

**Spécif n° 24**

**Octobre 1993**

Société des Personnels Enseignants et Chercheurs en Informatique de France, ENS, 45 rue d'Ulm - 75005 PARIS

## NUMÉRO SPÉCIAL

**ASPECTS PROFESSIONNELS  
DE L'ENSEIGNEMENT DE L'INFORMATIQUE**



**COOPÉRATION UNIVERSITÉ-ENTREPRISE**



## SOMMAIRE

- Présentation générale de ce numéro spécial..... 3
- Journée organisée par le SYNTEC-INFORMATIQUE (29 AVRIL 1992)..... 4
- Enseignement du génie logiciel (débat organisé lors de l'Assemblée Générale Générale de SPECIF (5 DÉCEMBRE 1991))..... 33
- Formations d'Ingénieurs en Informatique (Journées SPECIF de GRENOBLE, 26-27 MARS 1992)..... 59

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE SPECIF  
( 1 9 9 3 )

- Anciens Présidents** : PAIR C. (1986-1988)  
COMYN G. (1989)  
CARREZ CH. (1990-1991)
- Président** : GIRAULT C.
- Vice-Présidents** : COT Norbert, Responsable des bulletins et des archives  
LESCANNE Pierre, Commission Recherche
- Membres du C.A.** : APERGHIS Christian (Bureau), Responsable Commission Moyens  
BETOURNE Claude, Responsable Commission Enseignement  
CALLADINE Pierre, Commission Moyens  
CHABRE-PECCOUD Monique, (Bureau), Responsable Cellule  
Fonctionnement  
DAGORRET Pantxika, Cellule Fonctionnement  
FLECK Jacques  
HERVIER Yves, (Bureau), Trésorier, Cellule Fonctionnement  
HORLAIT Eric  
KROB Daniel, Commission Recherche  
LAFON Pierre, (Bureau), Commission Enseignement, Commission  
Moyens  
LORHO Bernard, Commission Recherche, Commission Textes  
Officiels  
MARCENAC Pierre  
MARCIANO Jean-Pierre, Commission Enseignement  
MONTANVERT Annick, (Bureau), Secrétaire  
MOSSIERE Jacques, Commission Recherche, Commission Textes  
Officiels  
RODRIGUEZ François, Commission Enseignement, Cellule  
Fonctionnement  
ROZOY Brigitte, (Bureau), Responsable Commission Recherche  
DE SABLET Georges, Commission Moyens  
SCHNEIDER Michel, Diffusion du Bulletin, Cellule  
Fonctionnement  
SIROUX Jacques, Commission Recherche, Commission Textes  
Officiels  
TOURNIER Evelyne, Commission Recherche
- Bulletin Spécif** : Editeur : COT N.
- ADRESSE** : Bulletin SPECIF  
N. COT  
UFR MATH INFO - PARIS 5  
45, rue des Saints-Pères  
75006 PARIS

(Le bulletin est imprimé et diffusé par M. SCHNEIDER)

## PRÉSENTATION DE CE NUMÉRO SPÉCIAL

Il nous a paru opportun de regrouper dans ce même numéro spécial plusieurs textes liés à des manifestations auxquelles SPECIF a participé à des titres divers. Il s'agit des événements suivants, dans l'ordre de présentation du bulletin :

1°) Une Journée organisée par le SYNTEC-INFORMATIQUE le 29 AVRIL 1992.

Cette Journée, destinée d'abord aux Directions Générales ou aux Directions des Ressources Humaines des SSII, avait pour thème principal la gestion des ressources humaines dans le monde de l'Informatique (formations, carrières, métiers, attentes et devenirs des cadres informatiques, etc.).

SPECIF était naturellement invité à s'y exprimer sur les problèmes de la collaboration Universités-Entreprises. En 1990 déjà, le SYNTEC-INFORMATIQUE et SPECIF s'étaient associés pour organiser, avec d'autres, le 1er Colloque National sur la formation des Informaticiens (les actes de ce colloque ont été édités par SPECIF sous forme du Numéro Spécial n° 18). Ce chapitre contient, outre l'intervention de C. GIRAULT, Président de SPECIF, les points de vue exprimés par J. MARTINEAU, D.R.H. de CISI-INGÉNIÉRIE, et P. MORLIERE, Président de CITCOM.

2°) Le débat sur l'Enseignement du GÉNIE LOGICIEL, organisé par J. GIANNESINI lors de l'Assemblée Générale de SPECIF du 5 DÉCEMBRE 1991.

L'enseignement du génie logiciel est un domaine de prédilection de la coopération Universités-Entreprises. Les divers intervenants du débat organisé lors de l'Assemblée Générale de SPECIF ont notamment tenté de répondre aux questions suivantes :

- Comment enseigner le GÉNIE LOGICIEL à l'Université ?
- Comment mener des projets dans ce domaine ?
- Comment coopérer avec le monde professionnel sur ce plan ?

Ce chapitre contient quelques réponses à ces questions.

3°) Journées SPECIF sur la formation des Ingénieurs en Informatique (GRENOBLE, 26-27 mars 1992).

Il s'agissait de réunir pour la première fois l'ensemble des personnes concernées par ces formations, autour de débats, d'ateliers et de tables-rondes. En particulier, ont été présentés et discutés les résultats d'une enquête sur les formations d'ingénieurs informaticiens réalisée par P.L. GONZALES et X. CASTELLANI.

Ces journées ont fait suite aux diverses journées organisées par SPECIF depuis sa création, sur les licences/maîtrises, les DESS, les DEA, plus récemment les 1ers cycles, en Informatique. Elles témoignent de l'importance que SPECIF accorde à tous les aspects de l'enseignement de l'Informatique, en particulier l'ouverture sur le monde professionnel.

Ce numéro spécial contient ainsi une palette de textes très variés qui, nous l'espérons, sauront trouver l'intérêt des membres de SPECIF, et susciter la réflexion sur l'enseignement de l'Informatique aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de notre communauté.

Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes qui ont participé à l'élaboration de ce numéro spécial, et notamment J. CAMILLERAPP pour le rôle très actif qu'il a joué dans la préparation du chapitre consacré aux Journées de GRENOBLE.

