

GENSI

génie électrique service information

N°4

•

**Mai
82**

GeSi n°4

MAI 1982

Sommaire

Travaux de réalisation
de 2ème Année p 3

Enseigne t-on le français
en G.É. ? p 4

Besoins et formation
automatique p 5 à 15

T.P. Clés en main
Simulation
numérique p 7 à 9

Electron 82 p 9

«GENIE ELECTRIQUE SERVICE IN-
FORMATIONS». Bulletin d'informa-
tion des départements de Génie Elec-
trique des Instituts Universitaires de
Technologie.

Responsable du comité de rédaction :
J. Pardies

Membres du comité : MM. Bernard,
Bliot, Burgat, Decker, Marzat, Savary.
Secrétariat de rédaction : Hélène
Martin. Journal imprimé sur les presses
de l'IUT «B» de Bordeaux.

Comité de rédaction : Département de
Génie Electrique - IUT «A»
33405 - Talence

JOURNEES PEDAGOGIQUES ANNUELLES DE GENIE ELECTRIQUE

ATTENTION!

DATES MODIFIEES

TOULOUSE

3-4 JUIN 1982

DU NOUVEAU DANS LES MICROPROCESSEURS

Le secret avait été bien gardé et ce n'est que par indiscretion d'un technicien de la NASA que la nouvelle a été connue du public. Il s'agit du silicium fossile extrait des échantillons de roches lunaires ramenées lors de la dernière expédition APOLLO. Ce silicium conservé sur la lune à une température de l'ordre de -200 degrés C depuis plus de 220 millions d'années a gardé sa structure originelle qui est légèrement différente de celle du cristal connu sur la terre. En particulier, d'après la récente publication de J.J. JOKE du 1er avril 1982, les mobilités des porteurs y sont quatre fois plus élevées, ce qui permet d'envisager des composants fonctionnant à des fréquences > 1 GHz. Dans son article, J.J. JOKE cite une première version d'un microprocesseur réalisé en P MOS et fonctionnant à une fréquence d'horloge de 105 MHz. Une affaire à suivre...

TRAVAUX DE REALISATION (2ème année)

UN EXEMPLE D'ORGANISATION

par J.P. KERADEC et Y. POIRIER (Grenoble I)

CADRE REGLEMENTAIRE

La Commission Pédagogique Nationale (C.P.N.) des départements Génie Electrique définit les Travaux de Réalisation (T.R.) de 2ème année de la façon suivante :

- encadrement : un enseignant pour un groupe de 12 étudiants
- volume annuel : 140 heures pour l'Electronique, l'Electrotechnique et l'Automatique (E.E.A.)
- directives pédagogiques : «... Les enseignements de techniques de réalisation - bureau d'études - sont le lieu privilégié pour l'intervention des professionnels... En partant du cahier des charges, l'étudiant doit faire une courte étude de faisabilité conduisant à un choix motivé entre les diverses solutions envisageables. L'étude complète et la réalisation doivent être menées jusqu'au fonctionnement d'un premier prototype qui soit capable d'offrir de manière reproductible les performances demandées dans le cahier des charges...»

ANALYSE

Les différentes concertations pédagogiques sur ce thème ont fait apparaître deux tendances qui, poussées à leur limite, peuvent se résumer ainsi :

- *priorité au contenu* : les T.R. permettent de mettre en oeuvre un certain nombre de techniques ou technologies jugées indispensables à la formation et ils s'intègrent dans le processus d'acquisition de connaissances. Les sujets sont communs à tous les étudiants. Leur choix est fait principalement en raison de leur finalité pédagogique.

- *priorité à la démarche* : les T.R. permettent de placer les étudiants dans des conditions de travail très voisines de celles du technicien supérieur en activité, en mettant l'accent sur la méthode de travail. Plusieurs sujets distincts peuvent être proposés au sein d'un même groupe. Leur choix est fait principalement en fonction de leur finalité industrielle.

Si par hypothèse on choisit la seconde orientation (pour les 140 heures qui ne sont pas spécifiques à l'Informatique Industrielle), l'application concrète des directives de la C.P.N. se heurte à un certain nombre de difficultés :

- les T.R. impliquent la synthèse des connaissances dispensées dans les disciplines fondamentales, mais leur acquisition est échelonnée sur l'ensemble de la scolarité. Les lacunes seront d'autant plus nombreuses que les T.R. débiteront plus tôt dans l'année scolaire.
- l'encadrement de 12 étudiants constitue, pour un seul enseignant, une charge pédagogique extrêmement lourde (probablement la plus importante de tous les ensei-

gnements dispensés) en raison de la multiplicité des sujets.

- la moyenne hebdomadaire de 5 heures (5 h x 28 semaines = 140 heures) est une contrainte souvent trop grande pour les vacataires issus de la profession.

OBJECTIFS

Si l'on constate que l'encadrement pédagogique défini par la C.P.N. (l'enseignant pour 12 étudiants) constitue la référence pour les normes de sécurité et pour l'attribution des moyens, il faut définir une organisation qui satisfasse aux objectifs suivants :

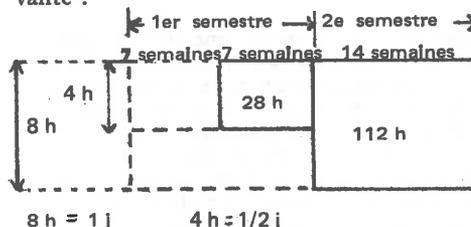
- respect du cadre général prévu par la C.P.N.,
 - réduction des difficultés précédemment exposées,
 - volonté d'intégrer des vacataires issus de la profession.
- mais aussi :
- présence de l'encadrement correspondant aux normes de sécurité
 - coût de l'encadrement correspondant à l'attribution des moyens.

Il n'existe pas, bien entendu, de solution «miracle» mais l'on peut rechercher une organisation dont les avantages sont largement excédentaires par rapport aux inconvénients.

ORGANISATION

Elle est placée sous la responsabilité d'un enseignant statutaire qui assure la coordination pédagogique et matérielle et qui participe lui-même à l'encadrement des T.R.

Pour mieux ajuster leur progression et l'acquisition parallèle des connaissances, les 140 heures de présence des étudiants sont distribuées de la façon suivante :



mais l'idée principale réside dans l'encadrement renforcé à mi-temps selon le schéma suivant :

		1 séance de 4 h ou 8 h	
		Enseignant A	Enseignant B
1 groupe de 12	demi-groupe de 6	Encadrement Pédagogique	Présence Sécurité
	demi-groupe de 6	Présence Sécurité	Encadrement Pédagogique

C'est cette règle qui permet d'atténuer les deux difficultés majeures liées à la charge pédagogique des enseignants et au manque de disponibilité des vacataires professionnels.

Ainsi :

- chaque enseignant n'encadre effectivement que 6 étudiants. Le nombre de sujets à proposer et à diriger est réduit (3, 2 ou 1 selon leur importance). Il peut, en scindant le groupe sur des objectifs complémentaires, sensibiliser les étudiants au travail d'équipe.
- la présence de l'enseignant est limitée à un volume annuel de 70 heures effectives. Mais en sus de l'encadrement direct de son demi-groupe, il assure la sécurité de l'autre demi-groupe.

DISPOSITIONS PARTICULIERES

- Cette organisation peut être étendue à plusieurs groupes de 12 étudiants simultanément présents dans la salle de T.R. Le nombre d'enseignants, en présence alternée, reste toujours égal au nombre de groupes de 12 étudiants.
- Dans le cas d'un vacataire professionnel, et s'il le juge utile, le demi-groupe qu'il encadre peut travailler occasionnellement ou régulièrement dans son entreprise (sous réserve de prévenir l'enseignant responsable des T.R.).

BILAN

Après trois années d'application au sein du département, il est possible d'effectuer le bilan critique d'une telle organisation.

Parmi les inconvénients, on peut citer :

- les sujets traités à vocation industrielle qui ont en général une dominante marquée (Electronique analogique, Electronique de puissance, micro-informatique...) et ne participent que faiblement au processus d'acquisition de connaissances qui doit être en totalité assumé par les autres enseignements.

- l'encadrement renforcé à mi-temps qui implique... l'encadrement nul sur l'autre mi-temps ! Il en résulte pendant les premières semaines un certain «flottement» du groupe qui ne sait pas toujours très bien maîtriser et organiser le temps disponible

- les nouveaux intervenants (taux de renouvellement important chez les vacataires professionnels) qui surestiment parfois les capacités et la rapidité de travail de groupe et proposent des sujets trop ambitieux ou trop importants.

Il en résulte cependant d'indéniables avantages :

Les vacataires issus de la profession sont incités à proposer des sujets liés directement à leurs activités dans leur entreprise et pouvant bénéficier à celle-ci. Les conséquences en sont évidentes :

- motivation des employeurs permettant un recrutement plus aisé des vacataires rendus disponibles pendant leur temps de travail (1)
- participation de l'entreprise à la fourniture des composants
- prolongement du sujet pendant le stage

(Suite p 4)

Enseigne-t-on le Français au G.E. ?

par J. MEINNEL (Rennes)

La relecture des deux numéros du bulletin GeSi m'incite à une réaction impertinente qui pourrait avoir droit de cité dans une autre parution. Il s'agit de la Défense et Illustration de l'Expression en langue maternelle !

N'est-il pas symptomatique qu'il ne soit question (le plus souvent) de langage qu'en informatique et en anglais ?

