB</sub> par :

$$\Phi_F = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_{SUB}}{n_i}$$

avec :

Φ<sub>F</sub> potentiel de surface en forte inversion  
 n<sub>i</sub> = 1,45 10<sup>10</sup> cm<sup>-3</sup> densité de porteurs à l'état intrinsèque  
 kT/q : 25,8mV pour T=300°C  
 $\epsilon_{Si} = \epsilon_{Si} \epsilon_0 = 1,04 \cdot 10^{-10} F/m$  constante diélectrique du Si  
 q = 1,6 10<sup>-19</sup>C charge de l'électron

On utilisera une méthode itérative pour déterminer N<sub>SUB</sub>. Cela étant, cette dépendance logarithmique et un choix initial de N<sub>SUB</sub> dans la gamme 10<sup>15</sup> à 10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup> permettent de converger rapidement vers une solution crédible.

**IV.2.5. Mesure et Extraction**

Mesurer la caractéristique C(V) à l'aide du Capacimètre HP4194.

- Utiliser la structure de test adaptée: Il s'agit d'une capacité de grande surface de A = 250 10<sup>-9</sup>m<sup>2</sup>.
- Le capacimètre est connecté entre la grille (broche N° 10) et le substrat (broche N° 5).
- Effectuer les mesures en faisant varier la tension entre ±5V.
- Tracer la caractéristique C(V).
- Déterminer C<sub>OX</sub> et en déduire T<sub>OX</sub>.
- Détermination de N<sub>SUB</sub> :
- Exprimer n<sub>i</sub> et N<sub>SUB</sub> en « atomes / m<sup>3</sup> ».
- Choisir une valeur appropriée N<sub>SUB0</sub>
- Calculer N<sub>SUB1</sub> selon la formule suivante :

$$N_{SUBk+1} = \frac{4 \cdot C_{Dmin}^2 \cdot kT}{A^2 q \epsilon_{Si}} \ln \frac{N_{SUBk+1}}{n_i}$$

- Répéter cette opération jusque la valeur pour N<sub>SUB</sub> converge vers une valeur constante.

k	0	1	2	3	4	5
N <sub>SUB</sub> (m <sup>-3</sup> )						

En déduire la valeur de Φ<sub>F</sub>.

**IV.3. Mesure des caractéristiques DC du transistor MOS**

**IV.3.1. Rappel des équations**

Les équations qui modélisent le transistor MOS (en régime de forte inversion) en saturation et en linéaire sont les suivantes :

$$i_D = K'_s \frac{W}{2L} (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda \cdot V_{DS}) \quad \text{saturation} \quad (1)$$

$$i_D = K'_L \frac{W}{L} \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] (1 + \lambda \cdot V_{DS}) \quad \text{linéaire} \quad (2)$$

$$\text{avec } V_T = V_{TO} + \gamma \left( \sqrt{2|\Phi_F| + V_{SB}} - \sqrt{2|\Phi_F|} \right) \quad (3)$$

Le rapport  $\frac{W}{L}$  est connu d'après la géométrie des transistors.

On rappelle que Φ<sub>F</sub> a été déterminé par les mesures précédentes.

Les paramètres du premier ordre à déterminer sont : V<sub>TO</sub>, K'<sub>S</sub>, K'<sub>L</sub>, γ, λ.

**IV.3.2. Extraction de V<sub>TO</sub> et K'<sub>S</sub> :**

On impose le même potentiel à la source et au substrat : V<sub>SB</sub>=0, par conséquent V<sub>T</sub> = V<sub>TO</sub>. En première approximation, on peut supposer que λ est beaucoup plus petit que 1.

L'équation (1) se simplifie :

$$i_D = K'_s \frac{W}{2L} (V_{GS} - V_T)^2, \text{ ce qui donne } V_{GS} = \sqrt{\frac{2L}{WK'_s} \sqrt{i_D}} + V_{TO}.$$

En traçant V<sub>GS</sub>(√i<sub>D</sub>) à V<sub>DS</sub> constant on obtient une droite de

pente  $m = \sqrt{\frac{2L}{K'_s W}}$  et d'ordonnée à l'origine  $b = V_{TO}$ .

Ce qui permet de déterminer les paramètres V<sub>TO</sub> et K'<sub>S</sub>. La figure 6 résume cette méthode.

**IV.3.3. Extraction de K'<sub>L</sub> en régime linéaire :**

On suppose V<sub>DS</sub> très petit (V<sub>DS</sub> = 100 mV) pour qu'on puisse négliger le terme de modulation de la longueur du canal 1 + λV<sub>DS</sub>.

On peut dans ces conditions réécrire l'équation (2) :

$$i_D = K'_L \frac{W}{L} V_{GS} V_{DS} - K'_L \frac{W}{L} V_{DS} \left( V_T + \frac{V_{DS}}{2} \right)$$

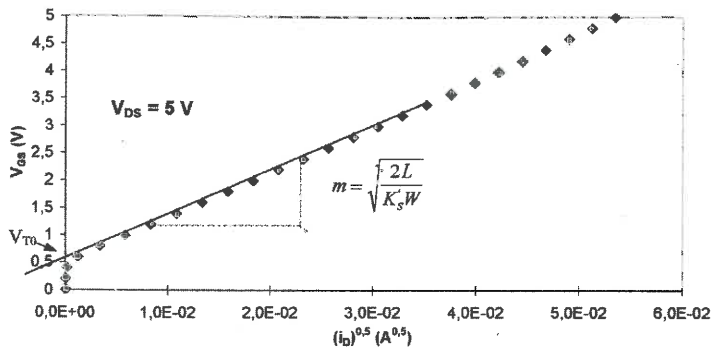


Fig. 6 – Tracé de  $V_{GS}(\sqrt{i_D})$  pour déterminer les paramètres  $V_{TO}$  et  $K'_S$ .

En traçant  $i_D$  en fonction de  $V_{GS}$  à  $V_{DS}$  constant, on obtient une courbe présentant une partie linéaire.

La pente  $m$  de cette partie linéaire a pour expression :

$$m = K'_L \frac{W}{L} V_{DS}$$

En mesurant  $m$  le paramètre  $K'_L$  peut facilement être trouvé.

On peut déterminer la valeur de la mobilité  $\mu_0$  à champs électrique zéro par la relation :

$$K'_L = \mu_0 C_{OX}, C_{OX} \text{ étant extrait en IV.2.5.}$$

La figure 7 indique l'exploitation de  $i_D$  en fonction de  $V_{GS}$  à  $V_{DS}$  constant.

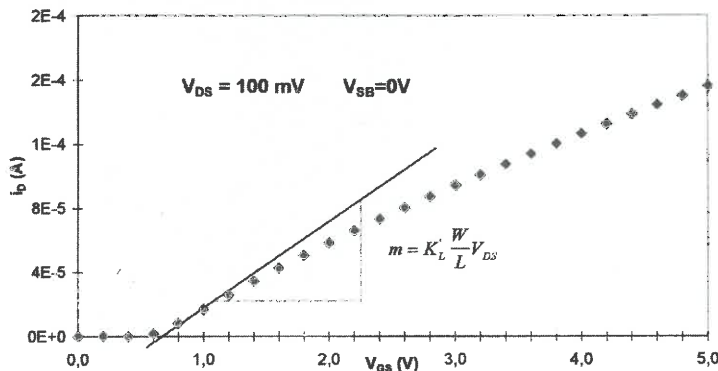


Fig. 7 – Courant de drain en fonction de  $V_{GS}$  en régime linéaire.

#### IV.3.4. Détermination de $\gamma$ :

A partir de l'équation (3) si l'on trace  $V_T$  en fonction de  $\sqrt{2|\Phi_F| + V_{SB}} - \sqrt{2|\Phi_F|}$ , on obtient une droite de pente  $m = \gamma$  et d'ordonnée à l'origine  $b = V_{TO}$ .

Dans un premier temps on détermine  $V_T$  en fonction de  $V_{SB}$  en traçant le réseau :  $\sqrt{i_D}(V_{GS})$  pour différents  $V_{BS}$ . (Voir figure 8).

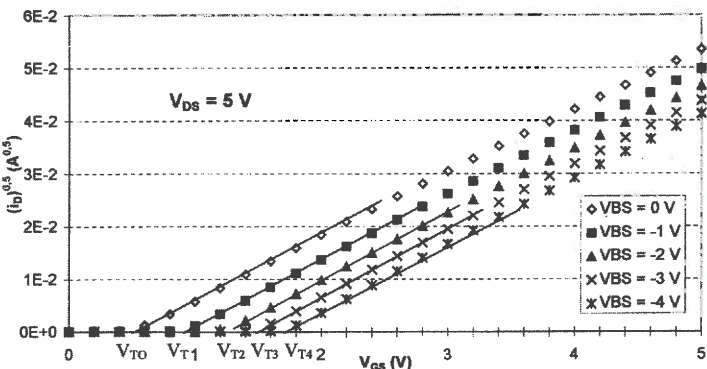


Fig. 12 – Tracé de  $\sqrt{i_D}(V_{GS})$  pour différent  $V_{BS}$ .

Ayant extrait  $V_T$  en fonction de  $V_{BS}$ , on peut tracer  $V_T$  en fonction de  $\sqrt{2|\Phi_F| + V_{SB}} - \sqrt{2|\Phi_F|}$ .

$\gamma$  représente la pente de cette droite comme l'indique la figure 9.

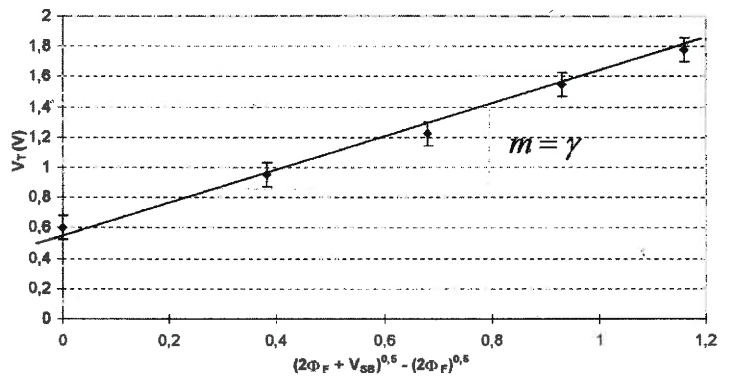


Fig. 9 – Tracé de  $V_T$  en fonction de  $\sqrt{2|\Phi_F| + V_{SB}} - \sqrt{2|\Phi_F|}$  pour extraire le paramètre.

#### IV.3.5. Détermination de $\lambda$ :

En travaillant à  $V_{GS}$  et  $V_{SB}$  constants, l'équation (1) se met sous la forme :  $i_D = i'_D \lambda V_{DS} + i''_D$

$$\text{avec } i'_D = K'_S \frac{W}{2L} (V_{GS} - V_T)^2$$

En traçant  $i_D(V_{DS})$  et en se plaçant dans la zone de saturation, on peut déterminer  $i'_D$  et  $i''_D$  d'où  $\lambda$ .

La figure 10 illustre la détermination de  $\lambda$ .

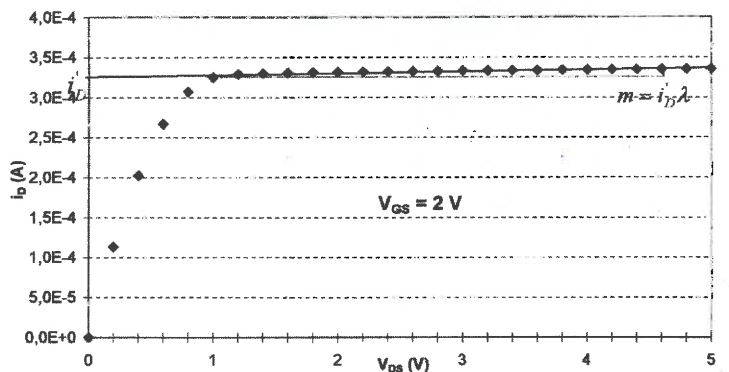


Fig. 14 – Tracé de  $i_D$  en fonction de  $V_{DS}$ .

#### IV.3.6. Mesures et Extractions

Pour les mesures DC, utiliser l'analyseur de paramètres de semiconducteur HP4145.

Effectuer les mesures nécessaires pour déterminer les paramètres  $V_{TO}$ ,  $K'_L$ ,  $K'_S$ ,  $\mu_0$ ,  $\gamma$ ,  $\lambda$ .

Astuce : dans le « channel definition page » on peut définir des expressions utilisant des fonctions mathématiques comme par exemple la racine,

#### V. DISCUSSION

Les transistors utilisés dans ce TP proviennent d'une technologie ancienne. Quelles sont les caractéristiques d'une technologie de pointe, dont les puces sont insérées dans les PC les plus récents en terme de

- largeur de la grille
- tension de seuil
- épaisseur d'oxyde.

Quels sont les avantages d'utiliser une telle technologie ? Quels sont les inconvénients ?

### E. OUVERTURE

On pourrait par exemple utiliser les paramètres extraits pour simuler le comportement d'un amplificateur et même de comparer entre elles les performances de différentes structures d'amplificateurs.

Une fois la structure définie on passerait à la réalisation et aux test.

La comparaison entre la simulation et le comportement réel permettrait de discuter sur les modèles utiliser par le simulateur.

