

# CESI

génie électrique service information

## BREST, 4-5-6 JUIN 1992 : COLLOQUE GE & II



GEII BREST : VUE GÉNÉRALE DU SITE

- **L'ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE NOUVELLE EST ARRIVÉE.**
- **T.R. 2ème ANNÉE : UNE EXPÉRIENCE NANCÉENNE.**
- **BORDEAUX : UN T.P. D'ÉLECTRONIQUE 1ère ANNÉE.**
- **CERGY : UNE EXPÉRIENCE DE REMISE A NIVEAU EN ANGLAIS.**

**mars 1992**

**numéro  
34**

GÉNIE ÉLECTRIQUE  
SERVICE INFORMATION

Bulletin d'information  
des départements  
Génie Electrique  
et informatique Industrielle  
des Instituts Universitaires  
de Technologie

Directeur de la publication :  
J.C. Duez

Responsable du comité de rédaction :  
G. Gramaciá

Membres :

Mme Sarfati, MM. Atechian, Berthon,  
Bliot, Martin, Michoulier, Pardies,  
Savary, Simon

Illustrations :

Herbe

Secrétariat de rédaction :  
D. Blin

Comité de rédaction :

Département de Génie Electrique  
IUT «A»

33405 Talence Cedex

Tél : 56.84.57.58

Télécopie : 56.84.58.98

Imprimerie :

Laplante

33700 Mérignac

Tél : 56.97.15.05

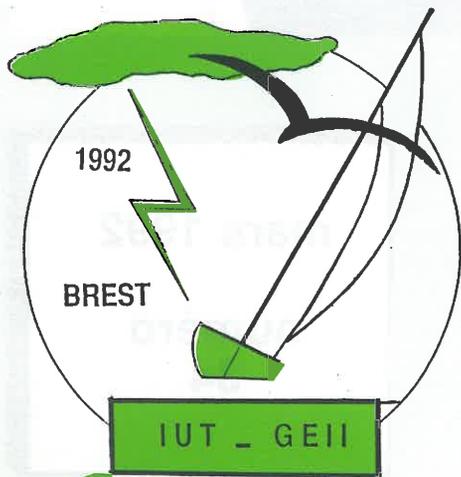
Dépôt légal : décembre 1990

ISSN : 1156-0681

Mars 1992 - numéro 34

## SOMMAIRE

- L'électronique de puissance nouvelle est arrivée ..... p. 3
- Une expérience de remise à niveau en Anglais ..... p. 5
- Bordeaux : un TP d'électronique analogique ..... p. 7
- TR 2ème année : une expérience nancéenne ..... p. 10
- Le cas pluridisciplinaire au service de la formation de l'ingénieur en productique . p. 12
- Vient de paraître ..... p. 15



## EDITORIAL

# Génie Electrique et Informatique Industrielle : DE RAISON A PASSION

**L**e «jeton» qu'a bien voulu me transmettre Francis Lepage après le colloque de Nancy n'est peut être pas un «jeton» empoisonné, mais en tout état de cause il ne laisse pas indifférent le département GEII de Brest.

Certes, je m'y attendais car cela faisait quelque temps que j'observais certaines velléités à vouloir venir observer la Pointe de la Bretagne. Le résultat du vote, fort «démocratique» d'ailleurs, à la fin d'un repas de gala joyeux et animé, n'a fait que conforter cette impression mais a aussitôt généré une certaine anxiété car le thème de ce futur colloque n'était pas choisi. Mais après tout j'avais toutes les vacances pour y réfléchir et exposer à la docte assemblée des Chefs de département les résultats de cette cogitation.

Ma décision a, en fait, été vite prise car elle répondait à deux soucis essentiels :

- d'abord montrer notre département de Brest, car à ma connaissance, c'est la première fois depuis l'existence de nos départements que nous pourrions accueillir nos collègues des «territoires d'Outre-Bretagne», et donc de montrer notre savoir faire, - «réhabiliter» une discipline que j'estime injustement négligée par une grosse majorité de la gent Génie Electrique. -«Faire de l'électrotechnique, c'est d'un rétro... !». C'est tellement plus noble de taper sur un clavier, n'est-il pas ?

Peut être cette réflexion ne plaira-t-elle pas à tout le monde - C'est vrai, je suis provocateur et je prie les vénérables lecteurs de GeSi de m'en excuser- Mais je voudrais aussi rappeler une phrase de Hubert Curien dont la compétence scientifique n'est pas à mettre en doute, prononcée en 1987, lors du Colloque «Avenir du Génie Electrique» : «En science comme en technologie, il n'y a pas de sujets qui soient vieux par eux mêmes. Seules peuvent être vieilles les manières de les traiter».

Nous sommes tous des enseignants de Génie Electrique, nous formons des DUT qui ont une très forte coloration Génie Electrique -Celui-ci a subi une profonde mutation depuis quelques années, il fait de plus en plus appel aux techniques informatiques. Mais inversement le technicien qui devra piloter depuis son ordinateur ces «périphériques lourds» que sont les actionneurs de puissance devra en connaître les fondements.

L'un ne va pas sans l'autre et ce qui a été un mariage de raison entre le Génie Electrique et l'Informatique Industrielle est devenu aujourd'hui une union harmonieuse.

Alors peut être est-il nécessaire de revoir notre copie dans ce domaine : cela passe certainement par une modification de notre état d'esprit actuel, par un dépoussiérage de notre enseignement ; la discussion est ouverte et nous vous proposons de confronter toutes nos idées lors du colloque des 4, 5 et 6 juin prochains, qui sera du tonnerre n'en doutons pas !

Michel VILLAIN  
Chef du Département GEII de Brest

# COLLOQUE PÉDAGOGIQUE ANNUEL DE G.E. & I.I.

## 4, 5 et 6 juin 1992 - Brest



### Commission 1 : Outils de puissance : fonctions et composants.

Analyse de la conception d'un convertisseur en vue de son choix, de son installation, de son paramétrage, de sa maintenance.

*Animateur* : G. SAVARY - Brest.

### Commission 2 : Contrôle - Commande des systèmes de puissance.

Modélisation - Mise en œuvre des algorithmes de commandes - Commande centralisée et réglage.

*Animateur* : F. ROBERT - Valenciennes.

### Commission 3 : Interaction avec l'environnement : pollution et sûreté.

Aspects électromagnétiques, thermiques et acoustiques, transmission d'informations en milieu perturbé.

*Animateur* : C. RENARD - Brest.

### Commission 4 : Les outils de simulation.

Où simuler ? Simuler quoi ? Quand simuler ? Pourquoi ?

*Animateur* : Ch. GLAIZE - Nîmes.

### Commission 5 : Le nouveau programme GEIL.

Contrôle des connaissances - Modalités d'application - Coefficients.

*Animateur* : J.-C. BESSE - Angoulême.

## L'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE NOUVELLE EST ARRIVÉE

### DE LA NECESSITÉ DE CHANGER D'ETAT D'ESPRIT

Pour beaucoup le terme ELECTROTECHNIQUE évoque des machines ou mécanismes variés tels que moteurs, génératrices, rhéostats, disjoncteurs, etc... le tout dans un environnement bruyant et poussiéreux. Pour la génération étudiante actuelle, ce sont des technologies jugées dépassées, donc sans intérêt, même si elle les connaît très peu voire pas du tout. Ce manque de considération ne date pas d'hier puisqu'on a jugé utile de changer l'appellation de l'option Electrotechnique de nos départements Génie Electrique d'avant 1984 en Electronique de Puissance et Electrotechnique.

A-t-on espéré ainsi que cela suffirait pour paraître moins "salissant", moins rétro et tout aussi séduisant que les techniques plus "Grand Public" telles que l'Electronique ou l'Informatique Industrielle ?

En tout état de cause, la réponse nous est fournie par l'observation de deux phénomènes cruciaux.

1 - L'industrie française manque visiblement d'électroniciens de puissance. La vieille garde des électromécaniciens s'éteint progressivement et la relève se fait attendre. Parallèlement les chaînes de production utilisant des actionneurs de puissance sont de plus en plus nombreuses et suscitent de nouveaux besoins en spécialistes (conception, installation et mise en route, maintenance).

2 - Pour former ces spécialistes, il faudrait un corps enseignant important, dynamique et ambitieux.

Important, il ne l'est pas. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer le taux de participation aux concours de recrutement ou le taux de candidature aux postes déclarés vacants.

Dynamique et ambitieux, il l'est sûrement, car vouloir enseigner l'Electronique de Puissance et l'Electrotechnique dans un milieu où il est plus facile de privilégier des thèmes, fleurant bon le neuf, visuels voire médiatique, jusqu'à exclure les autres techniques, révèle un caractère affirmé ! Que celui qui n'a jamais été tenté de chercher la facilité, jette la première pierre.

Cet état des lieux, apparemment peu optimiste, ne doit pas non plus nous faire baisser les bras, car il y a aussi le bon côté d'une Electronique de Puissance et d'une Electrotechnique pleines d'avenir.

## DES RAISONS D'ESPÉRER

L'Electronique de Puissance et l'Electrotechnique sont une peu comme un iceberg : elles cachent des prodiges d'innovation, prennent une part de plus en plus active dans l'ensemble des techniques avancées et leur évolution est loin d'être terminée. Les raisons de cette évolution vont de la recherche d'une énergie à moindre coût à la minimisation des prix des systèmes manufacturés en passant par l'augmentation de la qualité, la diminution des nuisances, l'amélioration de la maintenabilité, etc...

Les technologies de l'Electrotechnique et de l'Electronique de Puissance ont beaucoup évolué ces dernières années :

### 1 - Les matériaux

Qu'ils soient amagnétiques, magnétiques, isolants, supraconducteurs, ils permettent maintenant à l'utilisateur d'obtenir la caractéristique souhaitée. Il est alors possible d'optimiser la construction d'une machine dans un but très précis :

- couple maximum,
- dimensionnement réduit à puissance égale,
- minimisation des vibrations,
- etc,...