Le récent congrès de Montréal ne vient-il pas de rayer de la carte des langues scientifiques notre idiome périmé... en attendant de le bannir totalement des langues civilisées.

Mais nous, qu'en faisons nous en GE : quelle est la situation des enseignants d'expression française ?

Classés dans la rubrique «non scientifique» (aveu et invite pour l'étudiant), formation générale (rubrique à bras), technique d'expression (outil) ce n'est qu'alibi, bonne conscience et condescendance. A condition de ne pas gêner les finances et l'emploi du temps... Cadavre même exquis est encore langue ou lettre morte, corps mort dans l'océan technologique !

Trop de spécialistes ont gardé la conception du français inculquée par Bled et Bescherell : catéchisme orthographique, catalogue d'exceptions à faire respecter, du moins celles qu'on a retenues ! Mais la linguistique, l'analyse du discours, la traduction automatique, c'est l'algèbre moderne, et la grammaire à papa c'est le cas d'égalité des triangles.

Passe encore l'étymologie, dit le mandarin, car ça sert à rappeler que pencil vient de pinceau (ou de

penis), que maçon se rattache à mak, m. T.R c'est mütter, mother, maternel... Cela évite la dyslexie et la dysgraphie qui sont l'échec de l'annuaire électronique.

Admettons grammaire, lexique et poésie, ça berce et fait rêver, ça nourrit l'esprit... on passe le temps.

Mais le langage est vivant, il est énonciation, créativité, capacité de verbalisation et de conscientisation. 60 heures par an c'est peu d'occasions de se concerter, s'interpeller, se comprendre, se connaître et échanger spontanément. L'interdisciplinarité si difficile des enseignants c'est justement absence de préoccupation ou de langage communs.

Pouvoir rédiger une notice de maintenance accessible aux «usagers compatriotes», c'est parler clair, éviter franglais et jargon. Au reste, Sony, Olivetti, IBM font d'excellentes notices... même en breton et en flamand. Négliger le mode de pensée, c'est se priver de marchés avec la sanction économique. Tous les techniciens étrangers ont un cours d'esthétique industrielle... et nous ? A ne pouvoir traduire led, scanner, scrapper, ne révèle-t-on pas manque de créativité et résignation ou dépendance.

Si l'on peut tolérer la liberté d'expression même sans la rigueur des lois impératives, le dogmatisme et les postulats, n'y a-t-il pas un lieu où le technicien puisse s'interroger encore ?

Penser une prothèse c'est aussi se préoccuper des handicapés, parler des OS, c'est aussi évoquer les robots : les secrétaires redoutent

la bureautique, est-ce légitime ? Consommer de l'électricité influe sur l'environnement ; les média ne sont pas lanternes magiques... Peut-on en parler librement avec les conflits et les prises de conscience que cela induit ? Ce lieu d'échanges, c'est le département des «humanités» des Ecoles d'ingénieurs US.

Il n'est pas nouveau dans l'histoire que les peuples soumis aux technologies des sociétés dominantes aient dû renoncer à l'usage de leur langue considérée comme barbare, «régionalisme»... le cours de français, c'est baratin et laïus... déjà les romains décadents parlaient de charabia pour algorithme et almanach... et les racistes dominants n'entendaient que baragouin chez leurs concitoyens.

Toujours les peuples colonisés ont envoyé leur «élite» apprendre la langue du pays avancé qui renvoyait sa technologie ! ! Quelle langue est obligatoire dans nombre de spécialités... les deux grands imposent ainsi leurs codes, leur idéologie à travers le véhicule de la langue imposée. Mais les Japonais savent défendre leurs techniques de pointe en ne traduisant que le minimum. Nous, nous traduisons pour que les applications soient plus facilement américaines...

A quoi bon quelques heures pour la langue du sous-développement ? On pourrait récupérer heures et crédits. Ne peut-on espérer un algo affectif, un code de la tendresse... certains se contentent d'un basic... ou d'asservissement. Au fait, quelle est la situation de l'expression, communication, du français dans l'enseignement des départements de GE ?

(Suite de la p 3)

de fin d'études pour un (ou plusieurs) étudiant (s) du demi-groupe.

Complémentaire, les enseignants statutaires peuvent encadrer un sujet proposé (sous réserve de répondre à certains critères d'intérêt et de faisabilité) par une entreprise régionale et en constante relation avec elle (2).

Plus généralement, cette organisation permet :

- une motivation accrue des étudiants vis à vis des sujets «utiles»
- une incitation du groupe au travail d'équipe et à la synthèse
- une prise de responsabilité par la nécessité d'organiser le mi-temps non encadré
- des relations étroites entre l'enseignant et son équipe.

Elle constitue certainement une étape intéressante entre l'enseignement tra-

ditionnel et directif encadré à plein temps, et les formes d'activités rencontrées ultérieurement dans la vie professionnelle. On notera, à cette occasion, que la C.P.N. avait proposé en mars 1980 un encadrement d'une partie des T.R. par groupe de 6. Si cette demande avait été retenue, elle aurait permis d'atteindre, sans artifice, les mêmes résultats.

AMELIORATIONS POSSIBLES

Si l'on conserve le choix initial : priorité à la démarche, l'organisation décrite, présente, dans le contexte régional, un bilan globalement bénéfique. L'amélioration la plus importante concernerait la première période de 28 heures correspondant, pour l'essentiel, à la mise en route du projet et pour laquelle l'encadrement renforcé (1 pour 6) à plein temps est souhaitable. Le 2ème semestre (112 heures) étant inchangé, cela con-

duirait à un coût supplémentaire de 28 h par groupe de 12 étudiants.

N.B. : Il va de soi que toutes critiques, remarques ou suggestions sur cette organisation sont souhaitées par l'enseignant responsable des T.R.

J.P. KERADEC
Y. POIRIER
(Grenoble I)

(1) A titre d'exemple, et pour l'année universitaire 1981-1982, l'encadrement par des professionnels est le suivant : 12 vacataires (Sociétés Merlin Gérin, SEMS, EFCIS, Hewlett Packard, CGE) pour 16 groupes de 6 étudiants.

(2) Dans certains cas, cette collaboration a été concrétisée par une convention passée avec l'entreprise.

Besoins et formation en automatique

réflexions d'un automaticien

par C. SOURISSE,

Docteur en Automatique
Ingénieur en Chef à la Télémécanique

L'étude présentée ici, sous forme d'une libre opinion, est d'un intérêt majeur pour ceux qui ont en charge la formation de l'automaticien.

Mais de quel automaticien s'agit-il aujourd'hui ?

Pour quels systèmes ? Pour quelles tâches ?

Quels sont, et quels seront, les besoins de l'industrie ?

M. Sourisse, dans une analyse rigoureuse et large, répond à ces questions et avance des solutions qui méritent attention, réflexion, débat.

I. Introduction

Le problème de la formation des personnels dans le domaine de l'automatisme n'est pas nouveau. Le développement rapide des technologies et l'arrivée de la micro-informatique rendent cependant de plus en plus difficile l'assimilation, par une seule personne, des multiples connaissances nécessaires à la mise en œuvre des machines ou installations automatisées. Certains vont même jusqu'à mettre en doute l'existence d'une discipline « automatique », ou la décrivent comme un « carrefour de technologies », ce qui ne signifie, en fait, pas grand chose. D'autres pensent que la connaissance de l'informatique suffit à la mise en œuvre des systèmes, ou assimilent l'automatisme aux applications industrielles de la micro-électronique.

Une réflexion sur l'identité de l'automatisme devrait donc être à la base de toute tentative de définition des axes de formation dans ce domaine. Sur le plan de l'emploi, cet effort d'analyse doit être accompagné d'un

examen objectif des besoins des entreprises. De nombreuses tâches, dans l'industrie, nécessitent aujourd'hui des connaissances en automatique, mais il ne semble pas qu'un inventaire de ces besoins, même qualitatif, ait été fait. L'évolution galopante des techniques contribue en outre à rendre difficile toute synthèse.

Dans les lignes qui suivent nous tenterons, dans une première partie, de rappeler comment se présente la situation actuelle des automatismes industriels et quelles sont les tendances les plus marquantes de leur évolution.

Après avoir rappelé selon quel processus l'adéquation « emploi-formation » peut être envisagée, nous examinerons le problème du savoir-faire de l'automaticien et en déduirons des propositions concernant le profil des hommes.

Nous pourrions alors situer les compétences ainsi identifiées dans le contexte des besoins de l'industrie; la démarche entreprise ici étant essentiellement de nature méthodo-



logique, les aspects quantitatifs ne sont pas pris en compte.

II. Rappel sur la situation actuelle des automatismes industriels

Les constituants et les systèmes

La majeure partie des personnes concernées par les automatismes, dans l'industrie, a abordé ce domaine technique par le biais d'une discipline technologique. Initialement, il s'agissait surtout de mécanique ou d'électrotechnique, puis d'électronique. Plus récemment, une partie des personnels formés en informatique s'est aussi préoccupée de problèmes d'automatique.

L'évolution des techniques a conduit ainsi les ingénieurs et techniciens à faire coexister, de plus en plus, différentes technologies au sein d'un même système. Les notions de fonction (détection, traitement, commande de puissance, communication homme-machine) ont, notamment, progressivement pris le pas sur celles de technologie. Il est donc nécessaire d'envisager d'autres critères de classification, prenant en compte, en particulier, la nature et le volume des tâches de mise en œuvre.

