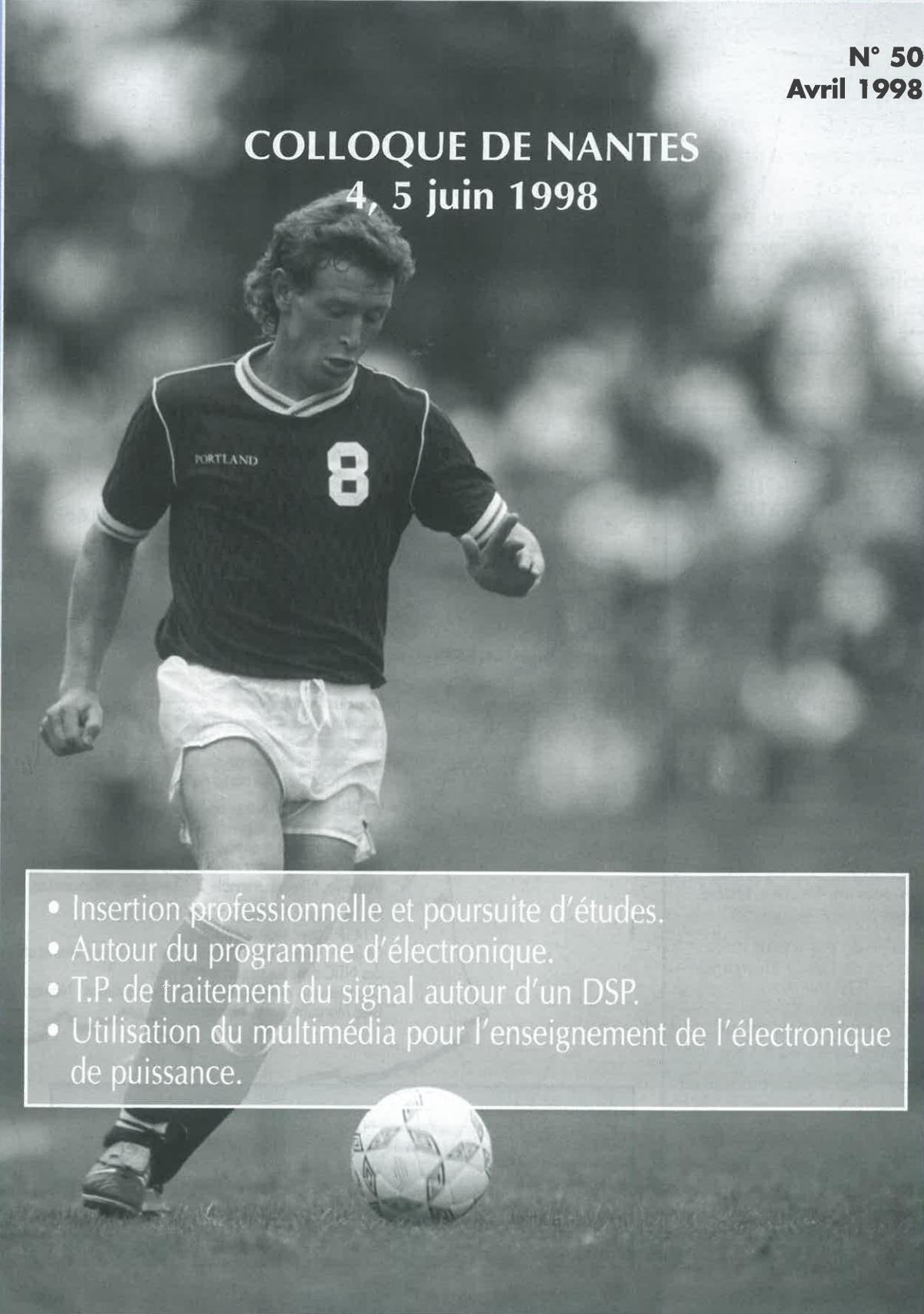


N° 50
Avril 1998

COLLOQUE DE NANTES 4, 5 juin 1998

- 
- Insertion professionnelle et poursuite d'études.
 - Autour du programme d'électronique.
 - T.P. de traitement du signal autour d'un DSP.
 - Utilisation du multimédia pour l'enseignement de l'électronique de puissance.

E D I T O

L'Institut Universitaire de Technologie de Nantes, qui a fêté cette année son trentième anniversaire pour les départements Génie Mécanique et Productique ainsi que Génie Electrique et Informatique Industrielle (GE&II), organise le colloque pédagogique national, regroupant les 55 départements GE&II et des industriels dans ses locaux du centre ville. Ce colloque qui doit réunir environ 300

personnes aura lieu les jeudi 4 et vendredi 5 juin 1998. Durant ces deux jours nous animerons quatre ateliers pédagogiques :

- 1 - Electronique de Puissance et Electrotechnique
- 2 - Informatique et Automatismes Industriels
- 3 - Réseaux Locaux Industriels
- 4 - Nouvelles Technologies d'Information et Communication

Nous espérons que ces ateliers auront un rayonnement national et seront une référence dans la création des nouveaux programmes, confirmant notre position de «leader» dans la formation des techniciens supérieurs.

C. BERGMANN
et l'équipe organisatrice du département

GeSi

GÉNIE ÉLECTRIQUE
SERVICE INFORMATION

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

Directeur de la publication :
M. Gauch

Responsable
du comité de rédaction :
G. Gramacia

Comptabilité :
G. Couturier

Membres du Comité de Rédaction :
Mme Quetin, MM Barraud, Berthon,
Bliot, Couturier, Darces, Duez,
Lemercier, 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- 33700 Mérignac
Téléphone : 05 56 97 15 05
Télécopie : 05 56 97 80 18
e-mail: athonier@planete.net
Dépôt légal : avril 1998
ISSN : 1156-0681

LES THÈMES DU COLLOQUE DE NANTES 4, 5 juin 1998



- L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉLECTROTECHNIQUE ET DE L'ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE
Objectifs : faire le point des programmes et innovations pédagogiques de cette option.
Département prenant en charge la Commission : Nantes, Cachan 2, Grenoble 1, Brest.
- L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE
Objectif : à moyen terme le programme pédagogique du tronc commun et des 4 options qui doit être actualisé pour tenir compte de l'évolution technologique.
Départements prenant en charge la commission : le «grand ouest» (ce thème fait partie de leurs réflexions actuelles).
- LES RÉSEAUX LOCAUX INDUSTRIELS
Objectif : faire un premier point de cette option qui a démarré il y a maintenant 4 ans..
Départements prenant en charge la commission : Nancy, Marseille, Nîmes, Grenoble 2, Cherbourg, Valenciennes.
- LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION (NTIC)
Objectif : faire un état des lieux des développements et utilisations des NTIC dans les départements GEii.
Départements prenant en charge la commission : Nantes, Cachan 1, Lille, Marseille, Brest, Nancy.

Au sommaire du prochain numéro (entre autres) :

- A propos de quelques signaux de l'électronique (suite et fin), par F. Biquard
- Une cartes 2 voies CAN CNA 12 bits sur le port parallèle d'un PC, par D. JACOB (Poitiers)
- La filière technologique en action, l'exemple d'une université nouvelle : Cergy-Pontoise, par Roger DUVAL, Directeur de l'IUT de Cergy.
- Un article de Pierre LAFON, Directeur de l'IUT de Bordeaux 1.
- Le détail des ateliers du colloque.

S
O
M
M
A
I
R
E

Insertion professionnelle et poursuite d'études des DUT Génie Electrique et Informatique Professionnelle, option Electronique : l'exemple de Cachan (1997)	5
Quel programme d'électronique ?	7
Utilisation du Multimedia pour l'enseignement de l'électronique de puissance	11
Travaux pratiques de traitement du signal autour d'un DSP (Digital Signal Processor)	14
L'analyse et la synthèse de la structure de quelques fonctions électroniques	17
Valenciennes, année V pour l'atelier de circuit imprimé	21
Travaux de réalisation, projets tutorés et robot E = M6	23
Vient de paraître	24



Insertion professionnelle et poursuite d'études des DUT Génie Electrique et Informatique Professionnelle

Option Electronique

L'exemple de Cachan (1997)

par Robert JOVY, IUT de Cachan

Cette promotion comporte 175 diplômés. A la fin du mois de janvier 1998, 158 avaient répondu au questionnaire habituel. Ils sont issus de quatre cycles :

1) CYCLE NORMAL (116 réponses sur 122 DUT). Ils ont préparé le DUT en deux ans, après un baccalauréat scientifique (60 %) ou technologique (40 %).

57 % poursuivent leurs études, 7 % les ont reprises dans le cadre d'un premier cycle, 20 % accomplissent leur service militaire, 12 % sont en activité, 4 % en recherche d'emploi, avec entretiens en cours.

2) ANNEE SPECIALE (29 réponses sur 29 DUT). Le DUT a été préparé en un an, à l'issue d'un recrutement à bac + 2 (Maths spé, niveau DEUG A, DEUST laser).

62 % poursuivent leurs études, 13 % sont au SN, 17 % en activité, 7 % en recherche d'emploi ou contrat de qualification.

3) ENSEIGNEMENT A DISTANCE (11 réponses sur 18 diplômés). Le diplôme est préparé en trois ans à temps partiel avec polycopiés, livres, logiciels d'EAD, cassettes, devoirs et sessions de regroupement.

Cette formation se fait en liaison étroite avec les départements de génie électrique de BREST, LILLE, MARSEILLE, NANCY et NANTES

Sur les 11 réponses : 7 poursuites d'études, 1 embauche, 1 SN, 2 en recherche d'emploi.

4) PROMOTION SUPERIEURE DU TRAVAIL (3 réponses sur 6). Le

diplôme est préparé en trois ans par cours du soir, puis deux après-midi par semaine et le samedi matin. Cette filière est en cours de réorganisation.

Une formule de préparation au DUT par contrat d'apprentissage, d'une durée de deux ans, a démarré en octobre 1996.

A ces diplômés de 1997 s'ajoutent 21 DUT de 1996 qui se sont acquittés de leurs obligations militaires.

L'INSERTION PROFESSIONNELLE

I - TENDANCE GENERALE

Les offres d'emploi sont quotidiennes, marquées du signe de l'urgence et font l'objet de relances. Les secteurs les plus demandeurs sont les télécommunications, les réseaux, l'informatique industrielle. Les profils les plus réclamés sont les technico-commerciaux, les supports techniques en clientèle, où les qualités relationnelles sont prépondérantes. L'offre de concepteurs existe toujours, mais sans rapport avec l'ampleur qu'elle avait naguère.

Ces annonces arrivent directement à l'IUT, huit d'un réseau patiemment tissé depuis trente ans. L'employeur fait ainsi l'économie d'une annonce, d'un fastidieux tri des candidatures. Il attend de l'IUT la pré-sélection de quelques candidats au profil adéquat. Lorsque ces candidats se manifestent, ils sont assu-

rés d'un entretien, alors que les candidatures spontanées restent sans réponse.

Ces employeurs sont exigeants et certains peu réalistes, dans la mesure où ils attendent immédiatement des candidats ayant 2 ou 3 ans d'expérience dans leur domaine. Faute de trouver l'homme providentiel, il faut raison retrouver et recruter un débutant, accepter de compléter sa formation et l'adapter à sa tâche. Dans ce cas, sa personnalité sera passée au crible.

« Les entreprises s'intéressent énormément à la personnalité : dynamisme, sociabilité, capacité d'adaptation, sens des responsabilités, en tout cas plus qu'à son niveau technique. »

Productivité oblige, on a de moins en moins le temps de gérer l'insertion d'un débutant. Cette tendance est à nuancer : certaines entreprises continuent de demander des débutants, d'autres s'y résignent faute de trouver le profil idéal.

II - EMPLOIS EXERCES PAR LES DEBUTANTS

1 - ETUDE ET DEVELOPPEMENT DE PROTOTYPES (30 %)

Les postes se font rares dans les grandes entreprises : restructuration, baisse des crédits militaires, embauche préférentielle de bac + 5 - qui feront, parfois plus mal, le travail d'un DUT- avec cependant des exceptions (MATRA Bae par exemple). Beaucoup plus d'embauches dans les PME, qui sous-traitent les études des grands ensembles. Dans

ce dernier cas, les activités du DUT dépassent le cadre des études :

« D'après les termes du contrat, je suis chargé de la conception, de l'étude et du développement de systèmes électroniques, de la maintenance du matériel, de la rédaction de documents et de rapports, de la représentation auprès de la clientèle et des fournisseurs. »

GWENAËL

2 - SUPPORT TECHNIQUE (55 %)

Il s'agit d'installer un matériel, de le mettre en route, de former l'utilisateur, d'assurer la maintenance préventive et l'intervention sur le site. Bien que les matériels soient de plus en plus fiables, il est nécessaire d'avoir le SAMU technique. Parfois, on recherche un DUT pour lui faire assurer cette tâche en sédentaire, par téléphone (HOT-LINE).

Embauché à l'issue de son stage chez HEWLET PACKARD, Matthias décrit ainsi son activité :

« Calibrage et détection des pannes sur appareils électroniques télécom et instruments de mesure standards. Travail effectué dans l'entreprise et sur le site dans toute la France. »

3 - ACTIVITES TECHNICO-COMMERCIALES

Un commercial ayant de solides compétences techniques est très recherché en électronique et informatique industrielle, où les matériels et systèmes sont de plus en plus complexes, avec une part croissante de logiciel. La culture technique demandée n'existe pas dans les études purement commerciales, ce qui donne une chance pour le DUT de génie électrique ayant les aptitudes et le désir d'exercer ce métier. Ils sont littéralement « chassés » en permanence. Les rémunérations sont alléchantes pour ce métier difficile où l'on est impitoyablement jugé sur son chiffre d'affaires. On conseillera à un DUT désireux de choisir immédiatement cette voie de suivre, durant un an, une formation technico-commerciale sanctionnée par un DNTS. Cette formation existe, dans le département, sous forme de contrat d'apprentissage débouchant la plupart du temps sur un CDI.

III - MODALITES D'EMBAUCHE

1 - LES PISTES

Le réseau de l'IUT est prédominant. Certaines embauches sont la suite du stage. 20 % des débutants ont eu recours aux agences d'intérim qui les ont placés dans des délais de deux à cinq jours. 8 % sont passés par les annonces de l'ANPE.

Certaines embauches sont immédiates, d'autres demandent deux ou trois mois. C'est le délai raisonnable. Quelques semaines de plus pour ceux qui poursuivent une cible idéale et rare, pour les timides, pour les étrangers qui passent du statut d'étudiant à celui de résident.

2 - LES TESTS TECHNIQUES

Quelques employeurs demandent l'impossible : connaissances pointues dans leur domaine et savoir-faire de quadragénaire. La plupart des employeurs demandent, à juste titre, des connaissances de bases bien assimilées et une bonne démarche.

On citera le témoignage d'un ancien élève (1974) qui a embauché, à partir de 1990, une cinquantaine d'ingénieurs et de techniciens supérieurs :

« Lors de l'entretien en nos murs, nous cherchions donc à nous assurer que le candidat remplira correctement sa fonction de concepteur, et pour cela qu'il avait un minimum de bases et les aptitudes intellectuelles pour construire quelque chose dessus. »

La solidité des bases était recherchée bien plus que leur hauteur. Excepté le cas du spécialiste de plus de 10 ans d'expérience dans un domaine pointu, qui devait bien sûr démontrer sa grande maîtrise d'un sujet précis, on ne cherchait pas à vérifier que la tête du jeune diplômé était bien pleine, mais qu'elle était bien faite.

Tous les candidats passaient au tableau et, quelque soit le premier poste de concepteur auquel ils étaient destinés, électronique analogique, électronique numérique hard ou soft, ils devaient répondre à des questions de culture technique générale qui pouvaient être : Veuillez représenter le schéma d'un

amplificateur à transistor, de gain de tension de 10, sans contrainte dynamique.

Avant de l'avoir constaté, je n'imaginai pas combien de candidats chutaient sur des questions aussi simples. Tel ingénieur ESE ignorait que la tension aux bornes d'un condensateur parcouru par un courant constant est une fonction linéaire du temps. Tel autre, d'une autre école, ne savait pas qu'un autre condensateur, aux bornes duquel on appliquait une tension sinusoïdale, était parcouru par un courant sinusoïdal. L'absence de bonne réponse, mais surtout l'incapacité du candidat à retrouver, avec notre aide pourtant, la bonne réponse, nous obligeaient à l'éliminer car nous avions la conviction qu'il serait inefficace dans la fonction étude. »

Bon nombre d'entreprises ne font pas passer de tests techniques. En revanche, les entretiens sont inévitables et font l'objet d'un soin particulier. Le comportement l'emporte sur les connaissances.

3 - LES ENTRETIENS

Il faut les préparer, et longtemps à l'avance, tout en sachant qu'une personnalité n'émerge jamais d'un discours stéréotypé et d'un catalogue de recettes. Ils tournent autour des mêmes thèmes : synthèse du CV, pourquoi cette entreprise, le type d'activité, qualités et points faibles, etc....