Norbert COT  
Éditeur de ce numéro spécial  
Octobre 1993

- **Journée organisée par le  
SYNTEC-INFORMATIQUE**  
*29 avril 1992*

**"Les informaticiens : les  
nouvelles données de la  
gestion des ressources  
humaines"**

# SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| • Programme de la Journée.....   | 6  |
| • Les Enseignants-chercheurs en Informatique - Moteurs de la collaboration Universités-Entreprises (C. GIRAULT)..... | 8  |
| • La Formation-Action sur fond de crise dans les SSII (J. MARTINEAU).....  | 24 |
| • Les enjeux de la Formation Continue (P. MORLIERE).....   | 30 |

# LES INFORMATIENS : LES NOUVELLES DONNÉES DE LA GESTION DES RESSOURCES HUMAINES

## PROGRAMME

29 AVRIL 1992

- 8 h 45 ACCUEIL DES PARTICIPANTS**
- 9 h 15 Introduction générale de la journée.**  
Monsieur Éric HAYAT - *Président de la Chambre Syndicale SYNTEC-INFORMATIQUE*  
Madame Patricia POUPAERT - *DGA IDG Communication*  
**Animation de la journée :**  
Monsieur Philippe MONNIN - *Directeur des rédactions - IDG Communication*
- 9 h 30 Leurs formations : initiale et continue**
- Les perspectives à l'an 1995 de la formation en informatique, en France et en Europe.  
Monsieur Jean-François DEGREMONT - *Chargé de mission auprès du Directeur des Enseignements Supérieurs*
  - La collaboration Université/Entreprise.  
Monsieur Claude GIRAULT - *Président du SPECIF*
  - L'élaboration du plan de formation dans une SSII.  
Monsieur Jacques MARTINEAU - *DRH CISI INGÉNIERIE*
  - Les enjeux de la formation continue.  
Monsieur Pierre MORLIERE - *Président du CITCOM*
- 11 h 00 PAUSE**
- 11 h 15 Leurs carrières :**
- Dans une SSII.  
Monsieur Xavier STEFANI - *DRH CAP SESA*
  - Chez un constructeur.  
Monsieur Philippe TONNELIER - *Responsable de la fonction "Métiers et Vitalité Professionnelle" - IBM France*
  - Chez un utilisateur.  
Monsieur Roger PLANTIER - *Responsable formation et carrières - Groupe AIR FRANCE*
  - L'évolution des métiers de l'informatique.  
Monsieur Jean Mathieu LAFARGUE - *Directeur Associé - Société ELIOR*
- 14 h 15 Leurs attentes**
- Commentaires sur les résultats d'une récente enquête portant sur la gestion des personnels informaticiens.  
Monsieur François MONTEL - *Rédacteur en Chef du Monde Informatique*
  - Le dialogue social : vues d'un partenaire syndical.  
Monsieur Jean-Pierre BILLARD - *Secrétaire National - CFDT*
  - Les relations avec le personnel à travers : la hiérarchie, les partenaires sociaux, les canaux directs :
    - Dans une SSII  
Monsieur Luc BAUVIN - *DHR SLIGOS*
    - Chez un constructeur.  
Madame Sylviane PREGUICA - *Responsable des relations de travail - BULL SA FRANCE*

15 h 45      **PAUSE**

16 H 00      **Leurs devenirs.**

Les points de vues :

- D'un professionnel.

Madame Sophie POULET - *Responsable du recrutement à la Direction des Produits/ Systèmes du Groupe BULL*

- D'une Société de recrutement.

Madame Agnès CHAUVIN - *Gérante de la Société du Temps Dense*

- D'un Cabinet spécialisé.

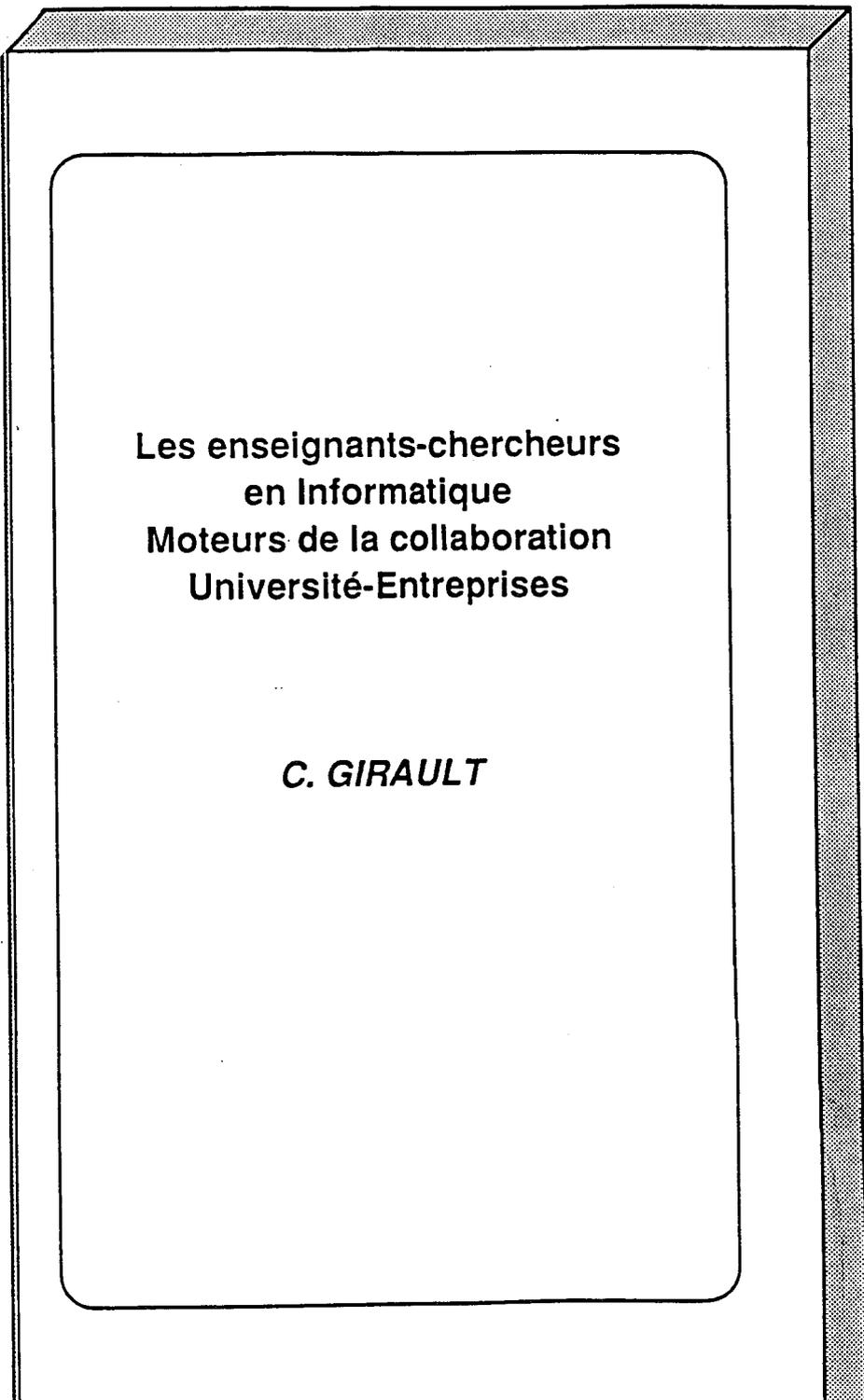
Madame Roselyne CHEVERT- *Directeur d'Etudes Pierre Audoin Conseil*

Le pilotage de carrière.