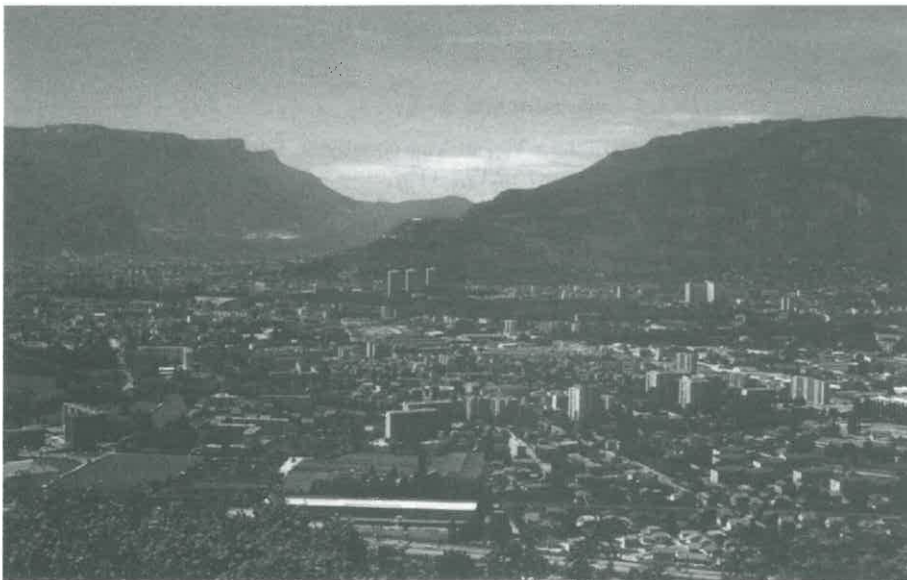
La mise à disposition sur le Web des caractéristiques des appareils de mesures disponibles permettra aux enseignants utilisateurs de créer des textes de TP en ligne sur des thèmes intégrant ces appareils afin d'enrichir cette nouvelle approche.

### F. REMERCIEMENTS

Ce projet a été soutenu par la C.E.E. dans le cadre du programme O.D.L.(Open and Distance Learning) SOCRATES.



## Quelques vues de Grenoble



# INTERNET : une révolution en trompe-l'œil ?

par Michel DOULCET - IUT de Bordeaux

## INTRODUCTION

Selon Marshall McLuhan, « le message est le médium », c'est-à-dire qu'à chaque type de médium sont associés un certain type de message et un certain contenu. Les moyens de communication déterminent la nature des informations diffusées. Ils ont, de ce fait, des conséquences très importantes : ainsi l'écriture a permis à l'homme de dépasser sa condition tribale ; l'imprimerie a entraîné l'apparition d'une organisation sociale nouvelle. De la même manière, les moyens de communication de masse, apparus au cours des dernières décennies, exercent des effets spécifiques sur le fonctionnement de nos sociétés. En fait, l'évolution dans la transmission de l'information, avec notamment Internet, a modifié la perception du monde. Celui-ci est devenu un « village planétaire ». Les paysages économique, politique, culturel et social devraient en être, comme cela en a été le cas avec l'invention de l'imprimerie de Gutenberg, complètement transformés. Mais, de la théorie à la pratique il y a parfois un fossé, car si Internet fait florès et nul ne le conteste, il reste néanmoins difficile d'appréhender dans sa globalité un phénomène aussi complexe et mouvant sans en minimiser ou sans en exagérer la portée. Des changements sont bien là, mais de quelle nature ? Et sont-ils aussi révolutionnaires qu'on veut bien nous le faire croire ?

## 1. DES CONFLITS AU CŒUR DE LA JUNGLE CYBERNÉTIQUE

A n'en pas douter, Internet représente la pierre angulaire de ces changements. Cette « toile d'araignée » dont le but principal est de fédérer, grâce à une norme commune, tous les ordinateurs et tous les réseaux de télécommunications du monde, crée *ipso facto* un nouveau monde virtuel vierge de toute frontière. Il va sans dire que ce nouvel Eldorado suscite la convoitise de différentes instances. A commencer par les gouvernements, qui pourraient ainsi maintenir un contrôle social accru sur les populations. Les citoyens se souviennent des mises en garde lancées naguère par George Orwell et Aldous Huxley contre un monde administré par une police de la pensée. Puis, il y a les industriels de l'information et de la communication qui souhaiteraient s'approprier le réseau pour dessiner le nouveau marché mondial dont leurs entreprises seraient à la tête. Enfin, les internautes, c'est-à-dire la population générale dont les objectifs sont, pour le moins, hétéroclites.

A ce jour, force est de constater qu'Internet, ce nouveau monde virtuel, ressemble plus à un chaos informationnel qu'à un ensemble

bien structuré et balisé. C'est bien là que réside sa force puisque la technologie d'Internet repose sur des systèmes ouverts et décentralisés. Face aux enjeux qu'il représente, les tensions se font grandissantes entre les opposants et les partisans de ce nouveau monde en gestation. Il suscite, tour à tour, enthousiasmes et controverses. Quel que soit le camp que nous choisissons, la machine Internet est en marche et ne saurait s'arrêter. D'aucuns prédisent des changements aussi inévitables qu'imprévisibles. Reste à savoir s'ils seront, comme le prétendent ses thuriféraires, une chance pour l'humanité de mieux vivre ensemble, ou bien au contraire, comme l'annoncent les Cassandre, une arme redoutable capable d'accroître le contrôle social et de favoriser un marché mondial des plus inégalitaires.

## 2. INTERNET : VERS UN ESPACE MARCHAND MONDIAL ?

Parmi les colons de ce nouveau monde, le groupe des industriels détient une grande avance sur les Etats et les internautes. Les marchands se sont lancés à l'assaut d'Internet parce qu'ils y ont vu une nouvelle source d'inépuisables profits. Les Etats-Unis, fer de lance de l'ultralibéralisme et grands adorateurs des marchés, ne s'y sont pas trompés. Dès 1992, le vice-président Albert Gore met en branle l'ambitieux projet de créer des « super-autoroutes de l'information » (1) pour permettre le développement de nouveaux marchés avec la volonté de relancer l'économie mondiale autour des technologies de l'information. Des pans entiers de l'activité économique ont été profondément touchés. Ces bouleversements ont eu pour corollaire des restructurations et des délocalisations massives. D'ailleurs, si les Etats-Unis, aujourd'hui, « surfent » sur une économie florissante, c'est grâce, en partie, à la maîtrise des circuits de l'information. Les industries de l'information et de la communication génèrent 30 % de la croissance américaine. (2)

Avec l'explosion de l'Internet, les grands mastodontes de l'industrie procèdent à de gigantesques fusions pour mieux imposer leurs normes. Ainsi, c'est dans la sphère commerciale qu'Internet est le plus utilisé, surpassant largement l'exploitation qu'en font les institutions universitaires. Pourtant, ce sont les universités qui, au début des années 80, ont véritablement développé le Net. Il y a quelques années, seuls les universités, les organismes gouvernementaux et quelques entreprises d'informatique étaient branchés sur le réseau. Or, déjà en 1996, le secteur commercial englobait, à lui seul, plus du quart de tous les hôtes du web (3). Et compte tenu des enjeux financiers, il serait

surprenant que cet essor du « tout commercial » s'arrête là.

D'ailleurs, l'émergence du commerce électronique ne fait que prolonger l'esprit marchand et, assurément, transformera en profondeur nos habitudes de consommateurs. Comme Peter F. Drucker le mentionne dans son essai, « Beyond the Information Revolution », il est à la société de l'information ce que le chemin de fer a été à la révolution industrielle (4). Le chemin de fer a permis de maîtriser les distances ; il a chamboulé notre rapport au monde et fait émerger une nouvelle économie. Le commerce électronique va encore plus loin puisqu'il élimine la notion même de distance pour faire place à un marché mondial sans frontières. En effet, Internet permet de dialoguer directement et facilement avec le producteur, qu'il se situe dans votre ville ou à l'autre bout du monde. Certaines entreprises purement virtuelles apparaissent déjà aux Etats-Unis (5). La déferlante Internet vient à peine de gagner la France que déjà les « start-ups », petites entreprises à fort potentiel de croissance, attirées par l'appât du gain, se multiplient.

Il semblerait donc que l'appropriation des réseaux par les industriels, dont le rêve est de faire d'Internet un immense marché mondial dans lequel la population est réduite à un rôle de consommation, soit en bonne voie. Le rêve utopique d'une communauté humaine harmonieuse, planétaire où chacun s'appuie sur d'autres pour perfectionner ses connaissances et aiguïser son intelligence s'éloigne de plus en plus. Au contraire, comme Ignacio Ramonet le souligne dans son ouvrage, Géopolitique du chaos, l'essor Internet ne crée-t-il pas une nouvelle inégalité entre les inforiches et les infopauvres ? (6). De plus, l'idéologie du libre échange que poursuivent les Etats-Unis et maintenant l'Europe, avec une privatisation rampante, exonère Internet de toute obligation du service public, laissant la part belle aux intérêts privés.

Somme toute, cette révolution semble s'inscrire dans une logique marchande qui échapperait à toute réglementation étatique et à tout protectionnisme (7). Quel espace restait-il alors pour les internautes farouchement libertaires qui rêvent toujours de progrès social ? Ont-ils la capacité de rattraper le temps perdu et contrecarrer la logique marchande ?

## 3. L'UTOPIE DES INTERNAUTES LIBERTAIRES

En fait, ces deux visions du web s'opposent. Au-delà de cet impérialisme marchand dans lequel les Etats-Unis se taillent la part du lion - la structure même, la machine, les logi-

ciels (Bill Gates) et les réseaux, ont été conceptualisés et exploités, en grande partie, par les Américains- il existe, bel et bien, un espace de liberté pour l'utopie cybernétique. Internet est un puissant diffuseur culturel et identitaire permet-tant une communication entre toutes les classes sociales et toutes les sociétés, à condition bien sûr d'avoir accès à la machine et d'être branché. Il est possible, désormais, d'entrer en contact avec de nombreuses cultures et d'échanger. En ce sens, Internet pourrait même se révéler être une arme redoutable pour combattre l'impérialisme américain. Ceci étant, à l'heure actuelle la langue dominante du « cyberspace » est l'anglais (80% des sites Web sont rédigés dans la langue de Shakespeare) et ceci n'est pas prêt de changer.

En outre, ses détracteurs pensent qu'Internet détruit le lien social plus qu'il ne le favorise, de par une forme de communication sans contact réel. Quant à Francis Fukuyama, il démontre dans son essai, « The Great Disruption », qu'Internet est un facteur d'atomisation et non de rapprochement des communautés (8). Certes il est difficile d'avoir des certitudes sur les types de communication qui rapprochent le plus les êtres, cependant, la communication au bout du clavier ne paraît pas la plus épanouissante en termes d'apprentissage de la vie en société. Ce monde virtuel ne peut, en aucun cas, faire fi du monde réel. Le contact humain est indispensable dans la construction de l'individu.

Mais c'est surtout cette liberté totale, à la limite de l'anarchie, qui risque de nuire aux internautes car elle a permis de laisser éclore dans son déluge informationnel les facettes les plus viles de l'humanité comme le racisme, la pédophilie, le crime, forçant les gouvernements à élaborer des textes de lois de manière à régler le contenu d'Internet. La « mercantilisation » du Web introduira, elle aussi, les règles du marché et mettra fin à sa gratuité. Ainsi, malgré la protestation des internautes qui perçoivent toute réglementation comme une entrave à leur liberté d'expression, l'espace dans lequel ils évoluent est voué à se restreindre (9). Du reste, cette utopie libertaire n'est pas sans rappeler celle des années 60. Selon l'historien François Caron, la technologisation de cette fin de siècle serait l'expression de l'hédonisme contestataire des années 60 (10). Une utopie qui en a laissé plus d'un sur le carreau.

#### 4. INTERNET AU SERVICE DE L'ÉDUCATION : UN BIEN OU UN MAL ?

Internet représente incontestablement un formidable vivier d'informations et un outil éducatif des plus appréciables pour peu qu'il soit utilisé à bon escient. Ce flot intarissable d'informations nécessite plus que jamais un tri efficace. Sans cette réflexion primordiale en amont, l'éducation prend vite des allures

de crétinisation. Comme le dit J-C Guillebaud « l'addition des talents ne produit pas mécaniquement un surcroît d'intelligence collective, pas plus que le 'déluge' informationnel ne tient lieu de connaissance ni de culture » (11). Et puis, trop d'information tue l'information. En d'autres termes, la communication par Internet ne doit, d'aucune manière, se substituer à la communication classique. Elle doit être considérée comme un moyen additionnel de communiquer.

Par ailleurs, l'apprentissage d'Internet suscite des interrogations sur le type de civilisation que cela va engendrer. S'il est indéniable qu'Internet représente une ouverture sur d'autres cultures, en revanche ne risque-t-il pas de fabriquer des individus incapables de lire des textes dans leur intégralité, des êtres passifs peu enclins à la réflexion et à l'effort durable ?

La culture abêtissante galvanisée par les marchands du « I shop therefore I am », pour reprendre l'expression de Pascal Bruckner (12), les attend la « gueule » grande ouverte. Force est de reconnaître qu'il est de plus en plus rare de trouver un site purement philanthropique et informatif. C'est pour cette raison que l'apprentissage d'Internet doit être, plus que jamais, accompagné. Malheureusement, la France en avance à l'aube des années 80 avec le Minitel, véritable précurseur d'Internet, se retrouve dans la position du pionnier à la traîne. Il faut remarquer que la part des ménages possédant un PC récent reste encore minoritaire en France tandis qu'aux Etats-Unis les ventes d'ordinateurs dépassent celles des téléviseurs. Que dire alors des pays du tiers-monde ! Le fossé se creuse entre les « knowers » et les « know-nots ». Une nouvelle forme de discrimination commence à poindre qui risque d'appauvrir davantage les pays défavorisés dont les chances de survie dépendent, en grande partie, de l'éducation (13). Encore une fois, le rêve d'un monde meilleur semble être battu en brèche.

#### CONCLUSION

Le phénomène Internet suscite et continuera de susciter une littérature abondante dans la mesure où il n'a pas encore trouvé sa forme définitive. Et même s'il préfigure déjà ce que seront les futures autoroutes de l'information, il serait prématuré d'en tirer des conclusions hâtives.