Attention aussi à l'anglais, qui est incontournable :

« Pour obtenir ce poste, j'ai dû passer un entretien en anglais. Après un an d'armée, mes premières paroles ont été laborieuses. L'entreprise m'a proposé un stage d'anglais intensif, puisque je vais aller aux Pays-Bas puis aux Etats-Unis pour faire une formation sur le langage PROG. »

Là où je suis, aucune personne ne peut m'aider dans mon apprentissage et les seuls moyens d'avoir des informations sont de communiquer avec l'étranger et les documentations techniques en anglais.

Mon seul regret est de ne pas avoir travaillé l'anglais comme j'aurais dû le faire. »

EMERIC

4 - CONTRATS ET SALAIRES

Les débutants se retrouvent à 60 % dans les PME, 40 % dans les grandes entreprises. 68 % ont un CDI et 42 % un CDD; attention, ce dernier chiffre est à revoir à la baisse : les sursitaires ont un CDD, et bon nombre de CDD se transfèrent en CDI dans des délais de trois à huit mois, avec révision du salaire.

Le salaire le plus faible est de 7 000 F, le plus élevé de 12 500 brut mensuel. La moyenne tourne autour de 10 000 F (+ ou - 500 F) bruts, avec des avantages annexes nuls dans certaines sociétés, importants dans d'autres, voiture à usage personnel compris pour les technico-commerciaux et supports itinérants.

Les salaires des DUT ayant suivi en apprentissage la formation technico-commerciale (1 an) sont beaucoup plus élevés, de l'ordre de 150 000 F par an comme salaire de base, pouvant atteindre 190 à 250 KF avec les commissions. L'embauche se fait soit directement en fonction de cadre, soit avec accès rapide à ce niveau de qualification.

LA POURSUITE DES ETUDES

1 - L'augmentation du taux de poursuite d'études a été analysé dans les enquêtes précédentes, et les récents mouvements dans les IUT ont mis suffisamment l'accent sur cette question pour que l'on n'y accorde que quelques lignes.

Si, dans les premières années, le taux de poursuite d'études était de 10/15 %, il atteint, en ce qui concerne le cycle normal de Cachan I, 57 % en 1997. N'entrent pas dans ce compte les 7 % de DUT qui font une reprise d'études, soit en seconde année de premier cycle, soit en Maths spé ATS.

Les 57 % se répartissent ainsi :

30 % en étude d'ingénieur,

5 % en second cycle universitaire, dont 2 % en IUP,

11 % dans les universités britanniques,

7 % dans les années de spécialisation.

Les années de spécialisation technique sont nombreuses. Elles ne donnent rien

de plus que le DUT si ce n'est un ticket d'entrée dans un secteur. La plupart sont payantes. Mieux vaut, dans ces conditions, en trouver une fonctionnant avec contrat d'apprentissage.

L'année de spécialisation technico-commerciale donne une double compétence, assure le plus souvent une embauche en CDI avec un salaire de cadre.

2 - Un étudiant sûr de lui, dynamique et autonome, s'investissant dans une PME ou dans une activité technico-commerciale, n'a pas besoin d'un diplôme de type bac + 5 pour frayer son chemin. En revanche, les grandes entreprises, surtout en laboratoire d'études, ont situé la barre des recrutements à bac + 5, bloquant par contre coup la carrière des DUT expérimentés et l'embauche des débutants. Certes, il y a des exceptions, mais on arrive à une situation telle que nombre de recruteurs recherchent maintenant des bac + 5, munis d'un DUT, de préférence aux bac + 5, issus de classes préparatoires. Une telle situation incite les DUT qui en ont la capacité à obtenir un diplôme d'ingénieur (les 8 000 bac + 5 diplômés chaque année en génie électrique trouvent un emploi correspondant à leurs espérances).

3 - Les filières de formation continue diplômante existent, ainsi que les textes permettant de valider les acquis professionnels. En formation continue, trois filières diplômantes existent : CNAM, où il faut compter six années d'études dont la majeure partie en cours du soir et du week-end, filière FONTANET (1974) qui permet à un DUT ayant trois ans d'expérience de reprendre les études à temps complet, filière DECOMPS (1989), qui permet à un DUT ayant au moins cinq ans d'expérience de reprendre en alternance une formation diplômante. Cette filière est la mieux adaptée aux DUT.

Force est de constater que, dans l'état actuel des choses, ces reprises relèvent trop souvent du parcours du combattant : la formation continue diplômante régresse au profit des formations spécifiques, liées à l'adaptation au poste de travail. L'équilibre est mal respecté entre les ingénieurs de la spécialité en bac + 5 de formation initiale (7 500 par an) et les diplômés de formation continue (500 par an).

4 - On bute toujours sur ce problème de la barrière cadre. Des négociations ont commencé entre l'UIMM et les syndicats de la branche, dans le but de revoir les accords de 1975 sur les classifications, afin de prendre en compte, pour la définition des classifications, les cinq critères suivants : niveau de connaissances, aptitudes relationnelles, capacité à résoudre des problèmes, capacité à encadrer, création de valeur ajoutée. Négociations difficiles, qui remettent en cause la prise en compte du seul diplôme pour accéder à la fonction de cadre, ce qui engendre une levée de boucliers et des résistances catégorielles. La solution n'est pas pour demain. Elle pourrait venir avec l'ouverture des sociétés françaises à d'autres sociétés européennes ou mondiales, qui accordent plus d'importance au savoir-faire qu'au seul diplôme.

CONCLUSIONS

1 - En génie électrique, les offres d'emploi existent en nombre important. Les secteurs les plus demandeurs se situent dans les télécommunications et l'informatique industrielle. Les activités de terrain (support technique), de relations (technico-commercial) l'emportent sur les activités de création de prototypes.

Les entreprises accordent plus d'importance au comportement qu'aux connaissances. Les délais d'embauche sont assez rapides, de quelques jours à trois mois. Les CDI sont en nombre plus importants que les CDD et les salaires mensuels bruts tournent autour de 10 000 F (+ ou - 500 F).

2 - Les poursuites d'études concernent 57 % du cycle normal. 30 % de l'effectif total du DUT sont en filière d'ingénieur, les autres se répartissent entre formation en Angleterre ou années de spécialisation.

3 - Par rapport à sa mission initiale, le département Geii Cachan 1, comme les IUT, a évolué. Il est devenu le socle prisé de formations plus longues, ainsi qu'une plate-forme où se croisent de nombreux usagers : DUT, ingénieur de formation continue ou initiale, technico-commerciaux, et nombreux stagiaires d'entreprises.

Quel programme d'électronique ?

par Stéphane VALKOV - IUT de Cergy-Pontoise

L'élaboration d'un programme pédagogique doit être précédé par la définition des fins de la formation et du profil terminal de l'étudiant.

Les fins de la formation

Au moment de leur création, il y a trente ans, et jusqu'à nos jours, la finalité des IUT, définie par la tutelle, est professionnelle. La poursuite d'études n'est prévue qu'à titre exceptionnel. Mais les statistiques montrent qu'au cours des années le taux de poursuite d'études croît sans cesse pour atteindre 60 %, parfois 70 % des effectifs [1, 2, 3]. Certaines causes de ce phénomène sont analysées par exemple dans Gesi n° 48 [3]. On peut en énumérer d'autres. L'essentiel, c'est qu'il est durable et que la possibilité de poursuivre les études, tout en gardant une forte chance de trouver un emploi immédiat (ou, si vous voulez, l'obtention d'un diplôme professionnel, ouvrant la voie vers un emploi immédiat, tout en acquérant une possibilité réelle de poursuivre les études), est devenue l'atout principal de la formation dans les IUT.

Doit-on lutter contre cette tendance, ou bien adapter les programmes pédagogiques à la nouvelle réalité ? Je veux répondre par une image.

Pour aller au centre de la ville où sont concentrés les bureaux, la gare, les commerces et les loisirs, beaucoup de gens traversent à pied un joli parc avec des allées arrondies. Mais ils ne passent pas par les allées, ils prennent la voie la plus courte, à travers l'herbe, à la différence de ceux qui sont venus se promener. Le sentier formé par leurs pas n'est pas très joli, même après la pose d'une grille métallique. Chaque fois que je marche sur cette grille, je pense que la meilleure façon de faire ce parc, joli et fonctionnel, était de prendre en compte dès le début (au moment de la conception architecturale) sa double vocation : lieu de promenades, mais aussi de traversées agréables.

Qu'on le veuille ou pas, le DUT aujourd'hui a une double finalité : l'insertion professionnelle immédiate (une profession), mais aussi la possibilité sécurisante de poursuite d'études. Est-ce qu'il n'est pas plus sage d'élaborer les programmes pédagogiques pour satisfaire aux exigences de ces deux finalités au lieu de négliger la deuxième ?

Le profil terminal de l'étudiant

Il dépend de la finalité de la formation. Cette dernière est et doit rester une formation professionnelle et en même temps généraliste, et cela - même si sa finalité est purement professionnelle. En donnant aux étudiants une base plus large et une vraie culture technologique, on les fera capables d'évoluer et s'adapter aux changements rapides de la

conjoncture technologique et économique. Comme l'a dit un collègue de Cachan aux Assises nationales des IUT cette année, il faut apprendre les étudiants à apprendre. Pour ce faire, il faut enseigner les méthodes. Communiquer une information (un savoir pur) ne doit pas figurer parmi les objectifs de la formation. Les seuls objectifs de la formation doivent être le savoir-faire et le savoir-être c'est-à-dire les compétences. Les connaissances (le savoir) ne doivent être qu'une étape vers l'acquisition du savoir-faire et des attitudes (savoir-être). Imaginons qu'un directeur demande à un technicien la réalisation d'une alimentation stabilisée et que ce dernier lui réponde : « Je sais comment ça marche mais je ne sais pas le faire »...

Il y a au moins une autre raison d'enseigner le savoir-faire et non pas le savoir pur : on apprend mieux en faisant. Comme le dit un ancien proverbe : si l'on pouvait apprendre en regardant, le chien aurait dû être le meilleur boucher !

Pour préciser encore plus le terme « généraliste » il faut dire que cela signifie aussi : enseigner aux étudiants ce qui est durable. Or ce qui est durable en électronique ce sont non pas les composants mais les fonctions. Depuis la découverte de la triode en 1923 la fonction amplification ne cesse d'exister et elle va exister toujours même après le déclin des circuits intégrés.

En résumé le programme d'électronique doit préciser :

- le profil terminal de l'étudiant exprimé en termes de savoir-faire et de savoir-être (le savoir pur est à exclure!);
- les fonctions électroniques sur lesquelles doivent s'étendre les compétences du diplômé.

Voici un noyau de programme qui correspond à ces deux exigences fondamentales. Il manque la partie de l'électronique numérique qui devrait être faite de la même manière. Malheureusement la discussion concernant l'électronique numérique n'a pas eu lieu, ni à Rouen, ni à Brive. Elle aura lieu peut-être au sein de la commission constituée à Brive pour continuer le travail sur le nouveau programme d'électronique ! Il me semble que l'électronique numérique et ses problèmes ne sont pas moins importants que l'électronique analogique.

Le programme d'électronique analogique

Le porteur d'un DUT en Génie électrique et informatique industrielle doit être capable de concevoir, réaliser, mesurer, tester, choisir, utiliser, entretenir et réparer les circuits et dispositifs comportant les fonctions électroniques suivantes :

- amplification (classe A, AB, B, C; à fréquences nulles, basses hautes et ultra-hautes; large bande et avec sélection; logarithmique et antilogarithmique);
- génération de signaux (sinusoïdaux rectangulaires et linéaires) ;
- redressement (monophasé);
- filtrage et sélection;
- stabilisation et régulation de tension;
- stabilisation de courant;
- conformation;
- écrêtage;
- addition;
- soustraction;
- multiplication;
- intégration;
- différentiation;
- comparaison (sans et avec hystérésis);
- transformation de tension;
- conversion (d'impédance, de fréquence, tension-courant, courant-tension, tension-fréquence et courant-fréquence, température-courant et température-tension numérique analogique et analogique-numérique;
- modulation et démodulation (d'amplitude de phase et de fréquence);
- protection (contre surtension surcourant thermique).

Il doit en outre pouvoir :

- lire une documentation et choisir les composants, les circuits, les dispositifs, les outils et les appareils de production et de mesure nécessaires à son travail;
- monter un banc d'essais;
- préparer une documentation technique et une offre d'achat ou de vente;
- rédiger un rapport technique.

La nécessité d'une enquête

L'énumération des capacités des diplômés et des fonctions électroniques dans le programme ci-dessus est subjective. Est-ce qu'elle correspond aux vraies exigences des employeurs et des établissements scolaires où ils vont aller ?

Seule une enquête détaillée et représentative peut répondre à cette question. Elle doit être menée par chaque département de Génie électrique et informatique industrielle auprès de :

- tous les employeurs actuels et potentiels de jeunes diplômés de ce département;
- de tous les établissements scolaires où vont ou pourraient aller les jeunes diplômés du même département.

La décision de mener une telle enquête pourrait être prise par l'assemblée des chefs des départements. Le questionnaire doit être le même et chaque département doit s'engager à obtenir une réponse complète à tous les questionnaires envoyés.

Ce questionnaire doit concerner non seulement l'électronique analogique mais aussi l'électronique numérique et peut-être l'électrotechnique et les automatismes. Il pourrait être

rédigé par une commission compétente d'enseignants de différents départements GEII.

Voici une proposition des rubriques de ce questionnaire et de la lettre qui l'accompagnera.

Messieurs,

Guidés par la volonté de répondre d'une façon meilleure à vos besoins de jeunes porteurs d'un Diplôme Universitaire de Technologie (DUT) en Génie électrique et informatique industrielle, nous vous prions de répondre soigneusement au questionnaire ci-joint dans les meilleurs délais.

Questionnaire concernant le profil d'un porteur de DUT en Génie électrique et informatique industrielle

Pour les prochaines années à venir, et si la conjoncture sera favorable, nous aurons besoins de jeunes diplômés en Génie électrique et informatique industrielle (BAC +2) possédant les compétences suivantes (cocher les cases justes) :

Circuits et (ou) dispositifs comportant les fonctions électroniques ci-dessous	Compétence (activité)						
	Concevoir	Réaliser	Mesurer ou tester	Choisir	Utiliser	Entretien	Réparer
Amplification							
- classe A							
- classe B et AB							
- classe C							
- à fréquence nulle							
- à basses fréquences							
- à hautes fréquences							
- à hyperfréquences							
- large bande							
- avec sélection							
- logarithmique et antilog.							
Génération de signaux							
- sinusoïdaux							
- rectangulaires							
- linéaires (et triangulaires)							
Redressement (monophasé)							
.....							
.....							
Autres (à préciser)							

Actuellement, nous avons dans nos effectifs porteurs de ce diplôme.

Quels composants ?

Pour que le programme d'électronique soit durable, il ne doit pas préciser avec quels composants seront réalisées les différentes fonctions. Il va de soi-même que les composants doivent être d'actualité.

Sans compter les composants passifs (résistances, condensateurs, inductances, lignes à paramètres distribués) et certains composants spécifiques (le quartz, les cristaux liquides, les fibres optiques...) aujourd'hui et dans un proche avenir, ce sont les transistors et les diodes sous leur forme discrète ou intégrée qui règnent et vont régner. Doit-on négliger leur étude comme le suggèrent certains modernistes ? Leurs arguments sont les suivants :

- les transistors et les diodes discrets sont des composants obsolètes et sont ou peuvent être remplacés par des circuits intégrés;
- pour utiliser les circuits intégrés, il suffit de connaître leur paramètres d'entrée et de sortie, et non pas ce qu'il y a dedans, donc on n'a pas besoin d'étudier les transistors et les diodes intégrés (et les jonctions PN et métal-semiconducteur en général).

Si les transistors et les diodes discrets sont obsolètes pourquoi les produit-on encore ? Imaginons qu'un technicien en GEII ouvre un catalogue de transistors et diodes et dise : «Tiens ! C'est quoi ca ? A quoi ca sert ?» Peut-on réaliser un redresseur ordinaire ou de précision sans diodes ? Un amplificateur logarith-

mique ou antilogarithmique sans transistors ou diodes ? Un amplificateur de puissance à amplificateur opérationnel bon marché sans transistors discrets ? Une source de tension ou une source de courant de référence sans diode Zéner ? Une alarme optique sans diode lumineuse ? Un circuit à relais électromagnétique sans diode anti-pic ? Que faire des transistors à effet de champ à jonction PN qui ne sont qu'un élément rarissime dans les circuits intégrés et qui sont fabriqués essentiellement sous forme discrète ? Et des transistors MOS de puissance ? Des transistors MESFET PHEMT et autres pour les hyperfréquences ?