### 2 - Les composants semi-conducteurs

Les pouvoirs de coupure ont considérablement augmenté (3000 A sous 6000 V pour un GTO). Les allumages et extinctions s'effectuent à des fréquences plus importantes. N'oublions pas la nouvelle génération de transistors de puissance à technologie bipolaire, MOST ou mixte IGBT dont les temps de commutation à l'extinction et à l'allumage sont suffisamment faibles pour utiliser ensuite des algorithmes de commande rapide.

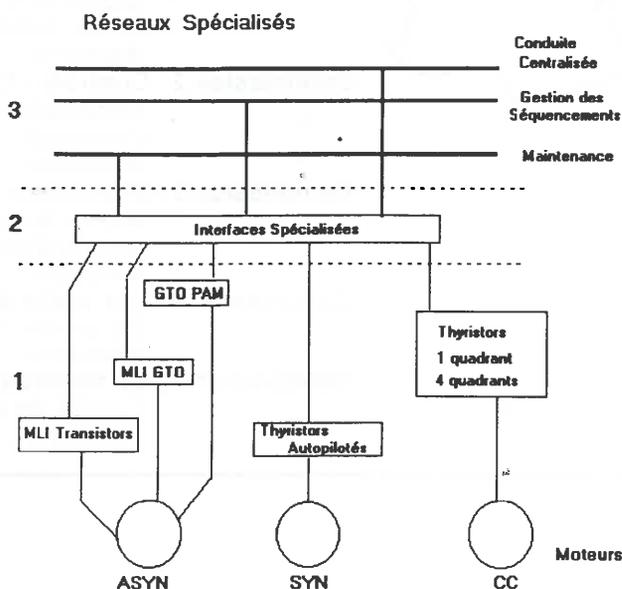
### 3 - Les systèmes

L'utilisation des nouveaux matériaux et semi-conducteurs de puissance a permis le développement de structures de convertisseurs statiques nouvelles (convertisseur à résonance, convertisseur MLI pour l'alimentation des moteurs asynchrones à vitesse variable, etc...).

La commande de ces convertisseurs utilise maintenant les capacités des systèmes microprogrammables dont les vitesses de traitement permettent d'accroître considérablement les performances des systèmes régulés.

Les chaînes industrielles de production (métallurgie, automobile, agro-alimentaire, etc...) ont

vite compris l'intérêt de ces nouvelles techniques et le pari de 1984 du mariage du Génie Electrique et de l'Informatique Industrielle s'avère être une parfaite réussite aujourd'hui. En effet le contrôle d'un procédé industriel de fabrication peut être symbolisé par une structure à trois niveaux (figure ci-dessous).



1 - Outils de Puissance  
(moteurs, composants, systèmes)

2 - Contrôle, Commande décentralisée  
(régulation, Protection)

3 - Communication  
(Supervision, Paramétrage, Diagnostic...)

### - Contrôle d'une chaîne de production -

- le niveau actionneurs de puissance utilisant les composants et convertisseurs statiques,

- le niveau Contrôle - Commande décentralisée où sont mis en place via des micro-calculateurs les algorithmes de commande des régulations,

- le niveau commande hiérarchisée utilisant avec beaucoup de profit un ensemble de réseaux locaux de communication dédiés à certaines tâches (messagerie, télémaintenance et diagnostic, ordonnancement de la production, etc...).

Le mariage Electronique de Puissance - Informatique est donc plus qu'un mariage de raison : c'est une nécessité et il est évident que l'électronicien de puissance de demain utilisera aussi bien des outils de puissance que des outils logiciels adaptés. La construction de ceux-ci passe par la connaissance des premiers et il est évident que l'automaticien ou l'informaticien (au sens industriel) aura les mêmes préoccupations : celui d'actualiser de front une maîtrise technique dans les deux domaines.

## UNE NOUVELLE PÉDAGOGIE POUR LE DUT GEII

Le rôle des enseignants chargés de former des spécialistes en GEII est de faire apprendre à leurs étudiants suffisamment d'Electrotechnique, d'Informatique Industrielle et d'Automatique pour maîtriser l'ensemble d'un processus. Toutefois au préalable ou en parallèle, il aura fallu leur inculquer les notions indispensables de mathématiques, d'électromagnétisme, de mécanique, d'électronique etc...

Dans nos I.U.T. nous ne formons pas des ingénieurs mais des techniciens supérieurs. Nous disposons actuellement de deux ans à raison de 32 heures pendant 32 semaines pour atteindre nos objectifs de formation.

En fait nous le constatons, nos étudiants, malgré toute leur bonne volonté, ont des capacités d'absorption limitées, et il est exclu de "tout" leur apprendre. Il faut donc trier, pour que ce tri soit efficace, il est nécessaire d'avoir les idées claires sur un certain nombre de questions.

- Quelle différence doit-il y avoir entre une formation d'ingénieur et une formation de technicien supérieur en Génie Electrique ?
- Qu'apprend on à un élève-ingénieur que l'on n'apprend pas à un Iutien ?

- Comment tenir compte de l'évolution des techniques pour enseigner autrement ?
- Dans quels domaines faut-il insister ou au contraire alléger ?
- Quels sont les moments privilégiés : cours, TD, TP, TR ?

C'est de ces questions, tournant autour de l'Electronique de Puissance et de l'Informatique Industrielle, mais en fait du Génie Electrique, que nous souhaitons débattre au Colloque de Brest en Juin prochain.

**Ces thèmes de réflexion trouveront tout naturellement leur place dans les cinq commissions que nous vous proposons :**

- Outils de Puissance : fonctions et composants
- Contrôle - Commande des systèmes de Puissance
- Interaction avec l'environnement : pollution et sûreté
- Les outils de simulation
- Le nouveau programme GEII.

Gérard SAVARY - Michel VILLAIN  
Département GEII Brest

### Bibliographie

Jean DHERS - Evolution du Génie Electrique :  
Importance du traitement numérique de l'information  
UNIVERDUSTRIE 91 - Nancy 23-24 Mai 1991

# Une expérience de remise à niveau en anglais

par Michel CHARLOT  
GE & II Cergy Pontoise

Cette expérimentation a été décidée à partir d'un constat : les capacités en anglais de certains étudiants de première année de GEII sont si faibles qu'il est impossible de les amener à un niveau acceptable à l'issue de leurs deux années de scolarité. Pour ne pas passer pour idéaliste, et faute de repère national pourrait être celui requis au DUT électronique. (Signalons à ce sujet l'excellent ouvrage de J.C. Viel, «Gearing up» l'anglais pour sections industrielles, paru chez Hachette). Certains de nos étudiants GEII sont loin de ce niveau, parfois si loin qu'il est impossible d'aborder avec eux des sujets techniques en anglais, comme l'ont bien montré MM. Chevalier et Janitza, auteurs du rapport de la mission de réflexion sur l'enseignement du français, de la littérature et des langues vivantes et anciennes (juillet 1989).

«L'expérience montre que l'enseignement dans les classes post-

baccalauréat se heurte non pas à la difficulté spécifique de la langue technique ou de spécialité, mais au manque de connaissances de base, indispensables, au manque de maîtrise des structures fondamentales et du lexique élémentaire.

L'initiation aux langues de spécialité ne peut intervenir que sur un terrain linguistique convenablement préparé et assaini (p. 19)».

Fort de ce constat, le département Génie Electrique de l'IUT de Cergy a essayé de trouver une solution, qui a pris la forme d'un stage intensif d'anglais pendant la semaine de rentrée des étudiants de première année. Traditionnellement, la première semaine de rentrée ne comporte pas de travaux pratiques ou de travaux de réalisation, ce qui permet de dégager les après-midi des étudiants. Nous avons pu ainsi placer cinq séances de trois heures à chaque fois.

Il était aussi possible d'imaginer

des séances hebdomadaires de soutien, sur un ou deux trimestres, mais nous avons préféré une semaine «choc», d'abord pour bien indiquer aux étudiants sélectionnés le poids accordé à l'anglais dans leurs études GEII à Cergy, ensuite car il semble de plus en plus qu'une pratique intensive de la langue est plus efficace qu'un saupoudrage des horaires (rapport Chevalier p. 27).

Les étudiants ont été sélectionnés à partir du test de niveau que tous les étudiants de première année passent lors de la pré-rentrée (ce test à difficulté progressive, sur la base de 50 questions de type QCM -grammaire et vocabulaire- suivi de 10 lignes à rédiger en anglais permet de créer des groupes de niveau de langue). Cette année, nous avons retenu les 17 étudiants ayant obtenu moins de 6/20 à ce test (dont les résultats se sont échelonnés de 1 à 18). Ces 17 étudiants provenaient tous de bac F 3 et F 2.

Chaque après-midi, les étudiants

ont donc fait l'effort de suivre ce stage intensif d'anglais, sans aucune défaillance. A partir d'une méthode anglaise qui met l'accent sur la communication orale et l'utilisation du laboratoire de langues commun à l'IUT et à l'Université de Cergy (largement disponible début septembre), les étudiants ont revu les bases essentielles de la grammaire anglaise (les 4 temps du présent et du passé), ont appris à utiliser un dictionnaire complet, à prendre des notes de cours pour mémoriser les notions nouvelles, et à rédiger en anglais. La prise de parole, très limitée au début s'est développée d'abord grâce au laboratoire de langues (où la peur du jugement d'autrui n'existe pas puisque la voix de l'élève n'est perçue que par le magnétophone), puis au travail de groupe.

Cette expérimentation a fait l'objet d'une évaluation anonyme à partir du questionnaire ci-dessous que les étudiants ont rempli en fin de stage. (Tous les étudiants sont invités à remplir ces questionnaires anonymes en fin d'année pour que leur enseignant puisse adapter ses cours à venir).