Monsieur Jean-Pierre TONIAL - *Responsable de l'unité "Perspectives" à l'APEC*

17 h 30      **CONCLUSION :**

Philippe MONNIN - *Débats et conclusion.*



**Les enseignants-chercheurs  
en Informatique  
Moteurs de la collaboration  
Université-Entreprises**

***C. GIRAULT***

# LES ENSEIGNANTS-CHERCHEURS EN INFORMATIQUE MOTEURS DE LA COLLABORATION UNIVERSITÉ-ENTREPRISES

**C.GIRAULT, PRÉSIDENT DE SPECIF**

Société des Personnels Enseignants et Chercheurs en Informatique de France  
Université PARIS VI, 4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

La qualité de l'informatique de toutes les branches économiques et industrielles est un facteur décisif de leur compétitivité car elle améliore et accélère la conception, la fabrication et la diffusion de leurs produits, ou encore, permet l'expansion de leurs services. La conquête des parts de marché dépend de nombreux facteurs, propres à chaque branche mais la qualité et la vitesse d'exploitation de ces facteurs reposent en grande partie sur l'informatique. Dans toutes les branches industrielles, les gains en personnels, en infrastructures ou en produits engendrés par la réalisation de systèmes d'aide ou de contrôle informatique plus performants, sont souvent d'un ordre de grandeur supérieur au coût de réalisation de ces systèmes. La conception de méthodes et d'outils pour raccourcir leurs délais de conception, de réalisation et de mise en oeuvre, fait gagner des marchés.

De nombreuses applications nouvelles sont permises par les progrès de l'informatique en tant que science fondamentale, par la formation de diplômés aux méthodes et techniques avancées, et enfin, par la capacité de ces diplômés à suivre les rapides évolutions des matériels, des logiciels et des concepts.

Ces enjeux informatiques imposent donc une grande qualité de l'enseignement et une recherche dynamique capable de prévoir, de susciter et d'exploiter des évolutions rapides. C'est en grande partie dans les laboratoires de recherche des universités et des écoles d'ingénieurs que se prépare l'informatique de demain. Cela suppose un fonctionnement efficace des établissements d'enseignement et de recherche, c'est-à-dire une organisation dynamique, des moyens adéquats et des personnels compétents. La diffusion et l'exploitation des avancées en informatique dépendent de l'efficacité des collaborations entre les entreprises et les établissements d'enseignement ou de recherche.

C'est pourquoi nous examinerons :

- la problématique de l'informatique: ses enjeux, sa dynamique, sa place dans les cursus,
- le fonctionnement des établissements d'enseignement: les moyens de ces établissements, le rôle des enseignants-chercheurs en informatique, la formation et les activités des enseignants,
- la collaboration des entreprises et des universités: les types de collaborations, le montage des thèses et des projets de recherche.

Enfin, nous concluons sur les perspectives offertes par ces collaborations, et sur les différentes formes de soutiens que les entreprises peuvent apporter aux enseignants-chercheurs en informatique.

## 1 • PROBLÉMATIQUE DE L'INFORMATIQUE

La haute technologie, de la micro-électronique aux calculateurs massivement parallèles et aux interconnexions de réseaux mondiaux de milliers de machines, envahit le monde. La vitesse et l'adéquation de la réaction deviennent primordiales, qu'elle soient celles des contrôleurs d'une centrale nucléaire, des pilotes d'un avion, des opérateurs en bourse ou des gestionnaires adaptant la production à la demande. La mise à la disposition du grand public et de toutes les entreprises de techniques informatiques sophistiquées, ainsi que la

généralisation des communications dans tous les secteurs de l'économie, entraînent un enrichissement des services, de leur qualité, une augmentation des performances et une compétition pesant sur les coûts. Les possibilités ainsi offertes par l'informatique en font un atout de caractère stratégique dans la compétition mondiale. La déréglementation européenne et mondiale exacerbe cette compétition.

Cela motive une augmentation des parts de chiffres d'affaires consacrés aux budgets recherche dans les circuits, les communications, les logiciels. Il en résulte une accélération des évolutions technologiques, et de leur passage des laboratoires à la mise en service (exemple numérisation des services télématiques). Au second degré, l'effort porte sur la nécessité d'outils logiciels (systèmes, langages, ateliers, systèmes de XAO, systèmes experts) pour accélérer l'évolution informatique elle-même et ces outils. Cet effort n'est fructueux que s'il est supporté par une recherche fondamentale et appliquée de pointe.

## 1.1 - ENJEUX DE L'INFORMATIQUE

Pour chaque branche industrielle les enjeux informatiques sont considérables. Chaque industrie doit relever non seulement les défis liés à son propre domaine, mais aussi ceux de ses outils de conception, de production, de gestion:

Les quelques exemples suivants illustrent l'évolution des défis dans divers secteurs:

- sécurité, fiabilité et performance des grands systèmes d'information distribués
- monétique et systèmes boursiers, modèles économiques,
- réseaux informatiques de gestion et de réservation des compagnies de transport,
- contrôle en temps réel de tous les moyens de transport, pilotage assisté, informatique embarquée,
- simulation numérique de souffleries, simulateurs de vols,
- scanner en temps réel, dossiers et expertises médicales, gestion hospitalière,
- production chimique intégrée, bases de données chimiques,
- sécurité des réacteurs nucléaires, contrôle automatique de production d'énergie,
- archivage et analyse de structures de génomes,
- publication et vidéo assistées, génération et archivage de films, bases d'images,
- développement de l'ingénierie coopérative et du télé-travail,
- CFAO sur plusieurs années de la conception à la chaîne de fabrication,
- projets du DOD pour la gestion intégrée de la documentation.

De tels systèmes sont de plus en plus évolués, gigantesques, réactifs, performants, économiques, et fiables. Ils sont devenus indispensables et l'on n'admet pas leurs défaillances.

En peu d'années, des gains par des facteurs de 1000 en densités de circuits, en volumes d'information, en vitesses de calcul, en débits d'échanges ont justifié des ambitions de traitements non envisageables auparavant ; mais les facteurs correspondants, en productivité et en qualité de logiciels, de plus en plus difficiles, sont très loin d'être atteints. Des expressions telles que "massivement parallèle", "systèmes répartis hétérogènes", "intelligence répartie", "sciences cognitives" sont devenues courantes.