Bien sûr, si la réalisation d'une fonction avec ou à l'aide de transistors et diodes discrets n'a aucun avantage technique ou économique devant la réalisation par circuit(s) intégré(s), il vaut mieux ne pas l'enseigner. Comme exemple je peux montrer les bascules de Schmitt. Mais le seul fait que le nombre relatif des composants discrets diminue et va continuer à diminuer encore par rapport au nombre de composants intégrés ne signifie pas pour autant que ces composants discrets sont devenus obsolètes. Un microprocesseur qui comporte un million de transistors intégrés ne peut pas fonctionner sans l'horloge qui contient un seul quartz ! Est-ce que le quartz est devenu moins important par rapport à l'époque où le microprocesseur ne contenait que dix mille transistors ?

Si l'on doit étudier le fonctionnement des diodes et des transistors discrets, on n'a aucune raison de ne pas étudier leur fonctionnement dans les circuits intégrés. Au moins parce que les différences entre leurs versions discrètes et intégrées sont plutôt quantitatives et non pas qualitatives. Un transistor NPN intégré par exemple a par rapport au même transistor discret premièrement une résistance de base plus élevée, deuxièmement une résistance de collecteur plus élevée et troisièmement une capacité parasite collecteur-sustrat en plus. Et c'est tout.

Mais ce n'est pas la raison principale pour laquelle on doit étudier les éléments des circuits intégrés. Considérer les circuits intégrés comme des boîtes noires sans s'intéresser à leur structure et fonctionnement internes c'est :

- 1) ne pas les utiliser d'une façon optimale et même correcte;
- 2) étudier des recettes et non pas des méthodes;
- 3) ignorer qu'un certain nombre des jeunes diplômés vont travailler dans l'industrie de semi-conducteurs.

1. Prenons par exemple le temporisateur type 555. Il faut connaître sa structure interne et pouvoir analyser son fonctionnement pour obtenir de lui un générateur d'impulsions à rapport cyclique égal ou inférieur à 0,5 à l'aide d'une seule résistance ou d'une seule diode discrète (c'est-à-dire de façon la plus économique) ou pour éviter que la première impulsion générée soit plus longue que les suivantes (en branchant le condensateur au pôle positif de l'alimentation) quand c'est nécessaire.

Un autre exemple. On sait que le courant de sortie d'un circuit logique à plusieurs sorties ne

doit pas dépasser n milliampères. Est-ce qu'on ne peut pas charger certaines sorties plus quand d'autres ne sont pas chargées autant ?

Est-ce qu'on peut programmer un microprocesseur ou un microcontrôleur sans connaître sa structure interne ?

Le travail d'un informaticien qui utilise un ordinateur pour réaliser un programme ne serait-il plus efficace s'il connaît la structure interne et le fonctionnement de l'ordinateur ? La conduite d'une voiture ne serait-elle moins dangereuse pour la voiture et pour le conducteur si ce dernier sait comment fonctionnent les systèmes dont elle est constituée ?

2. Un catalogue a-t-il une valeur pédagogique ? Et une revue d'amateurs ? Si l'on réalise un schéma électronique donné dans un catalogue ou dans une revue et que le montage ne marche pas, quelle en est la cause ? Et comment le faire marcher ? Comment changer les valeurs des éléments et le schéma pour obtenir d'autres paramètres ? Comment utiliser un circuit intégré pour réaliser une application qui n'est pas donnée dans le catalogue (car on ne peut pas donner toutes les applications possibles d'un circuit intégré même dans le catalogue le plus complet) ?

3. Il n'y a pas une autre spécialité qui prépare des techniciens BAC+2 pour cette industrie. Et même la plus grande entreprise ne peut se permettre de former sur le tas des techniciens qui ne connaissent pas le transistor et les montages de base.

Pour la création d'un système de perfectionnement permanent des enseignants

Il est du devoir des enseignants de suivre l'évolution technologique et de remplacer les solutions sans intérêt pratique par des solutions d'actualité (et si l'utilisation d'éléments discrets dans certains cas n'a plus aucun avantage, il est de même pour certains circuits intégrés !). La recherche dans un laboratoire joue un rôle important. Mais elle n'est pas suffisante car à peine la moitié des enseignants des IUT y sont impliqués, et une telle participation est normalement très pointue et ne concerne qu'une petite partie des matières enseignées.

Toutes les entreprises assurent la formation continue de leur personnel technique. Ce n'est pas vrai uniquement pour les enseignants (une petite histoire raconte que nous, les enseignants, sommes des talkies-walkies dont les récepteurs sont tombés en panne. Et il y en a d'autres). Il ne faut pas laisser le perfectionnement des enseignants à leur seule curiosité. Il faut les stimuler et les aider à effectuer par exemple des stages de perfectionnement de plus d'un mois dans des entreprises et laboratoires industriels. Il n'est jamais trop tard et il n'y a rien d'humiliant d'apprendre, même d'un ancien élève (si les élèves n'arrivent pas à dépasser leur maître, c'est que ce dernier était mauvais n'est-ce pas ?). Plus que l'enquête proposée ci-dessus, ce sera une bonne réaction négative pour leur enseignement et une bonne occasion de participer dans un vrai

projet industriel (Il est bien dommage que la plupart des enseignants n'aient jamais travaillé dans l'industrie avant d'entreprendre cette carrière !). Le travail sur ce projet pourrait continuer après le stage avec ou sans la participation d'autres enseignants et d'étudiants avec tous les avantages que cela rapporte.

Les enseignants pourraient participer aussi :

- aux séminaires organisés par les entreprises afin de populariser leurs produits nouveaux (un tel séminaire concernant les circuits intégrés analogiques a été organisé par exemple par National Semiconducteur à Paris au mois de mai de cette année. Les lecteurs étaient les concepteurs de ces circuits venus des Etats-Unies, de l'Allemagne et d'autres pays);
- aux actions de formation continue organisées par les entreprises pour leur personnel;
- aux actions de perfectionnement organisées spécialement pour eux avec des lecteurs de l'industrie ou d'autres établissements scolaires (une telle action était l'initiation au langage VHDL organisée par l'IUT de Cachan pour tous les enseignants des IUT il y a un an. Une autre au sein de l'IUT de Cergy-Pontoise seulement était l'initiation de nos enseignants au langage PSPICE il y a 4 ans).

Le perfectionnement doit être non seulement technique mais aussi pédagogique. L'enseignement n'est pas un art. C'est un métier. Et un métier cela s'apprend. Pourtant la plupart des enseignants d'électronique sont autodidactes. Ce n'est pas normal. Si, brusquement, nos étudiants décident de devenir autodidactes eux aussi, il n'y aura plus de pain ni pour les enseignants formés, ni pour les enseignants autodidactes...

De la mauvaise qualification des enseignants, ce sont les étudiants, les entreprises et en fin du compte la société qui souffrent. Il est donc vital pour la société de se doter de moyens et d'organiser la formation et le perfectionnement permanents des enseignants. La création d'un tel système est dans les mains de la tutelle. Elle doit être précédée par une large discussion. Mais en attendant, chaque directeur d'IUT, chaque chef de département et même chaque enseignant peuvent faire beaucoup dans ce sens dans la limite de leurs possibilités actuelles.

Calculer ou ne pas calculer ?

Peut-on se passer des calculs dans l'exercice du métier d'électronicien BAC+2 et dans l'enseignement de ce métier ? Les circuits électroniques sont de plus en plus complexes. Pour les analyser « à la main » on est obligé d'utiliser des modèles des composants de plus en plus simples. Par conséquent les résultats de l'analyse sont très approximatifs. L'utilisation de simulateurs (comme SPICE) est devenue indispensable. Les modèles incorporés dans ces simulateurs sont assez précis et les résultats de l'analyse aussi.

Néanmoins on ne peut pas se passer des analyses et des calculs « à la main ». Dans toutes ses applications (sauf peut-être comme

comparateur sans hystérésis), l'amplificateur opérationnel par exemple a besoin d'éléments discrets pour fonctionner. Pour simuler un circuit à amplificateur opérationnel, il faut introduire dans l'ordinateur les valeurs de ces éléments discrets. Ces valeurs on les choisit comment ! En regardant le plafond ? Il faut donc savoir calculer les valeurs approximatives de ces éléments avant de commencer la simulation. Le calcul « à la main » et la simulation sont deux étapes complémentaires et nécessaires, et l'une n'exclut pas l'autre. En plus une formule simplifiée aide énormément la conception, la mise en marche, l'utilisation et la réparation d'un circuit. Car une simulation n'est qu'une expérimentation imaginaire. Si le résultat de cette expérimentation n'est pas satisfaisante, il appartient à l'homme de deviner la cause et d'introduire des corrections nécessaires dans le circuit. Si, dans certains cas (circuits simples), on peut se passer de la simulation car l'expérimentation réelle est assez simple, on ne doit pas se passer du calcul « à la main ». En plus des valeurs nominales des composants, il faut aussi calculer d'autres paramètres de ces composants (la puissance nominale d'une résistance, la tension nominale d'un condensateur...) dont normalement les simulateurs ne tiennent pas compte. Eux aussi, il faut savoir les calculer « à la main ».

On trouve souvent dans les catalogues des formules simples et même des nomogrammes pour calculer ou choisir les valeurs des éléments discrets d'une application. Est-ce que le technicien supérieur en électronique doit seulement pouvoir les appliquer ou bien doit-il être capable de les déduire en faisant une analyse simplifiée « à la main » ? Supposons qu'il y ait une erreur dans la formule. Ou qu'il veuille utiliser le circuit dans un diapason (de fréquence, de puissance, de température...) où la formule n'est plus valable. Ou qu'il s'agisse d'un circuit qui n'est pas analysé dans le catalogue (reprenons l'exemple du temporisateur à rapport cyclique 0,5 donné plus haut). Ou remplacer un composant de son montage par un autre (moins cher, plus performant, nouveau ou tout simplement disponible). Si l'on admet qu'il ne doit pas être capable d'affronter de telles situations, à quoi bon étudier les lois de Kirchhoff et tout le cours d'électricité ? Et les mathématiques ?

Le slogan « l'électronique analogique, ce n'est et ne doit pas être du calcul » lancé par certains collègues au colloque de Rouen, doit être complété par le mot « seulement » avant les mots « du calcul ». S'ils le prennent dans ce sens et l'omission du mot « seulement » n'est qu'une imprécision phraséologique, on ne peut que l'accepter. Mais j'ai peur que ce ne soit pas le cas car il était immédiatement précisé que les objectifs de l'enseignement de l'électronique analogique doivent être : « acquisition d'un vocabulaire..., compréhension de modèles simples..., connaissances des briques de base et leurs principales caractéristiques..., utiliser les simulateurs pour aider la compréhension... ». Bref, le but de l'enseignement n'est qu'un pur savoir. Un cours d'électro-

nique analogique qui réalise cette conception me rappelle le célèbre livre des années 60 de M. AisLerg « La radio ? Mais c'est très simple ! ». C'était un excellent ouvrage, d'un auteur que je connaissais et j'admirais, et que j'ai eu l'occasion de populariser dans la presse étrangère. Mais c'était un livre de vulgarisation et non pas un cours. D'après ce que je sais, personne n'est devenu capable de réaliser ou réparer un poste de radio en lisant uniquement ce livre. Car là, il n'y avait pas de calculs !

Bien sûr, les analyses et les calculs «à la main» doivent se baser sur des modèles de composants simples. Cela était toujours ainsi, même avant l'existence des simulations sur ordinateur. Mais les modèles doivent rester pertinents. Comme l'avait dit Einstein «chaque chose doit être simplifiée au maximum mais pas plus». Selon le cas, on utilise un modèle ou un autre. A basses fréquences par exemple, et si la charge dans le collecteur est passive, le transistor bipolaire pourrait être remplacé par sa résistance d'entrée et par un générateur de courant dépendant, mais si la charge est active, on doit ajouter la résistance de sortie qui n'est plus négligeable. A hautes fréquences, il faut utiliser le schéma de Giacoletto modifié par le théorème de Miller. Pour les analyses en continu, on peut négliger la résistance d'entrée surtout quand le circuit est complexe (méthode appliquée pour la première fois par le père des circuits intégrés analogiques, R. Widlar en 1964, dans son amplificateur opérationnel type 702 et utilisée aujourd'hui par tout le monde). Mais de là à affirmer que β n'est pas un paramètre fondamental c'est exagérer un peu. Si c'est comme cela, comment expliquer l'existence des montages Darlington ? Comment choisir les transistors à brancher à la sortie d'un amplificateur opérationnel pour augmenter sa puissance ? Comment expliquer l'existence et le fonctionnement des miroirs de courant précis ? Et la polarisation d'un transistor par trois résistances au lieu d'une seule ? Et l'utilisation de transistors à effet de champ ou de montages cascodes pour augmenter la résistance d'entrée d'un amplificateur opérationnel !

Pédagogie ascendante ou descendante ?

Il s'agit de l'agencement des matières. Faut-il enseigner d'abord les paramètres et les caractéristiques externes d'un circuit intégré, considéré comme une boîte noire, après les étages dont il est constitué, et enfin, le fonctionnement, la construction et la technologie des composants (ce que j'appelle pédagogie descendante), ou bien l'ordre doit être inverse (pédagogie ascendante) ? Faut-il enseigner d'abord le schéma de Giacoletto et obtenir le schéma équivalent basses fréquences comme un cas particulier (pédagogie descendante) ou inversement (pédagogie ascendante) ? Cette question s'inscrit dans une autre beaucoup plus vaste et importante : celle des méthodes d'enseignement et plus particulièrement des modalités pédagogiques qui, appli-

quées correctement, assurent les meilleures conditions d'apprentissage. Ces modalités sont [4] :

- motiver les étudiants (en énonçant les objectifs, en présentant un prétest, en démontrant l'utilité de ce qu'on apprend, en assurant un succès initial, en présentant la matière d'une façon attirante);
- formuler les objectifs;
- contrôler et assurer la maîtrise des prérequis;
- déclencher l'activité des étudiants (en donnant des consignes, en posant des questions et des problèmes...);
- assurer la connaissance immédiate des résultats de chaque activité;
- structurer la matière (la subdiviser à des informations élémentaires, regrouper les informations dans des catégories logiques, établir des relations dans ce qu'on apprend, assurer la succession des différentes phases de l'apprentissage : motivation - réception de l'information - utilisation de l'information - connaissance des résultats d'utilisation - mémorisation de l'information - application de l'information, assurer la progressivité de l'apprentissage);
- utiliser la répétition et la redondance (répétition sous formes un peu différentes dans des contextes légèrement différents ou dans des cas nouveaux).

Plus particulièrement, assurer la progressivité de l'apprentissage c'est :

- aller du connu vers l'inconnu;
- aller du simple au complexe;
- choisir la longueur des étapes, c'est-à-dire la quantité et la difficulté de l'information communiquée à l'étudiant avant d'exiger une réponse.

L'agencement des matières doit assurer avant tout la progressivité de l'apprentissage et la succession de ses différentes phases. Dans le cas du schéma équivalent d'un transistor ou d'un amplificateur opérationnel, l'approche classique est ascendante : on étudie d'abord leur comportement à basses fréquences et après - à hautes fréquences; on se concentre au début aux principes de fonctionnement et on considère après les effets secondaires (les dissymétries, l'influence de la température et des tolérances...). Cette approche correspond mieux au principe «aller du simple au complexe» et permet l'utilisation de la redondance d'une façon naturelle. D'un autre côté, le schéma équivalent du transistor sans résistance de sortie ou l'amplificateur opérationnel idéal (gain et résistance d'entrée infiniment plus grands, résistance de sortie nulle) sont normalement considérés comme des cas particuliers de leurs modèles complets, ce qui correspond à une pédagogie descendante. Les avantages sont évidents. Il est difficile de parler par exemple d'un amplificateur opérationnel idéal sans définir au préalable les paramètres qui sont idéalisés. On peut utiliser cette approche dans d'autres cas : le miroir de courant à une résistance pourrait être considéré comme un cas particulier du miroir à deux résistances en mettant l'une d'elles égale à zéro; mais l'inverse ne sera pas une erreur.

La pédagogie descendante se caractérise par un niveau plus élevé d'abstraction. De ce fait son rôle est plus important dans l'enseignement de haut niveau (écoles d'ingénieurs...). Elle ne doit pas être confondue avec la simple sensibilisation au but qui consiste par exemple de donner une classification, un schéma en arbre ou un schéma synoptique avant de commencer la considération détaillée de chaque élément de cette structure.

Il me semble qu'en général la pédagogie ascendante convient mieux aux IUT. Cela signifie par exemple d'étudier les montages de base (EC, CC, classe B, Darlington, charge active, sources et miroirs de courant, étages différentiels, cellules de Gilbert...) constituant les circuits intégrés analogiques avant d'étudier les paramètres et les caractéristiques de ces circuits intégrés et leurs applications; et aussi les diodes et les transistors avant les montages de base. Mais cela ne signifie pas pour autant qu'elle doit être utilisée dans tous les cas ou qu'elle doit être recommandée à tout le monde. Comme l'avait dit le grand pédagogue L. D'Hainot [5], «On n'adhère pas à une doctrine pédagogique, ce que l'on vise, c'est d'atteindre des résultats tangibles et les méthodes ne sont que des moyens d'y arriver et il n'y a pas de moyens universels. S'il y avait une méthode meilleure que toutes les autres, et qui puisse s'employer seule, elle serait mauvaise parce qu'elle serait employée seule. Il faut une diversité dans les approches pédagogiques».