Les points positifs ont été, dans l'ordre : l'expression orale (3 à 5), la compréhension orale, le vocabulaire, la compréhension écrite, la grammaire et l'expression écrite (1 à 3). Tous (sauf 2), estiment avoir acquis plus de confiance («*J'arrive à sortir des phrases entières*»), «*oui, surtout pour la prononciation*», «*un peu, c'est un peu court pour voir une grande différence*»), tous (sans exception) ne pensent pas avoir perdu leur temps, aucun ne souhaite supprimer ce stage («*il faudrait renouveler ce stage si possible*»), «*surtout pas, ce stage m'a permis de consolider et corriger des connaissances floues*»).

En revanche, certains étudiants regrettent la durée des sessions («*trois heures, c'est long*»), «*il faudrait supprimer les cours du matin*»). Les améliorations suggérées sont d'ordre matériel (laisser aux étudiants intéressés la possibilité de copier et d'emporter les cassettes à domicile pour réviser) ou d'ordre pédagogique («*faire plus de grammaire*», «*développer l'expression écrite*»); ces dernières remarques sont justifiées mais irréalisables en 15 heures.

Du point de vue des étudiants, ce stage s'est donc révélé positif, et permet de tracer des fils conducteurs pour ces périodes intensives :

1 - Veiller à ne pas surcharger les étudiants (3 heures par jour, en plus des autres cours du matin, est un grand maximum) : il faut leur laisser le temps de s'approprier ces connaissances nouvelles.

2 - Mettre l'accent sur tous les savoir-faire : comprendre à l'oral et à l'écrit, parler, écrire, sinon les étudiants repèrent très vite les carences ; par ailleurs l'enseignement des langues forme un tout indissociable, chaque savoir-faire conforte les autres.

3 - Varier les moyens (labo-vidéo-stylo) et les approches (oral-écrit) etc...

Ce type de stage intensif d'anglais devrait se développer, surtout à mesure que les IUT seront poussés à accueillir de plus en plus d'étudiants aux parcours scolaires hétérogènes, issus de filières où les langues vivantes sont loin d'être une priorité (bacs professionnels). Ce sera d'autant plus nécessaire que les conditions d'enseignement des langues dans les lycées d'enseignement général ne s'améliorent pas, bien au contraire comme l'indique le rapport Chevalier-Janitza (p. 27).

«Un calcul rapide permet de dire que dans les conditions actuelles, sur une base de 7 années d'apprentissage, de 3 heures de cours hebdomadaires (2 en terminale C), de 30 élèves par classe, de 35 semaines de cours par année, un élève ne peut espérer, dans le meilleur des cas, pratiquer en moyenne la langue étrangère en classe qu'une dizaine d'heures...

On constate également qu'il y a eu dans les dernières années une véritable dégradation des moyens d'enseignement des langues étrangères.

En d'autres termes, le pays doit se donner les moyens de ses ambitions».

Ces stages intensifs pourraient être une première solution, à condition de pouvoir en assurer le financement (15 heures TD en plus par groupe semble déjà lourd pour le département et c'est à peine suffisant), et de trouver les enseignants. Mais veut-on former des DUT génie électrique qui maîtrisent l'anglais ?

## QUESTIONNAIRE (fac similé)

### BILAN D'EVALUATION DE STAGE D'ANGLAIS

Ce stage d'anglais de 15 heures qui se termine représente un gros effort, tant de votre part (toutes vos après midis) que de l'IUT (coût de l'opération). Vos observations seront utiles pour savoir si ce genre de stage intensif doit être renouvelé, et, si oui, comment l'améliorer. Veuillez noter chaque rubrique de 0 à 5 (note la plus élevée), et justifier votre opinion.

#### Avez-vous pu améliorer :

- votre vocabulaire	0	1	2	3	4	5
- votre grammaire	0	1	2	3	4	5
- votre expression écrite	0	1	2	3	4	5
- votre expression orale	0	1	2	3	4	5
- votre compréhension écrite	0	1	2	3	4	5
- votre compréhension orale	0	1	2	3	4	5

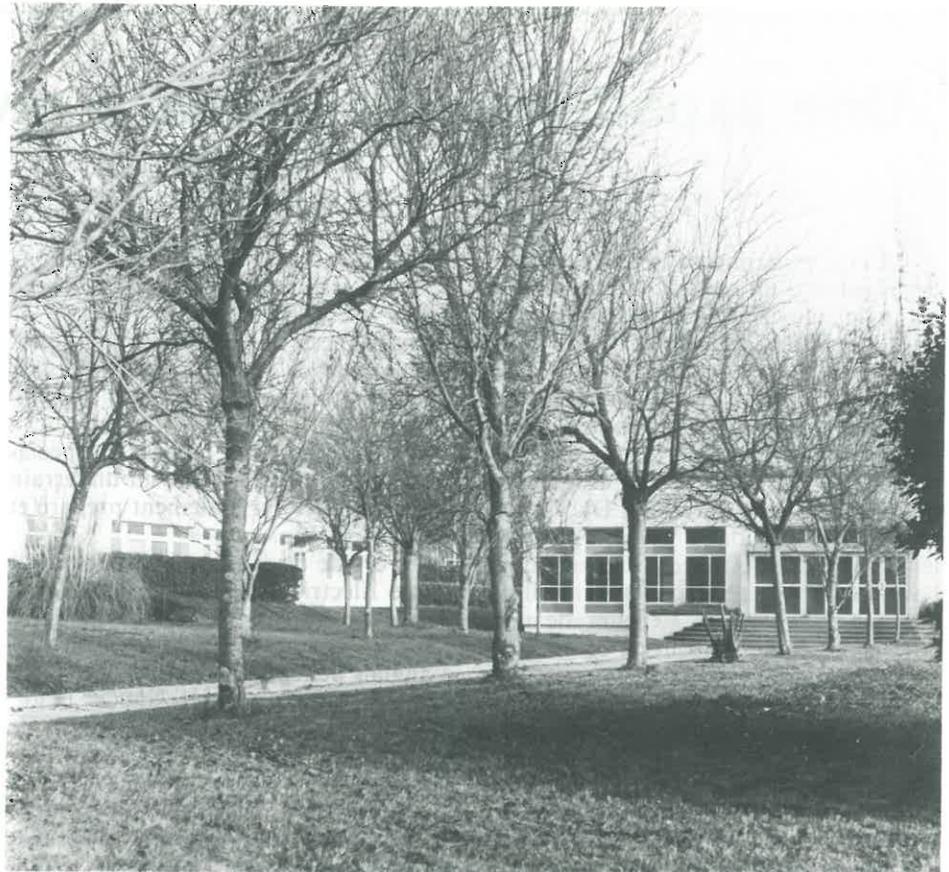
Avez-vous plus de confiance en vous en anglais ?

Avez-vous perdu votre temps ?

Faut-il supprimer ce type de stage ?

Qu'est-ce qui n'allait pas ?

Suggestions pour améliorer ce stage :



## UN T.P. D'ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

### CORRECTION EN FREQUENCE DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

PHILIPPE ROUX  
YVES SIMON  
I.U.T. G.E.I.I. BORDEAUX

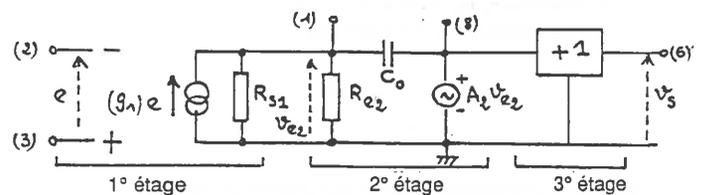
Le but de cette manipulation (fin de troisième trimestre de première année) est d'étudier expérimentalement diverses corrections en fréquence sur l'amplificateur opérationnel non compensé de type LM 748 et de mettre en évidence les modifications apportées sur la bande passante aux faibles et forts signaux.

## 1° PARTIE: RAPPELS THEORIQUES

### 1) PRESENTATION DE L'AMPLIFICATEUR EN BOUCLE OUVERTE

En régime linéaire et en boucle ouverte c'est à dire sans rétroaction, l'amplificateur 748 est équivalent au schéma suivant qui comprend:

- un premier étage, fonctionnant en amplificateur différentiel de transconductance constitué d'un générateur de courant  $(g_1) e$  de résistance interne  $R_{S1}$ .
- un deuxième étage amplificateur de tension de gain  $A_2$  et de résistance d'entrée  $R_{e2}$
- un troisième étage, amplificateur de classe B, à gain unité avec  $R_e$  élevée et  $R_s$  faible dont la fréquence de coupure élevée ne sera pas prise en compte.

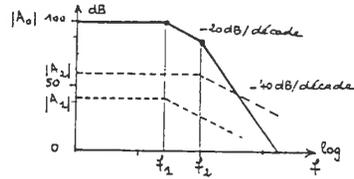


En pratique, plusieurs éléments parasites interviennent sur ce montage, conduisant à l'expression du gain en "boucle ouverte"  $A(f)$  de l'amplificateur:

$$A(f) = \frac{A_0}{\left(1 + j\frac{f}{f_1}\right)\left(1 + j\frac{f}{f_2}\right)} \quad (1)$$

- $A_0$  représente le gain vs /e aux très basses fréquences avec  $|A_0| = 100 \text{ dB}$  sachant que:  $|A_1| = 40 \text{ dB}$ ,  $|A_2| = 60 \text{ dB}$  et  $|A_3| = 0 \text{ dB}$
- $f_1$  est la fréquence de coupure du premier étage:  
 $f_1^{-1} = 2\pi R C_0(1 - A_2)$  où  $R = R_{S1} // R_{e2}$  et  $C_0(1 - A_2)$  =capacité  $C_0$  ramenée à l'entrée du 2° étage par effet Miller.
- $f_2$  est la fréquence de coupure associée au deuxième étage.