Ces évolutions ont entraîné un foisonnement de concepts nouveaux et une mutation extraordinaire de la conception, de la réalisation des grandes bases de connaissances, de l'organisation de calculs parallèles intensifs, de la coopération fiable de systèmes répartis sur des réseaux à très hauts débits (cf Figure 1). Les nouveaux problèmes induits ont également suscité de nouvelles recherches sur les bases théoriques, la modélisation et l'évaluation, les langages de programmation, le génie logiciel, les méthodes de conception assistée, l'intelligence artificielle, le traitement d'images, la communication homme-machine, les circuits intégrés et les architectures matérielles. L'intégration de tous ces concepts pour réaliser des systèmes intégrés d'information et de production est un problème fondamental. Même en période de compression d'effectifs, les entreprises cherchent des ingénieurs et des outils pour maîtriser ces problèmes et ces techniques : ce sont là des défis pour les chercheurs et les enseignants.

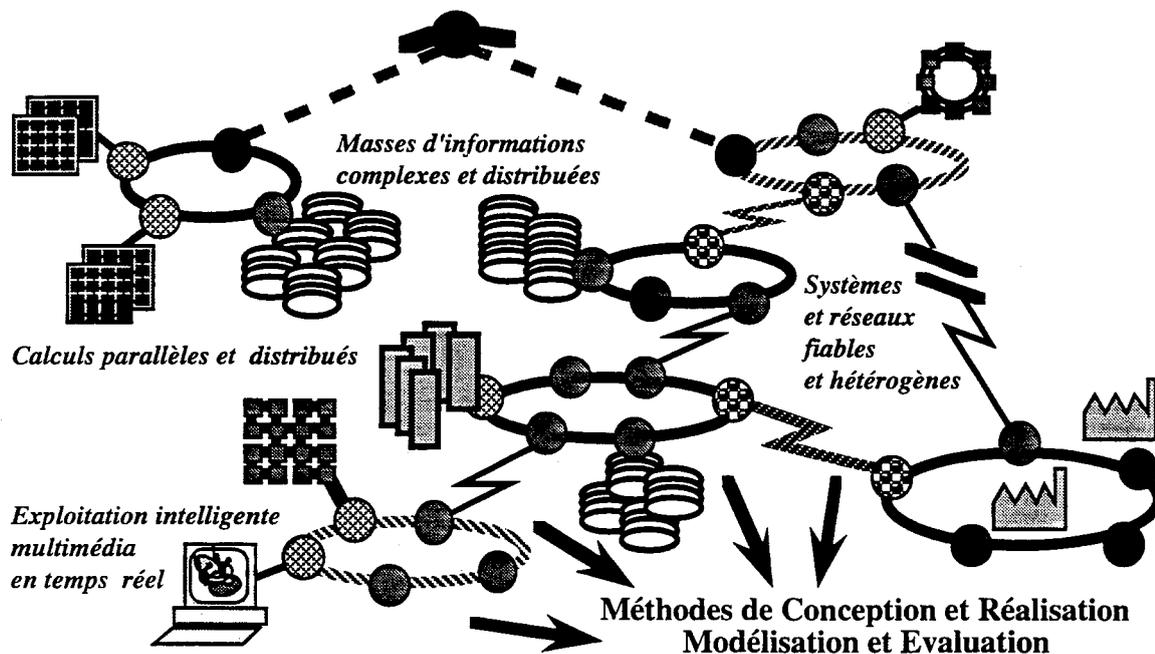


FIGURE 1 : INFORMATIQUE INTELLIGENTE, PARALLÈLE ET DISTRIBUÉE

## 1.2 - RAPIDITÉ D'ÉVOLUTION DE L'INFORMATIQUE

L'informatique est une discipline qui évolue très vite et où les connaissances doivent très vite être remises à jour. Quelques révélateurs de cette vitesse d'évolution et d'expansion sont :

- la prolifération des revues d'informatique envahissant les bibliothèques scientifiques mais aussi, pour celles de vulgarisation, les kiosques à journaux,
- le passage, en une dizaine d'années, des rayons informatiques des grandes librairies, de quelques rayonnages à un quart de la surface de départements scientifiques,
- la multiplication des rapports de recherches, des thèses et des publications des laboratoires universitaires et leur mise à disposition au moyen de serveurs informatiques.

Non seulement les différents domaines de l'informatique, tels que l'intelligence artificielle, les systèmes ou le génie logiciel évoluent mais surtout ils deviennent plus interdépendants. Les grands systèmes intégrés sont réalisés que par la conjonction d'équipes pluridomaines et c'est au niveau le plus fin que des concepts de domaines différents interagissent. L'informatique, l'automatique, l'électronique doivent ainsi être considérées comme un tout. La diversité des concepts à assimiler rend l'enseignement si complexe qu'il doit dès lors s'étendre sur une plus longue période.

### *Masses d'Informations Complexes*

La complexité, la taille, l'hétérogénéité et la dispersion des masses d'informations compliquent les systèmes transactionnels. Les formes de ces informations s'enrichissent : elles sont, non seulement hétérogènes d'un système à l'autre mais aussi multimédias : textes, graphiques, images, sons. L'animation en temps réel pose des contraintes supplémentaires de synchronisation. Les nombres d'accès conflictuels, l'intelligence des fonctions, la fiabilité et les performances souhaitées pour les bases de données déductives et les systèmes experts, ont motivé une reconception des langages de description et d'interrogation, des systèmes, et des architectures.

## ***Distribution sur des Réseaux Hétérogènes***

En dépit des efforts de normalisation pour l'interconnexion des systèmes hétérogènes, la multiplicité des protocoles qui sont amenés à interférer, le parallélisme, l'absence de visibilité globale des informations rendent complexes l'ingénierie des réseaux et leur administration. L'amplitude et la mobilité de distribution des informations deviennent considérables grâce aux interconnexions de multitudes de réseaux de types extrêmement variés. Cette intégration mise à la portée de tous nécessite de naviguer dans des réseaux pour en exploiter les services, mais inversement de se prémunir contre des accès indésirables. Cette complexité est accrue par l'exigence de fiabilité, voire de certification des systèmes, en dépit de défauts de transmissions ou de pannes des calculateurs. La gestion de trafic, le contrôle de systèmes en temps réel, les systèmes multimédia, l'accès aux grands systèmes d'information ou de réservation exigent des garanties de disponibilité, de fiabilité et de performances. Dès lors, des techniques de description, d'analyse formelle, d'évaluation de performances sont mises en oeuvre pour la conception et la réalisation des systèmes intégrés.

La vulgarisation des réseaux locaux, la numérisation, les communications par satellites, les réseaux mobiles, l'exploitation de services tels que la messagerie, les systèmes transactionnels, l'échange de documents complexes ont déjà entraîné des reconceptions des moyens et méthodes de communication des entreprises ainsi que le besoin de maîtriser de nouveaux matériels et protocoles. Les communications à très hauts débits et les nouvelles méthodes de transfert temporel asynchrone utilisées amènent les chercheurs et les ingénieurs à revoir complètement aussi bien les questions d'architectures matérielles, que la conception des protocoles ou les méthodes d'évaluation de leur performances.