Cependant, n'en déplaise à ses laudateurs, le nouveau cadre médiatique et marchand de ces dernières années contrecarre les utopies initiales d'une solidarité planétaire. A vrai dire, les internautes libertaires semblent bien impuissants face à la logique capitaliste. Pour autant, on aurait tort de minimiser l'impact d'Internet car il met en lumière une véritable crise de civilisation. Selon Dominique Wolton, cette fascination pour

l'idéologie technique serait à mettre en relation avec un vide de croyance et de valeurs (14). Si l'invention de l'imprimerie par Gutenberg en 1438 bouleverse l'Occident par amenant, indirectement, la démocratie, en revanche Internet ne semble être, pour l'instant, que le prolongement d'une culture fondée sur l'individualisme. Mais à défaut d'être une vraie révolution, il est indéniable qu'Internet représente un outil d'une grande richesse pour peu qu'il soit au service d'une noble cause. Gageons que les promesses d'un monde meilleur ne seront pas toutes anéanties. Après tout, les utopies, comme l'écrivait Lamartine, ne sont souvent que des vérités prématurées. (15)

\*\*\*\*\*

#### NOTES

1. Voir Thèse de Doctorat, Aspects de la controverse sur le déclin américain à la fin du XXe siècle, rédigée par Michel Doucet sous la direction de Jean Cazemajou, Professeur émérite à l'Université Michel de Montaigne, Bordeaux III, mai 1996, chap. High Tech : le défi à relever, pp. 216-218.
2. Alfredo G.A. Valladao, *Le XXIe siècle sera américain*, Paris : Editions La Découverte : Paris, 1993, p. 176.
3. Luciano Floridi, *Internet*, Paris : Dominos Flammarion, 1997, p. 55.
4. Peter F. Drucker, « *Beyond the Information Revolution* », *The Atlantic Monthly*, octobre 1999, p. 50. (ma traduction)
5. Yves Lasfargue, *Technos mordus, Technos exclus ? Vivre et travailler à l'ère du numérique*, Paris : Editions les Echos, 2000, p. 314.
6. Ignatio Ramonet, *Géopolitique du Chaos*, Paris : Editions Galilée, 1997, p. 150
7. J-Claude Guillebaud, *La Refondation du Monde*, Paris : Editions du Seuil, 1999, p. 362.
8. Francis Fukuyama, « The Great Disruption », *The Atlantic Monthly*, mai 1999, p. 71.
9. J-Claude Guillebaud, *La Refondation du Monde*, Paris : Editions du Seuil, 1999, p. 361.
10. David Cohen, *Nos Temps Modernes*, Paris : Flammarion, 1999, p. 41.
11. J-Claude Guillebaud, *La Refondation du Monde*, Paris : Editions du Seuil, 1999, p. 358.
12. Pascal Bruckner, *La Tentation de l'innocence*, Paris : Grasset, 1995, p. 77.
13. Olivier Nouaillas, « *Quand l'internet creuse les inégalités* », *Cahiers français*, mars/avril 2000, p. 9.
14. Dominique Wolton, « *La révolution Internet est la pensée unique du moment* », *Enjeux*, octobre 1999, p. 158.
15. Cité par Patrice Flichy dans « *Utopies et innovations, le cas Internet* », *Sciences Humaines*, Hors série, n° 16, mars/avril 1997, p. 64.



# Carte minimum HC11-CPLD

## Pour l'Informatique Industrielle et l'Electronique Numérique

par Stéphane BERTRAND et Gilles SICARDI - IUT d'Annecy

*Cet article décrit une expérience de conception de carte composée d'un microcontrôleur et d'un composant programmable. Le cahier des charges impose une carte très générale, double cibles pour permettre une utilisation en TP d'Informatique Industrielle ou d'Electronique Numérique, ainsi qu'en projet de seconde année. La réalisation doit permettre de mettre en avant l'utilisation de composants modernes (CPLD et microcontrôleur) tout en restant dans des limites de prix acceptables pour un département d'IUT.*

### 1. RAPIDE HISTORIQUE

Cette carte a été conçue en réponse à un constat très simple : l'équivalent n'existait pas. Suite à de nombreuses recherches, essentiellement sur l'internet, force fut de constater qu'il n'était pas possible d'acheter un produit fini présentant les caractéristiques souhaitées à un prix abordable pour un département d'IUT. La conception d'un tel produit devait donc valoir le coup et avec un peu de chance, le net pourrait fournir quelques idées... Eh bien non, il est probable que cette carte est sans aucun intérêt car personne ne l'avait déjà conçue et réalisée ! (vivre avec son temps consiste à vérifier que personne n'a déjà fait le travail pour un coût inférieur à celui de la conception envisagée).

Malgré tout, les auteurs pensèrent qu'il y avait là une idée à creuser. Ils creusèrent...

#### 1.1 LES CIRCUITS PROGRAMMABLES

Les CPLD (Complex Programmable Logic Device) sont aujourd'hui légions ; on les trouve partout tant il est facile de programmer la fonction dont on a besoin plutôt que de la réaliser en logique câblée. Leurs caractéristiques ne cessent de s'améliorer et peuvent laisser pantois. On est très loin des premiers 16V8. Par exemple, un seul et même composant permet aujourd'hui d'intégrer 256 bascules, associées à 256 broches d'entrées ou de sorties (soit pour le plaisir de l'écrire : un 256V256 !) et permet de travailler à une fréquence de 150MHz.

Utiliser un tel composant ne tient pas du rêve tant il est facile d'en programmer la fonctionnalité à l'aide d'un langage de description de haut niveau. Des langages tels que Verilog et VHDL permettent une description fonctionnelle hiérarchisée, simple mais très efficace. On trouve également des générateurs qui produisent du code VHDL à partir de graphes d'états saisis sous une interface graphique conviviale. La simulation permet ensuite une première validation de la fonctionnalité nouvellement créée et dans ce domaine également, les simulateurs ont fait d'indéniables progrès. Enfin, et c'est là à notre sens le principal intérêt, ces composants programmables le sont *in situ*, c'est-à-dire sur la carte électronique même où ils sont implantés et sans limitation du nombre de reprogrammations. (1000 fois garanties, typiquement 10 000 fois) On en oublierait presque le simulateur !

Il est donc possible, grâce à ces circuits, d'obtenir une infinité de fonctionnalités ce qui bien sûr est idéal tant d'un point de vue pédagogique qu'industriel. On peut créer des fonctions simples tirées du cours de logique de première année ou utiliser, dans le cadre des projets de seconde année, des bibliothèques plus élaborées.

Reste un problème de taille : les possibilités de calcul sont limitées et généralement une application a besoin de communiquer. Va-t-on pour devoir programmer une liaison série, un port parallèle dans le composant ? Comment récupérer et traiter les informations manipulées par ce composant ? Disons que les auteurs se sont trouvés devant une impasse.

#### 1.2 LES MICROCONTRÔLEURS

Dans ce domaine également, de grand progrès ont été fait. On trouve de nombreux microcontrôleur (Motorola ou Intel) 8 bits, 16 bits ou même 32 bits. Restons modeste : dans la seule famille du HC11 (8 bits Motorola) il en existe plus d'une vingtaine. D'un point de vue industriel, on trouve forcément son bonheur parmi l'un d'eux, mais quelles sont les contraintes pédagogiques ? Comment réaliser une carte dont les fonctionnalités doivent pouvoir varier d'un projet à l'autre ? Certes la programmation du microcontrôleur permet une grande souplesse, mais les coupleurs sont prédéfinis et figés. De plus, la fréquence de travail est plutôt basse (2 MHz pour le bus du HC11).

Il faudrait en plus que la carte accueillant ce microcontrôleur permette un développement facile des applications: une liaison série pour le téléchargement du programme à tester est donc bienvenue, un débogueur source serait pratique. Une fois l'application terminée, il serait économique que la même carte soit encore utilisée pour l'application finale et qu'elle soit tout à fait autonome. Le choix du microcontrôleur est alors moins facile : dans une même famille il est préférable de choisir celui ayant le maximum de coupleurs, le maximum de mémoire RAM pour le programme et les données utilisateur, le maximum de mémoire EPROM pour le débogueur source. Il faut se rendre à l'évidence : ce microcontrôleur n'existe pas ! Des compromis sont alors nécessaires, par exemple, l'ajout d'une RAM entraîne la perte de 16 entrées sorties transformées en bus de microprocesseur. Pour un peu, on manquerait d'entrées sorties !

Disons que les auteurs se sont encore trouvés devant une impasse.

#### 1.3 ASSOCIATION COMPOSANT PROGRAMMABLE ET MICROCONTRÔLEUR

Un naturel optimiste permet de tirer partie du meilleur des deux composants. Les périphériques classiques du microcontrôleur permettront la communication avec un PC (liaison asynchrone série) ou avec d'autres cartes à base de microcontrôleurs (liaison synchrone série en réseau). Les autres périphériques du microcontrôleur (horloge, convertisseur AN) et les possibilités de séquençement et d'interruption, accompagnés d'une programmation en langage de haut niveau seront les bienvenus. S'il

manque de coupleurs très spécifiques, rien n'empêche de les programmer dans le circuit programmable (quel plaisir de créer son propre coupleur !) qui servira aussi au décodage de la RAM et de l'EPROM additionnelle.

Selon les utilisations de cette carte on obtiendra :

- soit un super microcontrôleur très bien équipé en périphériques fonctionnant à fréquence élevée, en mémoires de grande capacité (8 ko ou 32 ko), le tout implanté sur une carte qui permet à la fois le débogage et l'implantation terminale.
- soit un super composant programmable très bien équipé pour la communication et les calculs.

L'intérêt d'une telle carte n'est plus à démontrer !

### 1.3.1 Intérêt industriel

La conception en elle-même s'apparente à un projet industriel :

- Définition du cahier des charges à partir des besoins exprimés ci-dessus.
- Détermination des composants à utiliser.
- Conception du schéma de principe.
- Conception du typon.
- Validation du téléchargement du composant programmable, du téléchargement en EEPROM du débogueur, du téléchargement en RAM du programme utilisateur.
- Conception des programmes contenus dans l'EEPROM et dans le composant programmable.

L'utilisation industrielle de cette carte permet d'obtenir un produit fini avec programme implanté en EEPROM ou en RAM sauvegardée du microcontrôleur et plusieurs fonctions implantées dans le composant programmable. La confidentialité des méthodes peut être préservée pour les deux composants.

### 1.3.2 Intérêt pédagogique

- Développer et déboguer en C, directement sur une cible réelle, en utilisant un super microcontrôleur, télécharger à l'aide d'une liaison série et environnement de développement sous win98.
- Programmation en utilisant le langage VHDL et téléchargement *in situ* du composant programmable avec un PC.
- Combiner les deux aspects précédents pour des projets plus complets.
- Améliorer le débogueur (source en assembleur).
- Travailler sur la récupération de données provenant du microcontrôleur (par exemple celle du débogueur) ou du composant programmable, à partir d'une application tournant sur un PC et écrite en utilisant la programmation objet (VC++, Visual Basic, Testpoint, WinDev, etc.) sous un environnement graphique.

A creuser ...

## 2. DESCRIPTION DE LA CARTE MISE EN ŒUVRE

### 2.1 LE MATÉRIEL

Le composant programmable utilisé dans ce projet est un CPLD de chez Cypress™ (référence : CY37128125JC). Il comporte 69 broches d'entrées sorties et 128 bascules, ce qui a nécessité de réaliser une carte double face à trous métallisés sous traitée à Cirly™ (efficace et très bons tarifs). On dispose de deux horloges (16 Mhz et 2 Mhz) et de dix autres entrées d'horloges extérieures à la carte. Ce composant fonctionne jusqu'à 125 Mhz.

Le microcontrôleur utilisé est le 68HC811E2 de chez Motorola™. Son principal intérêt réside dans le fait qu'il est équipé de 2 ko d'EEPROM programmable *in situ*. Il est associé à une RAM de 32 ko sauvegardée par batterie ce qui lui confère un espace mémoire satisfaisant. Il contient deux horloges 16 bits et 8bits, 8 voies CAN, des entrées d'interruption, deux liaisons séries asynchrone et synchrone, 38 broches d'entrées sorties mais seulement 20 utilisables du fait de l'utilisation d'une RAM externe.

La carte dispose d'une horloge programmable 16 MHz et sous multiples, d'un connecteur 3 x 32 points pour les entrées sorties et l'alimentation, d'une liaison série RS232 pour la communication entre le microcontrôleur et un PC, d'une liaison JTAG permettant la programmation *in situ* du CPLD à l'aide d'une liaison parallèle du PC.

La carte a plusieurs modes de fonctionnement: microcontrôleur seul (HC11), mode étendu (Mémoire RAM + CPLD), bootstrap (écriture dans l'EEPROM du HC11).

En utilisant le connecteur, il est possible d'adjoindre à cette carte :

- Une carte d'extension contenant d'autres circuits sur le bus du HC11. (RAM, EPROM, bus I2C, bus Can, etc...)
- Une carte d'entrées sorties pour la mise en forme des signaux.
- Une carte de conversion CAN et CNA. (sur le bus du HC11 ou sur les ports du HC11 ou du CPLD)
- etc....

On trouve également deux boutons poussoirs ; un pour le reset et le démarrage du débogueur s'il est implanté, l'autre pour le «run» du programme utilisateur pour ne plus utiliser le débogueur (test de l'utilisation finale).