Sachant que:  $f_1 = 200 \text{ KHz}$  et  $f_2 = 1 \text{ MHz}$ , la courbe de réponse  $|A| \text{ dB}$  de l'amplificateur 748 en boucle ouverte, sans compensation en fréquence, est la suivante:



## 2) AMPLIFICATEUR RETROACTIONNE: ANALOGIE AVEC LE CIRCUIT RLC SERIE

En pratique, l'amplificateur n'est jamais utilisé en "boucle ouverte" mais subit une rétroaction définie par son taux  $\beta$ . Dans ces conditions son gain en "boucle fermée" s'écrit:

$$A'(f) = \frac{A(f)}{1 + \beta A(f)} \quad (2)$$

Sachant que  $A(f)$  est donné par l'équation (1), l'équation (2) s'écrit:

$$A'(f) = \frac{A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{\frac{j^2 f^2}{f_1 f_2 (1 + \beta A_0)} + \frac{j f (\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2})}{1 + \beta A_0} + 1}$$

Cette expression est à comparer avec la fonction de transfert d'un circuit RLC série ayant une fréquence de résonance  $f_0$ , un coefficient de qualité  $Q$  et telle que :

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\frac{j^2 f^2}{f_0^2} + \frac{j f}{f_0 Q} + 1}$$

### 3) CONSEQUENCES

Par analogie avec le circuit RLC série, l'amplificateur opérationnel 748 bouclé dont le gain est une fonction du 2° ordre, présente lorsqu'il est rétroactionné et dans certaines conditions:

- une pseudo-fréquence de résonance:

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2 (1 + \beta A_0)}$$

- un coefficient de qualité  $Q$  ou bien un coefficient d'amortissement :

$$m = \frac{1}{2Q} = \frac{f_1 + f_2}{2\sqrt{f_1 f_2 \beta A_0}}$$

Le coefficient d'amortissement  $m$  qui dépend du taux de rétroaction  $\beta$  entraîne, lorsqu'il est inférieur à  $1/\sqrt{2}$ , des conséquences fâcheuses:

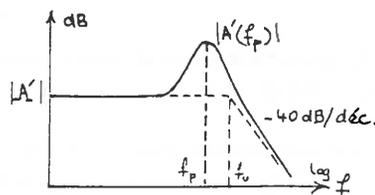
a) La courbe de réponse en fréquence de l'amplificateur bouclé présente une remontée (ou un pic):

- à la fréquence:

$$f_p = f_0 \sqrt{1 - 2m^2}$$

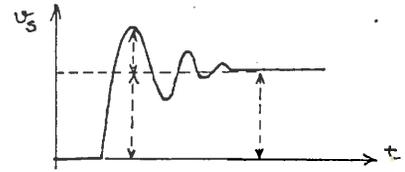
- d'amplitude:

$$|A'(f_p)| = \frac{1}{2\beta m \sqrt{1 - m^2}}$$



Ce pic dans la courbe de réponse est d'autant plus important que le coefficient d'amortissement  $m$  est faible (c'est à dire pour  $\beta$  élevé ou un gain faible du montage rétroactionné).

b) En régime impulsionnel, il apparaît des oscillations sur la tension de sortie  $v_s$ .



Globalement, l'utilisation de l'amplificateur opérationnel non compensé en boucle fermée peut conduire à un coefficient d'amortissement  $m < 1/\sqrt{2}$  qui provoque l'apparition d'oscillations se traduisant sur la réponse en fréquence par une amplification préférentielle des fréquences voisines de  $f_0$ .

Ce phénomène est gênant et peut conduire, compte tenu de couplages parasites supplémentaires, jusqu'à l'oscillation du système.

Il convient donc de limiter le phénomène à l'aide de réseaux auxiliaires de compensation qui donnent une courbe de réponse du type -20 dB/décade à l'amplificateur dans le domaine des fréquences utiles

## 2° PARTIE: MANIPULATION

Toutes les mesures seront effectuées à l'aide de l'oscilloscope. En particulier la tension de sortie  $v_s$  de l'amplificateur sera lue à l'aide d'une sonde compensée (1/10) qui sera correctement réglée en utilisant le signal de calibrage de l'oscilloscope.

Alimenter l'amplificateur opérationnel de manière habituelle:  $V_{CC} = +15 \text{ V}$ ,  $-V_{EE} = -15 \text{ V}$  en prenant garde aux polarités.

Les résultats donnés le sont à titre indicatif.

### 1) UTILISATION DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL 748 SANS COMPENSATION

L'entrée de l'amplificateur rétroactionné sera excitée par un générateur de signaux carrés à une fréquence  $f = 100 \text{ KHz}$  et une amplitude telle que la tension de sortie  $v_s$  du montage soit égale à  $400 \text{ mV}$  crête à crête (l'amplificateur fonctionne alors aux petits signaux).

#### 1.1) Amplificateur de gain - 1

Réaliser le montage suivant où  $R_1 = 1,5 \text{ K}\Omega$  et  $R_2 = 1,5 \text{ k}\Omega$

- Dessiner l'oscillogramme de la tension de sortie  $v_s$  du montage.
  - Indiquer le nombre d'oscillations qui affectent la tension de sortie sur le front montant.
  - Mesurer le rebondissement  $\delta$  en %.
-

## 1.2) Amplificateur de gain - 10.

On prendra  $R_1 = 1,5 \text{ K}\Omega$  et  $R_2 = 15 \text{ K}\Omega$ . Traiter les mêmes questions que précédemment.

1.3) Comparer les résultats et conclure sur le comportement de ces montages du 2<sup>e</sup> ordre.

## 2) AMPLIFICATEUR COMPENSE - 20 dB PAR DECADE PAR RETARD DE PHASE

Cette compensation en fréquence fait intervenir une capacité  $C$  de valeur convenable, branchée entre entrée et sortie du deuxième étage de l'amplificateur 748 (bornes 1 et 8).

Prendre  $C = 47 \text{ pF}$

Cette capacité  $C$ , qui se trouve en parallèle avec la capacité naturelle  $C_0$  (voir 1<sup>e</sup> partie) entraîne une augmentation de la capacité  $C_e$  ramenée à l'entrée du deuxième étage par effet Miller:

$$C_e = (C + C_0) (1 - A_2)$$

La constante de temps :

$$\tau_1 = (R_{S1} // R_{e2}) C_e$$

manière que la fréquence de découpe associée  $f_{c1} = 1 / 2\pi \tau_1$  entraîne une compensation -20 dB / décade dans le domaine utile de l'amplificateur. On a alors:

$$A(f) = A_0 / (1 + jf / f_{c1})$$

Remarque: cette compensation est toujours utilisée sur les amplificateurs opérationnels dits auto-compensés, par exemple le 741 où la capacité  $C$  est intégrée dans le circuit.

On fera l'étude pour trois valeurs particulières de  $R_2$

### 2.1) Régime sinusoïdal petits signaux

Le montage est excité par un générateur sinusoïdal dont on fait varier la fréquence et dont l'amplitude constante est telle qu'aux fréquences moyennes l'amplitude crête à crête de  $v_s$  soit conforme au tableau suivant:

$R_1 \text{ K}\Omega$	$R_2 \text{ K}\Omega$	$v_{s \text{ c à c}} \text{ (mV)}$	$ A'  \text{ fm}$	$f_h \text{ (KHz)}$
1,5	1,5	200		
1,5	15	400		
1,5	150	800		

$ A'  \text{ fm}$	$f_h \text{ (KHz)}$
1	259
10	44
100	5

Mesurer le gain  $A' = v_s / v_e$  aux fréquences moyennes et la fréquence de coupure haute  $f_h$ .

### 2.2) Régime impulsionnel petits signaux

Le générateur d'excitation fournit maintenant un signal carré à  $f = 1 \text{ KHz}$  d'amplitude telle que  $v_s$  soit conforme au tableau précédent.

a) Mesurer dans chaque cas le temps de montée  $\Theta$  de la tension de sortie  $v_s$ .

Remarquer l'absence de rebondissement.

b) Vérifier la relation :  $\Theta f_h = 0,35$  qui indique que le montage est bien du premier ordre.

$ A' $	$\Theta \text{ (}\mu\text{s)}$	$\Theta f_h$
1	1,5	0,38
10	8	0,35
100	80	0,39

### 2.2) Régime sinusoïdal forts signaux

Pour chaque cas, régler le générateur sinusoïdal d'excitation pour obtenir une tension de sortie  $v_s$  égale à 12 V crête à crête aux fréquences moyennes (par exemple 1 KHz).

a) Mesurer à nouveau la fréquence de coupure haute

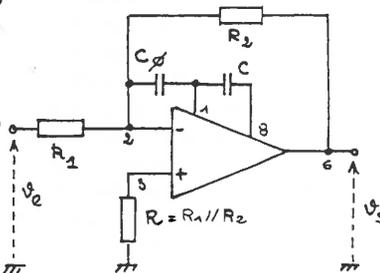
b) Rechercher la fréquence  $f_{tr}$  qui produit une "triangularisation" de la tension de sortie.

$ A' $	$f_h \text{ (KHz)}$	$f_{tr} \text{ (KHz)}$
1	22,5	13,6
10	17,7	10,5
100	5	non mes.

### 3) CORRECTION PAR CELLULE AVANCE DE PHASE (FEED-FORWARD)

Cette correction en fréquence de l'amplificateur opérationnel 748 consiste à shunter le premier étage par une capacité  $C_\phi$  de valeur convenable branchée entre les bornes 1 et 2 (entrée -) comme indiqué sur la figure suivante.

Cette compensation dont la théorie ne sera pas abordée ici conduit à une correction qui donne à l'amplificateur une courbe de réponse de l'ordre de -20 dB / décade optimale avec une fréquence de transition  $f_t$  très élevée (pour  $f_t$  on a  $|A'| = 0 \text{ dB}$ ).



Réaliser le montage précédent avec  $C = 4,7 \text{ pF}$  et  $C_\phi = 1000 \text{ pF}$

### 3.1) Régime sinusoïdal petits signaux

Comme précédemment déterminer le gain aux fréquences moyennes et la fréquence de coupure haute des deux montages amplificateurs suivants:

$R_1 \text{ K}\Omega$	$R_2 \text{ K}\Omega$	$v_{s \text{ c à c}} \text{ (mV)}$	$ A'  \text{ fm}$	$f_h \text{ (KHz)}$
1,5	15	400		
1,5	150	800		

$ A'  \text{ fm}$	$f_h \text{ (KHz)}$
10	669
100	32,5

Comparer aux résultats précédents et conclure.