## ***Calcul Parallèle et Distribué***

De nombreux types de supercalculateurs se sont répandus : vectoriels, pipe-line, grilles, hypercubes, réseaux systoliques, réseaux neuronaux, architectures dirigées par les données, architectures massivement parallèles. Ils ont ouvert d'immenses possibilités : étude de phénomènes transitoires ultra rapides, meilleure approximation des lois, diminution des maillages, extension des tailles de domaines modélisables, résolution de problèmes combinatoires, traitement en temps réel. Inversement, ils ont suscité les problèmes théoriques et pratiques tels que la conception et la compilation de nouveaux langages, les méthodes de programmation parallèles, la parallélisation des programmes existants, l'accélération et la complexité des algorithmes. L'exploitation de ces super calculateurs dans des réseaux, l'ingénierie parallèle en temps réel, l'intégration des modes parallèles et distribués, la tolérance aux pannes, sont de nouveaux champs d'investigation fructueux moyennant des enseignements eux aussi complètement nouveaux.

## ***Intelligence, Efficacité et Qualité du Génie Logiciel***

La puissance de calcul tant parallèle que distribuée permet aux méthodes d'intelligence artificielle, de recherche opérationnelle, d'aide à la décision, de calcul symbolique, de traitement de langues naturelles, de traitement d'images ou de paroles, de disposer de la puissance dont elles avaient besoin et donc de commencer à résoudre en temps réel, des problèmes de plus grande envergure. Ces problématiques se conjuguent dans des problèmes complexes tels que l'exploitation intelligente de bases de données d'images ou la résolution de problèmes par coopération d'agents. Les études de complexité aboutissent à des algorithmes plus performants applicables à des problèmes de grande taille. La productivité des ingénieurs et surtout la qualité des spécifications et de la programmation suscitent des efforts conjoints d'industriels et d'universitaires pour de nouveaux concepts : programmation coopérative répartie, méthodes de spécification formelle, programmation orientée objets, programmation par contraintes, qui nécessitent de nouveaux outils et ateliers de génie logiciel. On a souvent trop sous-estimé les investissements de développement, de remise en cause de méthodes et encore plus de formation humaine avant que les gains espérés puissent être atteints.

## **Besoins de Formation et de Recherche**

L'informatisation classique a été suivie par l'informatique distribuée, alors que se répandent déjà les réseaux multimédia et l'intégration des superordinateurs parallèles dans ces réseaux. Les utilisateurs, les sociétés, les chercheurs ont ainsi quelque temps l'impression de maîtriser une technique avant de se rendre compte qu'une nouvelle évolution risque déjà de périmé leurs connaissances au point de se voir dépassés par la concurrence.

Dans chacun des quelques axes informatiques que nous venons d'évoquer, à peine un progrès vient-il d'être obtenu, que déjà, il sert de tremplin à de nouvelles recherches. A ce rythme les concepts se renouvellent très vite : les matériels et les logiciels aussi. La vitesse de recherche, source de retombées, doit pourtant s'appuyer sur des environnements nouveaux et des logiciels onéreux. L'enseignement d'un savoir faire à jour, exige que le contenu des cours et aussi les équipements et logiciels utilisés soient adaptés en permanence à cette dynamique.

Pour une entreprise, franchir une nouvelle étape n'est pas alors qu'une affaire d'investissements, c'est d'abord un problème de recrutement et de formation. Il faut bien recruter, donc veiller à la qualité des diplômés et des enseignements, ainsi qu'à la solidité des bases fournies pour les évolutions futures. Pour éviter de remplacer les ingénieurs qui ont accumulé une connaissance profonde des savoirs de l'entreprise, la mise à jour de la formation initiale va devenir bien plus qu'un leit-motiv, une exigence méritant d'être satisfaite par des formations conséquentes.

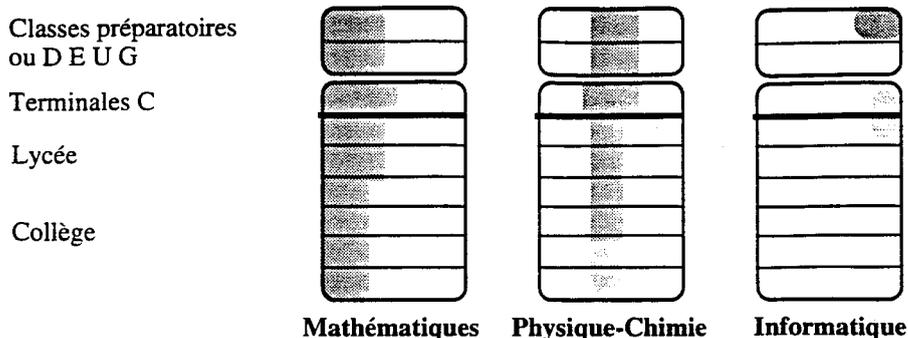
### **1.3 - PLACE DE L'INFORMATIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT**

La richesse des concepts informatiques nécessite un temps d'assimilation qui ne peut plus être réduit aux trois seules années d'écoles d'ingénieurs ou de maîtrise, DEA ou DESS. Même avec des programmes surchargés, trop de connaissances utiles ne peuvent qu'être effleurées en second cycle. Le troisième cycle restant en contact immédiat avec les besoins industriels et la recherche internationale, il se crée un décrochage de plus en plus difficile à combler entre la recherche ou la spécialisation et les enseignements de base. La masse des connaissances à dispenser rend trop court le temps d'assimilation des concepts dans les cursus actuels.

#### ***Quasi absence de l'informatique dans les lycées***

La figure 2 montre la place insuffisante de l'informatique dans l'enseignement secondaire et les premiers cycles (classes préparatoires, DEUG). Pour préparer efficacement les nouvelles générations à l'ère de l'informatisation omniprésente, une place convenable devrait être consacrée à l'électronique, l'automatique, l'informatique et les mathématiques discrètes. L'utilisation de bases documentaires, ou de systèmes d'enseignement assisté n'est pas l'enseignement de l'informatique. L'informatique n'est pas un outil opaque mais une source de nouveaux concepts et elle a besoin d'enseignements mathématiques adéquats, différents de ceux nécessaires à la physique. Cette formation motivante ouvrirait de nouvelles filières valorisantes pour les classes terminales du secondaire, aussi exigeantes que la filière classique, mais dans des domaines différents, elles seraient bénéfiques pour les intéressés comme pour les entreprises.