L'expérience accumulée dans la profession des « automatiseurs » a conduit ainsi à distinguer les notions suivantes :

Les constituants d'automatisme sont les éléments de base à partir desquels les systèmes peuvent être construits. Ce sont des produits généralement plus élaborés et plus complets que les composants. Les

détecteurs de position, les contacteurs, les automates programmables sont des constituants, alors que les résistances et condensateurs, les bobines de contacteurs, les micro-processeurs sont des composants. Les constituants d'automatisme peuvent être soit **universels**, c'est à dire conçus pour être utilisables dans une grande variété d'applications différentes (ex. : variateurs de vitesse, relais, distributeurs pneumatiques) soit **spécifiques**. Dans ce cas ils ne conviennent qu'à une famille d'applications, ou même à une seule application (ex : indicateur numérique de poids, contacteur ultra rapide pour variateur réversible, détecteur tête-fil en textile).

Les **systèmes** sont d'une extrême variété puisque tout automatisme donne lieu à la construction d'un système. Celle-ci implique de mettre en œuvre des composants et des constituants, mais surtout d'entreprendre une étude qui aboutira, après établissement du cahier des charges, à une tâche de synthèse,

étroitement adaptée à l'application considérée. On peut distinguer trois types de systèmes :

— les systèmes unitaires, réalisés à l'unité ou en quelques exemplaires, identiques ou semblables.

Ceux-ci sont presque toujours construits à partir de constituants;

— les systèmes répétitifs, réalisés en petite ou moyenne série (de quelques dizaines à quelques centaines d'unités identiques par an). Ils sont généralement construits « sur mesure », notamment en ce qui concerne la partie traitement, construite de manière **spécifique** à partir de composants;

— les systèmes « catalogués » : il s'agit d'un compromis entre le système répétitif, très spécifique, et le système unitaire, réalisé à partir de constituants universels. L'intérêt du système catalogué est d'éviter une étude coûteuse de mise en œuvre pour chaque système réalisé — comme c'est le cas pour les systèmes unitaires — tout en permet-

tant une certaine variété de cas d'utilisation.

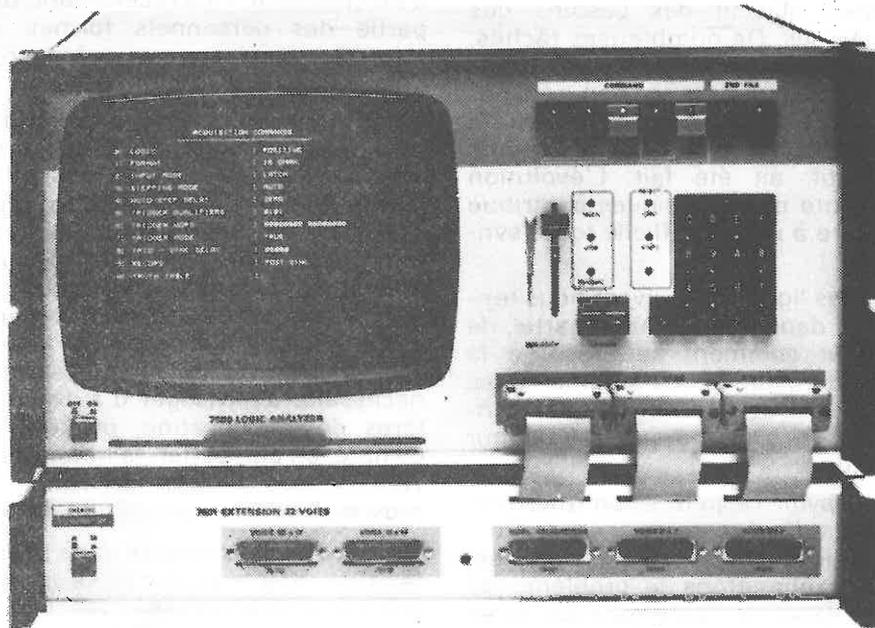
Les dispositifs de péage d'autoroutes, de gestion de parking, les appareillages de levage, de remontées mécaniques, de pesage-dosage..., etc. donnent lieu à l'élaboration de systèmes catalogués plus ou moins développés. Ces divers systèmes peuvent faire appel à plusieurs technologies, selon l'application considérée. Il est clair que le personnel appelé à leur mise en œuvre ne peut, d'une manière générale, se satisfaire des connaissances d'une seule technologie.

Selon le type de système adopté dans chaque automatisme, les tâches de conception, de réalisation, d'exploitation, de maintenance et dépannage peuvent être fondamentalement différentes.

Ceci est lourd de conséquences du point de vue des compétences du personnel nécessaire, donc de la fonction requise.

(Suite p 11)

analyseur logique 7600



ENERTEC
Schlumberger

ENERTEC, département instrumentation générale, 5 rue Daguerre, 42030 St-Etienne cedex
Direction commerciale : 1 rue Nieuport, 78140 Vélizy-Villacoublay, tél (3) 946.96.50, télex ENERVIL 698 225
Agences : Grenoble (76) 54.04.72, Marseille (91) 66.68.21, Nancy (8) 336.70.86, Rennes (99) 38.00.56,
Saint-Etienne (77) 57.91.15 Toulouse (61) 80.35.04, Vélizy (3) 946.96.50

- **Grande simplicité d'emploi**
dialogue opérateur/écran de 23 cm à l'aide d'un clavier hexadécimal
- **Performances élevées**
16 voies 25 MHz
8 voies 50 MHz
4 voies 100 MHz
- **Universalité**
analyse des temps et des données
- **4 modes de visualisation**
niveaux : plusieurs échelles
états : codes binaire, hexadécimal, octal, ASCII, fonctions comparaison.
graphe : représentation rapide des boucles de programme.
cartographie
- **Nombreuses options**
extension 32 voies ;
interface RS232C, IEEE488 ;
sondes de déclenchement ;
pince microprocesseur ;
sortie vidéo.

Simulation numérique d'un contrôle PID

Fondements théoriques⁽¹⁾

Par Bruno ROSSETTO, maître assistant à l'IUT de Toulon, 83 130 La Garde (enseignant en mathématiques et coresponsable des travaux pratiques)

(1) Suite de l'article paru dans le numéro 3 de février 1982, extraite des cours et des T.D. photocopiés de mathématiques de 2ème année.

METHODES NUMERIQUES

Nous développerons, dans les chapitres suivants, une méthode analytique de résolution des systèmes linéaires stationnaires, puis des méthodes qualitatives applicables à certains cas particuliers - certes très importants - d'équations différentielles non linéaires, principalement d'ordre 2.

Nous souhaitons donner dans ce chapitre un aperçu des méthodes purement numériques de simulation des systèmes différentiels linéaires ou non linéaires. Elles sont en effet très générales, faciles à mettre en oeuvre et par suite couramment utilisées par l'automaticien : méthodes à un pas (Euler-Cauchy, Runge-Kutta), méthodes à plusieurs pas. Nous établissons le théorème sur la convergence et l'ordre des méthodes à un pas.

L'étudiant traitera en Travaux Pratiques l'exemple étudié ici d'un processus stationnaire connu perturbé par un signal déterministe et contrôlé par un système PID.

1. POSITION DU PROBLEME

soit à résoudre $\forall t \in [t_0, t_0+a]$

$$x(t) = f(t, x(t))$$

$$(1) \quad x(t_0) = x_0$$

Nous traitons ici le cas à une dimension ($x \in \mathbb{R}$) mais le cas à n dimensions ($x \in \mathbb{R}^n$) n'est pas fondamentalement différent et la généralisation est immédiate.

Le problème ainsi posé, où l'on connaît la (ou les) condition (s) initiale (s) est appelé *problème de Cauchy*, par opposi-

tion au cas - fréquemment rencontré dans les équations aux dérivées partielles - où l'on donne les conditions aux limites de l'intervalle $[t_0, t_0+a]$, et où il est question de déterminer un paramètre de l'équation - la valeur propre du problème aux limites - pour qu'il y ait une solution.

Pour résoudre ce problème, on subdivise l'intervalle $[t_0, t_0+a]$ en N intervalles.

$h = \frac{a}{N}$ est le pas de discrétisation. Pour plus de précision, N doit être grand (h petit devant la plus petite constante du temps du système). On est donc amené à faire un compromis précision - temps de calcul.

Les méthodes à un pas consistent à évaluer $x(t_0+h)$ de manière approchée à partir de $x(t_0)$, $x(t_0+2h)$ à partir de $x(t_0+h)$ et ainsi de suite. Pour cela on substitue à l'équation différentielle une équation aux différences finies.

Soit $t_n = t_0 + nh$ et x_n l'approximation de $x(t_n)$.

1.1 Méthode d'Euler-Cauchy

L'équation aux différences finies la plus immédiate est obtenue en remplaçant $x(t_n)$ par $(x_{n+1} - x_n)/h$:

$$(2) \quad \begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + h f(t_n, x_n) \\ x_0 &= x(t_0) \end{aligned}$$

1.2 La méthode de Runge-Kutta du 2nd ordre

On sait que la moyenne (exacte) $f(\bar{x}_n, \bar{t}_n)$ de f sur l'intervalle $[t_n, t_{n+1}]$ est obtenue pour la valeur \bar{x}_n de x et la valeur \bar{t}_n de t telles que

$$(3) \quad f(\bar{t}_n, \bar{x}_n) = \frac{1}{h} \int_{t_n}^{t_{n+1}} f(t, x(t)) dt$$

or, si nous transcrivons l'équation différentielle (1)

$$x_{n+1} = x_n + \int_{t_n}^{t_{n+1}} f(t, x(t)) dt$$

T.P. CLES EN MAIN

soit, par (3)

$$x_{n+1} = x_n + h f(\bar{t}_n, \bar{x}_n)$$

Ne connaissant pas $x(t)$ sur tout l'intervalle, nous ne pouvons calculer \bar{x}_n et \bar{t}_n . La formule d'Euler-Cauchy était obtenue en approchant $x(t)$ sur l'intervalle $[t_n, t_{n+1}]$ par la constante x_n , qui s'identifiait par suite avec \bar{x}_n .