### 3.2) Régime sinusoïdal forts signaux

Pour les deux montages proposés, régler le générateur sinusoïdal d'excitation pour obtenir une tension de sortie  $v_s$  égale à 12 V crête à crête aux fréquences moyennes.

a) Mesurer à nouveau la fréquence de coupure haute

b) Rechercher la fréquence  $f_{tr}$  qui produit une "triangularisation" de la tension de sortie.

$ A' $	$f_h \text{ (KHz)}$	$f_{tr} \text{ (KHz)}$
10	357	240
100	23	non mes.

c) Comparer aux résultats de la 2<sup>e</sup> partie et conclure.

**NANCY :**

## *Travaux de réalisation en 2ème année :* **Une démarche interdisciplinaire**

par **Patrick LICKEL** et **Roger MARTIN** (GE & II - NANCY)

Pour peu que l'on veuille bien dépasser la relation professeur-élève habituelle, les Travaux de Réalisation constituent le meilleur terrain possible pour introduire la relation **client-fournisseur** dans le cadre d'une démarche qualité. Démarche à laquelle les étudiants ont été initiés au préalable notamment dans le cadre de la formation humaine et des TR de première année. En effet un groupe de TR de deuxième année peut être assimilé à un mini bureau d'études concevant un certain nombre de prototypes. Les produits à concevoir, en relation ou non avec un donneur d'ordres extérieur, sont proposés par les enseignants qui deviennent des clients.

A Nancy, cette démarche associe l'ensemble des animateurs des TR et l'enseignant de formation humaine. Aux premiers d'exprimer leurs besoins et de formuler leurs exigences.

Au second de faire acquérir aux étudiants des outils permettant de s'organiser pour répondre à la demande. Objectifs et contenus de la formation correspondante ont été conçus en concertation par tout le groupe d'enseignants concernés.

En début d'année, chaque enseignant de TR va donc se comporter comme un client et exprimer ses attentes en terme de produit à réaliser (par rapport à la satisfaction d'un besoin). Volontairement, il se contente d'exprimer son besoin final, sans donner trop d'indications techniques aux «étudiants-fournisseurs». Ceux-ci doivent donc prendre l'initiative d'un entretien d'enquête, afin d'explicitier précisément la demande de leur client.

Cette première démarche de communication leur permet de rédiger le cahier des charges et de procéder à l'analyse fonctionnelle.

Après accord des partenaires sur ces documents, les fournisseurs établissent une stratégie pour atteindre l'objectif fixé et définissent méthodologie, outils, découpage et répartition des opérations dans le temps. Ces éléments sont synthétisés sous forme graphique dans un planning prévisionnel (avec approche de la méthode PERT). Autre document prévisionnel, le budget de l'opération : les étudiants apprennent à bâtir un devis en intégrant toutes les composantes de coût, en particulier la main-d'oeuvre. On peut ainsi aborder la notion de coût social, et d'amortissement pour le matériel.

Toutes ces pièces sont présentées au «client-formateur» en annexe d'un contrat de réalisation, signé par les deux parties après accord sur les diffé-

rentes clauses. Une lettre de présentation introduit le dossier. Si le projet associe plusieurs binômes, la coordination apparaît clairement comme une tâche à gérer par l'un d'eux. Il a la charge d'assurer la cohérence de l'ensemble (documents, interconnexions des modules...). Les engagements étant pris, il reste à réaliser le produit. Les enseignants reprennent provisoirement leur rôle habituel de support technique. En dehors du suivi hebdomadaire au cours des séances de TR et lié à la présence des «enseignants-clients», les «fournisseurs» doivent présenter et défendre un bilan intermédiaire. Cette prestation se fait devant l'ensemble du groupe et est évaluée par un «jury» composé d'intervenants de TR (généralement trois, dont le client) et de l'enseignant de formation humaine. La note ainsi obtenue est intégrée dans le contrôle continu en formation générale.

Pour la fin de la formation, les étudiants acquièrent la technique de rédaction :

- de l'argumentaire de promotion commerciale
- du dossier technique d'utilisation et de maintenance à livrer avec le produit réalisé
- d'un cahier de recette utilisé pour la réception du produit
- du rapport d'activité, qui présente le détail du travail accompli, les réflexions nées au cours de la réalisation, l'argumentaire des choix effectués et bien entendu un comparatif entre planning prévisionnel et planning réel.

Tous ces éléments accompagnent la livraison finale.

La dernière performance de communication professionnelle demandée aux «étudiants-fournisseurs» est une présentation technico-commerciale du produit. Elle constitue le point final de la formation, au lendemain des dernières heures de cours.

Le souci qui nous a guidé dans cette démarche de formation interdisciplinaire est celui de toujours préparer nos étudiants à l'entrée dans l'entreprise, en leur permettant :

- de s'appropriier les documents de communication utilisés dans le cadre de réalisations techniques,
- de s'initier à la prévision,
- d'aborder les notions de contrat et de budget,
- d'approfondir leurs performances dans la communication professionnelle écrite et orale, le tout dans le cadre de la relation **client-fournisseur**, en s'appuyant sur du concret : la réalisation d'un produit.

### **ÇI-DESSOUS DES EXEMPLES DE DOCUMENTS RÉALISÉS PAR LES ÉTUDIANTS**

Il est convenu ce qui suit :

#### **ARTICLE 1 :**

Le produit sera réalisé dans un délai maximum de 180 heures par binôme.

#### **ARTICLE 2 :**

Le produit sera conforme au cahier des charges.

#### **ARTICLE 3 :**

Le coût définitif du produit s'élèvera à

#### **ARTICLE 4 :**

Le produit sera livré avec le cahier des charges, un dossier technique d'utilisation et de maintenance pour le 12 juin 1992.

#### **ARTICLE 5 :**

Le binôme s'engage à présenter un état d'avancement des travaux le 9 janvier 1992 et un rapport définitif le 19 juin 1992.

#### **ARTICLE 6 :**

Les enseignants s'engagent à fournir toute explication si évi-dente soit-elle au binôme.

#### **ARTICLE 7 :**

Les enseignants s'engagent à fournir tous composants demandés par le binôme.

#### **ARTICLE 8 :**

Les composants seront fournis aussi rapidement que possible.

#### **ARTICLE 9 :**

En fonction de l'évolution des travaux le binôme se permet de modifier certains points du cahier des charges initial avec l'accord des commanditaires.

#### **ARTICLE 10 :**

En cas d'absence prolongé d'un des membres du binôme, son associé ne serait tenu responsable du retard occasionné.

#### **ARTICLE 11 :**

Une fois terminé, le prototype reviendra au département GEII.

#### **ARTICLE 12 :**

Sont annexés au présent contrat :  
- le cahier des charges définitif  
- le devis estimatif  
- le planning de réalisation

*Les commanditaires*

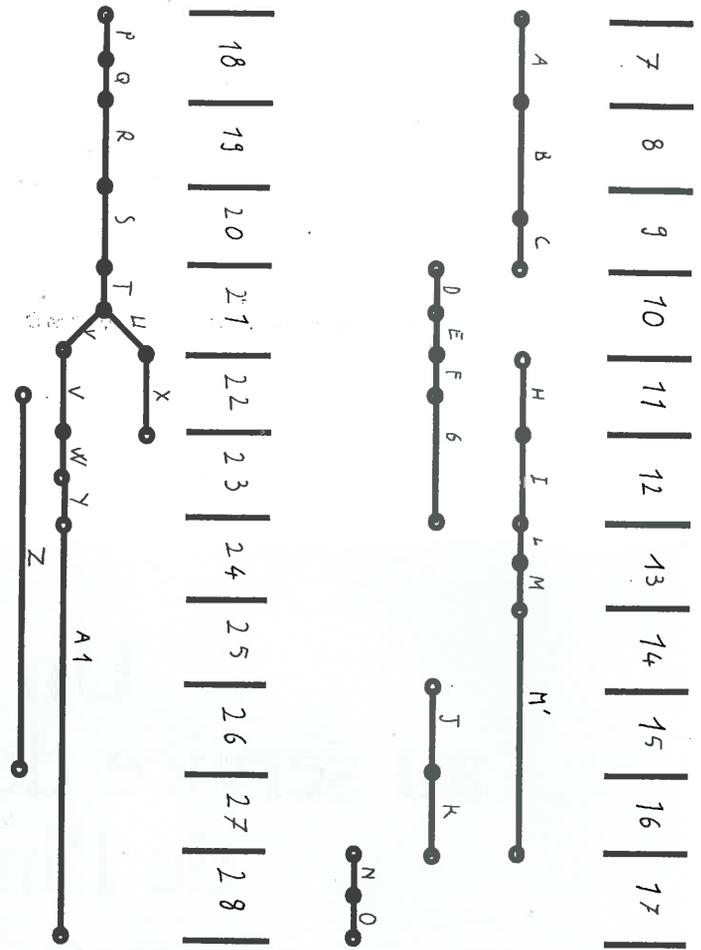
*Les prestataires*

**P. LICKEL  
O. BELLOT**

**D. COSTER  
J.-L. HAMMANN**

**NOMENCLATURE :**

- A :** Rédaction du cahier des charges
- B :** Etude et choix du schéma d'un générateur de fréquence
- C :** Essai du montage avec validation
- D :** Etude et analyse du module SBPA
- E :** Schéma du SBPA
- F :** Montage d'essai et validation
- G :** Etude du schéma existant avec extension SBPA
- H :** Etude du design face avant
- I :** Etude du câblage face avant
- J :** Schéma du câblage face avant
- K :** Typon face avant
- L :** Schéma face arrière
- M :** Usinage face arrière
- M' :** Typon général
- N :** Définition des caractéristiques alimentation
- O :** Schéma alimentation
- P :** Montage d'essai
- Q :** Typon alimentation
- R :** Préparation soutenance
- S :** Soutenance orale
- T :** Réalisation des CI
- U :** Perçage, soudage des CI «alim» et «SBPA»
- V :** Usinage face avant
- W :** Câblage face avant
- X :** Montage CI «alim» sur face arrière
- Y :** Assemblage complet
- Z :** Rédaction dossier technique
- A1 :** Essais et mise au point puis livraison.



