

# 3

## DANS NOS CLASSES

### Activités mathématiques dans les I.U.T.

par Michelle et Gérard LAUTON,  
I.U.T. de Valenciennes.\*

Les I.U.T. (Instituts Universitaires de Technologie) existent depuis 1966. Des enseignants de mathématiques y exercent depuis ce temps-là. Beaucoup ont dû assurer le "démarrage" de départements avec pour tout bagage leur formation antérieure et leur désir de rendre service. Réflexion, essais, erreurs : cette expérience passionnante remet en cause bien des idées que l'on a au départ...

#### Quelques données :

Dans les I.U.T. sont dispensés des enseignements de premier cycle technologique préparant en deux ans à des emplois de technicien supérieur. Ces établissements universitaires sont organisés en départements (environ 250 répartis dans 66 I.U.T.) correspondant à 18 spécialités existantes, de type secondaire ou tertiaire.

Le recrutement des étudiants (en moyenne 2/3 de bacheliers techniciens Fi - Gj - H ou BT pour 1/3 de bacheliers B, C, D, E), leur "profil socio-culturel" et l'idée qu'ils se font de leur futur rôle dans l'entreprise expliquent leur aversion fréquente pour les mathématiques. Celles-ci jouent un rôle important dans certaines spécialités (informatique, statistique, spécialités liées à la physique, gestion), malgré un horaire exigü (3 à 5 heures) dans le cadre d'un emploi du temps assez lourd (33 à 40 heures). Les mathématiques jouent un rôle marginal dans d'autres options. L'horaire avoisine :

5 heures dans 5 spécialités : - Informatique, Statistique, Génies Mécanique et Thermique, Maintenance Industrielle.

4 heures dans 2 spécialités : - Génie Electrique, Mesures Physiques.

3 heures dans 5 spécialités : - Génie Civil, Génie Chimique, Chimie, Gestion des Entreprises & Administrations, Hygiène & Sécurité.

---

Cet article reprend les termes du texte préparatoire que nous avons écrit pour les Journées d'Octobre 80 à Montpellier : "Motivations, Applications et Problèmes dans l'Enseignement des Mathématiques à l'Université".

1 heure dans 3 spécialités : - Techniques de Commercialisation, Biologie Appliquée, Transport Logistique.

0 heure dans 3 spécialités : - Carrières de l'Information, Carrières Juridiques & Judiciaires, Carrières Sociales.

Pourquoi nos étudiants ont-ils choisi cette voie ? Il est évident que l'une des raisons principales de ce choix est la durée des études : obtenir un diplôme d'enseignement supérieur en deux ans, qui plus est un diplôme qui offre des débouchés (au moins jusqu'à ces dernières années), voilà un avantage important pour des enfants d'ouvriers, d'employés ou de petits cadres, bien que le DUT ne soit pas reconnu à son niveau réel de qualification. Une autre raison est la proximité du lieu d'étude par rapport au lieu d'habitation. Ainsi, bien souvent, nos étudiants n'ont pas réellement choisi la filière qui les intéresse, d'autant plus que chaque département reçoit des centaines de candidatures pour 100 à 150 places.

Par ailleurs, les étudiants se font souvent une idée fautive des spécialités qu'ils demandent à l'heure du choix, et des professions auxquelles elles les destinent. Ils intériorisent parfois les images d'Épinal archaïques de l'activité du technicien supérieur et de son rôle charnière, et conçoivent celui-ci comme un simple exécutant situé hors des sphères de la conception. De telles visions, même si elles reflètent une certaine part de la réalité, n'aident pas les enseignants de mathématiques à mener à bien leur tâche spécifique dans la formation professionnelle.

De plus, les conditions de travail de nos étudiants sont telles (environ 36 heures de cours, T.P. et T.D. par semaine) qu'il est impossible de leur demander un travail personnel conséquent.

### **Ne pas ignorer les atouts.**

Le devenir professionnel des étudiants et leur formation antérieure sont des données essentielles pour la conduite des enseignements de mathématiques, à côté des contraintes horaires et de l'articulation voulue entre les diverses disciplines. Ce contexte, qui présente des aspects favorables à l'innovation pédagogique, mais aussi des obstacles importants à la communication didactique, a suscité des expériences inédites qui ne sont pas sans points communs.

Les tentatives d'organiser l'enseignement des Mathématiques selon les "modèles classiques" de DEUG (revus en baisse), ont généralement abouti à des impasses et à des adaptations nocives : inadéquation totale à la spécialité du département, aux démarches cognitives et aux centres d'intérêt des étudiants, émiettement en domaines séparés (algèbre, analyse, géométrie, statistiques,...), faute de fil directeur accessible.