Pour plus de précision, on fait l'approximation linéaire, c'est-à-dire que $x(t)$ est un segment de droite dans cet intervalle ; on a alors la moyenne obtenue pour $t = t_n + h/2$ et égale à (au 1^{er} ordre près) $x_n + \frac{h}{2} f(t_n, x_n)$ qu'il

est possible de calculer, d'où l'équation aux différences finies :

$$(4) \quad \begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + h \cdot f\left(t_n + \frac{h}{2}, x_n + \frac{h}{2} f(t_n, x_n)\right) \\ x_0 &= x(0) \end{aligned}$$

2. THEORIE GENERALE DE LA METHODE A UN PAS

Le problème qui se pose maintenant est de savoir dans quelle mesure la série des x_n peut être considérée comme une bonne approximation de $x(t)$, c'est-à-dire si $|x_n - x(t_n)| \rightarrow 0$ lorsque $h \rightarrow 0$ ($Nh = a$ restant fixé) et comment (avec quelle rapidité).

2.1 Théorème d'existence et d'unicité (rappel)

Si $f(x,t)$ est une fonction continue de t et satisfait $\forall x \in \mathbb{R}$ et $\forall t \in [x_0, x_0+a]$ à la condition de Lipschitz

$$|f(x,t) - f(x^*,t)| \leq L |x - x^*|$$

alors le problème de Cauchy (1) admet une solution et une seule.

Comme par exemple de fonction non lipschitzienne, citons $f(x) = \sqrt{|x|} \operatorname{sgn}(x)$, qui est pourtant uniformément continue sur $x \in [-1, +1]$. En effet, soient les points $x=0$ et $x=\varepsilon > 0$. Il n'existe pas de cte k telle que

$$|\sqrt{\varepsilon} - 0| \leq k |\varepsilon - 0|$$

car ceci entraînerait $k > \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}$, ce qui est faux pour ε suffisamment petit.

2.2 Définitions

a) Une *méthode à un pas* pour l'approximation du problème de Cauchy (1) est une méthode qui peut être mise sous la forme

$$x_{n+1} = x_n + h \psi(x_n, t, h)$$

ψ étant déterminé par f , et ne dépendant que de x_n , t_n et h .

b) La méthode à un pas est *convergente* si $x_n \rightarrow x(t)$ lorsque

$n \rightarrow \infty$, $\forall t \in [t_0, t_0+a]$, avec $x(0) = x_0$ et $h = t/n$ et ceci pour tout problème de Cauchy satisfaisant à la condition de Lipschitz.

c) Une méthode à un pas est *stable* si, pour tout problème de Cauchy lipschitzien, \exists des constantes h_0 et K tels que la différence entre deux solutions numériques différentes y_n et \tilde{y}_n vérifie

$$|y_n - \tilde{y}_n| \leq K |y_0 - \tilde{y}_0|, \quad 0 \leq h \leq h_0.$$

2.3 Théorèmes

a) Stabilité

Si $\psi(x, t, h)$ est lipschitzienne, la méthode à un pas est stable.

Exercice : Montrer que la fonction ψ élaborée à partir de la formule de Runge-Kutta du 2nd ordre est lipschitzienne, et conduit donc à une méthode stable.

b) Convergence et ordre de la méthode.

Hypothèses :

$$\alpha - \psi(x, t, 0) = f(x, t)$$

$$\beta - \psi \text{ est continue en } y, t \text{ et } h, \forall t \in [t_0, t_0+h] \\ 0 < h \leq h_0, \forall y, \text{ et lipschitzienne en } x, \text{ i.e.}$$

$$|\psi(x, t, h) - \psi(x^*, t, h)| \leq L_1 |x - x^*|$$

$$\gamma - |\psi(x, t, h) - \frac{x(t+h) - x(t)}{h}| \leq L_2 h^p$$

Conclusions :

La méthode à un pas converge : $\exists K$, cte telle que

$$|x_n - x(t_n)| \leq K h^p$$

On dit que la méthode est d'ordre p .

Exercice : Montrer que la formule de Cauchy et la méthode de Runge-Kutta à un pas vérifient les hypothèses du théorème et conduisent respectivement à des méthodes d'ordre 1 et 2.

On montre de même que la méthode utilisant l'algorithme

$$x_{n+1} = x_n + \frac{1}{6} k_1 + \frac{2}{3} k_2 + \frac{1}{6} k_3$$

$$\text{avec } k_1 = h f(x_n, t)$$

$$k_2 = h f\left(x_n + \frac{1}{2} k_1, t_n + \frac{1}{2} h\right)$$

$$k_3 = h f\left(x_n - k_1 + 2k_2, t_n + h\right)$$

est une méthode d'ordre 3. C'est la méthode que nous mettrons en oeuvre pour la simulation numérique PID.

Remarques :

1) On utilise couramment la méthode de Runge-Kutta d'ordre 4. De plus le théorème précédent peut servir à évaluer à chaque pas l'erreur commise. Le pas est divisé par deux si celle-ci dépasse une valeur donnée.

2) Il existe des méthodes à plusieurs pas, où l'on utilise non seulement la valeur x_n que l'on vient de calculer, mais aussi les valeurs précédentes x_{n-1}, \dots, x_{n-p} :

$$x_{n+1} - x_{n-p} = \sum_{j=n-p}^{n+1} A_j f(t_j, x_j)$$

On a une méthode à $(p+1)$ pas, où, à chaque pas, il faut résoudre l'équation précédente. Si $A_{n+1} = 0$, x_{n+1} s'obtient explicitement, on a une méthode *explicite* (sinon elle est *implicite*).

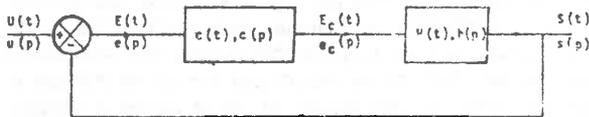
Naturellement, une telle méthode doit être initialisée sur p pas par une méthode à un pas.

Sources : C. W. GEAR - Numerical Initial Values Problems in Ordinary Differential Equations. (Prentice-Hall, Ed.)

Marie-Claude PELISSIER - Cours d'Analyse Numérique en MST Télécommunications (UER Sciences et Techniques, Toulon)

3. APPLICATION A LA SIMULATION D'UN CONTROLE PID

Soit le système



où $c(p)$ désigne la fonction de transfert :

$$c(p) = KP + \frac{KI}{p} + p KD \quad (\text{correction PID})$$

Nous avons
$$\frac{s(p)}{u(p)} = \frac{c(p) h(p)}{1 + c(p) h(p)}$$

3.1 Equations différentielles

$$E_c(t) = KP \cdot E(t) + KI \int_{t-t_0}^t E(t) dt + KD \frac{dE(t)}{dt}$$

Numériquement, H désignant le pas de discrétisation

$$E_c(t_n) = KP \cdot E(t_n) + KI \cdot H \cdot \sum_k E(t_{n-k}) + KD \cdot \frac{E(t_n) - E(t_{n-1})}{H}$$

Si nous prenons comme fonction de transfert $h(p)$ du sys-

tème à corriger un réseau du 2nd ordre :

$$K E_c(t) = \frac{1}{\omega_0^2} \ddot{s}(t) + \frac{2Z}{\omega_0} \dot{s}(t) + s(t)$$

Ce qui nous donne le problème de Cauchy

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= f_1(t) \\ \dot{x}_2(t) &= f_2(t), \quad x_1(0), x_2(0) \text{ donnés} \end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned} f_1(t) &= x_2(t) \\ f_2(t) &= -\omega_0^2 x_1(t) - 2Z\omega_0 x_2(t) + K\omega_0^2 E_c(t) \end{aligned}$$

avec
$$E_c(t) = KP E(t) + KI \cdot H \cdot \sum_k E(t_{n-k}) + KD \cdot \frac{E(t) - E(t_{n-1})}{H}$$

et
$$E(t_n) = U(t_n) - x_1(t_n)$$

Exercice : On donne

$$h(p) = \frac{K}{(1+rp)^n}, \quad n = 1, 2 \text{ ou } 3$$

Déterminer pour chaque valeur de n, les fonctions

$$f_i(t), \quad 1 \leq i \leq n.$$

Même question avec le système non linéaire défini par

$$S(t) = E_c^2(t).$$

BORDEAUX : 12, 13, 14, Octobre : ELECTRON 82

LES MATERIELS EXPOSES

Composants électroniques
Mesures et instrumentation
Equipements - méthodes - matériaux
Ingénierie
Formation professionnelle

LE LIEU DU SALON

Electron se tiendra dans le cadre du vaste hall de 50 850 m² du Parc des Expositions de Bordeaux-Lac, disposant de toute l'infrastructure nécessaire pour l'accueil d'une manifestation professionnelle de qualité.
(Téléphone : (56) 39-55-55)

LES ORGANISATEURS

L'Association pour le Développement de l'Electronique dans le Sud-Ouest (A.D.E.S.O.) et le Comité des Foires et Expositions Internationales de Bordeaux organisent Electron avec le concours de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bordeaux, l'A.D.E.R.A., l'Université de Bordeaux, la Société des Electriciens, Electroniciens et Radioélectriciens, et des représentants des professionnels.