C'est pourquoi le programme pédagogique ne doit pas comporter des directives relatives aux méthodes d'enseignement. Laissons le choix aux enseignants. Il y a plusieurs façons d'arriver au même but et chacune a ses avantages et ses inconvénients. La pluralité des enseignements, cela signifie plus tard la pluralité des approches dans la solution des problèmes techniques et sociaux, la concurrence et le choix de solutions optimales. N'est-ce pas la richesse du système éducatif français actuel que j'admire ?

Bibliographie

- [1] Brigitte PERUCCA, IUT : des bémols dans le concert de louanges. «Les Echos», 27.03.1997.
- [2] Le DUT, diplôme généraliste ou professionnel ? «La Lettre de l'Etudiant», n° 396, 31.03.1997.
- [3] Robert JOVY. Insertion professionnelle et poursuite d'études des IUT Génie électrique et informatique industrielle, option Electronique : l'exemple de Cachan (1996). «GESI», n° 48, mai 1997.
- [4] L. D'HAINOT, B. NOEL et C. VASAMILET. Processus et facteurs d'apprentissage. Document MF 4.1, Centre pédagogique de l'OIT (Turin), 1982.
- [5] L. D'HAINOT. Des fins aux objectifs de l'éducation. «Nathan», Paris, 1980.
- [6] Stéphane VALKOV. Méthodologie de rédaction du contenu d'un cours de formation professionnelle. Document IN 195, INDEFE (Alger) - OIT (Genève), 1984.

Utilisation du Multimedia pour l'enseignement de l'électronique de puissance

par Nadir IDIR - IUT-A de Lille

1 - INTRODUCTION

Le multimédia apparaissait depuis quelques années comme un moyen de développement de nouvelles méthodes pédagogiques, plus efficaces que les méthodes pédagogiques traditionnelles. Certains brandissaient même le spectre d'un enseignement sans enseignants.

On se pose actuellement la question de quelle manière on peut faire évoluer le contenu de sa formation technique et comment le multimédia peut être utilisé pour faire évoluer et améliorer la forme et l'efficacité de son enseignement.

Actuellement l'évolution des méthodes pédagogiques tend vers l'utilisation des outils d'enseignement moderne. Dans le domaine de l'EEA, il est indispensable de faire appel à ces nouvelles méthodes éducatives. Parmi les outils de formation, il faut noter l'utilisation du multimédia.

Il est désormais nécessaire que de nouvelles méthodes soient utilisées dans le domaine de l'enseignement. Compte tenu de l'essor du multimédia et de son importance pour la transmission de l'information, nous avons développé un programme d'enseignement dans le domaine de l'électronique de puissance.

Ce logiciel a un seul objectif : une auto-formation en complément d'autres sources d'enseignement en privilégiant l'interactivité sur la quantité d'informations.

Ce programme est conçu pour être simple à utiliser et permettre une compréhension accélérée de l'électronique de puissance. Son utilisation est instantanée et ne nécessite aucune formation préalable.

2 - Structure du programme

Ce logiciel a été conçu dans un but didactique. Il comprend trois parties. La première décrit le principe de fonctionnement des différents composants de puissance à semi-conducteurs, leurs structures et leurs circuits de commande, ainsi qu'un historique sur l'évolution de ces composants depuis le début de ce siècle. La deuxième partie décrit les différents types de sources utilisés dans les convertisseurs. La troisième partie est consacrée à l'étude des différents types de convertisseurs de puissance.

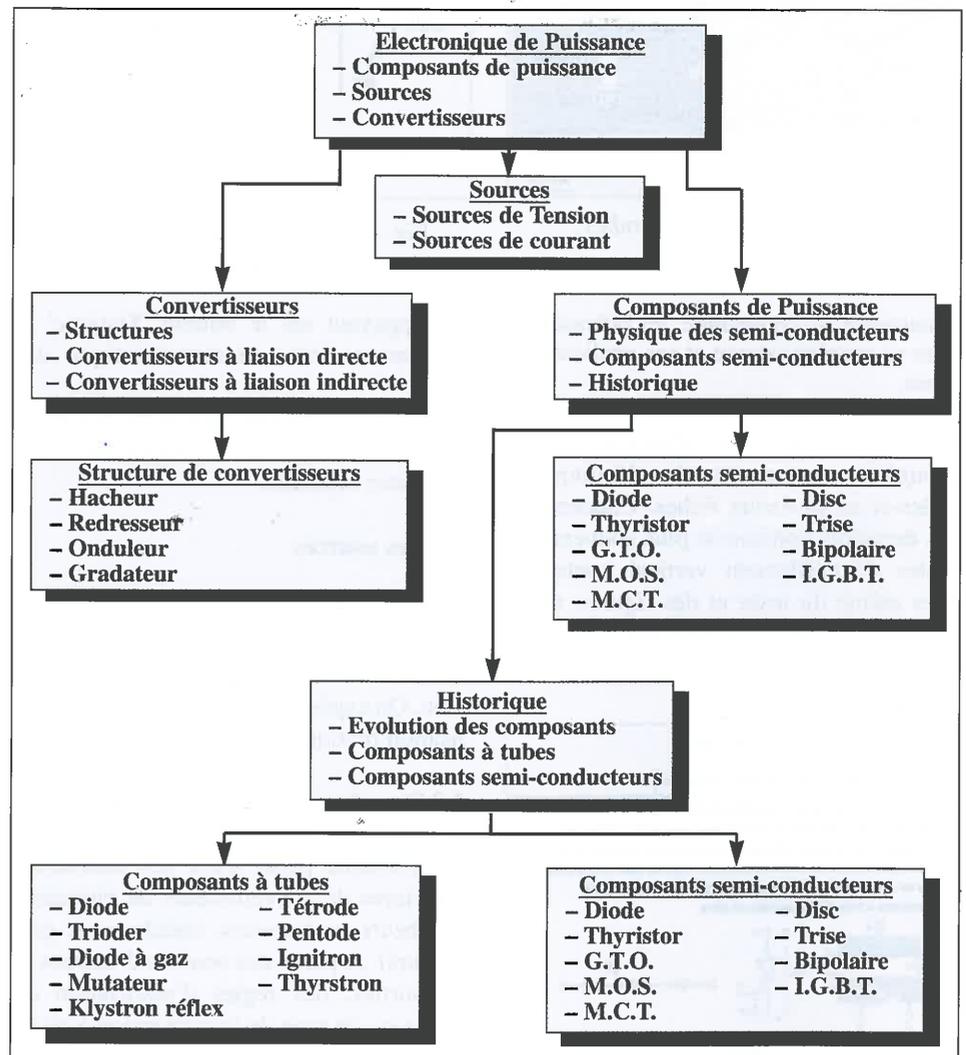


Fig. 1 - Structure du programme

2.1 Composants de puissance

Les composants de puissance constituent un élément essentiel dans les différentes structures de conversion de puissance. L'évolution de l'électronique de puissance dépend de celle des composants. Cette partie comprend :

- une étude historique retraçant l'évolution des différents tubes à vide puis à gaz depuis leur apparition au début de ce siècle, jusqu'à la découverte de la jonction à semi-conducteur. Elle sera associée à une présentation (son et images) de leurs structures et de leurs principes de fonctionnement. Sur la figure 2 on a représenté un exemple d'une fenêtre traitant des tubes à vide et à gaz. Dans celle-ci, on a représenté les différents symboles de ces

tubes. En cliquant dans le tableau de la figure 2 sur l'un des symboles des tubes, on va provoquer l'ouverture d'une fenêtre qui donnera, en son et images, sa structure interne et son principe de fonctionnement ;

- un cours détaillé sur la structure physique des principaux semi-conducteurs utilisés dans les composants de puissance. On présente entre autres le principe de fonctionnement de la jonction à semi-conducteur ;

- un cours complet décrivant les principaux composants semi-conducteurs de puissance. Pour chacun on indique sa structure interne, son principe de fonctionnement, sa caractéristique statique et

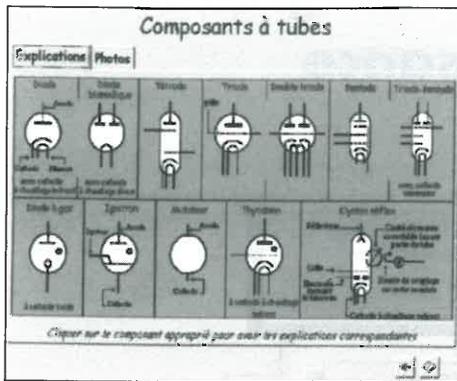


Fig. 2 – Composants à tubes.

dynamique, sa commande, les précautions pour sa mise en oeuvre et ses applications types.

Les fenêtres du cours disposent toutes d'onglets permettant de décomposer celles-ci en plusieurs fiches. Chacune de ces dernières contient le plus souvent des boîtes de défilement vertical contenant elles même du texte et des figures. On a représenté sur la *figure 3* la partie descriptive d'un cours sur le thyristor.

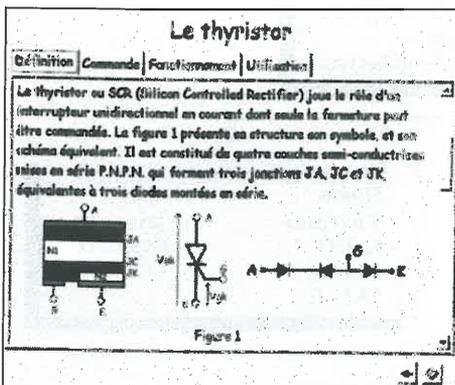


Fig. 3 – Structure interne du thyristor.

L'onglet « **Commande** » permet d'ouvrir une fenêtre dans laquelle on donne le principe de fonctionnement des différents schémas des circuits de commande de ce composant.

En cliquant sur l'onglet « **Fonctionnement** », on tombe sur une fenêtre qui donne la caractéristique statique et dynamique de l'interrupteur considéré. Pour étudier les différentes transitions de l'interrupteur, une animation vidéo montre le chemin suivi par la caractéristique dynamique durant la commutation à l'amorçage 'On' et au blocage 'Off'.

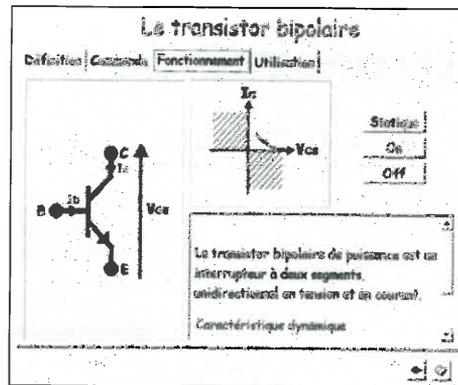


Fig. 4 – Caractéristique statique et dynamique du transistor bipolaire.

En appuyant sur le bouton 'Statique' le programme trace sa caractéristique statique.

La *figure 4* représente la fenêtre qui décrit la caractéristique de commutation d'un transistor bipolaire.

2.2 Les sources

Dans cette partie, on définit les deux types de sources utilisées dans les convertisseurs: source de courant et source de tension. On expliquera le principe de leur réalisation pratique.

2.3 Structures des convertisseurs

La troisième partie traite des différentes structures de convertisseurs de puissance (hacheurs, redresseurs, onduleurs et gradateurs). A partir des sources d'entrées et de sorties, des règles d'association de celles-ci, du type de la conversion à réaliser, on définit la nature des interrupteurs à utiliser, leurs assemblages et leurs commandes.

L'étude de chaque convertisseur est associée à une simulation du fonctionnement de ce montage. Pour simplifier l'étude des convertisseurs, on utilisera dans un premier temps des interrupteurs mécaniques dont la commutation entraînera le changement de la topologie du circuit.

Sur la *figure 5* est représentée la structure d'un convertisseur continu-continu, dans notre cas c'est un hacheur série. En bas de la fenêtre de la *figure 5*, on a représenté les différents éléments de la charge du hacheur ainsi que le rapport cyclique et la fréquence de commutation qui peuvent être modifiés. En utilisant les boutons du menu de commande, représentés en haut

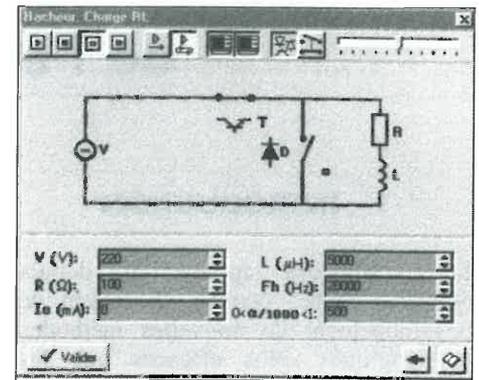


Fig. 5 – Structure d'un hacheur série.

de la fenêtre, on peut choisir une simulation en pas à pas ou en continu. Sur le même menu, on peut remplacer les interrupteurs mécaniques par des semi-conducteurs.

Pour visualiser les formes d'ondes de simulation, on utilisera deux icônes représentant des façades d'oscilloscopes. En cliquant sur l'un de ces icônes, on ouvre une fenêtre qui donne les formes d'ondes qui résultent des différentes simulations. Sur la *figure 6* on montre les résultats de simulation du hacheur série.

3 Un logiciel Didactique

Partant de la fenêtre du menu principal, on peut naviguer dans le programme, en passant d'une fenêtre à une autre par un simple cliquet sur un bouton de la souris. Ainsi pour faciliter l'utilisation du logiciel, on a eu recours à deux types de fenêtres.

- Fenêtres du menu par boutons.
- Fenêtres du menu graphique.

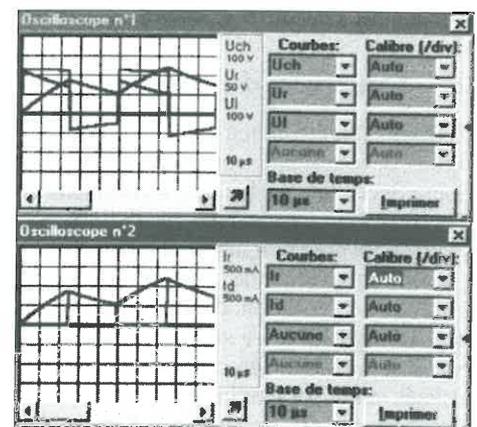


Fig. 6 – Formes d'ondes des simulations.

3.1 Fenêtres du menu par boutons

Les fenêtres du menu par boutons permettent à l'utilisateur de s'orienter facilement dans le logiciel. Sur la *figure 7* on représente une fenêtre d'un menu par bouton correspondant aux différents composants semi-conducteurs de puissance.

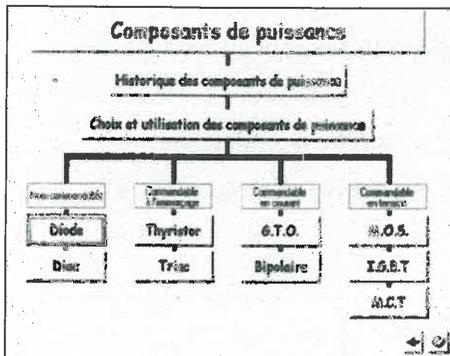


Fig. 7 – Fenêtre du menu par boutons.

Pour accéder à la partie concernant un composant de puissance donné, la diode par exemple, il suffirait de cliquer sur le bouton « Diode » du menu de cette fenêtre. En bas de chaque fenêtre, on dispose de deux icônes : l'une représente une flèche permettant à l'utilisateur de revenir vers la fenêtre précédente et l'autre un livre ouvert permettant de revenir directement au menu principal.

3.2 Fenêtres du menu graphique

Elles ont la même fonction que les fenêtres de menu par boutons mais sont représentées différemment.

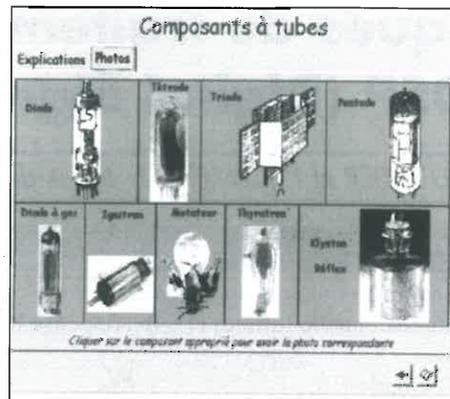


Fig. 8 – Fenêtre du menu graphique.

En effet, les boutons sont remplacés par un ou plusieurs graphiques ou photos représentant les différents composants à étudier. Sur la *figure 8*, on a représenté un exemple du menu graphique.