Un certain nombre d'équipes ont voulu éviter ces écueils et ont expérimenté des approches nouvelles non conformes aux moules académiques. Ces expériences ont des points communs en dépit de leur diversité.

Elles visent à faire jouer les conditions favorables qui prévalent depuis la création des IUT (interdisciplinarité, liberté de principe par rapport aux modèles existants, collégialité réalisée dans un certain nombre d'équipes), tout en palliant les facteurs défavorables (formation antérieure des étudiants, exigüité de l'horaire) par des *démarches positives*.

Quand, par exemple, on met de côté l'idée d'une prééminence hiérarchique des "bacheliers classiques" sur les "bacheliers techniciens", on s'efforce de tirer parti de la formation de ces derniers, de leurs aptitudes particulières liées au domaine technique qu'ils sont censés avoir approfondi : perception spatiale, lecture de réseaux et circuits pour les F, traitement de tableaux, connaissance d'enjeux sociaux du quantitatif pour les G. Certes, il ne faut pas sous-estimer les lacunes réelles des bacheliers F et G, leur manque de connaissances générales, leurs difficultés à s'exprimer : ils ont été soumis auparavant à un horaire hebdomadaire important (près de 40 heures) dans lequel ne figurait souvent aucune heure de philosophie, aucun enseignement conséquent de français, histoire, géographie, sciences naturelles, ... ; il s'agit là d'un manque à gagner essentiel pour les mathématiques elles-mêmes, qui renforce la situation fréquente d'échec dans cette matière.

En ne considérant que ces handicaps, certains établissements en viennent à éliminer les bacheliers techniciens et à leur préférer les C, D, E, B, ce qui accroît la sélection sociale (à Ville d'Avray, il y a 2 500 candidats pour 100 places en Génie Electrique...) ; certes un problème d'une telle ampleur ne trouvera de solutions véritables que par d'importantes réformes en amont. D'un autre côté, on peut aussi mesurer la réticence des bacheliers C, D à un enseignement tourné vers les applications, auquel ils ne sont guère préparés. Des *enseignements de soutien* adaptés aux différents profils peuvent tempérer ces inadéquations ; ils sont prévus, quoiqu'insuffisamment, dans les programmes officiels. L'exemple des horaires est significatif de l'aventure vécue dans les IUT par les enseignants : les faibles horaires dévolus aux mathématiques, en même temps qu'ils sont inacceptables (situation d'urgence permanente), ont parfois incité les enseignants à aller à l'essentiel et à élaguer le cours de certains développements traditionnels (les mille et une méthodes d'intégration, par exemple), non pertinents vis-à-vis de la formation visée.

Ces contraintes ont également conduit à taire des démonstrations longues ou difficiles, au bénéfice d'illustrations et d'exemples précisant l'intérêt et la validité des théorèmes correspondants (rejet d'un certain degré de formalisme déductiviste).

Le temps gagné ainsi (de gré ou de force) sur des subtilités de technique mathématique secondaire a souvent été mis à profit pour procurer aux étudiants l'éclairage indispensable des liens avec les autres disciplines. Rien n'est plus motivant pour le futur technicien supérieur que la conscience de *l'enjeu* représenté par chaque concept et outil mathématique dans la description et le contrôle de phénomènes réels.

La coordination inter-disciplines offre de multiples occasions de mathématiser des situations, de mettre en œuvre différents outils mathématiques au service d'un modèle mathématique donné. Elle procure aussi un fil directeur et des indications de chronologie autres que ceux des formations "traditionnelles". Certaines équipes présentent ainsi d'emblée des faisceaux de grands problèmes (physiques, technologiques, économiques,...) qui suscitent des besoins de traitements mathématiques, ce qui les amène à briser les découpages habituels de nature "intra-mathématique" (algèbre, analyse, géométrie,...). Il est généralement admis que l'enseignement des mathématiques, tout en intégrant ces apports, doit néanmoins se dérouler selon une économie propre (établie de concert avec tous les partenaires) et ne pas se réduire à une suite de prestations de service parcellisées, à un catalogue de recettes, conceptions purement utilitaires qui voueraient l'étudiant-technicien à des tâches de simple exécutant, et qui lui fermeraient l'accès à une formation ultérieure (initiale ou continue).