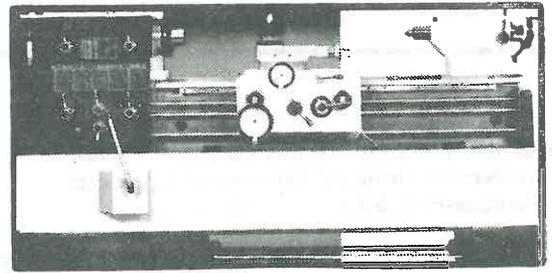
LA VOCATION DU SALON

Mieux faire connaître la réalité du tissu électronique du Sud-Ouest, créer un carrefour d'échanges commerciaux et un lieu de rencontres scientifiques et techniques.

2 COLLOQUES INTERNATIONAUX

- *La qualité des composants électroniques : stratégie pour les prochaines années* - Thèmes généraux : nouvelle approche de la qualité, sélection et qualification des produits, les mécanismes de défaillance et les méthodes d'analyse, la prévention des défauts. Comité scientifique présidé par J.L. Aucouturier (Université de Bordeaux I, ENSERB). (Téléphone : (56) 80-77-93)
- *La télémesure et la gestion des grands systèmes* - Thèmes généraux : les supports de transmission, codage et émission, réception et analyse, traitement et processus décisionnel, dans les divers domaines d'application. Comité scientifique présidé par J. Pardies (Université de Bordeaux I) (Téléphone (56) 80-77-79).

Lettre ouverte à un jeune étudiant ou étudiante entrant en Génie Electrique



Cher ami,

Après le dossier à fournir, après le succès au bac, les tests éventuels, et toutes les formalités administratives franchies, te voilà un beau matin, admis à suivre les cours dans ce département d'IUT que l'on désigne je ne sais pourquoi le «Génie Electrique», alors que chacun sait qu'il est le «saint des saints» de l'Electronique !

Ce mot magique où se mêlent un peu pour le profane, la fiction et le réel, symbole de l'avenir, voilà que tu vas enfin en découvrir le sens. Si tu as eu la chance d'avoir entre les mains ces jouets merveilleux qui font bip-bip, avec toutes leurs multiples lampes qui clignotent... si tu es familiarisé avec la hi-fi, la vidéo etc... etc... bref cette technologie qui investit notre quotidien de plus en plus, te voilà à même de parvenir à Sa connaissance, à Sa réalisation ! Au banquet des diodes, des résistances, des micro-processeurs, te voilà convié... pour peu que ton enthousiasme de débutant ne se rebute pas sur un os comme la physique ou la loi d'Ohm ! Mais voilà qu'au plat des hors d'oeuvre, tout au moins en lère année, on va te forcer à ingurgiter des TP de Travaux Mécaniques ! Toi, le fana du fer à souder, le dingue du Métrix, le champion de l'oscillo, on veut te faire salir les mains sur une machine outil, tour ou fraiseuse, percer des trous, souder des plaques, former et poinçonner des tôles, déformer de la matière plastique, plancher sur des problèmes de métrologie, réaliser quelques traitements thermiques élémentaires etc... etc... toutes choses normalement dévolues à tes collègues de l'option «Génie Mécanique» !

Je sais, tu as le droit de te poser des questions, de chercher des réponses à tout cela. Si tu le permets, je vais essayer, non pas de te convaincre, car la conviction ne peut résulter que d'un raisonnement personnel, mais plutôt de t'expliquer pourquoi, après tout, ce n'est pas si bête quand on aspire au titre de «Technicien Supérieur», de faire un peu de formation pratique même en marge de sa spécialité... ne fut ce que pour permettre un jour un dialogue plus efficace avec les autres techniciens au sein de l'entreprise.

Je vais donc présenter mon «plaidoyer» en deux parties :

- A - la première où je recenserai les apports de cette discipline des TP méca, pour la formation du futur technicien à savoir :
- a) Connaissance des divers matériaux usuels employés dans l'industrie (aspects - utilisations - essais mécaniques)
 - b) Propriétés et transformations des propriétés des matériaux ferreux (traitements thermiques)
 - c) Moyens d'obtention usuels d'un objet fini (enlèvement de matière à l'outil de coupe, déformation plastique, assemblages fixes, soudures)
 - d) Etude de fabrication (méthodologie, analyse, synthèse, décision, exécution)
 - e) Moyens de contrôle, Métrologie, Applications.
 - f) Entraînement à la coordination du cerveau (qui décide) avec la main (qui exécute) et tu verras que cette fonction préalable à l'exécution correcte, n'est pas forcément réalisée avec facilité chez la plupart d'entre vous... ce qui vous amènera éventuellement à plus de considération pour le travail manuel. L'acquisition d'une technique gestuelle correcte, nécessite, tu le verras, une somme d'efforts convergents dont le profane n'a pas a priori conscience. Et puis, se mesurer avec la matière, n'est-ce pas aller au concret, avec tout ce que cela implique de désillusion devant l'échec, mais aussi de joie créatrice quand le but est atteint ?
- B - Ces réflexions m'amènent tout simplement à la deuxième partie de mon exposé où, à l'aide d'un seul exemple, nous allons retrouver les inter-connexions entre l'électronique et la mécanique.

J'oublierai volontairement le côté fondamental de la recherche scientifique qui a abouti à nous doter de ces merveilleux composants, pour ne retenir que le fabuleux potentiel du pouvoir concentré dans si peu de matière... on parle de fonctions, et c'est bien le terme qui convient. Maintenant, réfléchissons; parmi les innombrables possibilités que nous offrent les composants électroniques, combien nécessitent un «prolongement» mécanique ou autre, pour produire une application réellement utilisable ?

Un exemple... cette science futuriste, dont on parle tant, la «robotique», est une illustration parfaite où la mise en oeuvre d'une électronique la plus sophistiquée, avec une mécanique des plus élaborée, tend à recréer la complémentarité décrite plus haut, du cerveau de l'homme (qui pense) avec l'habileté de la main (qui exécute). Ce concept est loin d'être atteint, mais les techniciens sont à l'oeuvre dans tous les pays pour, dans les décades à venir, se rapprocher le plus possible de cette réalité.

Excuse-moi d'avoir, pour illustrer mon propos, choisi un exemple peu en rapport avec le niveau des TP méca dispensés au département... mais il faut un début à tout.

Si, par ces quelques lignes, j'ai réussi à forcer ta réflexion de façon à ce que tu admettes la complémentarité des techniques dans le monde industriel où tu vas avoir à faire ta place... et par déduction, l'utilité de ce cours, alors, j'aurai à la façon d'un «ex-composant» de ce Département Génie Electrique... rempli ma «fonction».

Bon courage et bonne chance !

Le 12 janvier 82

E. AUBERT

Bordeaux

PTA «honoraire» de Construction mécanique

(Suite de la p 6)

Indépendamment de cet aperçu sur la classification des automatismes industriels, il est nécessaire, pour bien comprendre les problèmes de formation, de se pencher sur les tendances qui apparaissent aujourd'hui dans ce domaine.

Tendances dans le domaine des automatismes

Celles-ci peuvent, pour simplifier, être regroupées autour de 3 pôles :

— Les applications des automatismes se diversifient sans aucun doute tous les jours, mais d'autres phénomènes aussi importants se développent. La partie opérative tend, d'une manière générale, à devenir de plus en plus polyvalente, en vue de concilier la flexibilité avec la productivité.

C'est ainsi que les machines convertibles et diverses formes de robots programmables se multiplient. Par ailleurs la partie commande, dont le rôle fondamental était, jusqu'à présent, d'assurer un fonctionnement sans intervention humaine de la machine ou de l'installation, tend à devenir en outre un outil de surveillance et de gestion, voire d'optimisation. Une tendance également importante des automatismes est l'intégration progressive de la partie commande dans la partie opérative non seulement sur le plan physique mais aussi au niveau de la conception. Ceci signifie que, peu à peu, « l'automatisé devient automatisateur », en langage plus clair, que l'utilisateur conçoit lui-même la partie commande.

— La technologie des automatismes évolue, on le sait, d'autant plus rapidement que l'électronique y prend une place prépondérante. Mais on doit noter, cependant, une pluralité croissante des technologies (circuits hybrides, fibres optiques, rayons laser..., etc.). Les nouvelles technologies ne remplacent pas forcément les anciennes.

Un phénomène important réside, en particulier, dans l'intégration toujours croissante des fonctions mises en œuvre dans les produits proposés par les constructeurs, par exemple en ce qui concerne les mémoires:

C'est ainsi que certains fabricants parlent déjà d'implanter un système d'exploitation complet dans un circuit intégré.

— La mise en œuvre des automa-

tismes peut être considérée sous deux aspects :

• les systèmes tendant à devenir de plus en plus hiérarchisés et (ou) distribués, et la communication homme-machine — notamment graphique — étant en plein développement, les fonctions et procédures de communication vont tenir une place de plus en plus large dans les préoccupations des personnels chargés de la conception et de l'exploitation des installations;

• le logiciel se développe rapidement, au fur et à mesure des progrès des processeurs disponibles. On observe, comme pour les matériels, une intégration toujours croissante des fonctions disponibles; les outils d'assistance matériels et logiciels, tels que les consoles évoluées, les unités de dialogue, de test, et les procédures de CAO prennent une place croissante dans la mise en œuvre des automatismes.