Conclusion

Ce programme est un exemple d'utilisation du multimédia dans l'enseignement de l'EEA et en particulier de l'électronique de puissance. C'est une première étape vers un enseignement interactif étudiant - machine.

L'avantage principal du multimédia est qu'il permet des apprentissages en temps et en lieu différés.

Le multimédia permet alors, sur un seul support (CD-ROM par exemple), de faire alterner théorie et pratique, d'adapter la méthode pédagogique à l'étudiant, de proposer l'illustration (son, graphique, vidéo,

texte...) la plus adaptée au concept ou au savoir-faire étudié.

Il faudra du temps pour appréhender pleinement les bénéfices pour la pédagogie. Les enseignants doivent acquérir la maîtrise de nouveaux outils et analyser leur impact sur les élèves.

Il faut noter que la présence de l'enseignant reste indispensable et nécessaire. L'utilisation du multimédia sera donc un outil supplémentaire dans la formation.

Ce programme est destiné actuellement à l'enseignement de l'électronique de puissance en formation continue de l'IUT.

Références

- [1] G.Seguirer. L'électronique de puissance. Editions Dunod, 1995.
- [2] R.Bausière, F.Labrique et G.Seguirer. Les convertisseurs de l'électronique de puissance. Editions Lavoisier, 1997.
- [3] G Bunge, N. Demassieux et ... Multimédia et Enseignement supérieur. Editions du GO, 1996.

CONTACT :

Nadir IDIR

IUT-A de Lille, Département Génie Electrique BP: 179, 59653 Villeneuve d'Ascq Cedex. Tél. : 03 20 33 77 90, Fax : 03 20 43 67 69.

email : Nadir.Idir@Univ-lille1.fr

Rencontre des enseignants de Culture & Communication

à ANNECY (juin)

Les réactions se font rares...

Travaux pratiques de traitement du signal autour d'un DSP (Digital Signal Processor)

par G. COUTURIER et P. CAMPION - IUT-A de Bordeaux

La maquette réalisée permet de mettre en évidence les points suivants :

- rôle d'un filtre antirepliement dans une chaîne de traitement du signal ;
- comparaison entre filtres RII (Réponse Impulsionnelle Infinie) et RIF (Réponse Impulsionnelle Finie) et intérêt des filtres à phase linéaire (retard de groupe constant) ;
- bruit de troncature dans les processeurs à virgule fixe ;
- élimination des interférences symboles dans une transmission numérique par utilisation d'un filtre en cosinus surélevé.

Le but recherché est de mettre l'étudiant en face de situations qui l'interpellent et où les concepts fondamentaux énoncés au cours magistral sont directement vérifiables.

I - Présentation de la maquette

La maquette est conçue autour d'un DSP (starter kit TMS320C31) de Texas Instrument. Le TMS320C31 est intéressant pour diverses raisons : d'un coût modique ($\approx 500F$), il offre la possibilité de travailler soit en virgule fixe soit en virgule flottante, par ailleurs il dispose d'instructions parallèles. Le starter kit est livré avec un circuit AIC TLC 32040C (Analog Interface Circuit) comprenant un amplificateur à gain variable, un filtre antirepliement à capacités commutées (que l'on peut retirer par soft pour raisons pédagogiques), un CAN (14 bits), un CNA (14 bits), un filtre de reconstruction, ...

Texas Instruments fournit un assembleur, un debugger et le soft nécessaire pour charger les programmes dans la mémoire du DSP via le port parallèle d'un PC.

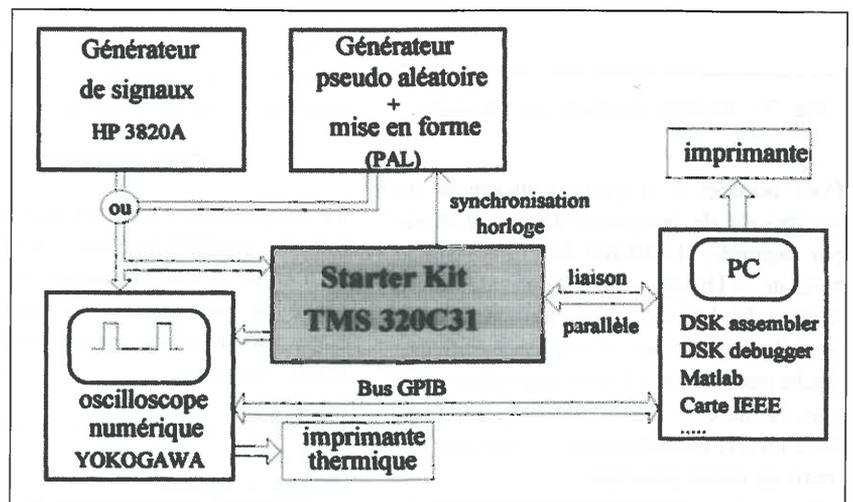


Fig. 1 - Synoptique de la maquette

Le synoptique de la maquette est donné à la Fig. 1. Autour du starter kit, on dispose d'un générateur de signaux, d'un oscilloscope numérique permettant des acquisitions et un transfert des données vers le PC (bus GPIB). Pour illustrer la partie concernant la transmission des signaux numériques, on dispose également d'un générateur pseudo aléatoire¹ réalisé avec un circuit PAL. Pour faciliter l'observation et le bon fonctionnement de l'ensemble, l'horloge de ce générateur est obtenue par division ($\div 32$) à partir du signal d'échantillonnage prélevé sur la carte DSP. Dans toutes les expériences proposées la fréquence d'échantillonnage est fixée à 8116 Hz.

Pour accéder à un des quatre exercices mentionnés ci-dessus, l'étudiant dispose d'un seul logiciel à lancer sous Matlab (**dsp.m**). Le logiciel ouvre des boîtes de dialogue où l'étudiant choisit le thème à aborder en sélectionnant un bouton. L'organisation des divers programmes est donnée à la Fig. 2.

Le programme **dsp.m** permet de réaliser des opérations de filtrage, de simulation de dépassement ou encore des opérations de traitement (ex : FFT) sur des

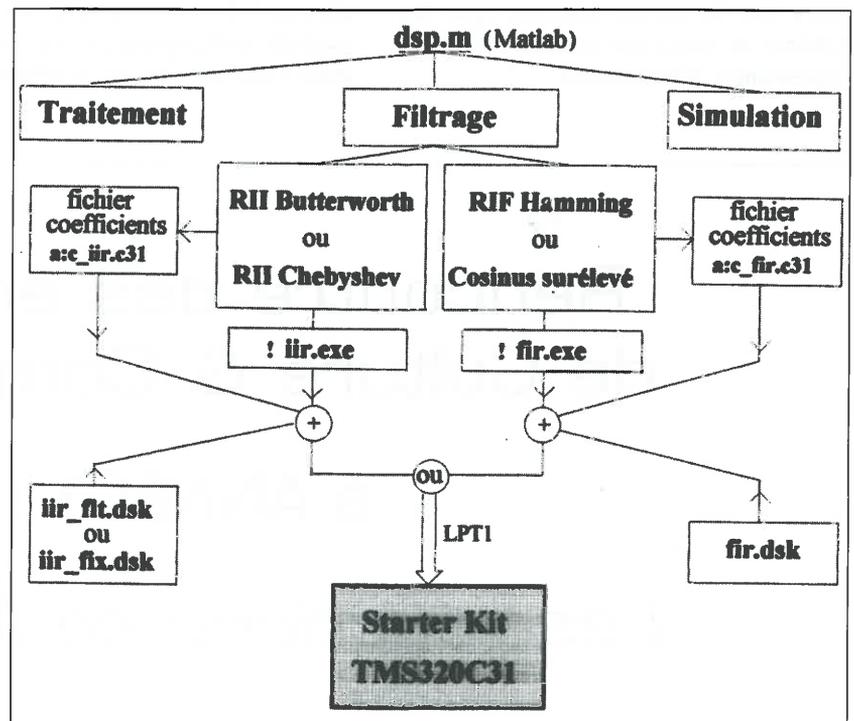


Fig. 1 - Synoptique de la maquette

données acquises via le bus GPIB. Ici nous ne commenterons que le module **FILTRAGE**, il permet de :

- 1 - générer les coefficients des filtres RII (Butterworth ou Chebyshev) et RIF (fenêtre de Hamming) par utilisation de la boîte à outils « Signal Processing » de Matlab ou encore les coefficients des filtres en cosinus surélevé grâce à un programme écrit sous Matlab. Le programme permet de générer des filtres RII d'ordre quelconque et des filtres RIF jusqu'à 250 coefficients.
- 2 - de stocker les coefficients au format Q17 ($\times 2^{17}$) sur une disquette
- 3 - de tracer les réponses impulsionnelle et fréquentielle des filtres
- 4 - de lancer l'exécution d'un programme (**iir.exe** ou **fir.exe**) écrit en C++ dont le rôle est :
 - a) de configurer l'AIC (avec ou sans filtre antirepliement, ...)
 - b) de charger les coefficients dans la mémoire du DSP
 - c) de charger les programmes compilés (**iirflt.dsk**, **iirfix.dsk** ou **fir.dsk**). Les programmes **iirflt.dsk** et **iirfix.dsk** sont respectivement utilisés pour la réalisation des filtres RII en virgule flottante et virgule fixe, le programme **fir.dsk** est utilisé quant à lui pour la réalisation des filtres RIF, pour ces derniers filtres le DSP travaille toujours en virgule flottante.

Les filtres RII sont toujours implémentés en utilisant une structure du type biquad (mise en cascade d'ordre deux)². Les filtres RIF utilisent le mode d'adressage appelé « *circular addressing* ». Les DSP disposent en général de modes d'adressage particuliers, tels le « *circular addressing* » (pour les filtres RIF, la convolution et la corrélation, ...) et le « *bit-reverse* » (pour le calcul des FFT).

NB : Au cours de ce TP, la programmation n'est pas abordée. Elle a été réalisée par P. Champion au cours de son stage de fin de deuxième année. L'expérience montre que la programmation en elle-même n'est pas vraiment un problème. Les étudiants du D^é ont tous suivi une formation sur un microcontrôleur (68HC11) et un microprocesseur (68000).

II - Quelques résultats

Nous présentons ci-dessous quelques résultats des manipulations proposées aux étudiants.

II - 1 - A propos du filtre antirepliement

Le but de l'exercice est de récupérer le fondamental d'un signal périodique (fréquence 2.55 kHz) constitué d'une impulsion de largeur 90 μ s. Le signal est passé au travers d'un filtre passe bande RII de type Butterworth du 4^{ème} ordre, le processeur opère en virgule flottante. Quatre manipulations sont proposées :

- 1 - les fréquences de coupure basse et haute du filtre sont respectivement égales à 2.54 kHz et 2.56 kHz, le filtre antirepliement est inséré dans la chaîne
- 2 - manipulation identique à 1, mais le filtre antirepliement est retiré

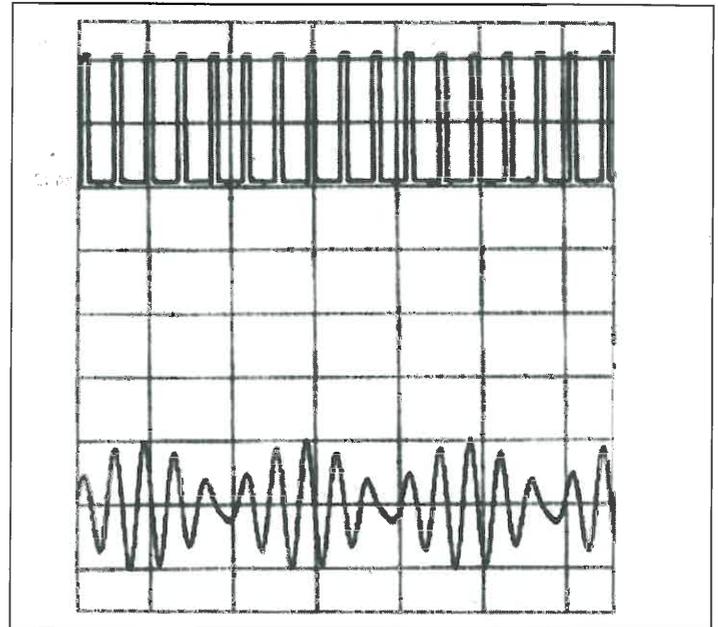


Fig. 3 – Signal d'entrée (en haut) et signal après filtrage (en bas) dans le cas (4).

- 3 - les fréquences de coupure basse et haute sont respectivement égales à 2.5 kHz et 3.1 kHz, le filtre antirepliement est inséré dans la chaîne
- 4 - manipulation identique à 3, mais le filtre antirepliement est retiré.

Dans les trois premiers cas on observe en sortie une « sinusoïde ». Dans le quatrième cas, le signal est différent d'une sinusoïde comme le montre la Fig. 3, sa FFT fait clairement apparaître deux raies situées respectivement à 2.55 kHz et 3.01 kHz ($8.116 \text{ kHz} - 2 \times 2.55 \text{ kHz}$) comme le montre la Fig. 4. Les élèves ont à discuter ces résultats.

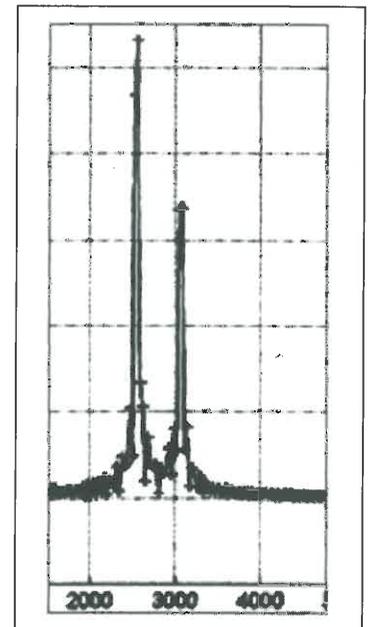


Fig. 4 – Spectre du signal après filtrage dans le cas (4).

II - 2 - A propos du bruit de troncature

On réalise successivement des filtres RII de type Butterworth du 4^{ème} ordre avec une bande passante de plus en plus étroite et on détermine la tension limite V_L assurant un fonctionnement correct du filtre.

La fréquence du signal sinusoïdal d'entrée est ajustée à la fréquence centrale du filtre qui vaut ici 2 kHz.

Dans le cas où le processeur opère en virgule flottante, V_L est limitée par la pleine échelle du CAN, 3V max. dans le cas présent, comme le montre la courbe de la Fig. 5. Dans le cas où le processeur opère en virgule fixe la tension V_L est d'autant plus petite que la bande passante est étroite, voir la Fig. 5. La Fig. 6 montre le début de l'instabilité pour une tension voisine de V_L .

En s'aidant du module **SIMULATION** du programme **dsp.m** il est possible de prédire V_L . Le module **SIMULATION** permet de calculer les valeurs intermédiaires de $d(n)$ (delay node) dans les relations :

$$\begin{aligned} d(n) &= x(n) + a_1 d(n-1) + a_2 d(n-2) \\ y(n) &= b_0 d(n) + b_1 d(n-1) + b_2 d(n-2) \end{aligned}$$

où a_1 , a_2 , b_0 , b_1 et b_2 sont les coefficients de la transformée $H(z)$ d'une structure biquad.

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 - a_1 z^{-1} - a_2 z^{-2}}$$

Les élèves ont à comparer les valeurs limites V_L à celles déduites de la simulation, sachant que le résultat d'une multiplication est sur 32 bits et que les coefficients sont au format Q17.

II - 3 - A propos des interférences symboles; deux manipulations sont proposées :

- a) dans une première manipulation le signal «NRZ» issu du générateur pseudo aléatoire est limité en fréquence par un filtre de type Butterworth du 4^{ème} ordre, le diagramme de l'œil est observé pour différentes fréquences de coupure du filtre, un exemple est donné à la Fig. 7. Le diagramme est d'autant plus refermé que la bande passante est faible.
- b) dans une deuxième manipulation le signal «NRZ», après mise en forme (génération d'une impulsion de largeur 100 μ s si le niveau du signal est à l'état '1'), est passé au travers d'un filtre RIF en cosinus surélevé. Ces filtres ont : ^{3,4}

- 1 - une réponse impulsionnelle passant par zéro pour les instants multiples de T où T est la durée d'un état '0' ou '1'.
- 2 - une réponse en fréquence nulle au-delà d'une certaine fréquence dépendant du facteur de retombée α . La Fig. 8 montre le diagramme de l'œil pour un facteur de retombée $\alpha=0.4$. En répétant la manipulation pour différentes valeurs de α , il est alors facile de comprendre que plus l'encombrement spectral est réduit plus la position de l'impulsion d'échantillonnage en réception est critique car le diagramme se resserre horizontalement. Ces filtres sont utilisés dans le traitement des signaux numériques (téléphonie, télévision, ..) avant de procéder à la modulation $\pi/4$ DQPSK.