### Motivations - Applications - Problèmes.

L'enjeu matériel et social des exemples illustrant les techniques mathématiques enseignées (calculs de la résistance d'un pont, de la fiabilité d'un transformateur, du réassortiment d'un stock,...) mobilise les étudiants. Cette motivation les incite à aboutir réellement aux *résultats numériques* exprimés en unités légales. Concernant l'*existence* du résultat, le retour au phénomène étudié est souvent un auxiliaire précieux. Ces activités conduisent aussi à jauger des ordres de grandeur, à mener des études *qualitatives* très formatrices.

On retrouve là des points communs avec d'autres expériences menées en DEUG (SSM Paris VII et Lille, notamment), en MST, etc.

Ces démarches retentissent sur le type d'activités proposées lors des travaux dirigés, tests d'évaluation et contrôles des connaissances.

Notons aussi que la poursuite des résultats numériques impose très souvent le recours aux calculateurs programmables et révèle le cadre exigé des équations résolubles à la main. Ainsi, le *calcul numérique* et l'algorithme, loin d'être juxtaposés à des développements théoriques indépendants, sont intégrés dans tout le corps de l'enseignement (programmes officiels), dans les cours, travaux dirigés et activités sur machine, et développent le souci permanent du temps de calcul, de la localisation des grandeurs en mémoire, de la précision possible, d'une *édition* opérationnelle des résultats.

Certes, le résultat numérique d'un calcul est rarement une fin en soi dans la problématique d'un phénomène réel : il est souvent plus important de s'aviser que le résultat possède ou non une *propriété décisive* pour le déroulement du phénomène considéré (réalisation ou non d'un événement, au sens du modèle probabiliste), l'enjeu véritable étant la propriété plus que la valeur brute du résultat : sera-t-on plus heureux si la propriété

est réalisée ? Cela vaut-il la peine de s'impliquer dans le calcul et dans la théorie qui le justifie ? Telles peuvent être les opérations de pensée qui conduisent l'étudiant à sa participation active au travail mathématique, ou au refus et à la passivité. La beauté formelle de la théorie n'est pas d'un grand secours dans cette alternative.

Dans l'optique des applications, cela limite la portée d'exercices du type "résoudre l'équation"... (étape néanmoins indispensable). C'est plutôt l'influence d'un paramètre sur une propriété du résultat qui intéresse l'utilisateur, et qui est le terrain d'exercices plus variés : quelles valeurs donner au paramètre (réglages ?) pour la réalisation d'un *effet déterminé* au cours du phénomène modélisé par l'équation ? Pour bien faire, il ne suffit pas d'évoquer des phénomènes réels, il est précieux de pouvoir les exhiber par des moyens expérimentaux, ce qui est possible lors des travaux pratiques des autres matières, lors des stages, mais aussi dans le cadre des enseignements de mathématiques (cours, T.D.,...). A ce sujet, la coordination inter-disciplines peut procurer des matériels didactiques d'une grande portée pour la mise en évidence de propriétés mathématiques : maquettes de solides et surfaces réalisées à l'atelier, montages électriques, réponses à des sondages, banques de données diverses, matériels de visualisation de courbes,... Les *décloisonnements* qui peuvent s'opérer à la faveur de ces démarches ne sont pas sans effet sur l'évolution de l'équipe pédagogique et de chacun de ses membres : ils peuvent inspirer aux mathématiciens des IUT des thèmes et actions de recherche ("fondamentale ou appliquée", technologique, didactique,...) en rapport avec la méthodologie d'un enseignement non coupé du réel ; mais ces travaux sortant du cadre académique ne sont pas reconnus comme il convient, notamment vis-à-vis de la carrière des intéressés.

### **Propositions pour une réflexion collective.**

Loïn de se limiter à des aspects anecdotiques, la réflexion sur les activités mathématiques dans les IUT (et formations similaires) doit prendre en compte la situation réelle avec l'ensemble des facteurs favorables et défavorables : le "profil" des étudiants, les horaires et conditions de travail, les exigences liées au secteur professionnel visé par les étudiants. Cette réflexion suppose que soit entrepris un bilan critique des expériences existantes, que soit mieux évalué le "bagage mathématique", les aptitudes acquises à l'issue des deux années d'étude : quel contenu durable ? Quelle compréhension des concepts ? Quelle utilisation pertinente en situation réelle des méthodes enseignées ? Quelle ouverture sur des formations ultérieures ?