On peut considérer, pour simplifier, que trois types de langages sont utilisés, selon les besoins :

— le langage informatique, le plus universel mais aussi le plus délicat à utiliser;

— le langage « d'automate », plus simple et moins ouvert, mais mieux adapté aux besoins de l'automatisme;

— le langage d'application, étroitement lié au métier de l'utilisateur de l'automatisme, donc à la nature de la partie opérative.

On notera au passage que le premier type de langage est orienté essentiellement vers l'outil (processeur), le second vers l'architecte en systèmes, le troisième vers l'exploitant.

D'une manière générale, la technologie évolue si vite que le savoir-faire de mise en œuvre a du mal à suivre; l'évolution de la méthodologie est plus lente que celle de la technologie : ceci explique que le coût de la mise en œuvre des systèmes représente une part croissante du coût de



Le dépannage chez l'utilisateur : un exercice « sans filet » qui a aguerri des générations de techniciens.

l'ensemble. Cette constatation est également riche de conséquences sur le plan de la formation des hommes.

III. Les données de l'adéquation emploi-formation

Si l'on examine les différentes catégories de personnes qui sont amenées à intervenir dans les automatismes on peut, en première approximation, les regrouper en deux familles :

— Les « exploitants » d'installations ou de machines, pour qui la préoccupation essentielle est la production : l'automatisme les concerne par ses effets et non par sa conception ni par son fonctionnement interne. Pour eux, il s'agit de comprendre les principes essentiels du système automatisé. L'automatisme doit être avant tout une discipline de culture générale.

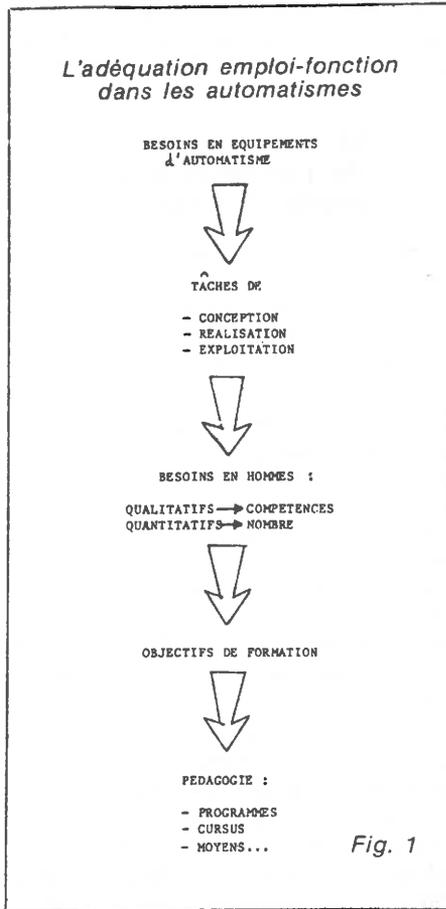
— Les « professionnels » : concepteurs et réalisateurs de la partie commande. Selon les tâches qu'ils assument, ces personnels doivent être soit des spécialistes de la technologie, du logiciel..., etc., soit des hommes de synthèse — généralistes en quelque sorte — capables de bâtir des systèmes plus ou moins complexes.

Le problème de formation concerne les deux catégories, mais nous examinerons surtout cette seconde famille, en nous demandant ce qu'est — et ce que sera — dans l'avenir un automaticien.

Est-ce un homme ayant assimilé les diverses technologies rencontrées dans la pratique ? Est-ce un généraliste ou un spécialiste ? Est-ce un homme de logiciel ?

Nous sommes là au cœur du problème, car il paraît difficile de demander à un même individu de maîtriser et de mettre en pratique simultanément toutes les disciplines que nous venons d'évoquer.

Prétendre, d'autre part, que seule une équipe pluridisciplinaire permet de résoudre le problème paraît utopique. La seule approche, en réalité, permettant d'identifier le profil de l'automaticien — s'il existe — consiste à partir de la notion de tâche : qu'attend-on, pour satisfaire un besoin donné, de la personne chargée du travail correspondant ? Et si c'est une équipe qui doit se mettre à l'œuvre, comment vont se



répartir les rôles au sein de cette équipe ?

On peut donc définir un processus d'analyse (fig. 1) émanant des besoins en équipements d'automatisme — c'est-à-dire des différents types de constituants et systèmes —, permettant ensuite de définir la nature des tâches de conception, de réalisation et d'exploitation; cela permet donc de préciser les besoins en hommes, qualitatifs d'une part — donc du point de vue compétences — et quantitatifs de l'autre, en nombre. Ces besoins étant exprimés, des objectifs de formation peuvent alors être élaborés : la pédagogie à mettre en jeu, les moyens..., etc. découlent alors directement de ces objectifs. C'est le domaine des enseignants. Nous n'avons pas la prétention, dans le cadre de ce texte, ni même du fait de nos compétences, d'aborder dans leur ensemble les divers aspects du processus mentionné ci-dessus. Il est par contre intéressant d'examiner les liens que l'on peut découvrir entre les besoins en équipements d'automatisme et le profil des hommes amenés à les mettre en œuvre. Nous ne prendrons en compte, par la suite, ni le problème

du nombre des personnes, ni celui de leur niveau, l'essentiel étant — à nos yeux — de bien identifier ce que doivent savoir les automaticiens en fonction des tâches qu'ils seront amenés à remplir.

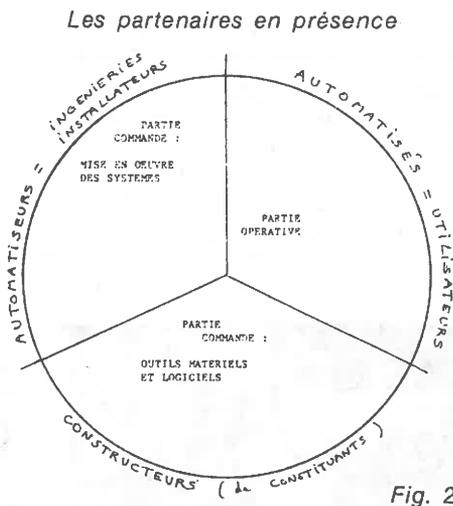
IV. Le savoir faire dans les automatismes

Si l'on observe, comme nous l'avons entrepris ci-dessus, quels sont les partenaires en présence dans la conception et l'exploitation des automatismes, on remarque qu'on trouve, à côté des utilisateurs-exploitants, qui sont concernés d'abord par la partie opérative, deux catégories de « professionnels » (fig. 2) :

— les constructeurs de composants et de constituants, dont le rôle est avant tout de fabriquer les outils technologiques — matériels et logiciels — avec lesquels il sera possible de bâtir les systèmes;

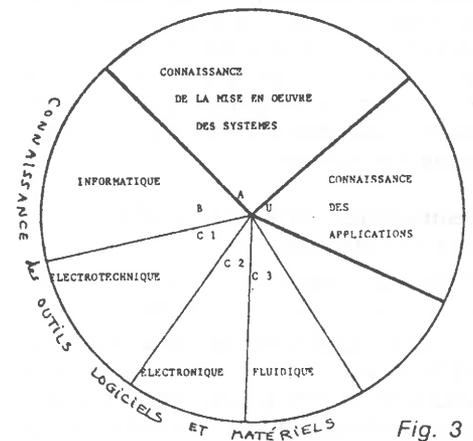
— les « automatiseurs » : ingénieries, installateurs et constructeurs de machines, dont la fonction principale est l'étude et la réalisation des automatismes « clés en main », qui seront livrés aux « automatisés », c'est-à-dire aux utilisateurs.

Ces deux dernières catégories de professionnels sont les artisans de la partie commande : les uns par les outils qu'ils fabriquent, les autres par les systèmes qu'ils bâtissent avec ces outils.



Sur le plan des connaissances mises en œuvre, il apparaît que l'élaboration de tout automatisme repose sur les trois « pôles de savoir » des

Le savoir-faire dans les automatismes



familles professionnelles mentionnées ci-dessus (fig. 3) :

1. Un pôle « connaissance de l'application », essentiellement dominé par la notion de partie opérative. Sans cette connaissance, la partie commande ne peut être conçue de manière convenable.

2. Un pôle « connaissance des outils matériels et logiciels », dominé par le savoir relatif aux diverses disciplines technologiques mises en œuvre dans les automatismes, ainsi que par la pratique du logiciel associé à ces outils (par exemple, code d'instructions d'un microprocesseur, programmation d'un automate..., etc.).

3. Un pôle « connaissance de la mise en œuvre des systèmes », dont la principale caractéristique est qu'il est à la fois indépendant de la technologie et indépendant des applications. Il concerne le savoir faire de synthèse, ainsi que les méthodes générales de mise en œuvre des automatismes; par exemple, l'établissement du cahier des charges (GRAFSET), l'étude des modes de marche, la méthodologie des choix techniques et technologiques, l'étude des problèmes de stabilité, de disponibilité, de sécurité..., etc.

Il est clair que le développement constant des connaissances, notamment sur le plan des matériels et du logiciel, ne permet plus à un même individu, d'être un spécialiste confirmé de ces trois pôles de connaissances. Et pourtant, nul ne peut prétendre concevoir un automatisme s'il n'a pas un minimum de connaissances de base dans tous ces domaines.