Cependant, un tel effort dans les lycées ne peut être que progressif car il faut d'abord former les professeurs, à la maîtrise des systèmes et langages utilisés, mais surtout aux concepts mathématiques et algorithmiques fondamentaux. La création des postes de techniciens et les investissements matériels et logiciels amèneraient à commencer par des sites pilotes et étaler ces actions sur plusieurs années.



**FIGURE 2 : PLACE DE L'INFORMATIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT**

### **RÉFORME DE L'INFORMATIQUE DANS LES PREMIERS ET SECONDS CYCLES UNIVERSITAIRES**

Des projets de réforme des DEUG créent de nouvelles sections orientées vers l'informatique. Cette formation fondamentale sera utile pour toute la carrière universitaire et professionnelle des étudiants. Un enseignement des autres disciplines et en particulier des mathématiques doit aborder des concepts utiles à l'informatique (mathématiques discrètes et appliquées, logique, graphes, recherche opérationnelle, analyse numérique, probabilités). Il faut aussi montrer l'apport des concepts et des techniques informatiques aux autres sciences. Des actions pilotes d'écoles d'ingénieurs informatiques ont déjà abouti à la création de classes préparatoires avec des programmes substantiels d'informatique.

Ces réformes autoriseront le redéploiement des programmes ultérieurs des licences, maîtrises et écoles pour y faire passer les acquis des recherches ou pour y enseigner sous l'angle informatique les concepts d'autres branches scientifiques. Ainsi, l'algorithmique classique intègre les concepts du calcul parallèle et distribué, des méthodes de construction et de preuve de ces nouveaux algorithmes, des techniques et langages de réalisation sur différentes architectures et réseaux. De même, l'intelligence artificielle enrichit l'enseignement des bases de données pour aboutir aux bases de connaissances.

### **COMPÉTITION DANS LES ENSEIGNEMENTS AVANCÉS, DESS, DEA, THÈSES**

Le problème n'est pas seulement de former les ingénieurs ou techniciens dont les industries et les laboratoires ont besoin, mais que ceux-ci puissent s'adapter à de nombreux contextes et à des évolutions incessantes. La formation aux méthodes de la recherche et à la compétition permanente est donc indispensable. Il s'agit de forger de nouvelles théories pour de nouveaux problèmes, des théories plus fines pour des problèmes classiques, puis les méthodes appliquant ces théories et enfin les outils instrumentant ces méthodes. Une importance croissante doit être consacrée aux méthodes garantissant la correction, la performance et la qualité des systèmes et applications correspondantes.

Les DESS (Diplômes d'Enseignement Supérieur Spécialisés), les options terminales et certains masters des écoles dispensent des enseignements lourds, étoffés de stages industriels, et forment ainsi des ingénieurs capables de dominer tout un secteur d'applications.

Les DEA (Diplômes d'Etudes Approfondies) font une très grande part à l'initiative et au travail personnel, mais il faudrait plus que doubler les volumes de cours pour suivre l'évolution. On y apprend à explorer et critiquer l'état de l'art, à discerner les voies fructueuses et à s'acharner sur des sujets de recherche, à traiter des sujets transdisciplinaires tels que les applications avancées de l'informatique.

Au niveau des thèses, il s'agit de dégager des pistes d'innovation ou des problèmes qui ne sont pas toujours formulés, discerner les difficultés, rechercher les approches concurrentes, proposer des solutions meilleures, en étayer les preuves, réaliser les prototypes montrant la faisabilité et les performances de l'approche. Une thèse, les articles et les conférences associés constituent une bonne formation pour apprendre à innover

utilement puis convaincre de la qualité des solutions proposées. C'est aussi aux recruteurs de comprendre l'intérêt de telles formations pour les entreprises.

## **FORMATION CONTINUE**

La rapidité d'évolution de l'informatique exige la formation continue des ingénieurs. Les entreprises de ce secteur sont parmi celles qui consacrent la plus grande part de leur budget à la formation de leurs cadres. Nombreux sont ainsi les séminaires intensifs proposés, sources non négligeables de profits, mais souvent trop courts. Certains salariés utilisent les CIF (Congés Individuels de Formation) pour des formations, voire des reconversions, longues : par exemple une année complète de DESS.

L'accumulation de formations techniques rapides ne suffisant pas pour assimiler une nouvelle génération de concepts, la solution est souvent la migration de certains ingénieurs vers d'autres fonctions dans l'entreprise. Ceci n'étant pas généralisable à grande échelle, un effort très important devra être consacré à des formations lourdes, par exemple en alternance, et donc à une collaboration accrue avec les établissements d'enseignement pour la conception de telles formations.

### **1.4 - CONCLUSION**

Des enjeux considérables et difficiles exigent une informatique de plus en plus complexe. En conséquence la place actuelle des enseignements d'informatique, d'électronique, d'automatique doit très vite se développer en volume et en moyens pour suivre le rythme imposé par la compétition internationale. Une formation et une recherche de haut niveau ainsi que des reformatations massives sont nécessaires pour faire face aux évolutions des besoins et des moyens.

Les associations d'entreprises, comme SYNTEC, et celles d'enseignants, comme SPECIF doivent s'engager beaucoup plus pour influencer sur la place et les moyens des enseignements dans les sciences pour l'ingénieur.

## **2 • FONCTIONNEMENT**

Un établissement d'enseignement supérieur ne doit pas être vu seulement comme une simple machine à fabriquer des diplômés de haut niveau. Un de ses rôles essentiels est d'élaborer de nouvelles connaissances et de nouveaux savoir-faire. C'est pourquoi sa partie recherche est si importante pour discerner les nouveaux axes d'enseignement et aussi pour enseigner les méthodes de recherche.

La réussite d'un établissement repose

- d'abord sur la détermination de ses objectifs d'enseignement et de recherche,
- ensuite sur la qualité des formateurs, en particulier la mise à jour des connaissances requises et des objectifs
- sur les moyens de formation tant matériels que logiciels,
- enfin sur la motivation, la détermination et l'initiative des élèves.

### **2.1 - ORGANISATION**

Un établissement se voit confier ou propose des missions. Il dispose et recrute des personnels enseignants, chercheurs, ingénieurs, administratifs. Il choisit et achète des matériels et logiciels et en assure la mise en oeuvre. Il reçoit et sélectionne des élèves pour les former, les diplômer, leur fournir des débouchés dans des entreprises ou des organismes publics. Sa dynamique et une grande part de son activité sont l'élaboration de nouvelles connaissances diffusées sous forme de rapports, de livres, d'articles, de thèses. Ce savoir-faire se valide par la conception, la réalisation et l'expérimentation de prototypes, matériels ou logiciels. L'ensemble constitue des retombées indirectes qui sont primordiales et assurent l'actualisation des enseignements. Une grande partie de la vie d'un établissement d'informatique repose alors sur ses crédits institutionnalisés mais surtout sur les contrats industriels et les projets nationaux ou internationaux auxquels il participe (cf. Figure 3).