Email : couturier@elec.iuta.u-bordeaux.fr

Références

- 1 - Signaux systèmes linéaires et bruit en électronique par M. et F. Biquard, ellipses (1992) et F. Biquard dans GeSi n° 49.
- 2 - Digital Signal Processing, Applications with the TMS320 Family Theory, Algorithms and implementations, Volume 1, 1989, Texas Instruments.
- 3 - Communications numériques, Introduction, A. Glavieux et M. Joindot, Masson (1996).
- 4 - Telecommunications, Applications with the TMS320C5x DSPs, Application Book, 1994, Texas Instruments.

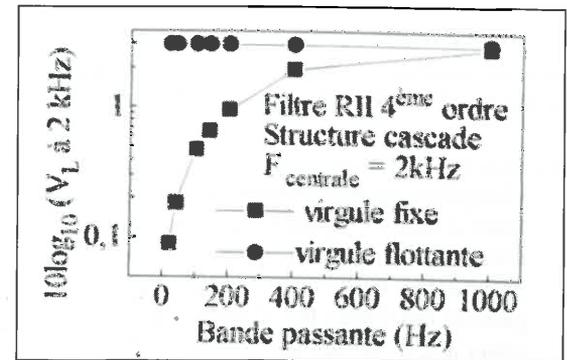


Fig. 5 – Tensions limites V_L en virgule fixe et flottante.

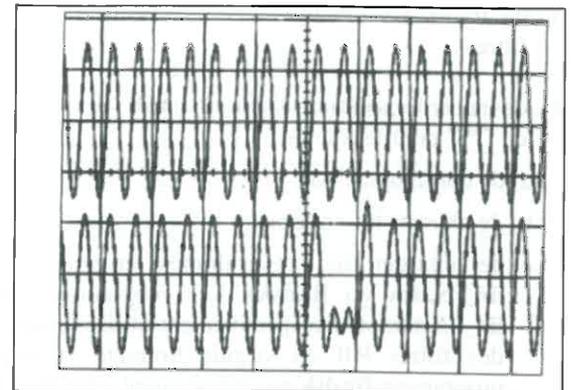


Fig. 6 – Début de l'instabilité due au bruit de troncature en virgule fixe, signal d'entrée du filtre (en haut), signal de sortie (en bas).

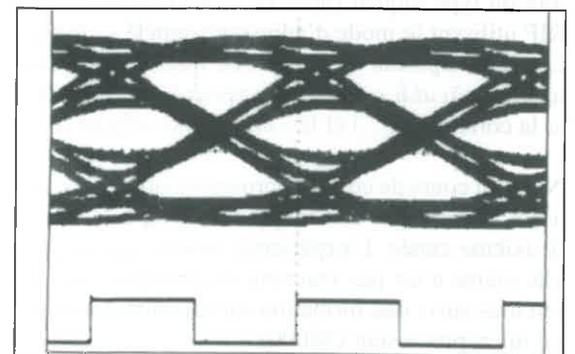


Fig. 7 – Diagramme de l'œil associé à un filtre de type Butterworth.

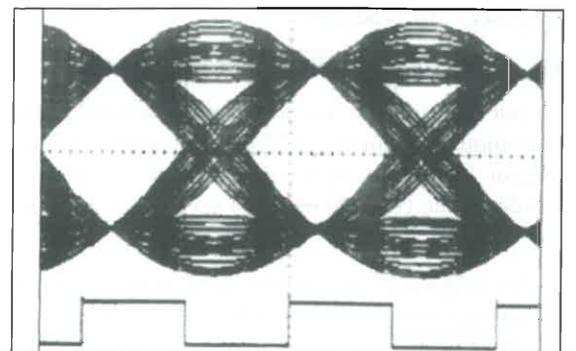


Fig. 8 – Diagramme de l'œil associé à un filtre en cosinus surélevé.

L'analyse et la synthèse de la structure de quelques fonctions électroniques

par Patrick LAGONOTTE - Maître de conférences à l'IUT de Poitiers, Département Génie Electrique

I - PRESENTATION

Historiquement, l'évolution de l'électronique s'est faite du composant de base vers l'assemblage des composants pour réaliser des fonctions de plus en plus évoluées, puis des macrofonctions toutes intégrées. L'enseignement de l'électronique suivant l'évolution de cette science a en général conservé cette démarche générale : de la diode vers les circuits complexes.

Les techniques et les systèmes évoluant, il est peut-être intéressant de repenser une présentation plus synthétique des systèmes électroniques qui nous amène à comprendre le fonctionnement de l'assemblage de fonctions, et qui va vers l'analyse de systèmes. La présentation synthétique que nous effectuons permet d'obtenir directement la structure des montages, et de réaliser les fonctions désirées.

Cette approche est basée sur deux principes simples : l'existence d'une application réciproque d'une fonction continue monotone, et la méthode générale pour l'obtention de cette application réciproque d'une fonction continue monotone faisant appel à un calcul très simple de systèmes bouclés.

II - THEOREME ET PRINCIPE FONDAMENTAUX

La synthèse et l'abstraction font généralement appel à des techniques mathématiques. Mais dans l'approche que nous ferons, elles se trouvent limitées à un théorème d'analyse du programme des lycées, et à un calcul simple de systèmes bouclés.

Théorème de l'existence d'une application réciproque d'une fonction continue :

Soit f une fonction continue et monotone sur un intervalle I .

Alors f est une bijection de I sur $f(I)$. Notons $J = f(I)$ qui est aussi un intervalle. Alors f admet une application réciproque de l'intervalle J sur l'intervalle I noté f^{-1} .

Principe fondamental :

Considérons une fonction f continue strictement croissante qui transforme un

signal d'entrée e en un signal de sortie s [$s = f(e)$].

Si nous mettons la fonction f dans la boucle de contre réaction d'un système

bouclé à grand gain, alors la fonction obtenue est $s = f^{-1}(e)$.

Nous avons ainsi réalisé la fonction f^{-1} , inverse de la fonction f .

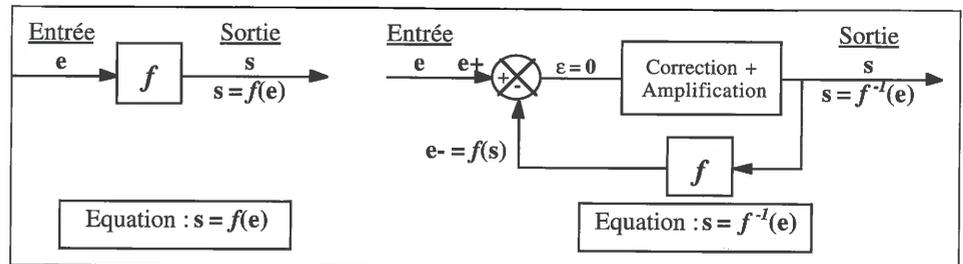


Fig. 1 - La structure de l'inversion d'une fonction monotone strictement croissante.

Dans le cas où f est une fonction monotone strictement décroissante, la structure nécessite quelques adaptations, si nous voulons avoir la convergence du

système bouclé. Les modifications consistent à rendre l'amplification inverseuse, où plus simplement à inverser les entrées du comparateur.

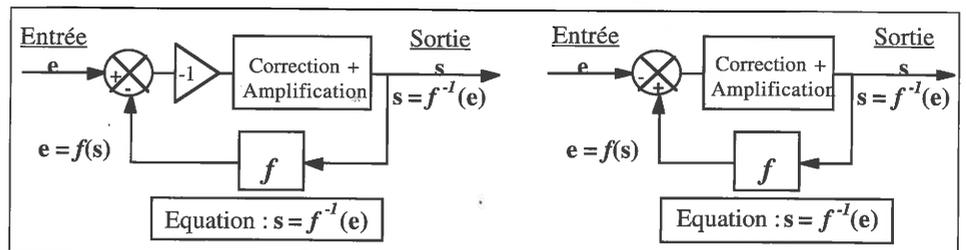


Fig. 2 - La structure de l'inversion d'une fonction monotone strictement décroissante.

D'un point de vue pratique, nous pouvons dire que :

Pour obtenir la fonction inverse d'une fonction donnée, une méthode consiste à mettre cette fonction dans la boucle de contre réaction d'un système bouclé à grand gain.

III - LES APPLICATIONS

Nous allons présenter une suite d'applications de complexité progressive, mais qui permettra de survoler une grande partie du programme d'électronique analogique.

III. a - LE FIL ET LA FONCTION IDENTITÉ

Considérons comme première application un fil dont l'équation correspond à la fonction identité. La fonction inverse de l'identité mathématique est l'identité, ce qui nous permet d'obtenir directement la structure du montage suiveur.

Bien sûr, si les équations *Entrée-Sortie* de ces deux montages sont les mêmes, leur différence fondamentale se situe au niveau des impédances d'entrée et de sortie.

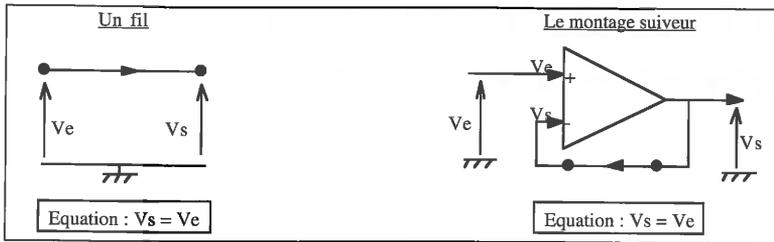


Fig. 3 – La fonction identité et le montage suiveur.

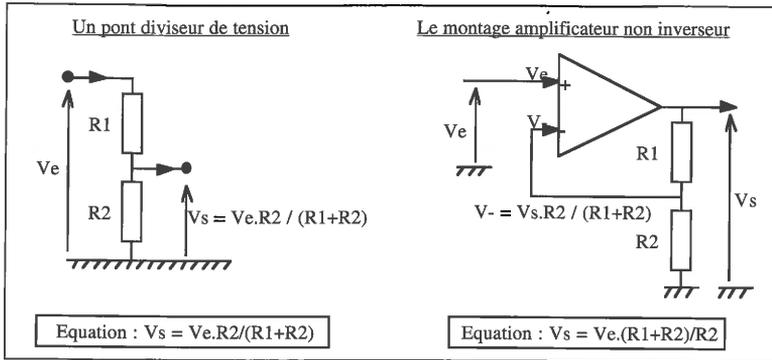


Fig. 4 – La fonction atténuation et le montage amplificateur non inverseur.

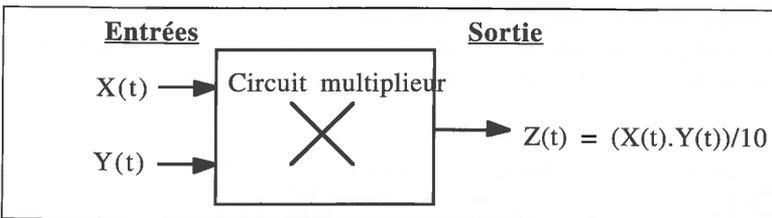


Fig. 5 – La fonction multiplieur.

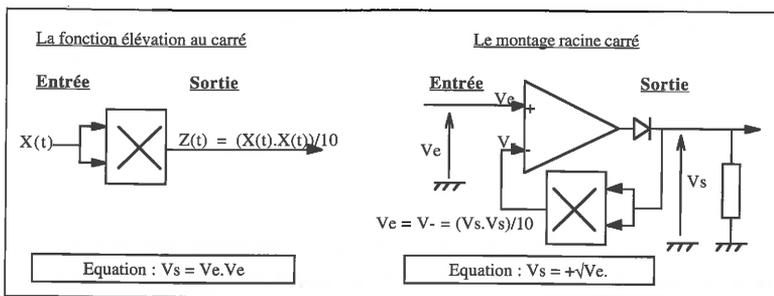


Fig. 6 – La fonction élévation au carré et racine carré.

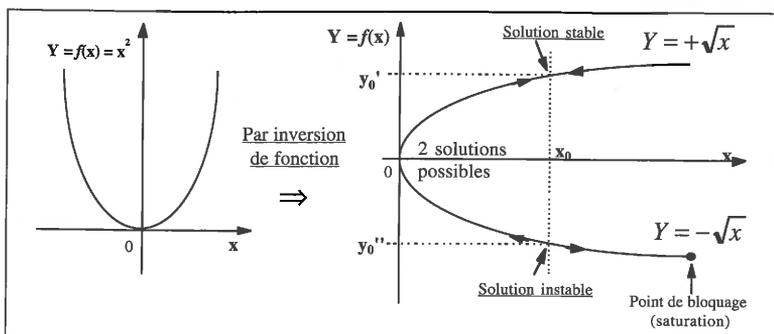


Fig. 7 – La convergence de la fonction racine carré.

III. b – LE PONT DIVISEUR ET L'AMPLIFICATION NON INVERSEUR

Si nous considérons le montage le plus simple qu'il est possible d'effectuer avec deux résistances, nous obtenons un pont diviseur de tension, ce qui correspond également à la fonction atténuation. La fonction inverse d'une atténuation est une amplification, et nous obtenons directement la structure du montage amplificateur non inverseur en appliquant le principe de l'inversion de fonction.

III. c – LES MONTAGES AVEC CIRCUIT MULTIPLIEUR

Les circuits multiplieurs sont beaucoup utilisés en traitement du signal : calcul de valeurs efficaces, changement de fréquence etc... La fonction multiplication est réalisée à l'aide d'un circuit monolithique. Alimenté en $\pm 15V$ la sortie $Z(t)$ est linéaire pour des entrées $X(t)$ et $Y(t)$ dans la gamme de $\pm 10V$.

Le circuit multiplieur permet de bien illustrer notre propos et même de le généraliser à des fonctions à plusieurs entrées. Etudions les différentes applications suivantes :

La fonction racine carré à partir de la fonction carré

En appliquant le même principe de génération de fonction inverse, nous allons à partir de la fonction "élévation au carré" générer la fonction racine carré. Cependant pour que le montage obtenu fonctionne correctement il est nécessaire d'ajouter une diode.

Le rôle de la diode

Un problème vient du fait que la fonction "élévation au carré" n'est pas une fonction monotone (voir figure 6). La fonction inverse de la fonction "élévation au carré" admet 2 solutions ($\pm\sqrt{x}$), dont la stabilité dépend du signe de l'amplification de la chaîne directe. La diode permet d'éliminer la solution négative, mais aussi le point de blocage en saturation négative qui peut être accroché lors d'un transitoire de mise sous tension ou lorsque l'entrée devient nulle.

En cas d'accrochage sur le point de blocage en saturation négative, seul une coupure des alimentations peut permettre le retour à un fonctionnement normal.

La fonction diviseur à partir de la fonction multiplieur

La multiplication est une fonction avec au minimum deux entrées. Sa fonction inverse la division est également une fonction avec au minimum deux entrées. Si nous appliquons le même principe de génération de fonction inverse, nous allons à partir de la fonction multiplication générer la fonction division.

III. d – LES MONTAGES AVEC CIRCUIT OSCILLATEUR COMMANDÉ EN TENSION (V.C.O)

La transformation *Fréquence-Tension* à partir de la transformation *Tension-Fréquence*

La transformation *Tension-Fréquence* qui correspond également à une modulation de fréquence est obtenue à partir d'un circuit V.C.O.

La transformation inverse, *Fréquence-Tension* qui correspond également à une démodulation de fréquence, est obtenue en appliquant le même principe de génération de fonction inverse. Dans ce cas, le comparateur qui doit comparer deux signaux numériques, n'est plus un comparateur de tensions analogiques, mais un comparateur de phases, et dont la sortie est une tension analogique. Nous arrivons alors simplement et directement à la structure d'une boucle à verrouillage de phase.

La fonction multiplieur de fréquence à partir de la fonction diviseur de fréquence

La fonction diviseur de fréquence est réalisée à partir d'un compteur dont la sortie de poids 2^n divise la fréquence du signal d'entrée par 2^n .

La fonction inverse, *multiplieur de fréquence* est obtenue en appliquant le même principe de génération de fonction inverse.

La fonction diviseur de fréquence ($f_s = f_e/2^n$) est bien une fonction continue monotone, en considérant $1/2^n$ comme une constante.

III. e – LES MONTAGES AVEC UN CONVERTISSEUR NUMÉRIQUE/ANALOGIQUE

Les systèmes de traitement de l'information sont de plus en plus numériques. Cependant les grandeurs physiques extérieures sont par nature analogiques, d'où l'emploi de convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique.

Les fonctions C.N.A et C.A.N sont inverses l'une de l'autre. La structure du montage C.A.N à partir de la fonction C.N.A peut être obtenue par le même principe de l'inversion de fonction.

III. f – LES MONTAGES AVEC FONCTION NON LINEAIRES

Pour pouvoir transmettre des signaux analogiques avec une isolation galvanique, une solution consiste à utiliser des optocoupleurs [Billotte 82]. Malheureusement ces circuits ne sont pas linéaires et s'ils présentent l'avantage de l'isolation, ils ont l'inconvénient de déformer les signaux [Cazaubon 96].