Le simple bon sens conduit donc à concevoir la formation des automaticiens en tenant compte de ces deux affirmations contradictoires.

V. Le profil des hommes

On peut envisager, à partir de ces notions, que tout « automatique » ait un bagage de connaissances reposant sur les trois pôles ci-dessus, mais avec des coefficients de pondération très différents selon leur profil. Dans tous les cas un tronc commun de connaissances est évidemment nécessaire, mais pour chacun d'entre eux existe un pôle privilégié qui va être à la base de l'orientation de l'individu.

On trouvera ainsi les profils suivants (fig. 4) :

1. Les « utilisateurs » pour qui la connaissance du procédé, donc de l'application est prépondérante.

Ceux-ci peuvent être très spécialisés (aéronautique, génie chimique) ou spécialisés « *a posteriori* » (mécaniciens spécialisés en soudure, en injection des plastiques, en machines-outils..., etc.)

2. Les « technologues » qui sont spécialisés dans une ou deux disciplines technologiques : mécanique et fluide, électrotechnique, électronique..., etc.

Ces spécialistes interviennent généralement soit au niveau de la partie opérative (courants forts, par ex.) soit au niveau des constituants eux-mêmes (conception et industrialisation de capteurs, d'organes de traitement électroniques tels les automates, micro-systèmes..., etc.).

3. Les « informaticiens » qui sont des spécialistes du logiciel au niveau des outils tels que microprocesseurs, automates, terminaux de dialogue, télétransmission..., etc., mais aussi en ce qui concerne les procédures de fonctionnement des systèmes. Ces personnes, actuellement très recherchées — les informaticiens classiques étant surtout orientés vers la gestion — auront de plus en plus une compétence distincte de celles des technologues étant donné les tendances divergentes des disciplines correspondantes.

4. Les « automaticiens » ne seront pas des « touche à tout » ayant de bonnes notions des différentes technologies, de l'informatique, des applications..., etc. Ce sont essentiellement des architectes en systèmes, capables d'appliquer, de manière objective, les méthodes générales constituant les disciplines de base de l'automatique : analyse des systèmes, dialogue avec les utilisateurs, compréhension de l'environnement physique et humain, étude technico-économique, choix technologique et synthèse.

ronnement physique et humain, étude technico-économique, choix technologique et synthèse.

Ce sont donc des hommes de synthèse, ne devant être influencés ni par une discipline technologique, ni par une approche partielle des applications.

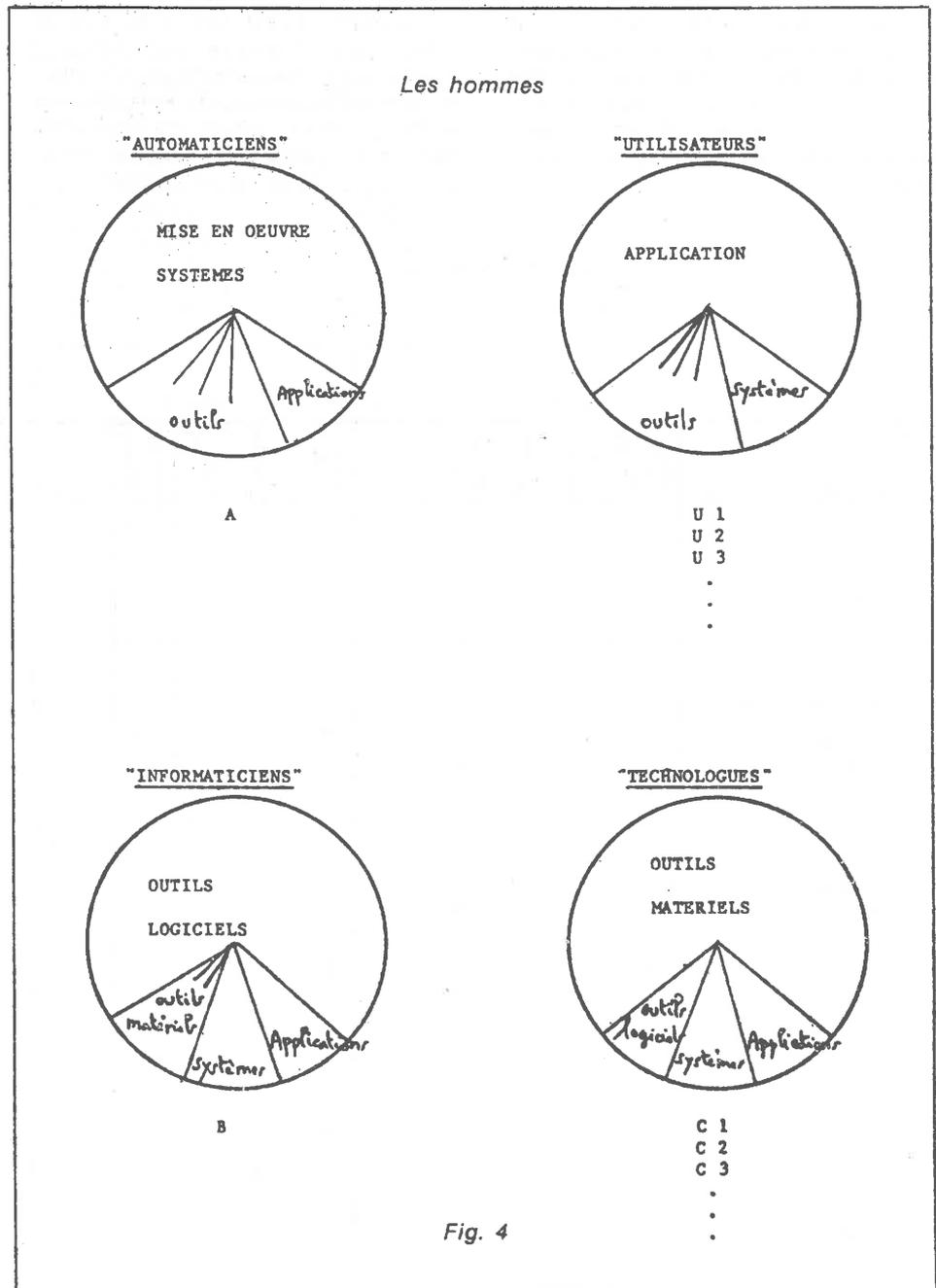
Pour faciliter la compréhension des lignes qui suivent, nous avons désigné les différents profils mentionnés ci-dessus par les symboles suivants :

- utilisateurs : U 1, U 2, U 3...;
- automaticiens : A;
- informaticiens : B;
- technologues : C 1, C 2, C 3...

Dans les cercles de la figure 4, nous avons supposé que chacun des trois pôles est présent mais que leur surface est proportionnelle à l'importance accordée, dans la formation, au pôle correspondant.

VI. Tâches et rôles des personnels

Pour situer la place des hommes dont le profil a été ainsi esquissé, il est nécessaire de revenir maintenant aux différents types d'automatismes qui ont été évoqués ci-dessus.



C'est en effet l'étude des tâches de conception, de réalisation et d'exploitation des divers types de constituants et de systèmes qui peut définir les besoins humains, en qualité et en quantité.

Lorsqu'il s'agit d'un travail d'équipe, une même tâche pouvant faire appel à plusieurs spécialistes, il faut alors raisonner en termes de rôles à l'échelle de l'individu.

Nous proposons donc d'utiliser, pour définir les besoins, une matrice portant en abscisse les tâches et les compétences associées, et en ordonnée les principales familles d'automatismes (fig. 5).

En ce qui concerne les systèmes unitaires, il faut faire intervenir la notion de complexité. Quoi de commun en effet entre une simple machine-outil et la conduite d'une centrale nucléaire? Aussi proposons-nous de distinguer trois niveaux :

— les systèmes « simples », à base de logique câblée (électrique ou pneumatique) ou d'automates programmables « rustiques »;

— les systèmes à base d'automates programmables, généralement de moyenne complexité;

— les grands systèmes, faisant appel en général à des structures hiérarchisées, avec ou sans calculateurs.

Il va de soi que, selon la nature du système, un seul individu pourra être « l'automaticien » ou une équipe de plusieurs personnes de formation complémentaire sera nécessaire.

La conception, l'industrialisation des constituants et leur fabrication nécessitent avant tout des spécialistes des diverses technologies concernées, l'automaticien n'intervenant qu'au niveau de l'élaboration du cahier des charges. « L'informaticien » peut jouer un rôle très important s'il s'agit d'un constituant

programmable, et négligeable — voir nul — si le constituant considéré n'a aucune fonction de traitement.

Les systèmes répétitifs et catalogués sont similaires sur le plan de leur conception, mais différents au niveau de leur mise en œuvre: Dans les deux cas, les « informaticiens » deviennent de plus en plus nécessaires mais ceux-ci ne sont jamais seuls.

La caractéristique de ces systèmes est, en effet, de nécessiter des études très détaillées à la fois sur les plans matériel et logiciel, en vue de minimiser les coûts des produits correspondants et leur mise en œuvre sur le site.

Les besoins humains correspondant aux différentes familles d'automatismes ne sont ici qu'évoqués. Le tableau de la figure 5, notamment, est donné à titre d'exemple, une analyse plus précise des besoins humains étant nécessaire dans chaque cas. Il faut voir dans les pages qui précèdent, non une étude exhaustive, mais plutôt une démarche intellectuelle à partir de laquelle des développements pourraient être entrepris. Chaque profession, chaque secteur d'activité a en effet ses besoins propres en équipements, et seule la consolidation de ces besoins permettrait de mettre en évidence les grandes tendances. Toutefois la répartition des profils selon la typologie et la méthodologie préconisées ci-dessus pourrait simplifier dans une certaine mesure l'identification des besoins.