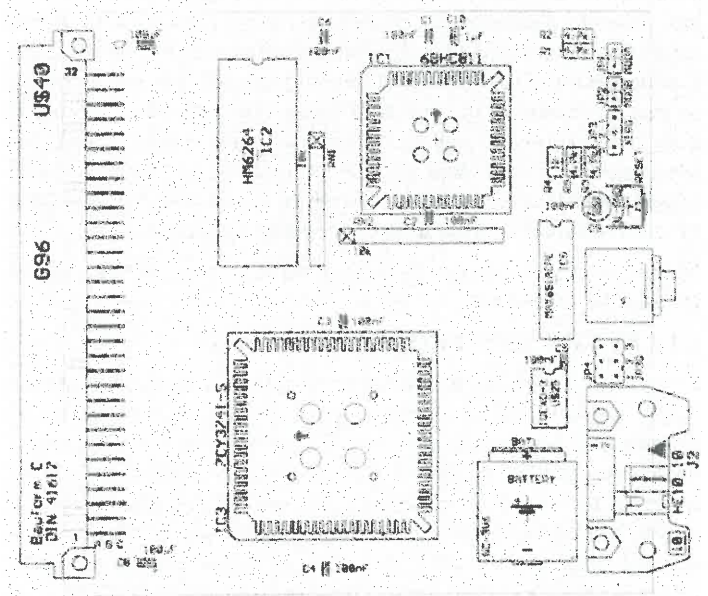


Fig. 1 – Implantation des composants

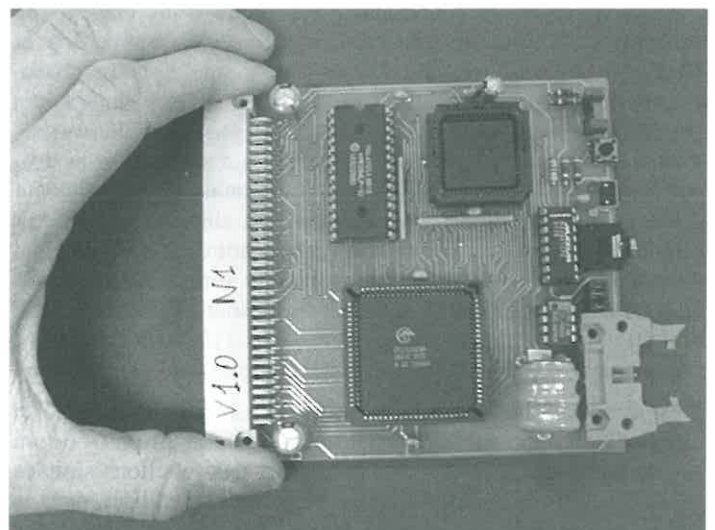


Fig. 2 – Photographie de la carte

## 2.2 PROGRAMMATION STANDARD DU CPLD

La carte de base comporte un CPLD programmé pour créer 4 ports d'entrées sorties configurables par 5 registres (1 de contrôle et 4 de données) accessible à l'aide du HC11.

Les possibilités de programmation du CPLD permettent de développer des fonctionnalités rapides ou de mettre en œuvre des travaux pratiques de VHDL.

## 2.3 ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

On utilise un ordinateur PC qui permet la programmation

- en C ou en langage machine du microcontrôleur,
- en VHDL ou par description par machines d'états du CPLD, et la simulation du CPLD, voir du HC11.

Il permet par la liaison série standard

- le téléchargement *in situ* de l'EEPROM,
- le téléchargement et le débogage *in situ* du programme utilisateur en RAM.

Il permet enfin par la liaison parallèle le téléchargement *in situ* du CPLD.

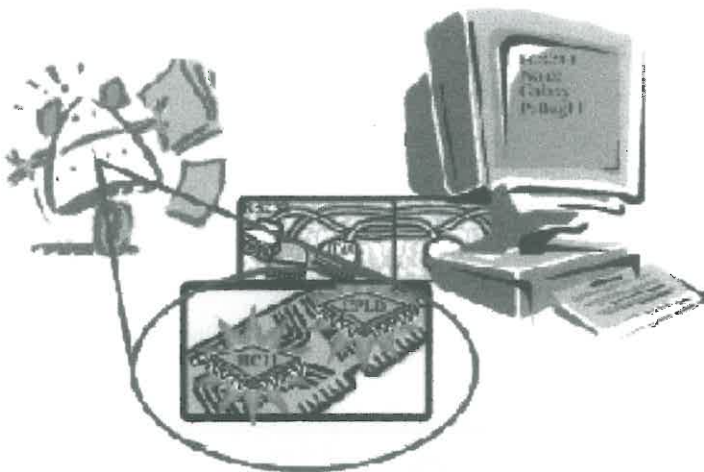


Fig. 3 : Environnement de développement

On notera qu'un PC « classique » fait très bien l'affaire (un pentium 150 MHz suffit) et que la communication avec la cible s'effectue par les périphériques standards.

Une fois les programmes chargés sur la cible, l'application peut devenir indépendante du PC. Celui-ci reste toutefois bien pratique pour le traitement et l'affichage de données *a posteriori*.

## 3. EXEMPLES D'UTILISATION

Cette carte est idéale pour servir de plate-forme de base pour les travaux pratiques d'informatique industrielle (HC11, algorithmie et matériel) ou d'électronique numérique (programmation en VHDL). Associée à une carte fille qui connecte les entrées-sorties, elle est également suffisamment modulable pour devenir une maquette de projet très polyvalente.

### 3.1 TRAVAUX PRATIQUES D'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE (HC11 ET LANGAGE C)

En rajoutant sur la carte fille, un afficheur à cristaux liquides, un clavier 16 touches, un bargraph de leds, une liaison I2C, un convertisseur numérique analogique, les entrées-sorties de comptages et d'interruption du HC11, on obtient une maquette idéale pour les TP d'informatique industrielle (première et deuxième année), tant d'un point de vue algorithmie (structure de programmation) que matériel (horloge, E/S, interruptions, conversions).

Le débogueur symbolique implanté dans le HC11 permet le téléchargement du programme, l'exécution pas à pas, les points d'arrêt etc..., directement en langage C.

### 3.2 TRAVAUX PRATIQUES D'ELECTRONIQUE NUMÉRIQUE (CPLD ET VHDL)

Il est possible d'utiliser une partie du composant programmable pour le monitoring de la fonction utilisateur implantée dans ce composant, de la même façon qu'on utilise un débogueur implanté dans le microcontrôleur. On obtient ainsi un moniteur qu'on programme (par des bibliothèques) en même temps que la fonction qu'on souhaite déboguer. Par ce biais, on peut tester en vraie grandeur (et non plus en simulation) le comportement du composant programmable. On implante donc un analyseur logique dans le composant (bien sûr, on perd quelques bascules) et dans le HC11 qui se charge de gérer le déclenchement et de transmettre alors sur la liaison série le flux des données contenues en RAM, flux qui peut ensuite être traité par un PC (affichage de chronogrammes par exemple).

La carte ainsi obtenue permet d'obtenir la fonctionnalité de l'utilisateur combinée à la fonctionnalité d'analyseur logique (à 50 kHz, limitation imposée par le H11) pour un prix intéressant.

Cette carte peut être utilisée tant pour des TP de première année (base de langage VHDL) que de deuxième année (matériel et notions avancées de VHDL). Le composant est programmé *in situ* via la liaison parallèle du PC, le monitoring s'effectuant par la liaison série.

### 3.3 UTILISATION EN PROJET : CARTE FILLE

La conception d'une carte fille est très facile pour utiliser les possibilités du HC11 et du CPLD.

On peut ainsi envisager

- Une carte d'axe pour robots manipulateurs.
- Une carte de commande pour robots mobiles: la carte se charge de toutes les fonctions.
- Des cartes de commande qui coopèrent pour robots mobiles: une carte par fonction (lecture des capteurs de positions, mesure de vitesse, asservissement de vitesse, asservissement de position) et communication par liaison série synchrone entre les cartes.
- Une carte d'acquisition de donnée pour transmission à un PC (fréquence-mètre à calibres variables, phasemètre, analyseur de spectre, etc...).
- *Votre projet personnel...*

### 3.4 UTILISATION INDUSTRIELLE

On utilise le principe général décrit ci-dessus et on associe sur une même carte les coupleurs d'entrées sorties matériels. On obtient ainsi une carte finalisée et utilisable telle quelle.

## 4. ENVIRONNEMENT DE DÉVELOPPEMENT

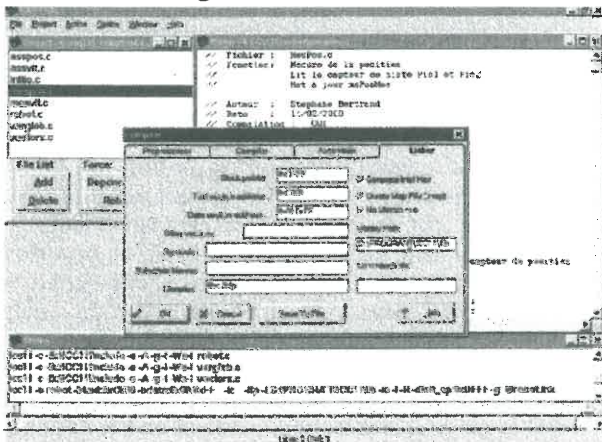
### 4.1 LISTE DES LOGICIELS DE DÉVELOPPEMENT

La programmation en VHDL et en C ainsi que le téléchargement s'effectuent sous un environnement Win98©.

- Compilateur C ICC11© de chez ImagecraPt™ (160 \$US)
- Téléchargement et débogueur symbolique en C : Noice© de John Hartman™ (50 \$ US)
- Compilateur VHDL : Warp© de Cypress™ (650 FF)
- Editeur de machine d'état et Générateur de code VHDL : HDL FSM de chez Aldec™ (fourni avec Warp©).
- Simulateur VHDL : HDL SIM de chez Aldec™ (fourni avec Warp©)
- Programmation du CPLD : ISR© de Cypress™ (Gratuit)
- Assembleur AS11 (freeware Motorola™)
- Téléchargement en EEPROM et débogueur symbolique assembleur : PCBUG© (freeware Motorola™)

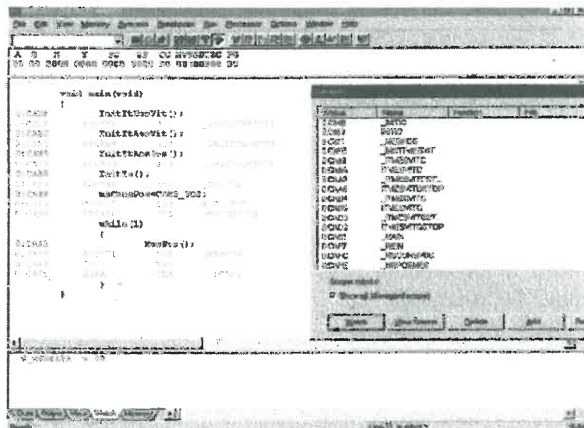
## 4.2 RAPIDE DESCRIPTION DES CHAÎNES DE DÉVELOPPEMENT

### 4.2.1 ICC11© de Imagecraft™



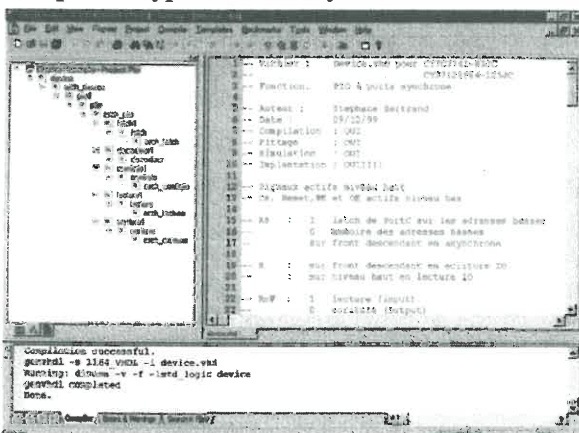
Ce compilateur permet la programmation en C du microcontrôleur dans un environnement multifenêtres. Il ne permet pas la simulation du programme ni l'émulation. En effet, la simulation n'a pas d'intérêt car on ne peut simuler les événements extérieurs ni le composant programmable. L'émulation, elle, coûte très cher.

### 4.2.2 Noice© de John Hartman™



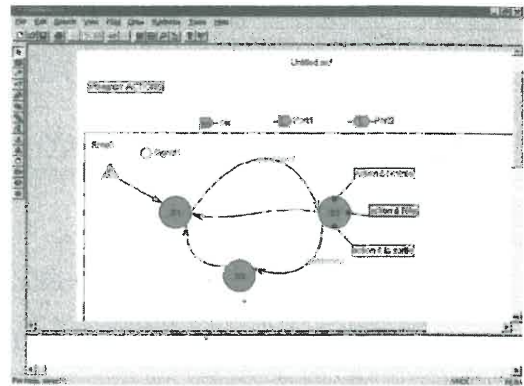
Ce débogueur permet d'une part de télécharger le programme exécutable sur la carte, d'autre part de déboguer (en C ou en langage machine) le programme sur la carte à l'aide d'un moniteur implanté dans l'EEPROM du HC 11.

### 4.2.3 Warp© de Cypress™ Galaxy



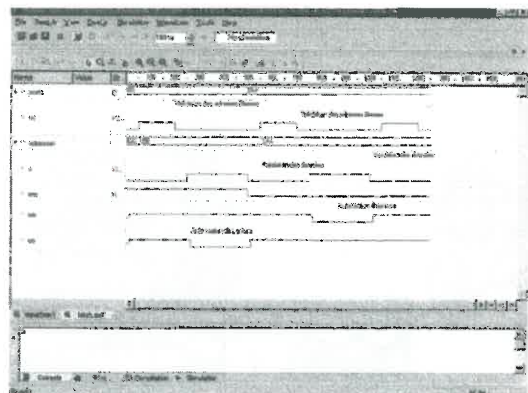
Galaxy© est le compilateur VHDL. Il fournit un fichier Jedec de programmation ainsi qu'un fichier pour le simulateur. En particulier, le CPLD doit être programmé pour décoder la RAM et démultiplexer le bus du HC11 mais d'autres fonctionnalités peuvent être ajoutées.

### 4.2.4 HDL FSM de chez Aldec™



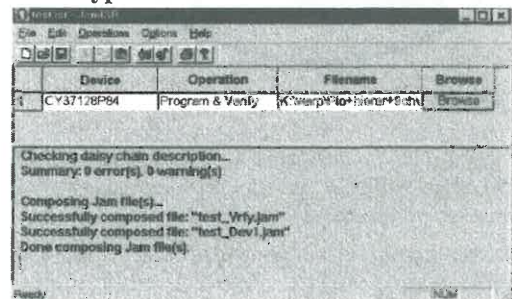
Ce générateur utilise la notion d'état et fournit du code VHDL que Galaxy© compile. Il permet de se passer de VHDL pour la programmation du CPLD.

### 4.2.5 HDL SIM de chez Aldec™



Ce simulateur permet de tester les fonctionnalités du CPLD avant programmation.

### 4.2.6 ISR de Cypress™



Permet la programmation *in situ* du CPLD.

### 4.2.7 PCBUG© de Motorola™

Permet la programmation de l'EEPROM du HC11 de manière à lui implanter le moniteur destiné à dialoguer avec Noice. Ce moniteur est ainsi toujours résidant sur la carte ce qui permet un débogage sans difficultés.