Cette réflexion peut aussi conduire à des propositions de modification des horaires et des conditions d'exercice de l'enseignement dans les IUT : les enseignants de mathématiques n'ont-ils pas leur mot à dire en ce domaine ? Il y a beaucoup à faire pour recenser les diverses expériences conduites dans des départements d'IUT, pour faire connaître largement les axes significatifs de ces réalisations, la problématique qui les inspire et

les modalités qui les constituent, les obstacles et résistances de toute nature qui les entravent. Les Journées SMF-APMEP d'Octobre 1980 organisées à Montpellier sur le thème : "Motivations, Applications et Problèmes dans l'Enseignement des Mathématiques à l'Université", ont permis de confronter ces théories et ces pratiques, de favoriser les contacts avec les enseignants des autres formations assurées à l'Université, de mesurer ensemble les facteurs de succès et d'échec, le rôle des individus et des équipes, de l'institution (des modes de régulation de l'enseignement et de la recherche, notamment par les instances officielles) et des milieux professionnels, dans l'évolution de l'enseignement des mathématiques en IUT et à l'Université.

Notons que les participants ont convenu de poursuivre la discussion sous des formes à définir (groupe de travail APMEP/SCFCIEM\*/Inter-IREM sur l'enseignement des mathématiques à l'Université...).

### **Génie Mécanique : quelques mots sur une expérience.**

Statique et dynamique, mécanique des fluides, résistance des matériaux, électricité, automatique, construction et fabrication mécanique, métallurgie... et mathématique : nous allons oublier l'anglais, l'expression, des rudiments d'organisation et de gestion. Nous n'avons pas voulu rester dans une tour d'ivoire. Les raisons citées plus haut nous ont amenés à réfléchir, avec P. Florent, collègue mécanicien, sur les modalités d'un enseignement de mathématiques tourné vers la Mécanique.

Cet enseignement semble porter ses fruits, puisque depuis sa mise en place nous remarquons une amélioration des notes de mathématiques, en particulier pour les étudiants issus des terminales F (demandes de compléments et de démonstrations suite à la présentation concrètes des notions). D'autre part, les étudiants titulaires d'un DUT admis en MST de mécanique y réussissent honorablement. Nous n'aborderons que quelques points en guise d'illustration.

**La géométrie** : déjà importante pour l'étude des solides, de leurs formes et de leurs mouvements, la géométrie vient en premier plan avec l'introduction de la commande numérique des machines outils, et de la C.A.O. (conception assistée par ordinateur) dont une phase importante est le dessin de contours sur console graphique.

Ces techniques éclairent singulièrement l'apprentissage des courbes et surfaces paramétrées, et leur donnent un débouché concret. Le tracé point par point de figures simples sur l'écran d'un micro-ordinateur, avant-goût de la C.A.O., est très stimulant pour l'étude des transformations ponctuelles, des solides et de leurs intersections. Au commencement est le point, puis la droite et le segment (dans les limites de l'écran !), le

\* Sous-Commission Française de la Commission Internationale pour l'Enseignement des Mathématiques.

triangle et ses éléments remarquables, des jeux de billard à volonté, la projection d'un cube... L'usage des machines en libre-service montre que l'imagination n'est pas en reste et que l'approfondissement y trouve son compte. Il est loisible de programmer le dessin en perspective d'un solide de forme simple, d'amorcer la résolution du problème des faces cachées (en pointillé), de tracer l'intersection de deux solides dans des cas favorables. Ces exercices sont une initiation au travail plus élaboré qui attend les étudiants au sujet de la C.A.O.