Les compétences

TÂCHES

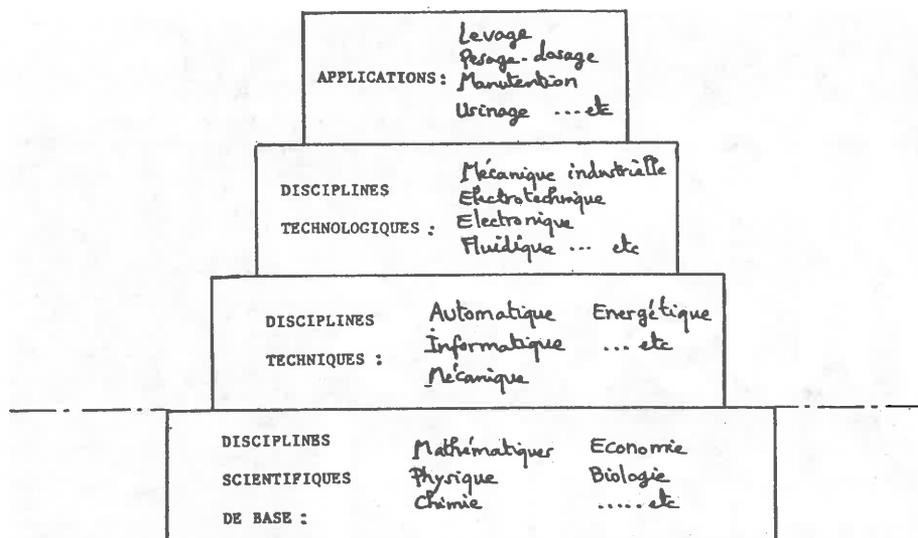
EQUIPEMENTS	CONCEPTION/REALISATION					EXPLOITATION				
	Cahier des charges	Etude système	Etudes Matériel	Etude Logiciel	...	Mise en route	Exploitation	Maintenance	Dépannage par Niveau
CONSTITUANTS	A		C1 C2 ...	(B)						
SYSTEMES UNITAIRES I ET II SYSTEMES CATALOGUES	A et U	A	(C1) (C2) ...	(B)		A	U	A ou C	A ou C	
SYSTEMES UNITAIRES III	A et U	A	(C1) (C2) ...	B		A (B)	U			
SYSTEMES SPECIFIQUES (REPETITIFS)	A et U	A	C1 C2 ...	B		A (B)	U			

VII. Les disciplines techniques et la formation des automaticiens

Il est possible d'adopter, pour les différentes disciplines intervenant dans la formation des ingénieurs et techniciens une classification correspondant à celle proposée ci-dessus pour les partenaires en présence, le savoir-faire et les hommes.

On peut en effet considérer qu'à partir d'une base de culture générale, acquise à partir de disciplines scientifiques de base (mathématiques, physique, chimie, biologie, économie..., etc.), l'individu appelé à mettre en œuvre des automatismes devra posséder trois catégories de connaissances (fig. 6) :

Fig. 6. - Les disciplines de l'automaticien



● **Les disciplines techniques**, indépendantes de la technologie, et axées essentiellement sur les méthodologies générales : ce sont l'automatique (qui reste une discipline fondamentale), l'informatique, mais aussi la mécanique, l'énergétique..., etc.;

A chacune de ces disciplines de base sont associées des **disciplines appliquées**, correspondant aux différentes classes d'utilisation des notions générales. Ainsi, indépendamment des théories générales sur la logique, la dynamique des systèmes, l'identification, la commande, l'optimisation..., etc., on trouve des méthodologies appliquées concernant les systèmes séquentiels (GRAFSET, modes de marche, choix technologiques...); les asservissements (linéaires, échantillonnés, non linéaires..., etc.);

● **Les disciplines technologiques**, telles que la mécanique industrielle, l'électrotechnique, l'électronique, la fluidique..., etc.

Ces diverses disciplines concernent d'une part les lois physiques, les notions générales sur les matériaux..., etc., mais également les **outils** issus de ces différentes technologies : par exemple moteurs, contacteurs, distributeurs hydrauliques ou pneumatiques, composants électroniques tels que amplificateurs opérationnels, microprocesseurs, mémoires..., etc.

Les capteurs, actionneurs, organes de télétransmission..., etc., peuvent d'ailleurs faire appel à plusieurs technologies complémentaires;

● **Les disciplines d'application**, enfin, viennent compléter les

connaissances précédentes : elles concernent d'abord des domaines techniques tels que le levage, le pesage-dosage, la manutention..., etc.

En outre, elles sont souvent complétées par des connaissances plus spécifiques relatives à certaines familles de processus : en levage, par exemple, on distinguera les grues, les portiques, les ponts roulants, les remontées mécaniques..., etc.

Ces disciplines sont en général apprises dans l'industrie, plus par l'expérience que par la formation scolaire ou post-scolaire.

L'ensemble de ces diverses connaissances constitue en quelque sorte une pyramide; selon le profil demandé et le niveau considéré, l'individu aura besoin d'approfondir certaines parties de ces disciplines. L'important dans cette approche n'est pas d'être exhaustif, mais plutôt de bien distinguer les trois notions complémentaires qui sont à la base de la formation technique.

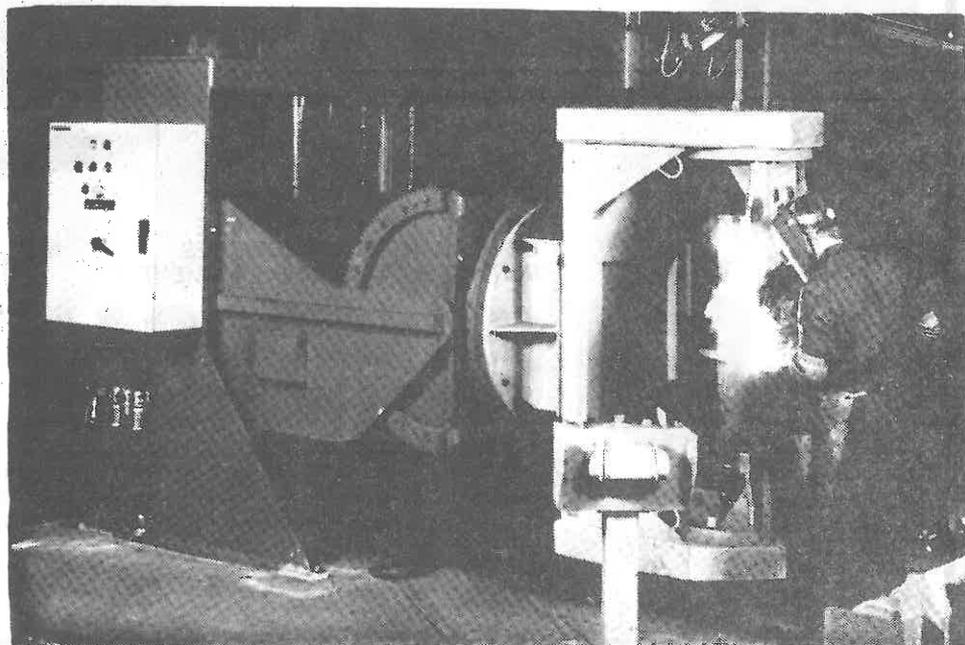
VIII. Conclusions

Pour aller plus loin dans cette réflexion, il serait nécessaire de prendre en compte la notion de niveau, et d'examiner plus profondément les différentes tâches qui interviennent dans la conception, la réalisation et l'exploitation des différents types d'automatismes.

Les fonctions d'industrialisation, de commercialisation..., etc., n'ont en effet pas été abordées dans l'exposé précédent. De même, l'influence des tendances indiquées ci-dessus devrait faire l'objet de réflexions approfondies. La complexité du sujet explique l'état de perplexité auquel on peut aboutir si l'on prend la peine de rechercher, de manière objective, quelle est la place de l'automaticien de demain.

Nous pensons, pour notre part, que seule une réflexion collective et permanente peut permettre une appréhension claire et évolutive de ce problème.

Exploitation d'un robot manipulateur de soudure à apprentissage aux établissements Caterpillar (Doc. Télémécanique - Lambert et Jouty)



NOUS diffusons l'Essentiel du Progrès



MICRO ET PÉRI-INFORMATIQUE
COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
INSTRUMENTATION ET ÉQUIPEMENT



COMPOSANTS S.A.

BORDEAUX Avenue Gustave-Eiffel BP 81 - 33605 PESSAC CEDEX TÉL. 56/36.40.40 - TÉLEX 550696F
TOULOUSE 55, avenue Louis-Bréguet 31400 TOULOUSE TÉL. 16.61/20.82.38
POITIERS 183, route de Paris 86000 POITIERS TÉL. 49/88.60.50 - TELEX 791525F
RENNES Rue du Manoir-de-Servigné ZI Rte de Lorient BP 3209 - 35013 RENNES TÉL. 99/54.01.53 -
TÉLEX WESCOMP 740311F
PARIS 15, allées des Platanes Sofilic 429.94263 FRESNES CEDEX TÉL. 16/1/666.32.46 - TÉLEX 201621F