Groupe: 22	Titre : PLANNING PREVISIONNEL	Nom : COSTER/HAMMANN
	Etude :	version : 1
	Projet : GENERATEUR DE SBPA	date : 06 /11 / 91
	GENIE ELECTRIQUE et INFORMATIQUE INDUSTRIELLE	page : 2 / 2

Groupe: 22	Titre : PLANNING PREVISIONNEL	Nom : COSTER/HAMMANN
	Etude :	version : 1
	Projet : GENERATEUR DE SBPA	date : 06 /11 / 91
	GENIE ELECTRIQUE et INFORMATIQUE INDUSTRIELLE	page : 1 / 2

**DEVIS**

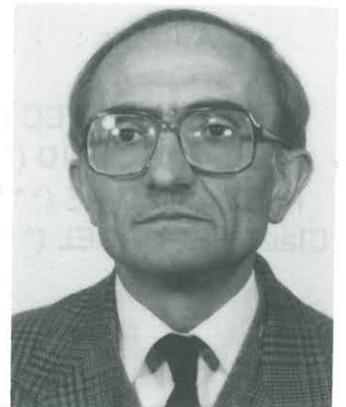
**POUR LA REALISATION D'UN GENERATEUR DE SBPA**

Les dépenses pour ce produit se répartiront comme suit

Salaires bruts des deux techniciens supérieurs :	
284 heures de travail en salle de TR	
50 heures de travail personnel à 68 F de l'heure	14 824 F
Charge patronale : 86 % du salaire brut	8 772 F
Coût des locaux et de l'énergie	
20 F par heure et par salle : 20 F *nbh*1 salle	150 F
Amortissement du matériel	
7 F par heure : 7 F x 100 heures	700 F
Matériel utilisé pour la réalisation du produit	800 F
<b>TOTAL</b>	<b>25 246 F</b>



**Patrick LICKEL**  
Professeur agrégé de Génie Electrique en GE & II - Nancy.



**Roger MARTIN**  
Enseignant en Formation Humaine en GE & II - Nancy.

GROUPE : 22	TITRE : DEVIS	COSTER/HAMMANN
	PROJET : GENERATEUR DE SBPA	DATE 7/12/91
	GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE	PAGE 1/1

# Un outil au service de la formation de l'ingénieur en productique :

## LE CAS PLURIDISCIPLINAIRE

### Auteurs :

**Martine BOENNEC (\*)**  
**Jacques DURAND (\*\*)**  
**Patrice GAFFIE (\*\*\*)**  
**Claude POURCEL (\*\*\*\*)**

*\* Institut Universitaire de Technologie de Tours,  
Communication écrite et orale, chargée de cours  
à l'E.I.T.*

*\*\* Institut Universitaire de Technologie de  
Tours, Maître de Conférences de Psychologie  
sociale, chargé de cours à l'E.I.T.*

*\*\*\* Ecole d'Ingénieurs de Tours, Ingénieur,  
Directeur des Etudes.*

*\*\*\*\* Automatique Innovation. Ecole d'Ingé-  
nieurs de Tours, consultant et chargé de cours à  
l'E.I.T.*

### RESUMÉ

L'apprentissage de la pluridiscipli-  
narité, par l'intermédiaire de cas con-  
crets et/ou simulés, rend le futur ingé-  
nieur plus efficace dans la mesure où  
cet apprentissage le place dans des con-  
ditions de travail proches de la réalité.

Il permet en effet :

- d'analyser une situation,
- fixer des objectifs et répartir des tâches,
- collecter, trier, traiter l'information,
- mettre au point une démarche,
- prendre des décisions issues des résultats,
- communiquer ces décisions par oral et par écrit,
- respecter les délais impartis.

Ce type de travail, où les élèves se

réunissent en sous-groupes de 6, oblige à gérer les relations, le temps, à répartir et contrôler les tâches.

- La communication portera sur :
- le cadre et le déroulement de l'expérience (objectifs pédagogiques, contenu, déroulement, contraintes),
  - les critères d'évaluation,
  - le bilan pédagogique et les perspectives.

**Mots clés :** étude de cas, diagnostic productique, pédagogie, pluridisciplinarité.

## CADRE ET DÉROULEMENT DE L'EXPERIENCE

Les modifications des données économiques de ces dernières années ont entraîné une remise en cause fondamentale et profonde des règles de production des entreprises industrielles.

Les nouvelles exigences qu'induit cette situation nécessitent de posséder, de plus en plus, une vision globale des problèmes inhérents aux systèmes de production dans le but de préserver la compétitivité et la performance industrielle des entreprises.

Cette tendance implique nécessairement de recourir à une démarche globale permettant d'améliorer la productivité des outils industriels. Cette démarche peut être associée à la démarche productique qui s'applique à toutes les activités des systèmes industriels.

Cependant, il est essentiel de constater qu'une approche purement technique ne peut répondre à l'ensemble des objectifs que doit se fixer toute entreprise industrielle. La simultanéité de réalisation de ces différents objectifs nécessite d'associer aux aspects techniques les aspects économiques, sociaux et humains afin que, dans une perspective de démarche intégrée, l'entreprise devienne une structure réactive vis-à-vis de son environnement. Cette intégration ne peut se réaliser que si son organisation répond à un plan d'actions structurées, basé sur la communication aussi bien interne qu'externe. Ces principes amènent à définir le concept d'entreprise étendue présenté dans le rapport du groupe de prospective portant sur l'usine du futur : l'entreprise communicante et intégrée.

Face à cette situation, la formation des futurs cadres industriels et plus particulièrement celle des ingénieurs «producticiens» doit leur permettre d'acquies une vision synthétique et globale du système entreprise ainsi que les éléments essentiels de sa problématique. Elle impose de former à une utilisation cohérente des méthodes et outils du Génie Industriel afin d'éviter les écueils rencontrés bien souvent dans la modernisation de l'outil de production, et dus le plus souvent à la complexité et à la difficulté de modélisation des systèmes réels.

Ces difficultés rencontrées dans la mise en oeuvre des systèmes intégrés de production sous-entend que la pluridis-

ciplinarité doit être le maître mot d'une telle formation. Cependant, eu égard à l'importance du champ d'investigation nécessaire à l'efficacité, il faut prêter une attention particulière aux problèmes posés par le morcellement des enseignements relevant des différents génies au sein de cette formation.

Le cas pluridisciplinaire répond tout à fait à cet état de fait. Sa mise en oeuvre consiste, dans notre situation, à réaliser le diagnostic productique d'une entreprise industrielle. Il est effectué par une équipe de consultants (groupe de 6 élèves ingénieurs) qui doit aboutir à la remise d'un plan de développement productique (tableau 1) présenté, sous la forme d'un rapport écrit commenté oralement par l'équipe, aux formateurs et à l'entreprise (uniquement si cette dernière a commandité l'étude de cas).

Le choix de l'entreprise ou du modèle «entreprise» retenu respecte les règles de confidentialité inhérentes à ce type d'études. Il est cependant nécessaire de recourir à une simplification du modèle du cas afin de conserver, au niveau des formateurs, la maîtrise de la complexité des situations rencontrées.

Contrairement au diagnostic classique, le groupe de «consultants-juniors» ne réalise pas le recueil complet des informations relatives à l'analyse de l'existant. Mais, malgré cette restriction, le déroulement du diagnostic permet d'observer et d'analyser le comportement et la démarche suivis par le groupe lors du déroulement du cas en conformité avec une situation concrète.

A partir des objectifs fixés (tableau 2) par la direction (réelle ou fictive) et après une analyse de l'existant faite au sein de l'entreprise (au niveau des produits, des technologies et du marché), ils doivent analyser la situation actuelle de l'entreprise, proposer les solutions envisageables, valider et choisir une ou plusieurs solutions, rédiger le plan d'automatisation et d'informatisation en justifiant le (ou les) choix proposés(s).

En partant des étapes liées au déroulement classique d'un diagnostic (tableau 3), un nouveau découpage a été effectué afin de tenir compte des contraintes pédagogiques de l'étude de cas. Le tableau 4 reprend les quatre phases du cas pluridisciplinaire en les comparant aux étapes du diagnostic et en situant le rôle des formateurs et des étudiants.

Ce type de cas se déroule temporellement sur 3 jours et nécessite un travail en groupe en dehors des sessions programmées (recherche d'informations, analyse et recherche de solutions).

La première étude a porté sur un modèle type de l'industrie de la mode (MODINNOV) et plus spécialement du secteur de l'industrie de la chaussure. Le choix de l'entreprise ou du modèle est effectué par l'équipe de formateurs et dépend directement de l'adéquation existant entre les critères pédagogiques propres au cas et ceux du secteur industriel considéré.

TABLEAU 1

D'après D. Pourcel  
Systèmes automatisés de production  
Cepadues 1986

## COMPOSANTES D'UN PLAN DE DEVELOPPEMENT PRODUCTIQUE

### 1 - Système de pilotage

- Ebauche des procédures de gestion et de planification,
- Relations entre les diverses fonctions : fabrication, approvisionnement, commercialisation, administration et finances.
- Définition de l'organigramme de la production.
- Choix des moyens de l'informatique de gestion de production : logiciels, matériels.

### 2 - Système physique de fabrication

- Choix des équipements et des moyens de fabrication : MOCN, centre d'usinage, poste de travail automatisé, système de transport, système de stockage, FAO.
- Description des moyens et des procédures d'exploitation de l'outil de fabrication.
- Organisation de la fabrication, regroupement en activités homogènes, fixation des lignes de fabrication, cercle de qualité, cercle de progrès.