## TYPES D'ENSEIGNEMENTS

Les types d'enseignements informatique proposés par les universités et les grandes écoles d'ingénieurs sont très variés :

- DEUG orientés informatique et IUT (Bac + 2),
- Licence, troisièmes années d'IUT (Bac + 3),
- Maîtrises, MIAGE et MST, Instituts Universitaires Professionnalisés, (Bac + 4),
- Diplômes d'ingénieurs, DEA et DESS, Magistères (Bac + 5),
- Thèses (Bac + 8).

Il faut y ajouter les diplômes du CNAM, les formations continues, en alternance et de nombreux diplômes locaux.

Les niveaux de recrutement sont aussi variés. Les DEUG, licences, maîtrises, largement ouverts, opèrent une très sévère sélection continue. Les MIAGE, MST, et surtout DEA et DESS ne retiennent que très peu des nombreuses candidatures reçues mais ont des taux de réussite très supérieurs.

L'enseignement de l'informatique comporte une part importante de dispense du savoir-faire sous forme de projets où les élèves affirment leur degré d'initiative tandis que des stages en entreprise sont associés à la plupart des cursus. L'ingénierie informatique, les contacts industriels et les suivis de stages demandent beaucoup de temps aux enseignants.

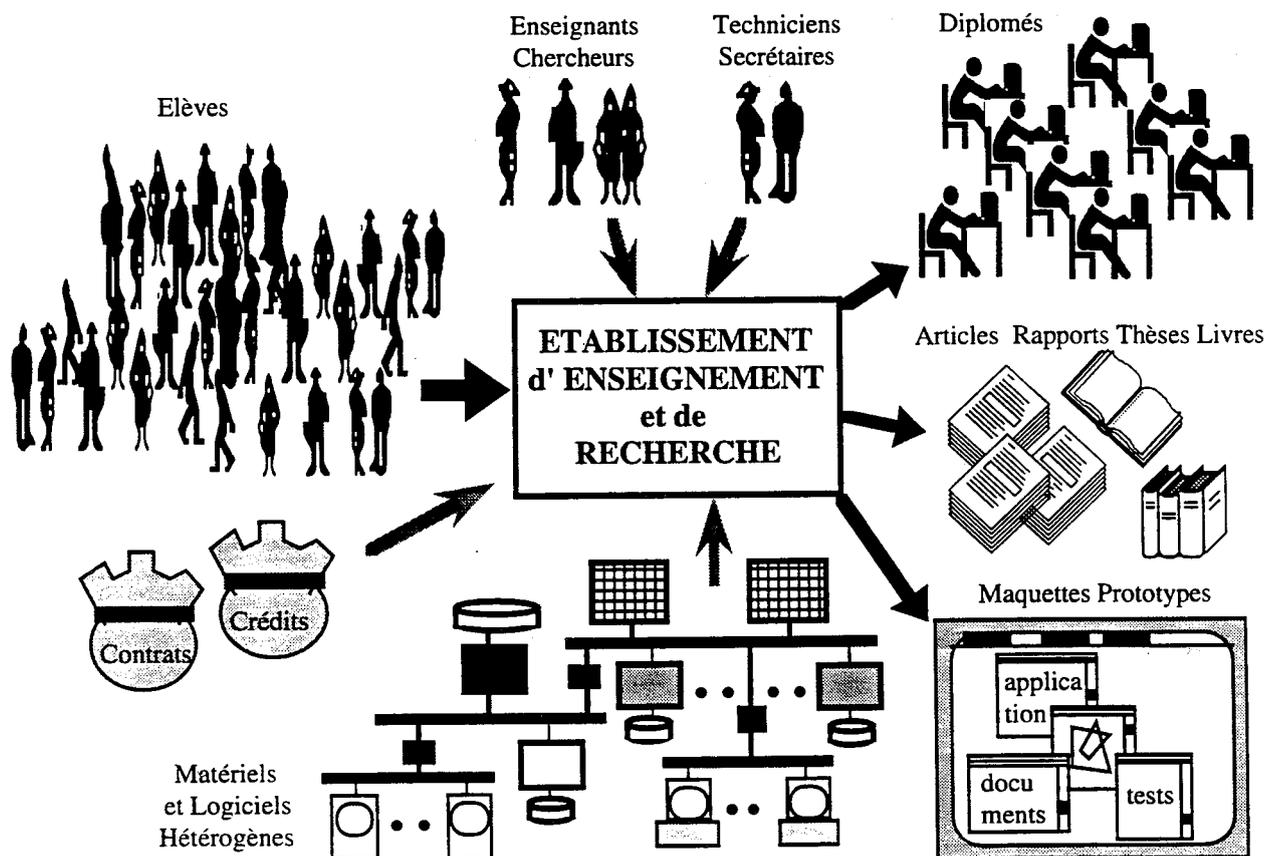


FIGURE 3 : MOYENS ET PRODUITS D'UN ÉTABLISSEMENT

## ÉVALUATION DES ORGANISMES D'ENSEIGNEMENT

L'évaluation des établissements est une des bases de leur qualité. Elle s'effectue de multiples manières, tant au niveau global qu'au niveau individuel.

- Les habilitations de diplômes et leurs renouvellements périodiques sont soumis à des Groupes d'Etude Technique (GET) très stricts qui examinent non seulement les programmes, les équipes, les moyens, mais aussi les débouchés passés et les relations industrielles.
- Les Laboratoires et Unités de Recherche Associés (LA et URA) sont examinés par le CNRS et par des comités d'experts de la Direction des Recherches et des Enseignements Supérieurs.
- Les attributions de bourses et postes de recherche sont l'objet d'expertises et de concours au niveau du CNRS, du Ministère de la Recherche et de la Technologie, du Ministère de l'Education Nationale.
- Un Comité National des Universités (CNU) examine les qualifications des candidats enseignants sous l'angle des diplômes, de l'expérience pédagogique et des activités de recherche.
- Les sélections de réponses aux appels d'offres pour des projets de recherche sont encore une manière de recouper les évaluations.

## MOYENS ET FINANCEMENT

L'informatique est une discipline jeune, dans un milieu universitaire où beaucoup de décisions ont été prises ou restent prises par des conseils et comités constitués des professeurs déjà en fonction. En dehors de quelques universités dynamiques ou d'universités nouvelles toutes les attributions concernant les locaux, les personnels, les crédits impliquent de difficiles partages de ressources. La proportion des budgets et des postes de l'informatique et plus généralement du secteur des sciences de l'ingénieur ne sont pas à la hauteur des enjeux pour les entreprises ni des retombées en termes de créations d'emplois directs ou indirects.