## 5. CONCLUSION

Cette carte va être utilisée en informatique industrielle, en électronique numérique ainsi qu'en études et réalisation dès l'année prochaine. Des étudiants ont déjà participé à l'élaboration de la carte et ont montré leur intérêt pour une telle réalisation dans le cadre des enseignements en GEII.

Pour informations et contact :  
 stephane.bertrand@univ-savoie.fr, tél: 04 50 09 22 87  
 gilles.sicardi@univ-savoie.fr, tél: 04 50 09 22 94  
<http://www.geii.univ-savoie.fr/~bertrand/hc11-cpld/index.htm>  
<http://www.geii.univ-savoie.fr>

# Identification automatique et codes-barres

par Pascal VRIGNAT - IUT de Châteauroux

## INTRODUCTION

Une entreprise produit les biens ou les services pour lesquels elle a été créée, mais n'a pas pour objectif la production d'informations sur elle-même : la saisie des informations doit donc consommer le moins possible de ressources humaines, matérielles et financières de l'entreprise. Cet objectif peut être atteint de deux façons: par les techniques de l'identification automatique et par la connexion directe des matériels de production sur le système informatique... et bien sûr en associant ces deux techniques. L'identification automatique est un ensemble de techniques comprenant le code-barres, la reconnaissance optique de caractères, la reconnaissance de formes («vision»), l'entrée vocale, les étiquettes radio, les cartes magnétiques, etc...

L'identification automatique fait déjà partie de notre quotidien : dans les supermarchés, les bibliothèques, les centres de transfusion sanguine, pour la programmation des magnétoscopes, sur les chèques, les lettres et les paquets, les médicaments, les journaux, dans les entreprises, les administrations, etc...

Dans les entreprises, l'identification automatique est appliquée dans la plupart des services : réception des marchandises, stockage dans les entrepôts et magasins, suivi de la production, contrôle de la qualité, préparation des commandes et conditionnement des produits, suivi des stocks, gestion des expéditions, suivi des documents et des outillages, saisies des temps, contrôle d'accès, gestion des investissements et immobilisations, tri automatique de produits et colis, gestion des garanties, suivi de la maintenance et des réparations, automatismes industriels, etc...



Photo n° 1 : lectures de codes-barres sur des objets défilants.

Dans tout ces domaines, l'identification automatique permet :

- le suivi instantané et précis des événements, quels qu'ils soient,
- le contrôle des matières premières,
- la suppression des arrêts de production par suite de manque de matières premières,
- le suivi de l'avancement de la production et de tout autre événement,
- l'enregistrement et le suivi des produits envoyés en réfection et réparation, et, donc, l'élimination des défauts et l'accroissement de la qualité,
- l'optimisation de l'utilisation des ressources humaines, matérielles et financières,

- l'optimisation du stockage,
  - l'accélération et la vérification des livraisons,
- Autrement dit : une meilleure gestion.**

## HISTORIQUE

L'origine des codes-barres remonte à 1949, avec l'invention d'un **code-barres circulaire** (NJ WOODLAND) qui ne sera pas utilisé en pratique. En 1960, SYLVANIA imagine un symbole d'identification des wagons de chemin de fer faisant appel à des barres et des espaces. L'idée qui apparut dès les années de l'après-guerre, est de remplacer la lecture des trous des bandes perforées par des successions de noirs et de blancs.

La société INTERFACE MECANISMES (qui deviendra plus tard INTERMEC) commence ainsi son activité en fabricant des lecteurs de bandes de ce type, destinés à remplacer les lecteurs de bandes perforées.

En 1970 est créé aux Etats-Unis un comité ayant pour but de définir une codification adaptée aux problèmes de la grande distribution: le «US SUPERMARKET AD HOC COMMITTEE ON UNIVERSAL PRODUCT CODING», ou plus simplement l'U.P.C. Ce comité se met au travail et en 1973 le code U.P.C. est adopté. Entre temps, en 1970, PLESSEY introduit son code-barres dans les applications bibliothécaires, et, en 1971, MONARCH invente le code CODABAR (dit également Monarch) et le Docteur ALLAIS, d'INTERMEC, propose le code 2 parmi 5 entrelacé.

**En 1974, sur une demande de la société BOEING, INTERMEC invente le premier code alphanumérique : le code 39.** Puis, les choses s'accélérent. Le code E.A.N. (European Article Numbering), version internationale de l'U.P.C. est adopté en 1977. La même année, le CODABAR est choisi par l'American Blood Bank Commission, et l'administration américaine commence des études ayant pour but le choix d'une symbolologie dans le cadre du projet LOGMAR.

De nouvelles symbolologies sont créées pour répondre à des besoins sans cesse plus variés et sophistiqués: code 128 (Computer Identics) et code 93 (INTERMEC) pour les utilisateurs cherchant un code alphanumérique dense et pouvant coder tous les caractères du jeu ASCII, et, très récemment, une nouvelle génération de codes à étages extrêmement denses: les codes 49 (INTERMEC), 16 K, et PDF 417.

D'autres symbolologies, réellement bi-dimensionnelles sont également apparues (code 1). On ne peut plus ici parler vraiment de codes-barres, mais de codes matriciels, l'information étant codée par points carrés. Ce type de symbolologie permet une densité très importante (encore supérieure au PDF 417).

## CODES-BARRES ET SECTEURS D'ACTIVITES

L'ensemble des codes-barres est légiféré. L'AFNOR propose des documents.

Pour exemple :

- **NF Z 63-300-1** Mars 1988 Traitement de l'information. Reconnaissance des caractères. Codes à barres - Vocabulaire et généralités.
- **6 NF EN 798** Décembre 1995 Codes-barres. Spécifications des symbolologies.
- **7 NF EN 796** Décembre 1995 Codes-barres. Identifiants de symbolologies.
- **9 FD Z 63-301** Septembre 1995 Codes-barres. Guide de choix et de mise en oeuvre.
- Etc...

La distribution	La santé	L'industrie
EAN 13	CIP 39	CODE 39
EAN 8	CODE 128	2/5 Entrelacé
EAN 128	PZN	CODE 128
UPC A	MSI	ITF
UPC E	MONARCH	
ISBN		

Tableau n° 1 - Codes-barres et secteurs d'activités.

### OBJECTIF DU TRAVAIL A MENER

L'objectif principal du travail à mener, est de pouvoir décoder le contenu d'un code-barres de type EAN 13 sur un objet défilant transporté par un tapis roulant. En fonction du décodage de l'historique de la boîte de conserve (marque xx), celle-ci sera aiguillée sur le tapis vers une destination prédéterminée à l'avance. L'ensemble sera géré par un automate programmable industriel.

Ce code numérique très dense est spécifié par le GENCOD pour les applications de la grande distribution. Les symboles EAN codent 13 ou 8 chiffres, le cas le plus normal étant 13 caractères (toujours numériques). En plus de ces caractères, est toujours encodée une clé de contrôle. Pour certaines applications particu-

lières de ce code, des caractères supplémentaires sont ajoutés à la droite du symbole de base, séparés de celui-ci par un espace (identification des journaux et magazines). Le code EAN utilise une technique de décodage particulièrement adaptée aux symboles imprimés sur les emballages par les moyens d'imprimerie traditionnels. Aux USA, ce code correspond au code UPC. Pour permettre une lecture omnidirectionnelle plus aisée, le symbole peut être décodé en deux parties puis reconstitué : ainsi, chaque moitié peut facilement être plus haute que large.

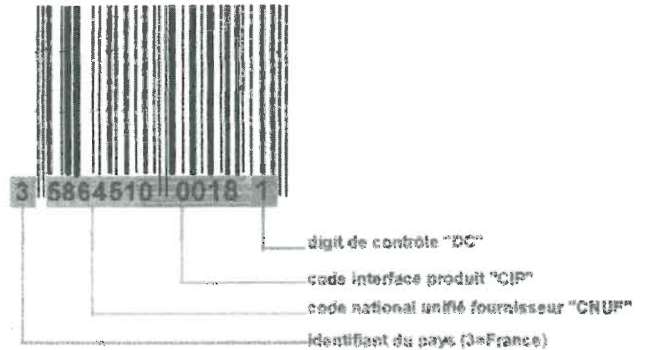


Fig. n° 1 : Contenu du code EAN 13.

### PRESENTATION DE LA PARTIE OPERATIVE A GERER

La figure n° 2 présente la vue de dessus de la partie opérative capable de gérer physiquement le triage des boîtes de conserves. L'aiguillage sera fera en pilotant le vérin pneumatique n° 1 ou n° 2. On pourra de cette façon, en fonction du cahier des charges de l'application effectuer différents modes de tri.

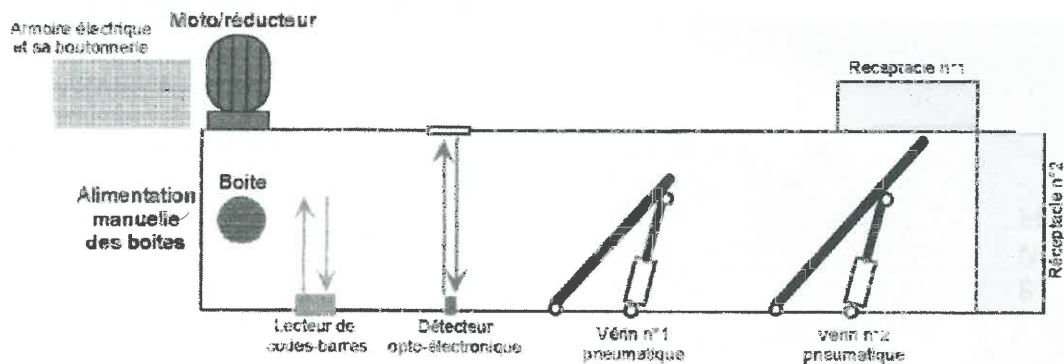


Fig. n° 2 : Vue de dessus du tapis roulant.

### DETAIL DU MATERIEL ET DES LOGICIELS MIS EN JEUX POUR LA LECTURE ET LE TRAITEMENT DES DONNEES SUR LES CODES-BARRES

#### LECTURE

- Lecteur décodeur intégré de chez DATALOGIC DL (référence : DS2100 4Watts),  
Emission laser classe II multi-trames,  
Distance de lecture : 50 à 400 mm avec des résolutions de 0.8 mm à 0.2 mm,  
Protocoles de communication : RS232 / RS485.  
(Liaison SUBD 25 pts)  
Stockage de la configuration dans une mémoire EEPROM
- Logiciel de configuration du lecteur :  
WINHOST V1.21 1998 (environnement Windows).
- Une alimentation 1A/24Vdc



Photo n° 2 : Lecteur de codes-barres de chez DATALOGIC.DL.

**TRAITEMENT**

- Automate programmable industriel de chez SCHNEIDER (référence : TSX 3722001) :
- une carte de communication PCMCIA RS485 (référence : TSX SCP114),
- un cordon de liaison pour la carte (référence : TSX SCPCX4030),
- une carte d'entrées/sorties TOR (référence : TSX DMZ28DR).
- Logiciel de programmation : PL7 MICRO V1.8-IE42 1997. (environnement Windows)

**TRAVAUX A MENER POUR POUVOIR GERER LA FUTURE COMMUNICATION ENTRE LE LECTEUR ET L'AUTOMATE**

**CONFIGURATION DU LECTEUR DE CODES-BARRES**

La première étape, consiste à fabriquer un adaptateur à l'aide de prises de type SUBD25 pour pouvoir faire communiquer le lecteur avec un PC en vue de le configurer via le « port série » (ne pas oublier de ramener sur l'adaptateur l'alimentation 24Vdc !). A l'aide du logiciel WINHOST, on pourra paramétrer la liaison série, la norme du code-barres à lire, la qualité (couleur noire, verte sur l'étiquette...) de l'impression du code à décoder sur l'objet...

Dans notre cas, le lecteur est paramétré suivant le *tableau n° 2* :

Options For All codes	
Decoding Safety	1
<b>Code 1</b>	
Type	EAN 13
<b>Code 2</b>	
Type	Disable
<b>Code 3</b>	
Type	Disable
<b>Code 4</b>	
Type	Disable
<b>Code 5</b>	
Type	Disable
<b>Code 6</b>	
Type	Disable
<b>Main Int. Configuration</b>	
Baud Rate	9600
Parity	None
Data Bits	8
Stop Bits	1
Handshake	None
Tx	Enabled
Protocol Type	No Protocol
<b>Siemens Protocol</b>	NOT APPLICABLE
<b>MUX32 Protocol</b>	NOT APPLICABLE
<b>Output Lines</b>	
No Read Output	Pulse
Right Output	Pulse
AUX. Int.	
<b>Auxiliary Interface</b>	
Baud Rate	9600
Parity	None
Data Bits	8
Stop Bits	1
Handshake	None
Communication Mode	Local Echo
<b>Operating Mode Selection</b>	
Operating Mode	Automatic
<b>Reading Parameters</b>	
Beam Shutter	Triggered
Overflow	28µs
Scanner Resolution	High

Tableau n° 2 : Configuration du lecteur

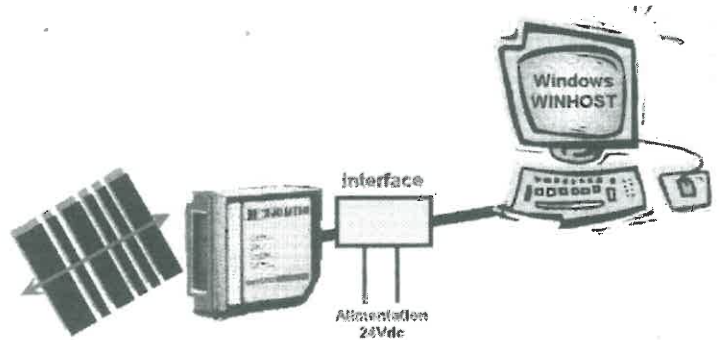


Fig. n° 3 : Moyens matériels et logiciels pour configurer le lecteur.