### 3 - Système physique d'approvisionnement

- Choix des équipements et des moyens de stockage des composants et articles sous-traités,
- Organisation de la fonction approvisionnement : achats, tenue des stocks, gestion des stocks.

### 4 - Système de contrôle

- Choix des équipements et des moyens de contrôle : contrôle qualité (CQAO), suivi de production (temps différé ou réel), contrôle de gestion industriel (informatique de gestion).
- Procédures de contrôle : qualité, production et gestion.

### 5 - Le plan de formation associé

- Choix des ressources et du personnel concerné
- Choix des moyens de formation : intérieure, extérieure, alternative.

### 6 - Evaluation du plan d'automatisation

- Estimation des coûts des solutions proposées
- Estimation des gains attendus.
- Etude de rentabilité des projets inscrits au plan d'automatisation.

Tableau 2

### OBJECTIFS TYPES LORS DU DIAGNOSTIC PRODUCTIQUE

- Amélioration de la productivité
- Amélioration de la qualité de production
- Diminution des coûts de production
- Diminution des délais
- Diminution des stocks
- Variété des produits
- Flexibilité du système de production
- Réactivité du système de production

*Remarque : Suivant l'entreprise ou le modèle, chaque objectif type est exprimé quantitativement.*

Tableau 3

d'après C. Pourcel, **Systèmes automatisés de production**  
Cepadues 1986

### LE DEROULEMENT D'UN DIAGNOSTIC

Objectifs du diagnostic :  
Les résultats attendus à la fin du diagnostic sont :

- une définition des différents domaines du système de production qui doivent être automatisés
- une planification du développement des différents projets constituant le scénario d'automatisation retenu.

Durant cette phase seront déterminées :

- la stratégie des moyens en personnel (formation, embauche, sous-traitance)
- la stratégie des moyens matériels : MOCN, cellules d'usinage, robots, manipulateurs, etc...
- la stratégie du système de gestion de production : procédures, logiciels et moyens informatiques,
- la stratégie de mise en oeuvre de l'automatisation et de l'informatisation de la production.

Les différentes étapes :

- Etape 1 : fixer les objectifs d'automatisation
- Etape 2 : rassembler les données générales sur le système de production
- Etape 3 : positionner l'entreprise par rapport à son secteur
- Etape 4 : analyser
- Etape 5 : rechercher des scénarios possibles
- Etape 6 : valider un ou plusieurs scénarios
- Etape 7 : rédiger le plan d'automatisation
- Etape 8 : prendre une décision (quant à la poursuite du plan d'automatisation) ou remettre en cause les objectifs fixés au début du diagnostic.

Tableau 4

### DÉROULEMENT DU CAS PLURIDISCIPLINAIRE

#### Phase 1

correspond aux étapes 1 et 2  
Formateurs : rôle d'experts

- Choix de l'entreprise ou du modèle
- Description détaillée de l'entreprise et de ses produits
- Définition des objectifs
- Constitution du dossier de recueil d'informations destinées aux consultants juniors

#### Phase 2

correspond aux étapes 3 et 4  
Elèves : rôle de «consultants juniors»  
Formateurs : rôle de dirigeants d'entreprise

- Recherche d'informations complémentaires
- Définition de la stratégie de l'entreprise
- Approche systématique de l'entreprise
- Recherche des dysfonctionnements
- Analyse de situation et positionnement de l'entreprise face à sa concurrence directe et/ou indirecte

#### Phase 3

correspond aux étapes 5 et 6  
Elèves : rôle de «consultants juniors»  
Formateurs : rôle d'experts

- Recherche des solutions possibles
- Recueil d'informations par l'intermédiaire de l'achat de conseils auprès d'experts (budget limité alloué au début de l'étude)
- Construction d'un ou plusieurs scénarios envisageables

#### Phase 4

correspond aux étapes 7 et 8  
Elèves : rôle de «consultants juniors»  
Formateurs : rôle de conseillers

- Validation de la méthodologie
- Evaluation des scénarios proposés
- Choix et justification du ou des scénarios retenus définitivement par le groupe de consultants juniors
- Rédaction du rapport écrit du plan de développement productique
- Préparation et présentation de la soutenance du rapport.

## LES CRITERES D'EVALUATION

Pourquoi une évaluation ?

- **On évalue d'abord pour communiquer.** Cette communication s'adresse d'une part aux élèves-ingénieurs et, d'autre part, aux formateurs afin qu'ils puissent parler le même langage (référentiel commun).

- **On évalue également pour décrire** la situation pédagogique créée : cette description ne pouvant être exhaustive, il est cependant souhaitable qu'elle ne donne pas une image appauvrie de la réalité.

- Au-delà de la description, **l'évaluation permet de comprendre** les effets de cette situation pédagogique.

- Au terme de ce processus, il est procédé à une **évaluation sommative** dont l'objet est de contrôler, par le moyen du cas pluridisciplinaire en 3ème année, le résultat des trois journées de formation qui font suite à trois années d'enseignement.

### Comment évalue-t-on ?

- Dans une première approche, nous pouvons noter que l'évaluation se caractérise par la formulation d'un jugement et l'attribution d'une note au groupe d'élèves-ingénieurs.

- Pour les formateurs, évaluer consiste à mettre en relation de façon explicite un **référé** (c'est-à-dire le travail et la production écrite des futurs ingénieurs) avec un **réfèrent** (c'est-à-dire la situation initiale et l'objectif de performance de l'entreprise).

- Cette mise en relation entre le référé et le réfèrent fut le point le plus délicat de notre pratique d'évaluation.

C'est à cette étape qu'il devient nécessaire d'élaborer et de formuler des **critères d'évaluation**.

Quatre critères furent retenus :

### **Précocité de la prise d'information**

Ce critère renvoie à trois opérations :

- celle qui consiste à collecter et sélectionner des informations significatives de l'entreprise étudiée.

- celle qui consiste à analyser les informations recueillies

- celle qui consiste à sélectionner les solutions techniques, économiques, sociales et organisationnelles adaptées.

### **Pertinence des choix proposés**

Il s'agit d'évaluer dans quelle mesure les choix des élèves correspondent aux caractéristiques de la situation concrète et complexe qu'est l'entreprise étudiée.

### **Variété des propositions concrètes**

Il s'agit de porter un jugement sur la capacité des élèves - ingénieurs à donner des alternatives dans le cadre d'évolutions diversifiées.

### **Qualité de l'organisation du travail de groupe et de la présentation des données**

Il s'agit de caractériser à partir de leur production finale le niveau et l'organisation du travail des élèves pendant les sessions et inter-sessions.

Par conséquent, la pertinence de cette évaluation trouve son origine, non pas dans l'organisation universitaire

des études, mais dans les finalités de production et de gestion de l'entreprise.

Cette évaluation vise, au bout du compte, à contrôler rationnellement la conformité des effets produits par le cas pluridisciplinaire au regard de l'attente de l'entreprise.

## BILAN PEDAGOGIQUE ET PERSPECTIVES

Nous insisterons, en conclusion, sur l'aspect pédagogique de l'expérience. Il ne s'agit pas de dresser un bilan exagérément positif mais de faire le point sur les apports pour les élèves, les contraintes pour les formateurs et les limites d'un travail de cette nature.

Le cas conçu a permis aux étudiants, les premiers concernés, de faire face à des situations qui sont celles de la vie en entreprise :

- dans un premier temps, il s'agissait d'analyser la complexité d'une situation avant de se lancer dans la collecte d'informations, étape refuge, active, relativement aisée à entreprendre. Mais, sans analyse préalable fine, comment repérer, sélectionner la bonne information ?

- parallèlement, ce grand nombre de données complexes devait être traité en groupe et en temps limité : nécessité donc d'organiser les tâches, de les répartir, d'opérer les contrôles avec le plus grand souci de respecter les délais : excellent exercice avant l'insertion dans l'entreprise.

- bien entendu, les tâches ne pouvaient s'effectuer que si chaque étudiant trouvait sa place dans le groupe : la parole et l'écoute, indissociables, devaient permettre à chacun de travailler de façon autonome et en convergence avec les objectifs initiaux. Dans ce domaine relationnel, une autre tâche s'imposait aux élèves : savoir négocier avec les formateurs, c'est-à-dire, se procurer ou

acheter des informations, des conseils ou des expertises. Poser la bonne question au bon interlocuteur ramenait à cerner la problématique, à se recentrer sur les objectifs fixés.

Au terme du processus de recherche et de travail en commun, nous souhaitions obtenir des étudiants les deux résultats suivants que nous jugeons indispensables avant toute insertion professionnelle :

- chaque groupe devait fournir des propositions et solutions argumentées et en adéquation parfaite avec les objectifs fixés. Il s'agissait donc pour les étudiants de prouver leur capacité à faire la liaison entre l'analyse et l'action (c'est ce que recherche une entreprise quand elle embauche un jeune ingénieur),

- chaque groupe devait communiquer ses résultats avec le plus grand souci de la qualité. La « qualité totale » passe aussi par celle des documents écrits et prestations orales émanant des ingénieurs. Un compte-rendu synthétique, structuré et normalisé (références bibliographiques, sommaire, annexes, lexique, abstract), ainsi qu'une soutenance orale (gestion du temps, des outils de communication, contact avec auditoire, effort de vulgarisation) concrétisaient les dernières étapes du travail.

Nous nous intéresserons à présent aux formateurs pour souligner les contraintes auxquelles il faut faire face pour mener à bien une expérience de ce type.

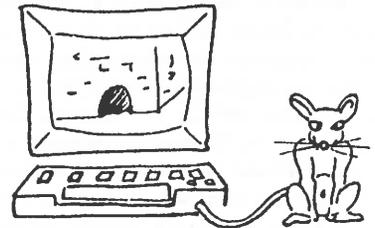
La première porte sur la nécessité d'une interdisciplinarité qui suppose soit la mise au point d'une terminologie comprise de tous, soit l'effort de compréhension de la terminologie utilisée par chaque collègue. Des discussions informelles et travaux antérieurs communs ont aidé à franchir le cap.