Pour transmettre un signal analogique centré autour de zéro, il est nécessaire de choisir un courant de repos I_o dans la diode émettrice, et d'effectuer des variations du courant I_d au tour de I_o proportionnelles au signal d'entrée V_e .

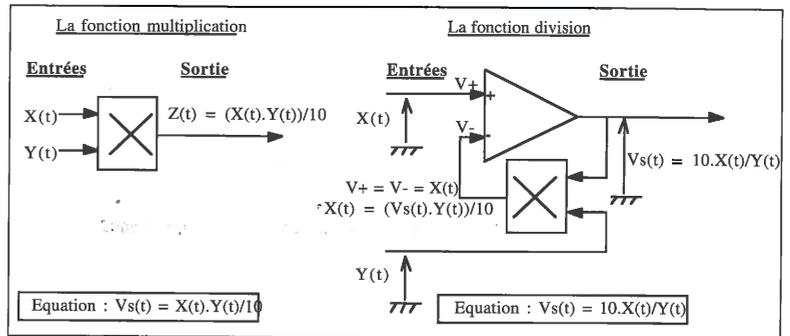


Fig. 8 – La fonction multiplication et la fonction division.

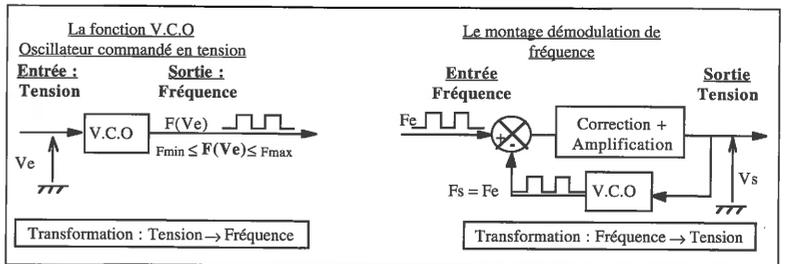


Fig. 9 – Les transformations *Tension-Fréquence* et *Fréquence-Tension*.

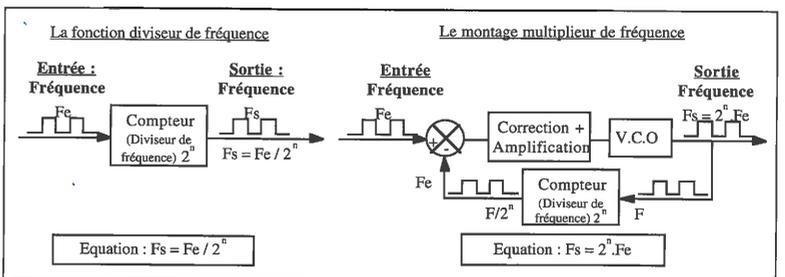


Fig. 10 – La fonction multiplieur de fréquence à partir de la fonction diviseur de fréquence.

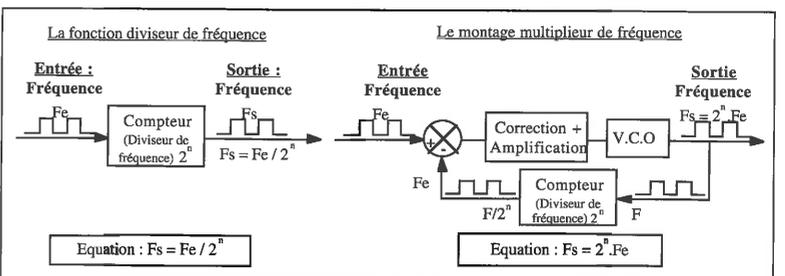


Fig. 11 – La fonction C.A.N à partir de la fonction C.N.A.

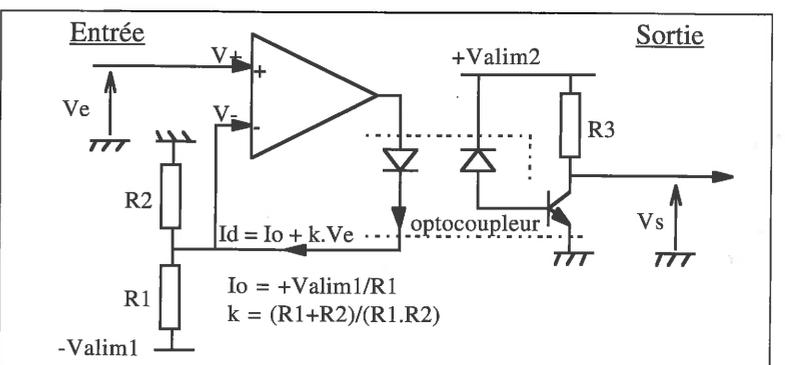


Fig. 12 – La transmission d'un signal analogique par optocoupleur avec isolation galvanique et déformation du signal.

Le montage de la *figure 12* permet d'attaquer la diode en courant à partir de la tension d'entrée V_e . La fonction de transfert entre le courant I_d et la tension V_s n'est pas linéaire et est non explicitée. La valeur de la résistance R_3 sera déterminée en fonction des caractéristiques de l'optocoupleur, et de manière que l'excursion en tension de V_s soit la plus grande possible.

Nous pouvons remarquer que le montage est inverseur puisque : si $V_e \nearrow$ alors $V_s \searrow$; et si $V_e \searrow$ alors $V_s \nearrow$.

L'ensemble du montage de la *figure 12* sera dans la suite de notre propos utilisé sous la forme d'une fonction schématisée par la *figure 13*.

Pour obtenir la transmission du signal d'entrée sans déformation mais avec une isolation galvanique, il est possible de "compenser" la déformation par une déformation inverse obtenue en appliquant le même principe de génération de fonction inverse. Cela nous amène naturellement au montage de la *figure 14*. Si les entrées + et - du comparateur ont été inversées, cela provient du fait que la fonction montage à optocoupleur est inverseuse.

Mais pour être sûr que les deux montages soient parfaitement identiques, il est nécessaire d'utiliser des résistances de précision et un double optocoupleur pour avoir des caractéristiques jumelles.

Ce montage s'analyse comme étant la composition de fonctions :

$$s = f^{-1}[f(e)] \text{ ou } (f^{-1} \circ f) = \text{identité.}$$

Ce qui nous amène à une transmission du signal sans déformation et avec isolation, comme représentée sur la *figure 15*.

IV - CONCLUSION

Sans vouloir être d'une rigueur extrême ou vouloir faire une théorie bien assise, le principe de la génération d'une fonction inverse à partir d'un fonction existante est d'un principe simple donnant lieu à de nombreuses applications.

Cette approche simple peut être très intéressante pour l'étude et l'analyse du fonctionnement de montages électroniques. Elle peut également rendre de grands services pour la synthèse et la réalisation de fonctions électroniques.

D'autre part, le dessin des montages électroniques sous une forme particulièrement explicite faisant apparaître l'utilisation d'une fonction inverse peut être pédagogiquement très intéressant.

Cette présentation est faite sous forme de cours pour les étudiants en préparation C.A.P.E.T électronique. Mais également à l'I.U.T pour introduire des notions sur les montages à boucle à verrouillage de phase.

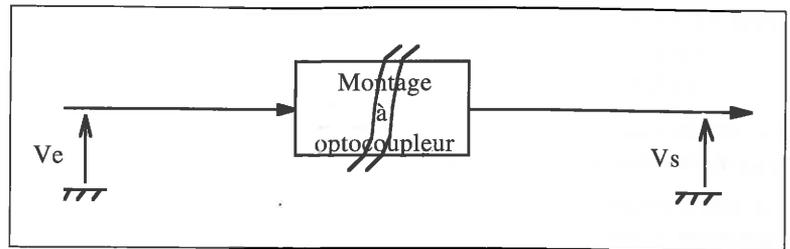


Fig. 13 – La représentation schématisée de la fonction du montage à optocoupleur (isolation galvanique et non linéarité).

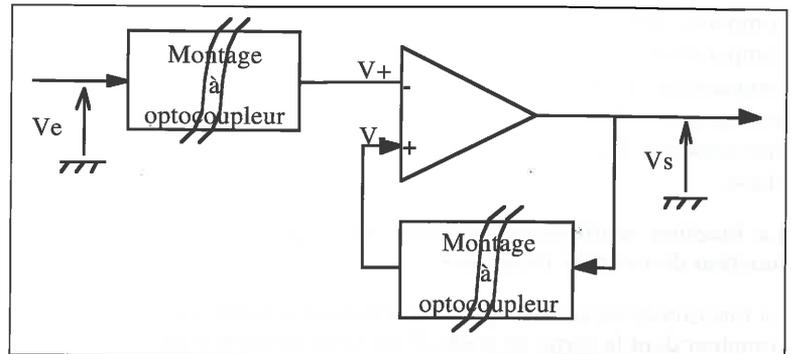


Fig. 14 – La transmission d'un signal analogique par optocoupleurs avec isolation galvanique et sans déformation du signal.

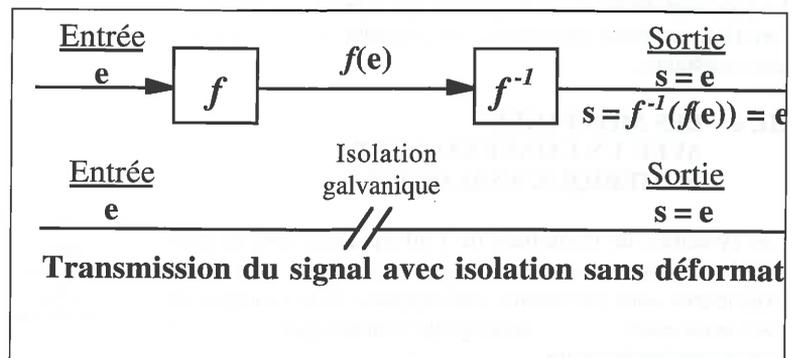


Fig. 15 – La fin de l'analyse fonctionnelle du montage.

RÉFÉRENCES

- [Billotte 82] J-P. Billotte C. Verbeek
"Etude et réalisation d'un wattmètre électronique".
Revue Toute L'Electronique n°479 Décembre 1982.
- [Cazaubon 96] C. Cazaubon
"Amplification avec isolation galvanique".
GESI n°47, Mai 1996.
- F. Milsant
Cours d'électronique Tome I à V
- F. Milsant
Problèmes d'électronique Tome I à V

Valenciennes, Année V pour l'atelier de circuit imprimé

par Michel VERNET, agrégé de Génie Electrique et Vincent CAYEZ, Ingénieur d'Etudes

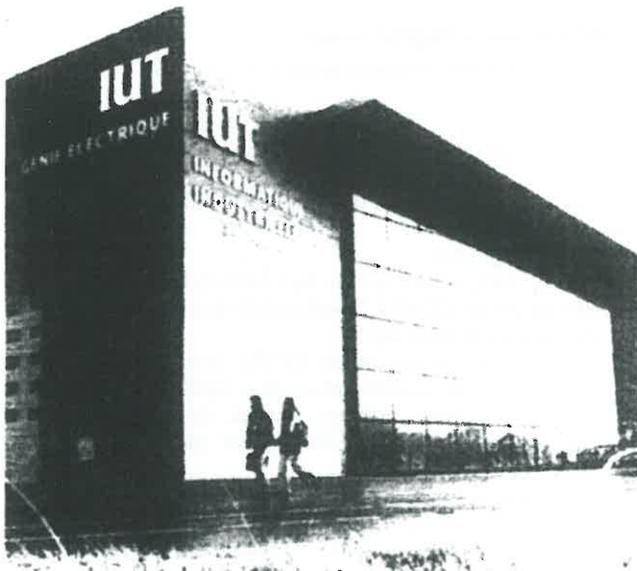
Créé en Septembre 87, le département GE2i de l'IUT de Valenciennes s'est rapidement orienté vers les problèmes de fabrication de systèmes électroniques et plus particulièrement de circuits imprimés.

Dans le cadre de la construction de son atelier, le département avait décidé de s'équiper d'un procédé professionnel de fabrication de circuits imprimés.

Une enquête de Janvier 91, à laquelle 26 départements avaient répondu, avait confirmé l'opportunité du projet, cautionné par les industriels.

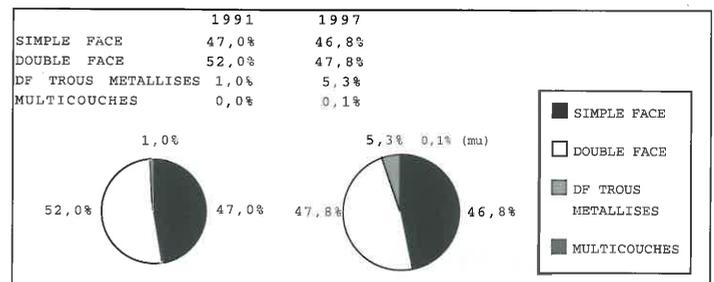
Ce projet est aujourd'hui devenu une réalité bien établie.

Cet article se propose d'en faire le point sur les bases d'une nouvelle enquête menée entre Janvier et Mars 97.

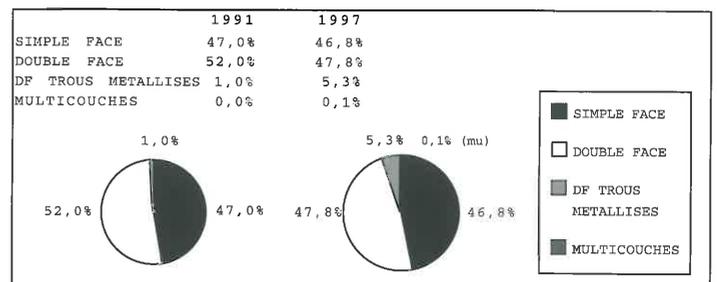


- 5,3 % de Double Face Trous Métallisés,
- 0,1 % de Multicouches.

Le comparatif 91/97 est donné ci-dessous.



Les prototypes et les petites séries représentent la majeure partie de la production mais certains circuits peuvent être réalisés à 200 exemplaires (notamment pour les Travaux de Réalisation). Pour comparaison, la répartition par type à Valenciennes est donnée ci-dessous; on notera le fort développement, rendu possible, du Double Face à Trous Métallisés.



La sous-traitance :

- 66 % des départements ne font jamais appel à une sous-traitance externe pour leur fabrication de CI,
 - 19 % le font très rarement, essentiellement pour des circuits DFTM et parfois MU,
 - 15 % sous-traitent leurs circuits, y compris les DF et les séries de SF.
- Interrogés sur le principe d'une fabrication de leurs circuits par l'atelier de Valenciennes,
- 83 % s'y déclarent favorables,
 - 17 % n'y voient pas d'intérêt.

Pour les départements favorables à cette démarche :

- 86 % souhaiteraient faire fabriquer des circuits DFTM,
 - 36 % des circuits MU,
 - 36 % des cartes complètes en CMS,
 - 36 % y faire exécuter leurs phototraçages,
 - 25 % faire fabriquer des circuits DF,
 - 20 % des circuits SF,
 - 5 % des cartes complètes en composants à insertion.
- Les délais désirés varient d'une semaine à un mois avec une moyenne à 13 jours.

L'enquête de Janvier 91 visait à évaluer l'opportunité du projet de Valenciennes en établissant un état des moyens de fabrication et des besoins en circuit imprimé dans l'ensemble des départements GEII.

Elle avait conclu à la nécessité de proposer un centre de ressources capable de sous-traiter à moindre coût la fabrication de circuits de technologie industrielle, notamment en double face à trous métallisés.

L'enquête de 1997 remet à jour cet état national et dresse un bilan du fonctionnement du centre de ressources Valenciennois.

RESULTATS DE L'ENQUETE "CIRCUIT IMPRIME" IUT GENIE ELECTRIQUE JANVIER-MARS 97

Taux de réponse :

33 départements ont répondu au questionnaire. Ce taux de réponse de plus de 60% (légèrement supérieur à 1991) permet d'assurer aux résultats qui suivent une bonne fiabilité. Pour une cohérence optimale le site de Valenciennes a été exclu des calculs.

Situation quantitative et qualitative :

La "consommation" moyenne annuelle par département s'établit à 4,53 m² (contre 6,2 en 91) avec une répartition par type de :

- 46,8 % de Simple Face,
- 47,8 % de Double Face,

Bilans et perspectives :

En Janvier 91 nous avons conclu sur le décalage qui existait entre nos réalisations dans le domaine du CI et la réalité industrielle : l'évolution semblait donc indispensable.

Cette évolution était d'ailleurs désirée puisqu'à cette époque, 30 % des départements interrogés souhaitaient utiliser les DFTM à brève échéance (<1an),

71 % des CMS sous moins de 2 ans,

47 % des MU sous 2-3 ans.

Six années après, force est de constater que l'évolution a été des plus timides (cf graphes) et que les désirs exprimés n'ont pas pu être comblés.