**PROGRAMMATION DE L'AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL**

La deuxième étape, consiste à paramétrer dans un premier temps la configuration de la carte PCMCIA TSX SCP114 :

- La position de la carte est à : 00.0..1,
- La voie de communication est : 1,
- La liaison est de type : mode caractères,
- Vitesse de transmission : 9600Bits/s,
- Données : 8Bits,
- Stop : 1Bit,
- Parité : sans.

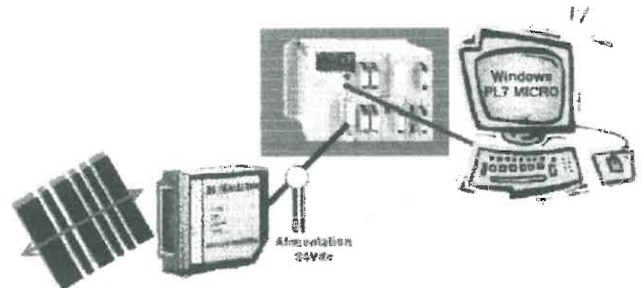


Fig. n° 4 : Raccordement du lecteur à l'API.

*La liaison physique entre le lecteur et la carte de communication de l'automate programmable industriel se fera de SUBD25 points à SUBD25 points (Attention à la connexion : gestion de la liaison série).*

La dernière étape qui se révèle être la plus délicate est de programmer l'automate en « Réception » d'une chaîne de caractères. Pour cela, nous utiliserons la fonction : INPUT\_CHAR(...). La fonction INPUT\_CHAR permet de gérer une attente de réception d'une chaîne de caractères. Le message reçu est mémorisé dans un tableau d'octets %MB:n. Cette fonction permet de recevoir jusqu'à 4 K octets (120 octets pour la prise terminal).

Deux possibilités sont offertes :

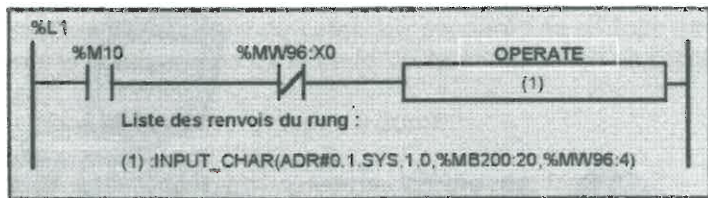
- lecture d'un nombre de caractères,
- lecture d'un message.

Dans tous les cas, une remise à zéro de la mémoire du coupleur peut être demandée pour le prochain message afin d'éviter de recevoir des données obsolètes.

**Syntaxe :**

```
INPUT_CHAR(Adresse, RAZ, Nb de caractères à lire,
Chaîne reçue, Paramètres de gestion)
```

La base du programme qui permet de récupérer le contenu du code EAN 13 lu dans l'API est :



**Commentaires du programme :**

Les paramètres de gestion sont communs à toutes les fonctions de communication asynchrones.

Ils se composent :

- d'un paramètre qui donne des informations sur l'activité de la fonction,
- d'un paramètre qui précise le numéro d'échange identifiant la transaction en cours,
- d'un paramètre contenant le compte-rendu de l'échange (compte-rendu de communication et compte-rendu de l'opération),
- d'un paramètre de time-out qui permet de contrôler l'absence de réponse,
- d'un paramètre de longueur qui permet de mémoriser le nombre d'octets à émettre ou le nombre d'octets reçus.

INPUT_CHAR(ADR#0.1.SYS,	1,	0,	%MB200:20,	%MW96:4)
Adresse de l'émetteur du message	RAZ	Lecture de toute la chaîne de caractères	Contenu du message reçu en octets	Compte-rendu d'échange et longueur de la chaîne reçue

Le nombre de caractères reçus s'élève à 14. On pourra noter que la réservation « contenu du message en octets » s'élève à 20 octets. Cette réservation a été choisie pour ne pas être bornée uniquement au contenu du code EAN 13.

**RESULTATS OBTENUS**

**TESTS HORS PROGRAMME AUTOMATE DANS LE MODE : « STOP »**

Deux tests hors programme sont possibles pour valider la réception de la chaîne de caractères. Dans un premier temps l'API étant en « STOP », dans le mode « Mise au point de la carte PCMCIA » nous pouvons lancer une réception de la chaîne de caractères.

Dans la configuration de la carte de communication on rajoutera :

- un arrêt en réception sur le caractère 1 définit comme : >Arrêt, >CR (retour chariot), 13,
- un arrêt en réception sur le caractère 2 définit comme : >Arrêt, >LF (retour ligne), 12.

Ce premier test nous donne comme résultats :

Emission Requête : Réception,  
 Message Reçu : Nombre de caractères reçus = 14  
 Résultat en ASCII = .3564700005965  
 Résultat en Hexa = 02 33 35 36 34 37 30 30 30 30 35 39 36 35

Ces paramètres nécessitent un tableau de quatre mots consécutifs respectant la structure suivante :

Numéro du mot	Octet poids fort	Octet poids faible
%MWi	Numéro d'échange	Bit d'activité
%MWi+1	Compte-rendu de l'opération de communication	Compte-rendu
%MWi+2	Time-out	
%MWi+3	Longueur	

Tableau n° 3 : Paramètres nécessaires à la communication.

**Toujours mettre à jour le paramètre longueur avant chaque lancement d'une fonction de communication.**

- Bit d'activité

Ce bit signale l'état de l'exécution de la fonction. Il est mis à 1 lors de son lancement et il retombe à 0 à la fin de son exécution. Par l'intermédiaire de %M10 (Bit) = 1, à l'aide du premier numéro du mot [%M96 : X0 (Bit d'activité)] la gestion de la réception de la chaîne de caractères peut se faire. On peut assimiler ce mot à une gestion de front montant dédié activant la communication.

La signification de la ligne de programme pour notre application est :

Le deuxième test possible permet de valider la fonction « Arrêt sur silence ». Cette fonction détecte la fin de la réception par absence de caractère pendant une période de temps (délai en ms).

Dans la configuration de la carte de communication on rajoutera :

- un arrêt sur silence définit à 20mS.

Ce deuxième test nous donne comme résultats :

- Emission Requête : Réception,
- Message Reçu : Nombre de caractères reçus = 16
- Résultat en ASCII = .3564700005965..
- Résultat en Hexa = 02 33 35 36 34 37 30 30 30 30 35 39 36 35 0D 0A

Nous retrouvons bien après la réception de la chaîne de caractères :

- Retour chariot (CR=16#0D),
- Retour à la ligne (LF=16#0A).

Ces caractères pourront faire l'objet d'une intention particulière dans le futur programme !

**TESTS AVEC PROGRAMME AUTOMATE DANS LE MODE : « RUN »**

L'API étant en « RUN » (donc programme actif), nous pouvons éditer une table animée. L'objectif est de séparer l'ensemble des caractères reçus de la lecture du code-barres.



Repère	Symbole	Valeur courante
%MB200		\$02
%MB201		3
%MB202		5
%MB203		6
%MB204		4
%MB205		7
%MB206		0
%MB207		0
%MB208		0
%MB209		0
%MB210		5
%MB211		9
%MB212		6
%MB213		5
%MB214		6
%MB215		\$00
%MB216		\$00
%MB217		\$00
%MB218		\$00
%MB219		\$00
%MB220		\$00
%MW96		16#1501
%MW97		0
%MW98		0
%MW99		0

Tableau n° 4 : Résultats de la table animée.

Le code à barres est donc bien 'décortiqué', il ne reste plus qu'à développer le programme pour pouvoir dans notre application, aiguiller des boîtes de conserve différentes suivant les critères de choix correspondant au cahier des charges de l'application.

## CONCLUSION

La technique du code-barres s'est imposée dans la plupart des applications de l'identification automatique appliquée à la gestion d'une entreprise. En effet, le code-barres présente un certain nombre de caractéristiques propres qui se sont révélées tout-à-fait adaptées à ce domaine. D'autres techniques d'identification automatique sont employées dans de nombreux domaines et permettent de résoudre certains problèmes pour lesquels le code-barres n'apporte pas de solution idéale. Toutes ces techniques coexistent et se complètent. Bien entendu, il existe des applications où on peut envisager l'une ou l'autre technique et hésiter, par exemple, entre le code-barres et la vision, ou entre le code-barres et l'étiquette radio, etc... Néanmoins, ces « zones de recouvrement » sont très limitées, et on ne peut pas vraiment parler de concurrence entre les différentes techniques de l'identification automatique. Au contraire, certaines applications peuvent faire appel à plusieurs de ces techniques. La fabrication des automobiles, par exemple, fait appel à la fois aux codes-barres et aux étiquettes radio.

### CONTACT

Pascal VRIGNAT  
 Enseignant au Département GEII  
 IUT de Châteauroux  
 2, Avenue François Mitterrand  
 36000 Châteauroux  
 ☎ : 02-54-08-25-50  
 E-mail : Pascal.Vrignat@univ-orleans.fr

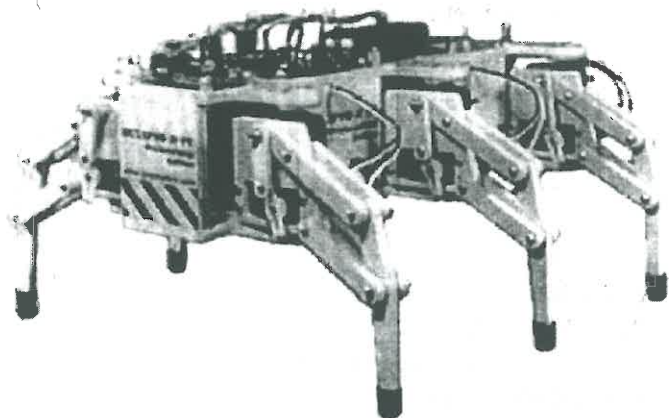
*Nice nous transmet une bien triste nouvelle : notre collègue Georges BOULON est décédé le mercredi 22 mars 2000. GeSi associe sa peine à celle de sa famille, de tous ses collègues et amis, de tous ceux qui garderont le souvenir d'un ami qui a si grandement participé à l'épopée IUT.*

# Hexapod II

par Dominique NARDI - IUT de Nancy

**BUT : développer les cartes électroniques nécessaires au déplacement et au guidage d'un robot marcheur six pattes.**

Hexapod II est un robot marcheur fabriqué par LYNXMOTION ([www.lynxmotion.com](http://www.lynxmotion.com)), commercialisé par la société SELECTRONIC au prix de 3990 F. Pour ce prix (qui peut paraître important) on dispose d'une ossature de robot constituée d'un corps muni de six pattes articulées, qui est un formidable support de TP projets, ludique et motivant pour les élèves.



Chaque patte de ce robot dispose de deux degrés de liberté respectivement contrôlés par deux servomoteurs, soit un total de douze servomoteurs. Le prix d'un servomoteur disposant d'un couple (moyen) de 30 N.m est compris entre 200 F et 300 F, ce qui explique le prix de ce robot qui est d'autre part vendu sans électronique de contrôle. L'ossature prédécoupée est en polymère et se monte (comme une maquette modèle réduit) en une journée sans difficultés majeures ni outils particuliers.

## 1) L'ALGORITHME DE MARCHÉ.

La documentation en anglais fournie par le constructeur décrit de façon succincte l'algorithme de marche. Des vidéos disponibles sur le site internet de Lynxmotion permettent une meilleure visualisation de la démarche de notre hexapode. Celui-ci est toujours en appui sur trois pattes et la synchronisation de deux pattes situées sur le même axe perpendiculaire à l'axe longitudinal du robot est calquée sur le nageur de crawl. Huit séquences sont nécessaires pour faire avancer le robot d'un pas. Ces huit séquences diffèrent si l'on veut tourner à droite, à gauche ou faire marche arrière. Le déplacement vertical des pattes est mécaniquement plus lent que le déplacement horizontal. L'axe horizontal est directement solidaire de l'axe du servomoteur, alors que l'axe vertical est constitué d'une série de bras de levier. Cette particularité nous impose d'avoir quatre consignes de position différentes (Haut - Bas - Gauche - Droite), correspondant chacune à un signal particulier à appliquer à chaque servomoteur.

## 2) LES SERVOMOTEURS.

Un servomoteur est un système asservi en position, équipé d'un micro-moteur à courant continu, d'un capteur de position (potentiomètre solidaire de l'axe de sortie), d'un réducteur à engrenages et d'une électronique miniaturisée de contrôle. L'entrée de commande de position est un signal de rapport cyclique variable de la fréquence 50 Hz à 100 Hz. La durée de l'impulsion à l'état haut est directement proportionnelle à la position angulaire de l'axe du servomoteur. Une variation de cette durée de 0.5 ms à 2.5 ms correspond à une rotation de 180°. Il est recommandé de ne pas atteindre ces extrêmes. En l'absence de consigne le couple n'est pas assuré.

L'alimentation de ces servomoteurs est comprise entre 5V et 6V. La consommation du robot, en déplacement, est relativement importante. Le constructeur annonce une consommation moyenne de 750 mA avec des pointes à 1.2 A, mais cela peut varier en fonction du type de servomoteurs utilisés. Il faut donc prévoir un accumulateur relativement conséquent si l'on souhaite une autonomie suffisante. Mais le robot va devoir soulever le poids de son accumulateur. Il est donc impératif d'utiliser un accumulateur CaNi et de trouver un compromis entre autonomie, poids et dimensions.

Nous avons opté pour un accumulateur spécial radio modélisme de 9V/1.8 A/h. Le constructeur fournit également avec les servomoteurs différents bras de levier, ce qui permet d'augmenter la masse embraquée au détriment de la hauteur maximale de levée des pattes.

L'alimentation 5V est confiée à un convertisseur cc/cc de 5V/2W, afin d'optimiser le rendement énergétique. Les pointes en courant étant importantes, il est impératif de prévoir un condensateur de filtrage de forte valeur (2200  $\mu$ F) comme réservoir d'énergie.