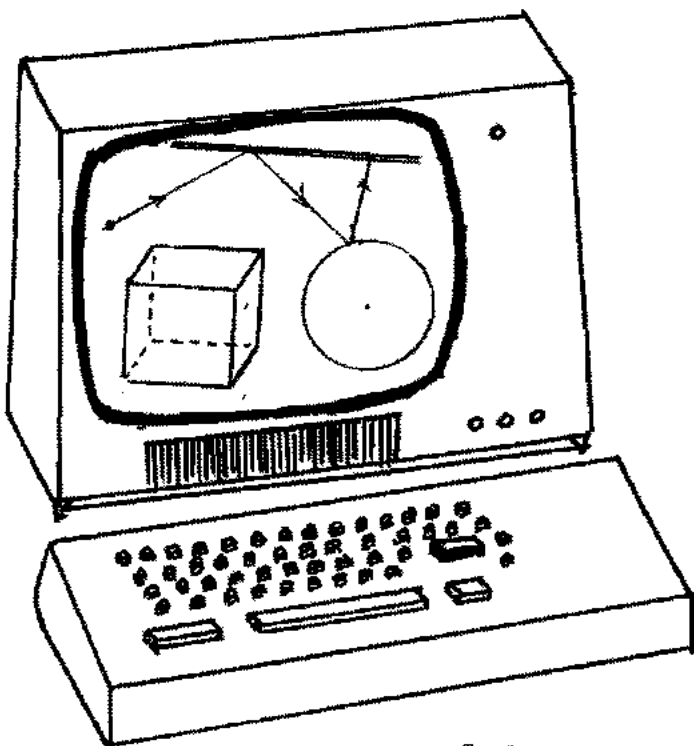


fig. 1

La commande numérique est aussi le terrain d'exercices variés où interviennent des lignes et surfaces paramétrées. *Exemple* : comment doit se déplacer l'outil appelé fraise (disque en vue horizontale, trajectoire de son centre  $\omega$ ) pour creuser dans une plaque un profil elliptique de dimensions données ? C'est un problème de contourage qui revêt à la fois des aspects géométriques, technologiques (une solution géométrique n'est pas forcément praticable !), et informatique (avancement de l'outil par pas, instructions de positionnement...).

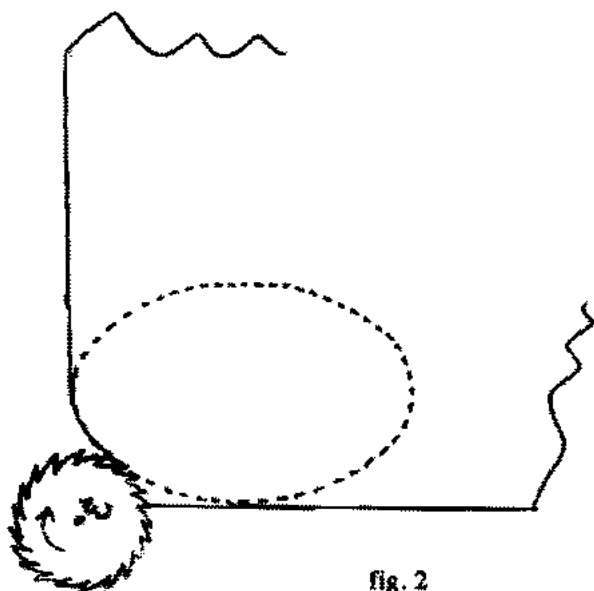


fig. 2

**Equations différentielles, systèmes** : domaine essentiel pour nos étudiants en vue notamment de la dynamique, de la résistance des matériaux, de l'électricité, car bien souvent l'évolution de grandeurs parties prenantes d'un phénomène physique donné n'est pas connue de façon directe, mais sous une forme de relations entre les grandeurs et leurs taux de variation. C'est pourquoi nous montrons à l'aide d'exemples tirés de la pratique que des phénomènes physiques différents conduisent à des équations du même type, ce qui nous permet de dégager la notion de *modèle mathématique*. Pourquoi dédaigner l'analogie mécanique-électricité dans le cadre de l'horaire de mathématiques ? Cet élément motivant n'est pas fabriqué ad-hoc : il découle directement des interactions et des médiations survenues constamment entre les mathématiques et les autres domaines.

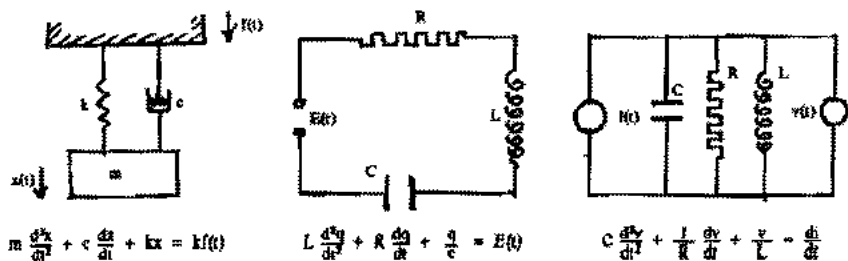


fig. 3



Nous présentons les principaux types d'équations différentielles que l'on rencontre dans la pratique. Dans les exercices proposés aux étudiants, nous nous efforçons d'éviter le banal énoncé : "résoudre l'équation différentielle...", et de faire réfléchir les étudiants sur le problème posé :

- Quelles sont les hypothèses (physique et mathématique) ?
- Quel est le résultat cherché ? (pas nécessairement la *solution* en bonne et due forme, mais souvent des *conditions* propres à assurer un *effet déterminé*) ; notamment le choix des coefficients et des conditions initiales : comment les choisir pour que la fonction (déplacement, intensité d'un courant...) ne dépasse pas une certaine valeur, décroisse d'une certaine façon... ?