La raison première reste les problèmes financiers, souvent évoqués pour le non recours à la sous-traitance, et peut-être responsable de la baisse globale de nos réalisations (en association avec la réduction du nombre d'heures allouées aux TR).

Aujourd'hui la réponse peut venir de l'atelier de Valenciennes qui doit permettre une évolution à des coûts raisonnables vers des technologies de cartes plus en rapport avec la réalité industrielle.

Pourtant seulement 6 départements y font appel, ce qui est contradictoire avec les 83% favorables au principe d'une fabrication à Valenciennes; la prudence semble donc de rigueur.

L'atelier maîtrise aujourd'hui toutes les demandes du circuit simple face au double face à trous métallisés vernis et sérigraphié, avec si besoin dépose de composants CMS.

Les derniers investissements nécessaires à la fabrication de circuits multicouches ont été réalisés en Octobre, les premiers essais devront débiter début 98.

Là encore la demande potentielle est forte et de nombreuses sollicitations (IUT et laboratoires de recherche) sont parvenues à Valenciennes.

LES ASPECTS FORMATION

Le centre de ressources a évidemment une facette formation, d'abord en offrant aux étudiants des 2 options (Auto & Systèmes, RLI) un support de travail proche de la réalité industrielle (voir aussi article Gesi n°38), mais aussi en formation continue au travers d'une formation originale DTPE-MCI: Diplôme de Technicien de Production en Electronique, Métiers du Circuit Imprimé.

Fruit d'un partenariat actif avec l'ensemble de la profession (FIEEC, SYCEP, GFIE, UIMM, URCEN *) cette formation en Contrat de Qualification d'un an délivre une qualification reconnue par la Commission Paritaire de l'Emploi de la métallurgie ainsi qu'un Diplôme de l'Université de Valenciennes.

Elle forme des techniciens aptes à intervenir à n'importe qu'elle étape du procédé de fabrication: photo, perçage, traitement de surface ...

Après 4 promotions, ce sont 37 auditeurs qui sont sortis de l'IUT avec un taux d'embauche de 78%, dont 73% en CDI.

Aujourd'hui la 5ème promotion est en cours de recrutement et le groupe de travail national regroupant industriels et personnels de l'IUT travaille sur de nouvelles voies de formation.

Conclusion :

Si après 5 ans de fonctionnement, l'atelier de Valenciennes est devenu un centre de ressources incontournable pour les industriels du circuit imprimé, il reste assez peu utilisé par les collègues des départements.

L'enquête 97 montre cependant une volonté certaine de combler le retard technologique pris en ce domaine.

N'hésitez donc pas à nous faire appel pour toutes les questions relatives aux circuits imprimés (fabrications, documentations, conseils, visites du procédé ...).

Toutes les remarques sont les bienvenues et rendez-vous en 2002 pour une nouvelle enquête...

FIEEC : Fédération des Industries Electriques Electroniques et de Communication,

SYCEP : SYndicat des Composants Electroniques Passifs,

GFIE : Groupement des Fournisseurs de l'Industrie Electronique,

UIMM : Union des Industries Métallurgiques et Minières,

URCEN : Union Régionale de Création Electronique du Nord.

Exemple de réalisation : Carte d'évaluation pour réseau logique programmable

En collaboration avec le fabricant Lattice SC et le distributeur Sonepar Electronique, le département GEII de l'IUT de Valenciennes a conçu et produit des cartes permettant d'évaluer deux composants logiques programmables "in situ": IspLSI1016 et GDS18. Les caractéristiques essentielles de ces circuits sont les suivantes:

IspLSI1016

composant type CPLD en technologie E2CMOS, équivalent à 20000 portes,

32 entrées sorties,

organisé en 16 GLB (Generic Logic Bloc) de 18 entrées et 4 sorties combinatoires ou mémorisées, boîtier PLCC 44.

IspGDS18 (Generic Digital Switch)

Matrice de connexions logiques programmables 9x9, boîtier DIL 18.

La carte d'évaluation comporte de plus des composants utiles aux essais :

1 circuit produisant un signal d'horloge à 500 kHz,

1 dip-switch à 8 contacts,

2 afficheurs 7 segments,

Ces éléments sont connectés au IspLSI1016.9 diodes LED connectées au circuit GDS18, 2 diodes LED de contrôle pour la chaîne de programmation Isp.

Le circuit imprimé est un circuit DFTM dimensions 135 x 200mm avec une zone pastillée réservée à l'utilisateur.

Le programme de test proposé permet de visualiser le fonctionnement d'un compteur-décompteur prépositionnable BCD 2 décades cadencé à 1 kHz.

La chaîne logique est composée de:

2 diviseurs de fréquence par 200 et 250,

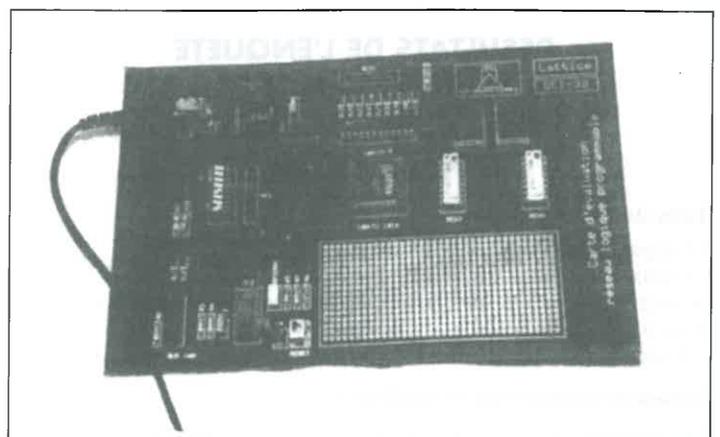
2 compteurs-décompteurs BCD cascadables, prépositionnables avec remise à zéro,

2 décodeurs hexadécimal 7 segments.

L'ensemble du programme occupe environ 70% des ressources du circuit IspLSI1016. Il est possible, bien sûr, d'imaginer de nombreux autres programmes d'expérimentations.

Les fichiers du programme de test sont disponibles à l'adresse suivante :

Michel.Vernet@univ-valenciennes.fr



Carte d'évaluation pour réseau logique programmable (description ci-dessus)

Travaux de réalisation, projets tutorés et robots E = M6

par Pascal CLERC, IUT 1 de l'Isle d'Abeau

Introduction

Motivation, sens de l'initiative, travail en équipe, projets pluridisciplinaires sont autant de sens et caractéristiques que l'on cherche à développer en IUT Génie Electrique et Informatique Industrielle. Les travaux de réalisation et les projets tutorés peuvent être un lieu privilégié pour mettre en œuvre l'ensemble de ces capacités. Il est cependant nécessaire de trouver un projet fédérateur: c'est le cas du tournoi de robots organisés par la chaîne de télévision M6. Le but de cette coupe était cette année de réaliser un robot jouant au basket (ramasser, en face d'un adversaire, des balles disposées sur l'aire de jeu, les emmener vers le panier et les mettre à l'intérieur le plus vite possible).

Les projets tutorés

Depuis 1995, nous avons décidé, au sein du département GEII de L'Isle d'Abeau, de mettre en place des projets tutorés.

L'organisation retenue est la suivante. Ces projets sont destinés aux étudiants de première année, et sont de natures variées et pluridisciplinaires. Ils commencent en Décembre de chaque année et se terminent en Juin par la remise d'un rapport, de l'éventuelle réalisation et par l'organisation d'une soutenance. La durée de travail est estimée à 50 heures par étudiant, ces étudiants peuvent travailler seul ou en groupe. Les sujets sont proposés par les enseignants ou par les étudiants (une commission essaye d'estimer la validité des projets). Finalement, l'évaluation débouche sur une note (qui compte lors de l'étude du passage en seconde année avec un coefficient 3).

Remarque : chaque enseignant « tutore » deux ou trois projets bénévolement.

Voici des exemples de thèmes proposés cette année : organisation d'une semaine d'accueil à l'IUT, préparation d'une page HTML pour le serveur Internet de l'IUT, plan en trois dimensions du bâtiment de l'IUT, réalisation d'une disquette de

présentation du département, participation au projet de robots E = M6.

En ce qui concerne ce dernier projet, deux groupes de deux étudiants (de première année) ont travaillé l'un sur la réalisation de l'aire de jeu (1,5 m x 3 m), l'autre sur la réalisation d'un reportage photo et vidéo de l'avancement du projet et du déroulement de la compétition. Les photos, les films et les articles de presse nous serviront l'année prochaine pour essayer de trouver des sponsors.

Ils étaient associés à un groupe de deux étudiants de TR de seconde année (Jérôme Juvin et Emmanuel Charlier), qui ont mené le projet à son terme, en le portant à bout de bras avec une certaine réussite.

Le robot

Après beaucoup d'efforts, des vacances de Pâques passées à l'IUT, des soirées de travail acharné, le projet a commencé à prendre forme et les plans à se matérialiser.

Sur le plan technique, sans entrer dans le détail, l'évolution s'est faite « négativement » en effet, plus le temps avançait, et plus le robot se simplifiait, mais le jour J se rapprochant, il fallait une maquette qui fonctionne. De nombreuses solutions technologiques ont été mises en veille; elles demeuraient néanmoins présentes sur le robot, mais restaient inactivées.

Le coût de ce projet se chiffre à environ 5000 Francs, en ce qui concerne le matériel seulement, ce qui est bien peu au vue du bénéfice qu'en retire le département.

La coupe

La coupe s'est déroulée à la Ferté Bernard du 8 au 11 Mai 1997. Notre équipe est donc partie, emportant avec elle le matériel nécessaire à d'éventuelles réparations de dernières minutes (fer à souder, oscilloscope, ...). La phase d'homologation fut passée avec succès,

les matchs un peu plus difficilement. Pendant tout ce temps, une équipe d'espions s'est mise en place, essayant de glaner les informations sur les robots adverses, utiles cette année mais certainement aussi les années prochaines.

Le résultat est plus que prometteur, puisque cette équipe débutante dans le monde des robots, s'est hissée à la 23e place; il y avait 85 équipes participantes, provenant d'IUT, d'IUP, d'universités et d'écoles d'ingénieurs (de nombreuses écoles d'ingénieurs n'ont d'ailleurs pas eu autant de réussites que nous !).

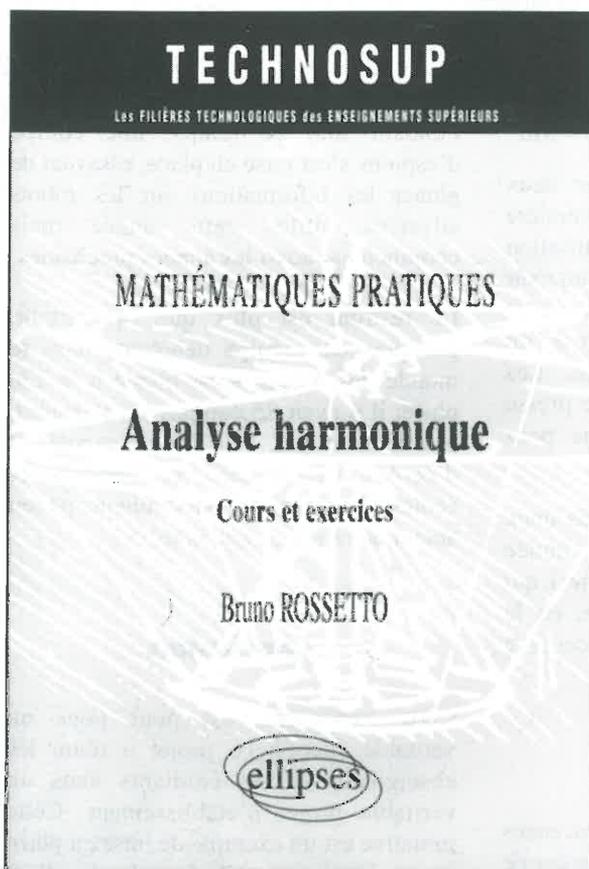
Conclusion

Cette expérience est pour nous un véritable succès: ce projet a réuni les enseignants et les étudiants dans un véritable projet d'établissement. Cette initiative est un exemple de mise en place des projets tutorés dans le cadre de l'IUT, essayant de les intégrer à la vie du département, notamment aux TR de seconde année, en faisant en sorte qu'ils en deviennent complémentaires.

Les étudiants de première et de seconde année se sont retrouvés au sein d'une équipe, réunis dans un objectif commun; ils ont prouvé qu'ils étaient capables de mettre en œuvre, bien entendu les connaissances dispensées à l'IUT, mais aussi d'autres compétences plus industrielles, comme la créativité, la prise d'engagements, le travail en équipe, la mise en place et le respect d'un échancier, l'autonomie, ...; ils ont aussi prouvé qu'ils pouvaient s'enthousiasmer et s'investir sur un projet ayant trait au génie électrique. Il est de plus certains que ce travail saura être valorisé dans leurs CV respectifs, et que des vocations et des projets nouveaux seront nées chez les autres étudiants.

Quant aux enseignants, motivés et surpris par tant d'énergie et d'entrain, ils ont tous participé à ce projet, chacun à leur façon; depuis, d'autres projets du même genre sont en gestation, et risquent fort d'aboutir dans les années qui viennent...

VIENT DE PARAITRE



L'ouvrage (niveau BC) :

Les concepts mathématiques que les ingénieurs, les techniciens et les physiciens utiliseront tout au long de leur carrière sont exposés d'une manière simplifiée et progressive en construisant sur les bases que possède tout bachelier scientifique :

séries et transformée de Fourier, systèmes linéaires stationnaires, fonction d'autocorrélation, échantillonnage et analyse spectrale, transformée en z, fonction d'une variable complexe.

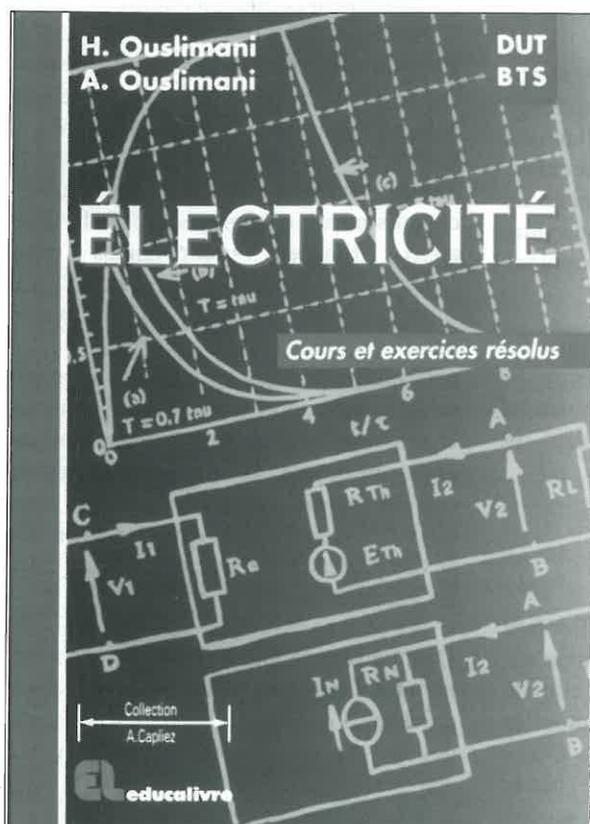
Des exemples fondamentaux sont traités en détail. Des exercices et problèmes sont résolus, et sont proposés des travaux dirigés (exercices guidés) et des travaux pratiques.

L'auteur :

Bruno Rossetto, Professeur des Universités, a dirigé le département de Génie Électrique et Informatique Industrielle de l'IUT de Toulon où il enseigne le traitement du signal. Il enseigne aussi les Mathématiques appliquées en Licence d'Ingénierie Électrique, et les Probabilités et statistiques en DESS d'Ingénierie Marine



ELLIPSES-Edition Marketing
32, rue Bague 75015 PARIS
Tél. : 01 45 67 74 19



Cet ouvrage présente un cours complet regroupant les notions fondamentales de l'électricité, les outils mathématiques de base et les techniques de résolution appliquées aux circuits électroniques linéaires. Des applications faisant partie intégrante du cours, et des exercices corrigés proposés à la fin de chaque chapitre aident à la compréhension des notions traitées.

L'objectif est de permettre :

- d'avoir un cours complet en un seul ouvrage,
- d'acquérir une méthode de raisonnement fiable,
- de maîtriser les techniques de résolution des circuits linéaires.

Cet ouvrage s'adresse particulièrement aux étudiants des IUT, STS, DEUG A, IUP, CNAM et aux professeurs stagiaires des IUFM. Il est utile également pour les préparations en électricité aux concours d'entrée aux écoles d'ingénieurs électroniques.

Les auteurs :

Achour Ouslimani, Docteur ès sciences, Maître de conférences à l'ENSEA de Cergy-Pontoise.

Habiba Ouslimani, Docteur ès sciences, Maître de conférences à l'IUT de Cergy-Pontoise.

Edition CASTEILLA
25, rue Monge 75005 PARIS