## 3) L'ÉLECTRONIQUE DE CONTRÔLE DU DÉPLACEMENT.

L'électronique de commande (*Fig. 1*) est organisée autour de deux microcontrôleurs ATMEL AT89C2051. Ce microcontrôleur dispose de 15 lignes E/S, de 2Koct. de mémoire flash et deux timers. Compatible 8031, il peut être programmé en assembleur ou en C5 1, en fonction des outils de développement dont on dispose. Un de ces microcontrôleurs est dédié à la marche du robot. Il gère l'algorithme de marche en fonction de trois entrées issues du détecteur de proximité. Huit déplacements sont donc possibles: droite, gauche, avant, arrière et ceci à deux vitesses différentes. La fonction de détection de proximité est gérée par le deuxième microcontrôleur.

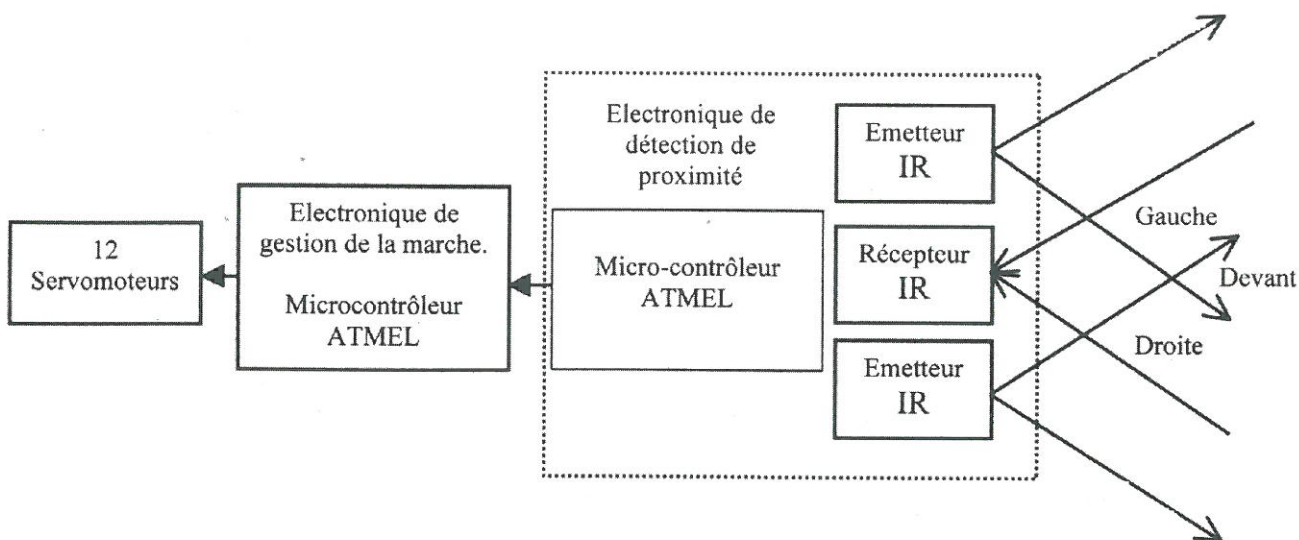
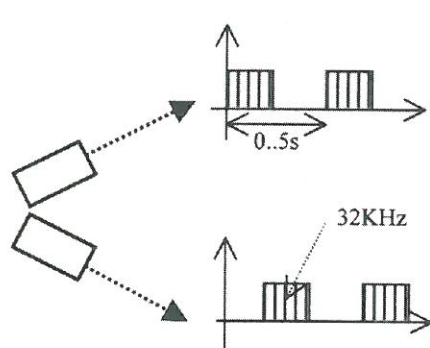


Figure 1

#### 4) DÉTECTION DE PROXIMITÉ.

La détection d'obstacle se fait par réflexion infrarouge.



Un signal carré de 32KHz est appliqué alternativement à deux diodes IR avec une période de répétition de 0.5s. Les axes d'émission forment un angle de 45° environ. Si un obstacle est détecté successivement à gauche et à droite, c'est donc qu'il se

trouve devant. Dans ce cas, le robot fait marche arrière. Sinon il tourne dans le sens opposé à la détection. En l'absence de détection d'obstacle le robot avance.

Le récepteur infrarouge SHARP GPIU5 (Fig. 2) a été récupéré sur un vieux magnétoscope. Destiné à l'origine à la réception des signaux d'une télécommande, ce module IR contient toute l'électronique (ampli, filtre passe-bande 38KHz, interface de sortie, etc.) nécessaire pour s'affranchir de la lumière ambiante et démoduler la fréquence porteuse émise. Dans notre cas, l'émission est continue. Seule la réflexion de cette porteuse sur un obstacle nous intéresse. La distance maximale de détection dépend de la sensibilité du récepteur et de la puissance de l'émetteur. Si la sensibilité est trop grande le détecteur fonctionne en permanence et le robot ne fait que tourner sur lui-même! Si la sensibilité est trop faible le robot risque de percuter des obstacles, surtout si ceux-ci sont de couleur noire (donc peu réfléchissant) et de biais par rapport à l'axe de déplacement du robot. Pour régler la bonne sensibilité, l'astuce consiste à émettre une fréquence porteuse légèrement différente de la fréquence centrale du filtre passe-bande du récepteur (38KHz). Une fréquence d'émission de 32KHz donne de bon résultats.

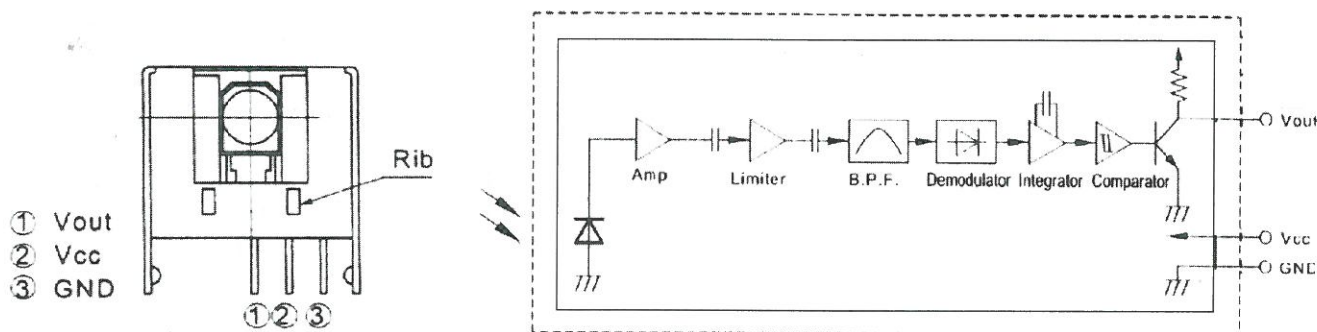


Figure 2

#### 5) CONCLUSION.

Les résultats obtenus sont assez spectaculaires. Notre hexapode semble doué d'une «intelligence» propre. Il ne se déplace jamais de la même façon: il tourne sur place, fait marche arrière à vitesse lente et évite tous les obstacles de façon surprenante. Sa démarche ressemble tout à fait à celle d'un insecte. Nos premiers essais (sans accumulateur) sont donc concluants. Nous pouvons

envisager maintenant l'étude de différents types de capteurs, comme par exemple des transducteurs à ultrasons, pour lui apporter encore plus « d'intelligence ».

Mais ceci est une autre histoire...

nardi@iutnb.u-nancy.fr

## Les projets tutorés à Bordeaux

par Michel CAVAN, Gérard COUTURIER, Gino GRAMACCIA - IUT de Bordeaux

L'idée de projet tutoré fait lentement son chemin dans notre département. Cette année, nous sommes partis d'un objectif simple : organiser deux journées de rencontre avec des personnalités de l'industrie et des lycéens en regroupant, autour de deux événements collectifs, l'ensemble de la promotion de seconde année. Si le thème n'a rien d'original, nos choix d'organisation se sont avérés, à l'usage, plus convaincants. Nous en présentons le détail dans le présent article.

### UN EXEMPLE DE PROJET TUTORÉ EN ORGANISATION TRANSVERSALE

Voilà quelque temps déjà que Bordeaux cherche sa formule en matière de projets tutorés. Nous nous sommes essayés à plusieurs méthodes avant de partir, pour l'année 1999-2000, d'une idée simple : *regrouper l'ensemble de la promotion, soit 120 étudiants, autour d'un même projet fédérateur* : l'organisation de deux journées « Portes ouvertes », l'une consacrée aux professionnels de nos secteurs d'emplois, l'autre aux lycéens.

Globalement, l'équipe pédagogique poursuit deux objectifs de communication :

1. *Un objectif de communication externe*, qui porte en particulier sur le développement de notre réseau d'échanges avec divers partenaires de l'industrie et des lycées.

2. *Un objectif de communication interne*, décliné sous deux formats : un format centré sur la mise en place et le management de petites équipes de projet et un format matriciel (ou transversal) destiné à coordonner les activités de ces équipes.

La figure 1 représente l'organigramme du projet de manifestation. Dans cette matrice, l'axe vertical symbolise la liaison de coordination des équipes d'étudiants chargées de réaliser une application particulière d'un même thème de projet. Cinq thèmes ont été choisis :

- Organisation de tables rondes sur différents **métiers** (Qualité, Recherche & Développement, Sécurité, Technologies nouvelles).
- Organisation de l'**accueil** des invités (logistique, réception, documentation).
- Création d'un **musée** des technologies de la communication.
- Présentation de **matériels de pointe**.
- **Gestion financière** de l'ensemble du projet.

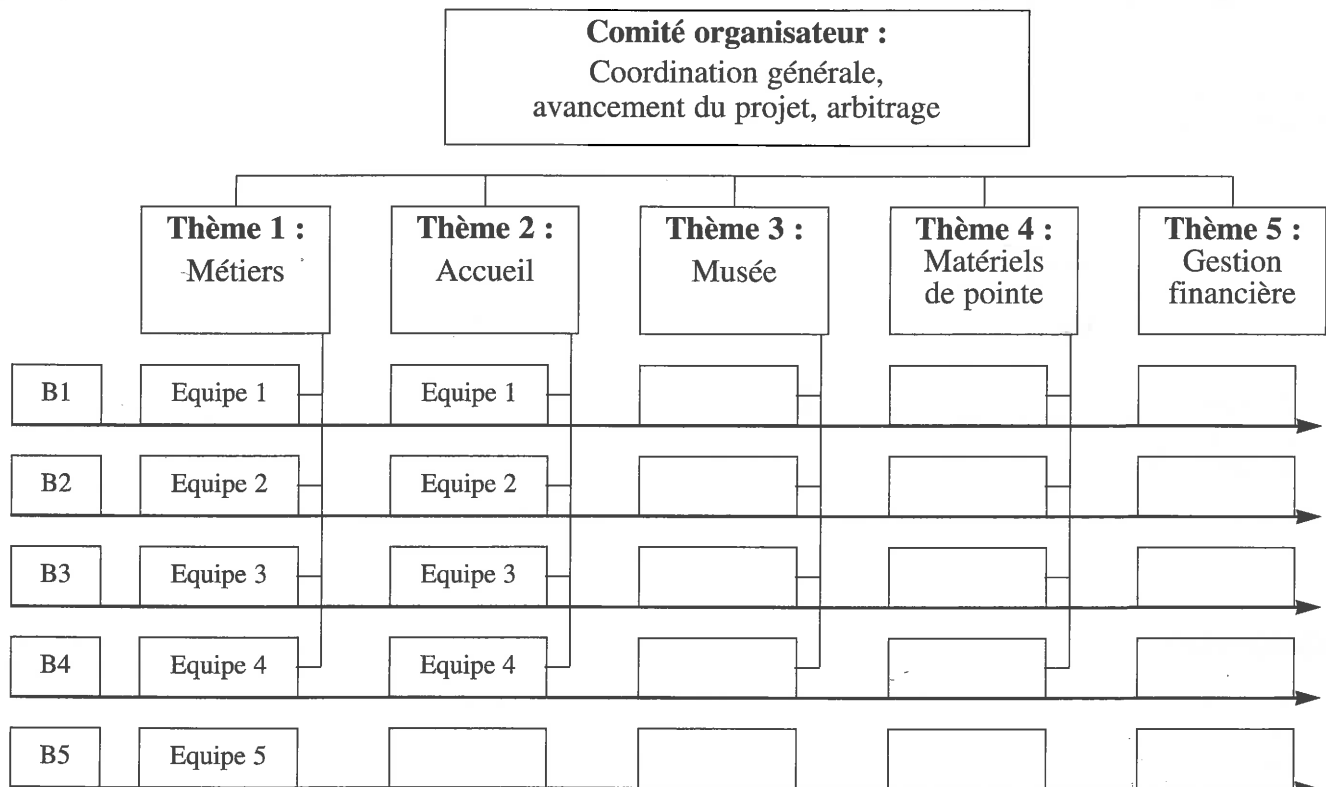


Figure 1 : Organigramme matriciel du projet tutoré collectif.

## UN PREMIER BILAN

- Au niveau de chaque équipe (quatre ou cinq étudiants en moyenne), la coordination transversale est assurée par un **chef de projet**. L'étudiant qui assure cette fonction a été « recruté » dans le cadre d'une session de formation aux entretiens de recrutement pendant le cours de Culture & Communication.
- Les équipes sont issues des différents groupes de travaux dirigés classiques : les groupes B1, B2, etc., représentés sur l'axe horizontal.
- La coordination générale des projets fait l'objet d'une **réunion hebdomadaire** d'une heure à laquelle participent quelques **enseignants tuteurs** (la réunion du « sommet stratégique », pour se payer de mots).
- Chaque équipe définit son **propre organigramme de tâches**. Pour les équipes chargées de l'organisation des tables rondes « métiers », sont prévues des **tâches opérationnelles**, réparties entre la recherche documentaire et les entretiens préparatoires auprès des différents partenaires invités, et des **tâches de support** pour la conception du planning, l'organisation proprement dite et l'estimation des coûts en relation avec l'équipe chargée de la gestion financière du projet global. La méthodologie d'ensemble est enseignée dans les cours de Culture & Communication et, naturellement, les différentes situations-types vécues dans le contexte du projet ont fourni de bons cas d'analyses pour différents travaux pratiques (animation de réunion, entretien de face à face pour l'étude de faisabilité, négociation budgétaire, entretien téléphonique, etc.).