La seconde contrainte consiste en un regroupement de spécialistes cou-

vrant les champs disciplinaires concernés : il s'agissait ici de producticiens, experts en génie industriel, en psychologie d'entreprise, en communication. A ces compétences, se superposaient leurs profils d'universitaires, ingénieurs et consultants d'entreprise, chaque formateur exerçant simultanément deux ou trois de ces rôles dans sa vie professionnelle.

La dernière contrainte portait sur la préparation des formateurs à assumer trois rôles différents au cours de ces journées : le premier jour, il s'agissait de diffuser des informations (sur l'entreprise et/ou la discipline concernée par les questions), le second de vendre des conseils, (à cet égard, des limites avaient été proposées aux élèves : un budget leur avait été alloué pour mener à bien la mission confiée : lors de l'évaluation des travaux, il a été tenu compte du respect de l'enveloppe globale, des dépassements entraînant une sanction), le dernier d'expertiser la méthodologie et de guider les étudiants dans le choix des solutions qu'ils présentaient aux formateurs.

De telles contraintes ne doivent évidemment pas faire abandonner ce type de formation par l'action qui débouche sur des atouts pour les deux groupes de partenaires : formation en rapport plus étroit avec le terrain pour les futurs ingénieurs, meilleure efficacité pédagogique pour les formateurs, possibilités de recherches appliquées dans le domaine de la pédagogie.



VIENT DE PARAITRE... VIENT DE PARAITRE... VIENT DE PARAITRE... VIENT DE PARAITRE...

## EXERCICES D'AUTOMATIQUE

### 2. ASSERVISSEMENT, RÉGULATION, COMMANDE ANALOGIQUE

par M. RIVOIRE,  
Professeur ENSAM à l'IUT d'Angers,

J.-L. FERRIER,  
Professeur à l'Université d'Angers,

J. GROLEAU,  
Ingénieur ESEO, Chef de travaux ENSAM  
à l'IUT d'Angers.

Collection "BTS-IUT-Ecoles d'Ingénieurs".  
2ème édition, 1992, revue et corrigée,  
15,5x24, 264 pages, N° 9565, 174 F.

Dans cet ouvrage, d'exercices et de problèmes résolus, les grands principes de l'automatique, plus précisément ceux de la commande analogique sont illustrés par plus de cent exercices.

Ce tome reprend les notions développées dans le tome 2 du "Cours d'automatique". Chaque chapitre est précédé d'un rappel de cours. Les solutions, le plus souvent détaillées et accompagnées de commentaires, permettent d'insister sur la compréhension physique des phénomènes et

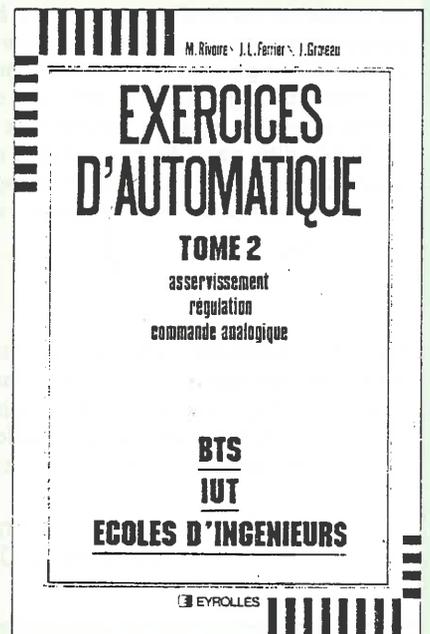
sur la méthodologie, passages obligés pour une utilisation efficace des outils modernes dont dispose l'automaticien.

Ces exercices sont aussi l'occasion d'approfondir certaines notions qui, faute de place, n'avaient pu être développées dans le tome du cours correspondant.

#### Sommaire :

Introduction aux systèmes bouclés, approche de l'analyse fonctionnelle. Le signal de commande, conception du correcteur. Modèle linéaire d'un processus. Modèle du premier ordre, du deuxième ordre. Systèmes d'ordre supérieur à deux, systèmes à retard pur. La stabilité des systèmes. Les performances. Les principes de la commande analogique. Le correcteur PID. Synthèse des correcteurs dans le plan Black. Autres méthodes de synthèse des correcteurs. Régulation analogique pilotée par ordinateur.

Le tome 1 du Cours a été réédité.  
Les tomes 1 et tomes 2 d'Exercices sont parus.  
Le tome 3 paraîtra en septembre 1992.



# LAYO1, logiciel FCAO (EGA ou VGA)

Mode autoroutage disponible pour les circuits électronique.  
Mode manuel pour le génie électrique.

Conçu pour répondre à la tendance actuelle de décentralisation des tâches confiées initialement aux gros systèmes, LAYO1 est idéalement adapté à l'équipement de postes autonomés sur PC/AT.

Extrêmement rapide et puissant, il reste toutefois d'une convivialité et d'une simplicité d'emploi exemplaires, conditions indispensables pour servir efficacement un concepteur. Outre les performances étonnantes du logiciel, la politique commerciale de LAYO FRANCE innove à son tour: vivante, ouverte, compétente et aimable! Un quarté rassurant.

## LAYO1E, LA DEMO qui fonctionne

C'est à notre connaissance la première fois qu'une démo offre TOUTES les possibilités d'un soft de cette catégorie. La seule limitation est affectée au nombre de lignes de données (1 000 quand même). Il est donc possible de tout faire fonctionner: routage manuel, routage automatique, importation de netlistes en provenance des logiciels de schéma comme Orcad SDT III (r), Schema III (r), etc. .. création de netliste sans import, sortie sur imprimante manuelle ou laser, sur traceur HP-GL (r), fichiers GERBER (r), Glaser (r), fichiers de perçage etc. . .

Cette formule permettra entre autres de préparer les librairies de composants qui équiperont les futurs postes de travail. Chacun sait en effet qu'aussi complètes que soient les listes fournies avec un soft, il est indispensable d'accorder un temps parfois important à l'ajout de composants particuliers ou encore à la personnalisation du graphisme, voire de l'alphabet (logo, etc. . .). Ainsi, la prise en main du logiciel et la création des futurs outils se fera en douceur et en toute sécurité, car il faut savoir que disquettes + manuel original (250 pages en bon français) ne coûtent que

350 Frs Ttc

Il est donc possible - en toute légalité - d'équiper par exemple 10 postes pour 3500 Frs Ttc, chacun assurant sa propre formation (l'assistance téléphonique est gratuite) et participant à la constitu-

tion des librairies utiles à l'entreprise. La copie des disquettes étant officiellement autorisée, toute personne pourra ainsi disposer légalement d'une copie à usage personnel.

LAYO n'a rien à cacher et le prouve!

## LAYO1, QUATRE VERSIONS

Conçu pour l'industrie par des professionnels, LAYO1 propose quatre versions permettant de choisir la formule la mieux adaptée aux besoins de l'utilisateur est à son budget. LAYO saura parfaitement respecter les exigences particulières aux tracés de circuits HF, audio ou micro. Toutes les versions de LAYO sont compatibles dans la limite des capacités autorisées.

**LAYO1 Junior:** 5 000 lignes de données, pas de routage automatique. C'est l'outil minimum à mettre entre les mains d'un dessinateur expérimenté. La résolution 1/1280 de pouce permet des tracés d'une extrême précision (HF, VHF, UHF etc. . .)

**LAYO1:** 30 000 lignes de données, toujours sans routage automatique. Six fois plus puissant que LAYO1 Junior, il autorise les réalisations audacieuses et délicates (audio, hautes fréquences). Si l'opérateur est un dessinateur confirmé, LAYO1 ne freinera aucunement sa créativité.

**LAYO1 PLUS Junior:** 5 000 lignes de données (comme LAYO1 Junior), mais l'autoplacement, l'import de netlistes et le routage automatique programmable (macros) en PLUS.

La capacité un peu faible de cette version la destine à ceux qui se limitent à des réalisations "micro" d'envergure moyenne. Si l'utilisateur n'a qu'un besoin sporadique du routage assisté, LAYO1 sera à mettre dans la balance au moment du choix.

**LAYO1 PLUS:** 25 000 lignes de données et routage automatique. C'est la version la plus puissante de toutes car elle cumule capacité importante, assistance au routage et import de toutes les autres sans restriction. Mieux encore, si un poste travaille avec LAYO1 Junior sur une partie délicate nécessitant un savoir-faire particulier, et un autre sur une section purement laborieuse (logique), avec LAYO1 PLUS les solutions de ces deux postes pourront être reprises et combinées sous LAYO1 PLUS.

La qualité des tracés à l'échelle 1 est excellente et permet de réaliser des prototypes sans intermédiaire ni manipulation photographique.

## ÉVOLUTION

Ne pas évoluer équivaut à régresser, c'est bien connu. Si chacun pouvait progresser à son rythme ce serait parfait, mais souvent on assiste à un forcing propre à mettre en péril l'entreprise la plus saine. LAYO, conscient de cette situation, offre deux solutions exceptionnelles:

- 1- Trois remises à jour par an pour un coût dérisoire (inférieur à l'achat de la démo)
- 2- Un acheteur d'une version "basse" pourra acquérir une version plus évoluée en ne payant que la différence.

Les évolutions sont faites à partir des idées du concepteur, mais également des suggestions des utilisateurs. Toutes les remarques sont prises en compte et immédiatement appliquées si elles s'avèrent utiles et raisonnables.

Pour découvrir au plus vite LAYO1, contacter

## LAYO FRANCE SARL

Château Gamarache-Sauvebonne,  
83400 Hyères  
tél.: (94).28.22.59  
fax.: (94).48.22.16 ou  
(94).48.23.12  
Minitel: 3614  
Code:LAYOFRANCE

Les stagiaires ne trouveront pas tous une station de travail. Cela explique que plus de 30.000 Layo1 sont actuellement diffusées en France.