**Exemple :** Une poutre horizontale de longueur  $2l$  s'appuie librement à ses extrémités. L'équation différentielle de sa déformée est :

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = \omega lx - \frac{1}{2} \omega x^2,$$

où  $\omega$  désigne la charge par unité de longueur, E et I deux constantes associées à la poutre. Déterminer sa flèche maximale. Choix de EI pour que la flèche reste inférieure à une valeur donnée...

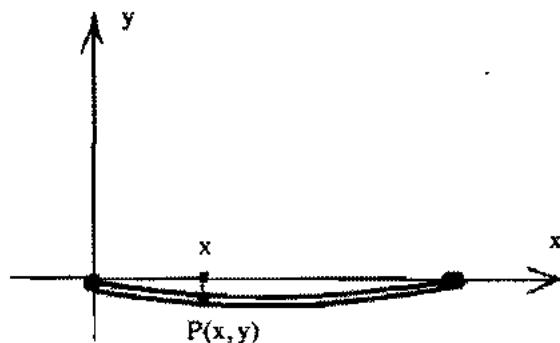


Fig. 4

Au sujet des équations non linéaires (non résolubles à la main au moyen d'un nombre fini d'opérations), nous initiions les étudiants à la linéarisation et à ses limites de validité.

**Exemple :** le pendule simple :  $\theta'' + \frac{g}{l} \sin \theta = 0.$

Cela n'est valable que pour de petites oscillations.

Aussi convient-il de mettre en œuvre les méthodes de résolution approchée de l'équation non linéaire : méthodes numériques ou analogiques couramment utilisées dans l'industrie. Cela fournit un thème d'une séance de Calcul Numérique sur micro-ordinateur : algorithme, organigramme, programme en vue du tracé de la courbe solution sur écran ou (et) de l'impression du tableau des valeurs approchées.

Nous avons utilisé la même approche pour les équations des cordes vibrantes : présentation des conditions initiales et des conditions aux limites, résolution de l'équation par la méthode de la séparation des variables. C'est un des exemples où les étudiants peuvent voir le plus clairement la liaison entre les conditions mathématiques imposées et la solution physique.

Les années précédentes, nous avons plus de temps pour traiter les équations aux dérivées partielles classiques en détail, et nos étudiants pouvaient en résoudre de nouvelles, sans aucun affolement et avec de bons résultats. Ils s'essayaient aussi à la *résolution numérique* de l'équation de la chaleur sur une tige, et de l'équation de Laplace dans un contour donné (répartition de la température sur une plaque, cas stationnaire). Depuis, l'horaire hebdomadaire des mathématiques a été réduit sensiblement dans les départements de Génie Mécanique des IUT, sous l'action conjuguée du Ministère des Universités et de la Commission Pédagogique Nationale.

**Calcul numérique programmable :** Nous insistons sur la nécessité de construire un organigramme, sachant qu'une fois celui-ci établi, la rédaction du programme dans le langage de la machine est simple, moyennant quelque entraînement. Nous essayons donc d'apprendre aux étudiants à poser le problème, à décomposer un calcul pour pouvoir constituer un organigramme. Nous sommes en liaison avec les collègues des autres disciplines pour recueillir les problèmes concrets illustrant chacun des algorithmes.

Il en résulte une coordination intéressante, notamment sur le plan des travaux pratiques de physique et de technologie, et des études proposées en stage.

Les tableaux ci-dessous mentionnent une série de thèmes proposés pour les séances de travail sur micro-ordinateurs. Ces thèmes sont élaborés en liaison avec les autres équipes et une "banque" de notices se constitue pour chaque thème.

THEMES 1 <sup>re</sup> ANNEE	METHODES NUMERIQUES EMPLOYEES	EXEMPLES D'APPLICATIONS
I - Calcul vectoriel Géométrie métrique Tracés de figures simples	sommes et produits, mise en œuvre de formules trigonométriques.	tiges articulées, calculs d'angles et longueurs dans le plan et l'espace, tracés de droites et cercles, jeux géométriques...
II - Nombres complexes Construction de Fresnel	sommes et tests de signes, calcul de l'amplitude et de la phase, tracé des vecteurs.	électricité, triphasé, géométrie.
III - Recherche des racines d'une équation	au choix parmi les 3 ou 4 méthodes du cours.	innombrables... (rapport entre les diagrammes, efforts tranchants et mouvements fléchissants).
IV - Calcul matriciel élémentaire	remplissage matrices, sommes et produits, matrices binaires.	quadripôles, cinématique... organisation.
V - Intégration numérique	rectangles, trapèzes.	longueurs, surfaces, volumes, moments (méthode de MOHR).
VI - Tracé d'épures et de perspectives sur ordinateur	utilisation du thème III pour points d'intersection.	intersection de solides (déformée de poutres planes, diagramme Mf dans l'espace).