Les journées ont été un succès. C'est du moins l'avis des étudiants. On ne manquera pas d'objecter qu'il est toujours tentant, après coup, de « lisser » le récit de cette sorte d'expérience. Mais pour l'heure, de nombreuses difficultés subsistent :

- Au niveau local, les critères d'évaluation ne sont pas encore clairement établis.
- A l'évidence, si l'équipe est un bel outil pédagogique, son management, tel qu'il est délégué à un étudiant chef de projet, est loin d'être maîtrisé. L'autonomie individuelle, en son sein, résulte de processus contradictoires : elle est décrétée (conformément aux textes officiels), elle est contrôlée en partie par un chef d'équipe qui n'a pas l'autorité requise, elle est mal évaluée puisque nous ne disposons pas encore de critères fiables.



Le succès de la journée est avant tout un succès d'estime (« on s'y attendait un peu » reconnaît l'un des étudiants responsables). Le succès est bien davantage celui du processus d'organisation du projet. Il est le fruit d'une **communication** d'« interstice ». Celle qui devait échapper précisément, à l'autorité de contrôle des tuteurs malgré (ou à cause de ?) la structure formelle d'organisation supposée fonctionner comme un cadre explicite de coordination.



Dans les interstices de la structure se sont logés des initiatives improvisées et parfois lumineuses, des compromis à demi-mots, des arrangements, des communications « à effet domino » (un échange au téléphone pour solliciter un rendez-vous entraîne, en cascade, entretien, courrier postal et électronique et d'autres entretiens encore). **Toute cette pratique communicationnelle dérobée en partie à la vigilance des tuteurs a été la condition majeure du succès de l'opération.** Pour deux raisons :

- Cette pratique s'adosse à l'organisation classique des enseignements, elle s'en nourrit, et en tout cas, ne cherche pas à la subvertir; ceci est vrai au point que les réunions hebdomadaires du « sommet stratégique », alors qu'elles ne sont pas obligatoires, ne comptent pas d'absents : la présence assidue n'est pas la manifestation d'un quelconque rituel mais l'expression d'une nécessité pratique: être là, c'est y faire quelque chose.
- Cette pratique échappe aux formes classiques de l'injonction paradoxale (bien connue en management: l'expression « *soyez autonomes* » est un exemple classique d'injonction paradoxale). Certaines décisions sont prises en dehors de la sphère du contrôle tuteuré pour la gestion rapide d'un événement critique. Mais le plus souvent, l'équipe fait appel (prend l'initiative de faire appel) au tuteur pour un conseil ou une analyse de la situation, simplement pour solliciter une caution de principe qui sera exploitée par la suite de façon contingente.

La communication d'interstice est une communication non régulée. C'est ce qui en fait l'intérêt. La règle de coordination, induite par la structure (les propositions suivantes sont des exemples de règles : « *le sommet stratégique se réunit le jeudi, de*

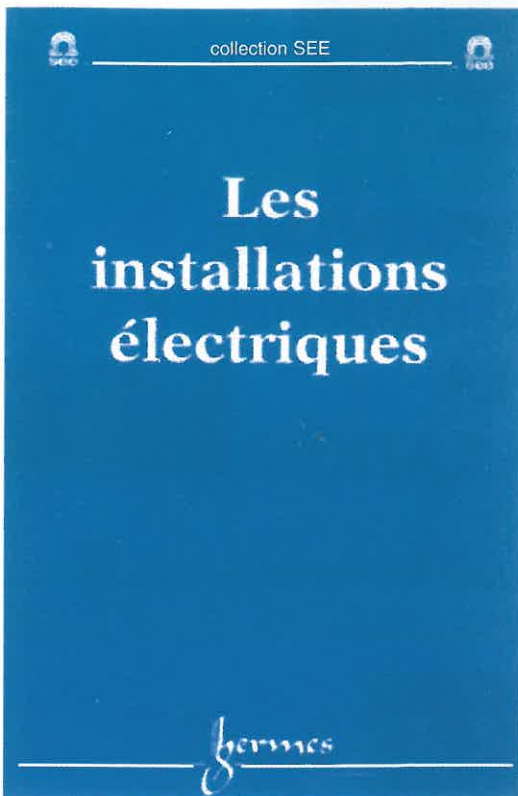
*11 h 30 à 12 h 30* », « *Vous devez produire un rapport d'avancement tous les 15 jours* ») est un mécanisme de régulation minimal : les acteurs s'y conforment, « comme il se doit », tant pour assurer la transmission des informations stratégiques que pour donner au groupe des tuteurs la garantie que le contrat de mission est toujours respecté. La communication intersticielle répond en priorité à une exigence de méthode et d'identité. Se glissant entre les mailles de la structure, elle se recentre - c'est sa fonction méthodologique - sur la définition de la relation pour assurer au groupe sa cohésion et son identité.

Au plan pédagogique, l'autonomie, l'initiative, la curiosité, le désir d'atteindre un objectif dans une sphère (relative) de liberté sont à ce prix. En outre, l'appropriation par les étudiants de leur contexte de formation est une valeur ajoutée importante: ils deviennent véritablement acteurs de leur formation (respect de l'environnement de travail, des matériels et aussi, d'une certaine façon, des personnes). On hésite à utiliser l'expression « étudiant citoyen », mais cela y ressemble.

On affine l'idée l'an prochain.

*Une part importante de l'organisation de ces événements repose sur la participation du personnel IATOS de notre département. Que Claudette Calabria, Marie-Hélène Enderlin, Mireille Roson, Pascal Barthélémy, Pascal Lamagnère, Christian Pécoste, Jean Rolland soient ici vivement remerciés. Une mention spéciale pour Marie-Hélène Enderlin, Mireille Roson et Pascal Lamagnère pour leur participation active au tutorat des projets.*

VIENT DE PARAITRE



**LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES**

Patrick Lagonotte - Editions Hermès

Le domaine des installations électriques est très vaste, ce qui nécessite bon nombre de professionnels et d'entreprises à se spécialiser dans certaines catégories (H.T, B.T) ou types d'installations (industrielle, tertiaire, domestique), ou encore type de service (bureau d'étude, homologation de conformité ou de sécurité, entretien et rénovation). D'un point de vue économique, cette activité industrielle est loin d'être négligeable, puisque l'appareillage basse tension représente 27% et les fils et câbles représentent 31% du chiffre d'affaire de la construction électrique.

Ce domaine de l'électrotechnique est en constante évolution par l'amélioration des normes et du matériel. C'est par la connaissance des règles de sécurité, des propriétés physiques des matériaux utilisés et des phénomènes physiques mis en jeu que cet ouvrage tente de structurer les différentes notions et connaissances permettant d'aborder les normes, le dimensionnement et la construction des installations électriques.

Cet ouvrage comporte plus de 310 figures et 66 tableaux, et s'adresse aux étudiants et enseignants des sections de B.T.S et d'I.U.T, des IUP et des écoles d'ingénieurs soucieux d'aborder ce domaine du génie électrique.

**SOMMAIRE**

1. Les dangers du courant électrique et les mesures de sécurité
2. La protection des personnes et les différents régimes du neutre
3. Le système triphasé et les réseaux électriques
4. Les transformateurs d'alimentation
5. Les effets des forts courants électriques
6. Les contacts électriques
7. L'arc électrique
8. La protection des installations électriques contre les surtensions
9. Les contraintes supportées par les installations électriques et les conditions d'utilisation du matériel
10. Les lignes et les câbles électriques
11. La pose des câbles électriques basse tension
12. L'appareillage électrique
13. Le calcul des courants de court-circuit (Icc) en un point d'une installation
14. Les éléments de protection des installations
15. Le choix d'un câble et de sa protection

Index- Bibliographie

**Hermès Science, 384 pages, 1999, ISBN 2-7462-0084-8**

**Développement des grafjets**  
Des machines simples aux cellules flexibles  
Du cahier des charges à la programmation

Bernard Reeb

Editions Ellipses - Collection Technosup dirigée par Claude Chèze  
32, rue BARGUES, Paris (15°) - ISBN 2-7298-9915-4

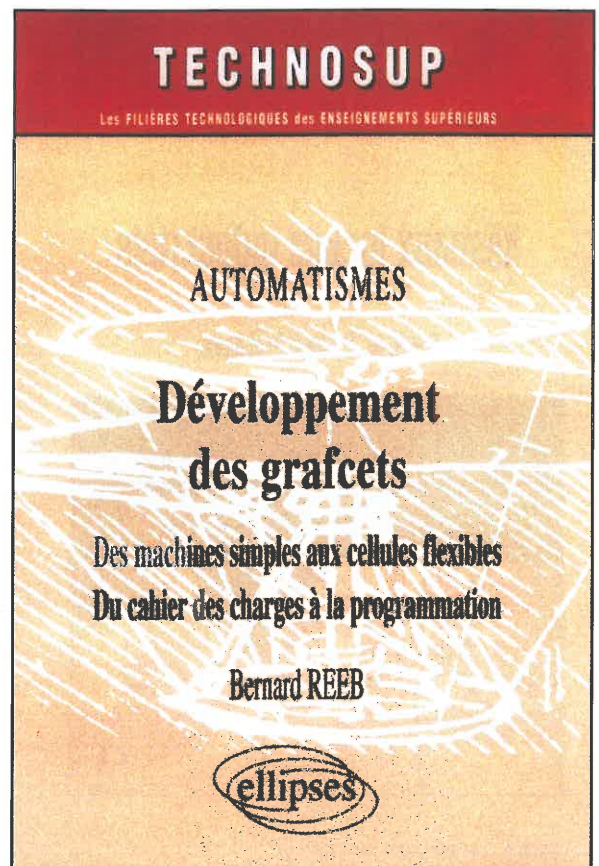
**Prix public : 120 F**

(disponible chez votre libraire ou par internet chez l'éditeur)

**Présentation**

*Le Grafjet, puissant outil de modélisation et de transmission d'informations, est indispensable pour réaliser des automatismes industriels. Largement répandu, il mérite une approche raisonnée : c'est le pari de cet ouvrage. Les thèmes abordés vont de l'analyse globale des fonctions jusqu'à la programmation des automates industriels. Le cours est complet. Il est illustré par des exemples, des études de cas et des exercices dont les corrigés sont largement commentés. L'ouvrage apporte des éléments indispensables pour la construction des grafjets. Il est directement accessible à tout étudiant débutant ou expérimenté.*

Site de l'ouvrage : <http://lab.reeb@free.fr/ouvrage.htm>



VIENT DE PARAITRE

**COMPRENDRE L'ÉLECTRONIQUE  
PAR LA SIMULATION**

Serge Dusausay, éditions Vuibert 416 pages, CD-ROM inclus

*L'ouvrage :*

L'ouvrage présente, en première partie, plus de 40 circuits électroniques étudiés sur le plan théorique, puis analysés par la simulation.

L'interprétation est commentée et le lecteur est invité à approfondir le sujet en reprenant les simulations Pspice grâce au CD ROM inclus, et en suivant les idées suggérées. Le style est résolument concis, le lecteur va droit au but, et la rédaction est présentée sous forme d'article.

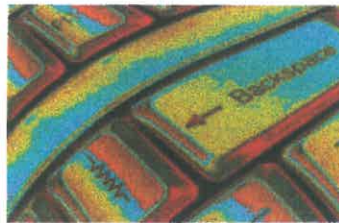
La deuxième partie donne des rappels de cours qui permettent de voir, ou de revoir, les notions théoriques exploitées dans l'article.

Un index de mot clé rend l'utilisation du livre extrêmement pratique : les mots clés forment des liens qui permettent de s'orienter dans l'ensemble de l'ouvrage suivant le principe de l'hypertexte.

*Les sujets traités sont ceux rencontrés dans l'enseignement de l'EEA :* diodes, transistors, amplificateurs, filtres, amplificateurs différentiels, miroirs de courant, amplificateurs opérationnels, dérivateurs, intégrateurs, systèmes bouclés, correcteurs, oscillateurs, modulateurs, circuits digitaux combinatoires et séquentiels, astables, CNA, échantillonnage, capacités commutées, bruit, PLL...

*Le site de l'ouvrage :*

<http://www.multimania.com/sdprof>



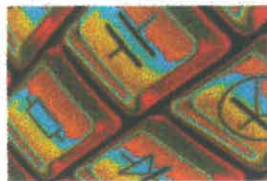
Serge  
DUSAUSAY

Collection « EEA »

**COMPRENDRE  
L'ÉLECTRONIQUE  
PAR LA  
SIMULATION**



43 circuits simulés & rappels de cours 



Vuibert



Pascal Vignat

**Réseaux locaux industriels**

Cours et Travaux Pratiques



**Réseaux locaux industriels**

Pascal Vignat - gaëtan morin éditeur EUROPE

Face à l'accroissement de la communication dans le système de production, l'entreprise doit maîtriser le flux d'informations et mettre en place des structures appropriées. L'utilisation d'un système informatisé reste le moyen le plus performant pour archiver de manière sûre et durable l'ensemble de ces informations.

Par ailleurs, force est de constater qu'aux divers niveaux de la pyramide CIM (Computer Integrated Manufacturing) les acteurs n'ont pas tous les mêmes besoins. A travers sa présentation des réseaux locaux industriels, cet ouvrage définit un réseau tant sous l'angle théorique que pratique donnant une place importante aux normes à appliquer dans ce domaine. Un chapitre est consacré aux méthodes de transmission, techniques et supports de transmission (Coaxial, paire torsadée, fibre optique...). Ethernet, Fast Ethernet, Giga Ethernet sont également largement développés.

Parce qu'il regroupe des solutions techniques pour des applications industrielles et des mises en place de travaux pratiques possibles dans une formation Bac+2, cet ouvrage constitue un aide-mémoire utile aux étudiants d'IUT et de BTS pour les filières telles que réseaux, génie électrique, régulation, automatique, domotique, automatisme, assistant d'ingénieur... ainsi qu'aux auditeurs de la formation permanente.

gaëtan morin éditeur EUROPE

105, rue Jules-Guesde - 92532 LEVALLOIS-PERRET