THEMES 2 <sup>re</sup> ANNEE	METHODES	APPLICATIONS
I - Classement de nombres, statistiques	Régression linéaire, estimations.	contrôle, étude de deux caractères...
II - Runge-Kutta	Runge-Kutta niveau 2 ou 4.	équations différentielles non résolubles à la main (mécanique, Rdm)...
III - Systèmes d'équations linéaires	Gauss (pivot Max).	systèmes réticulés... études des poutres continues.
IV - Diagonalisation	Programme pré-établi dans ses grandes lignes (sauf recherche des valeurs propres).	pour axes principaux d'inertie (3 x 3)
V - Diagonalisation (suite)		pour résoudre système différentiel à coefficients constants.
VI - Nombres aléatoires	fonction machine.	fiabilité (simulation et critique de celle-ci).

**Calcul Analogique :** Concernant les équations différentielles, nous introduisons aussi les méthodes de Calcul Analogique qui sont très captivantes et ont l'avantage de créer des liens avec l'équipe des automaticiens. Quoi de plus probant que la visualisation sur écran d'un signal solution d'une équation différentielle linéaire quand on a la possibilité de changer sur le

champ la valeur des paramètres, des conditions initiales, du second membre ! Cette méthode développe le sens de la synthèse et fait comprendre de façon providentielle la notion d'opérateur sur les fonctions. Ainsi, pour résoudre l'équation différentielle :

$y'' + 4y' + 5y = s(t)$  avec  $s(t) = e^{-t} \sin t$ ,  $y(0) = y'(0) = 0$ ,  
on envisage le montage :

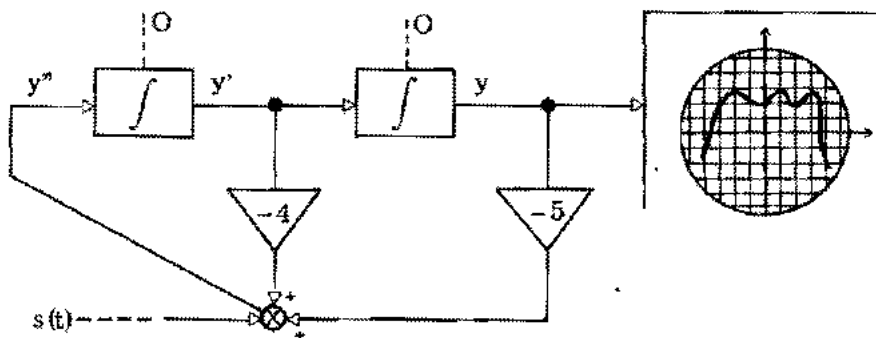


fig. 5

où on reconnaît un sommateur, deux intégrateurs, et le symbole qui désigne un amplificateur de rapport  $k$ .

Puis on crée alors le signal  $s(t) = e^{-t} \sin t$  en constatant qu'il vérifie l'équation :  $s'' + 2s' + 2s = 0$ , avec  $s(0) = 0$  et  $s'(0) = 1$  d'après la solution  $1 \pm i$  de l'équation caractéristique. D'où le montage suivant destiné à se connecter au précédent.

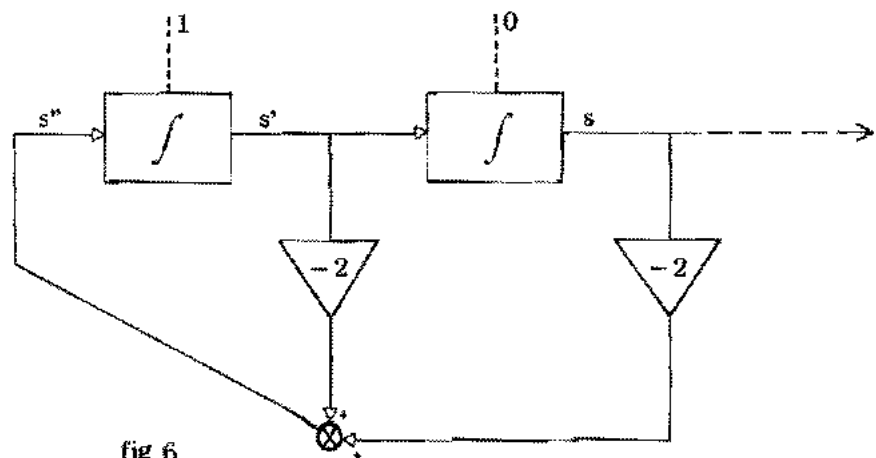


fig. 6

Sur le thème des schémas analogiques, nous utilisons aussi les systèmes entrées-sorties linéaires à courant constant qui incarnent des applications linéaires de  $\mathbb{R}^n$  dans  $\mathbb{R}^m$  ( $n$  entrées,  $m$  sorties), et qui sont constitués par des sommateurs et des amplificateurs. Le dispositif ci-dessous représente l'application :

$$\begin{cases} v_1 = e_1 + e_2 \\ v_2 = e_2 + e_3 \\ v_3 = e_1 + 2e_2 + e_3 \end{cases}$$

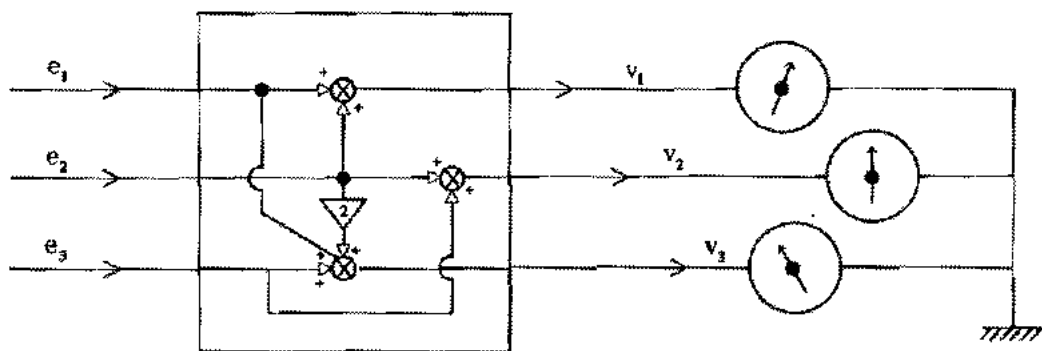


fig. 7

Les notions de noyau et d'image apparaissent alors sous un jour neuf : le noyau est l'ensemble des choix de tensions ( $e_1, e_2, e_3$ ) tels que les tensions de sortie soient nulles. Ainsi, avec  $(100, -100, 100)$  on pourrait mettre ses doigts aux bornes de sortie sans en souffrir aucunement...

Inversement, on demande à l'étudiant de concevoir l'intérieur de la "boîte noire" connaissant les coefficients de l'application linéaire, ou à partir de plusieurs résultats de mesures pour diverses tensions d'entrée. De plus, on peut connecter ces systèmes en chaîne pour réaliser les applications composées (nous ne parlerons pas des problèmes technologiques que cela pose).

## **En guise de conclusion**

Les démarches que nous avons essayé de décrire ci-dessus reposent sur le dessein de donner une substance aux différents concepts, sous la forme de systèmes réels (et non d'objets-prétextes). Nous avons constaté que cette méthode, qui va du particulier au général, était plus efficace que les développements théoriques à priori, si cohérents qu'ils fussent, en direction du public des étudiants-techniciens.

Ces expériences, qui sont loin d'être achevées, ont été menées dans ce sens à la faveur de nombreux échanges avec les étudiants et les enseignants d'autres disciplines, ce qui est possible et nécessaire dans les IUT.

Nous avons mené les premières expériences sans connaître les travaux des didacticiens. Après avoir participé à la première Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques (Chamrousse 1980), nous envisageons la poursuite de notre réflexion pédagogique de manière plus efficace. Ainsi, nous sommes en train de revoir l'enseignement de la notion de fonction : un questionnaire a été diffusé en début de première année et a confirmé que les blocages des étudiants se faisaient souvent sur des "notions premières" (par exemple, impossibilité d'interpréter sur une représentation graphique le comportement d'une fonction).

Néanmoins le ton optimiste des lignes qui précèdent ne saurait faire illusion : enseigner en IUT est une aventure très prenante et ce travail considérable n'est guère reconnu, sur le plan des carrières, notamment. Mais cela aussi devra changer...