L'insuffisance des moyens de financement des recherches et des enseignements a entraîné les informaticiens à la compétition pour l'obtention de crédits dits "incitatifs" au niveau national des "Programmes de Recherche Coordonnée" ou au niveau de très nombreux projets européens. Elle a accentué leur tendance naturelle à coopérer avec l'industrie pour y trouver des sources de problèmes et des sources de financement.

La figure 4 illustre une répartition typique de budget d'une Unité d'Enseignement et de Recherche (UER) universitaire. Le personnel d'enseignement est le poste le plus important et sa croissance a été assurée par la pression des enseignements à assumer. La pénurie principale est celle de techniciens à tous les niveaux et particulièrement à celui difficile à recruter d'ingénieurs systèmes ou de développeurs d'applications avancées.

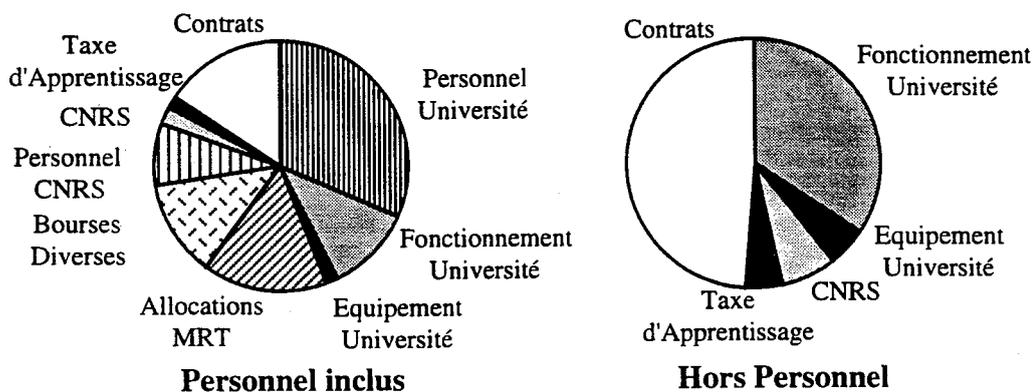


FIGURE 4 : BUDGETS (ENSEIGNEMENT + RECHERCHE)

Les contrats de recherche sont un facteur essentiel de dynamisme, source en particulier d'un renouvellement important et rapide du matériel, ainsi que d'engagements temporaires de chercheurs. Leur nécessité en informatique induit inversement une précarité et des responsabilités, qui sont une des causes de stress des directeurs de recherches universitaires.

La part de taxe d'apprentissage fournie par les entreprises est par ailleurs loin de correspondre aux collaborations existantes parce que l'image industrielle des établissements universitaires d'informatique bien perçue dans les départements industriels ne l'est pas encore assez au niveau des décideurs. Les diplômés de DESS ou DEA, et les docteurs embauchés dans l'industrie apportent pourtant une capacité d'innovation qui justifierait un soutien bien plus important.

## **2.2 - FORMATION DES ENSEIGNANTS - CHERCHEURS**

Le recrutement et la carrière des enseignants du supérieur sont basés sur la recherche et sur une compétition sévère tant au niveau local que national. Cette notion de label de qualité au niveau national est une des caractéristiques de la fonction publique. Cette compétition vise à garantir que les enseignants recrutés soient à même d'encadrer des recherches, de superviser des contrats et de maintenir le niveau très évolutif de leur enseignement.

### **DIPLÔMES ET RECRUTEMENT**

La formation des enseignants débute après l'obtention du DEA (niveau Bac+5). Différents types d'allocations existent pour les thèses. Le recrutement et la titularisation ne sont possibles qu'après soutenance d'une thèse et publications, c'est à dire au niveau Bac+8 et pratiquement Bac+10.

Un effort considérable de soutien à la recherche a été effectué durant les 5 dernières années par les ministères de l'enseignement et de la recherche. Le nombre des allocations de recherche pour la préparation de thèses a été doublé. Leur durée est aussi passée de 2 à 3 ans et leur montant a été revalorisé. Elles sont complétables par une formation pédagogique et une expérience rémunérée d'enseignement en premier cycle. Quelques bourses, allouées par le CNRS, contribuent à la formation des chercheurs. Un effort tout aussi considérable a permis d'augmenter le nombre de conventions CIFRE subventionnant les entreprises pour leur permettre d'embaucher des ingénieurs effectuant des recherches à finalité industrielle, à condition qu'elles soient conclues par des thèses.

Les niveaux successifs d'embauche d'enseignants universitaires varient en fonction des dossiers individuels, mais sont en général les suivants:

- BAC + 5 : un Moniteur est un allocataire de recherche, sélectionné au niveau régional. Il prépare sa thèse pendant trois ans, en effectuant de plus un service partiel d'enseignement constitué de travaux dirigés (TD) en DEUG.
- BAC + 8 : un Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche (ATER), est docteur d'université (DU) ou, doit le devenir dans l'année. Sélectionné localement par une université, il effectue des séances de TD en licence ou maîtrise, contribue à l'encadrement d'élèves de DEA et à l'organisation d'enseignements. Il intensifie ses recherches en vue d'une candidature à un poste de maître de conférences. Le salaire de départ est de 109 KF brut par an.
- BAC + 10 : un Maître de Conférences (MC) doit être docteur ou équivalent, et surtout avoir un dossier de publications justifiant sa qualification au niveau national avant de pouvoir être recruté par la commission de spécialistes d'une université. Il dispense des cours, contribue aux examens, à l'encadrement de thèses, de moniteurs, ou de contrats. Il participe à des commissions, effectue des tâches techniques et administratives. Il contribue à monter des contrats industriels, du CNRS, ou de la CEE. Le salaire de départ est de 134 KF brut par an.
- BAC + 12 : un professeur doit être Habilité à Diriger des Recherches (HDR), ce qui remplace l'ancienne notion de docteur d'état. Il doit être qualifié au niveau national en fonction de ses activités d'enseignement, mais surtout de ses publications, de ses responsabilités de recherche (directions de thèses et contrats, jury). Il dirige une équipe, propose de nouveaux axes d'enseignement ou

de recherche, assume de nombreuses responsabilités. Le salaire de départ est de 195 KF brut par an.

Le cursus typique d'un enseignant est résumé par la figure 5. La formation principale s'effectue donc de Bac + 5 à Bac + 8 : l'activité professionnelle normale se double d'une formation pédagogique. Les qualifications nationales assurent l'homogénéité des compétences. La compétition est très sévère dans les grandes universités, qui disposent de commissions de spécialistes purement informatiques. Dans certaines universités de petite taille, les commissions interdisciplinaires comprennent parfois mal les spécificités et la croissance de l'informatique, en particulier ses exigences techniques et l'importance des nécessaires contacts avec les industriels. La compétition nationale est encore plus sévère au CNRS pour les passages aux grades de Chargé de Recherches, puis Directeur de Recherches.

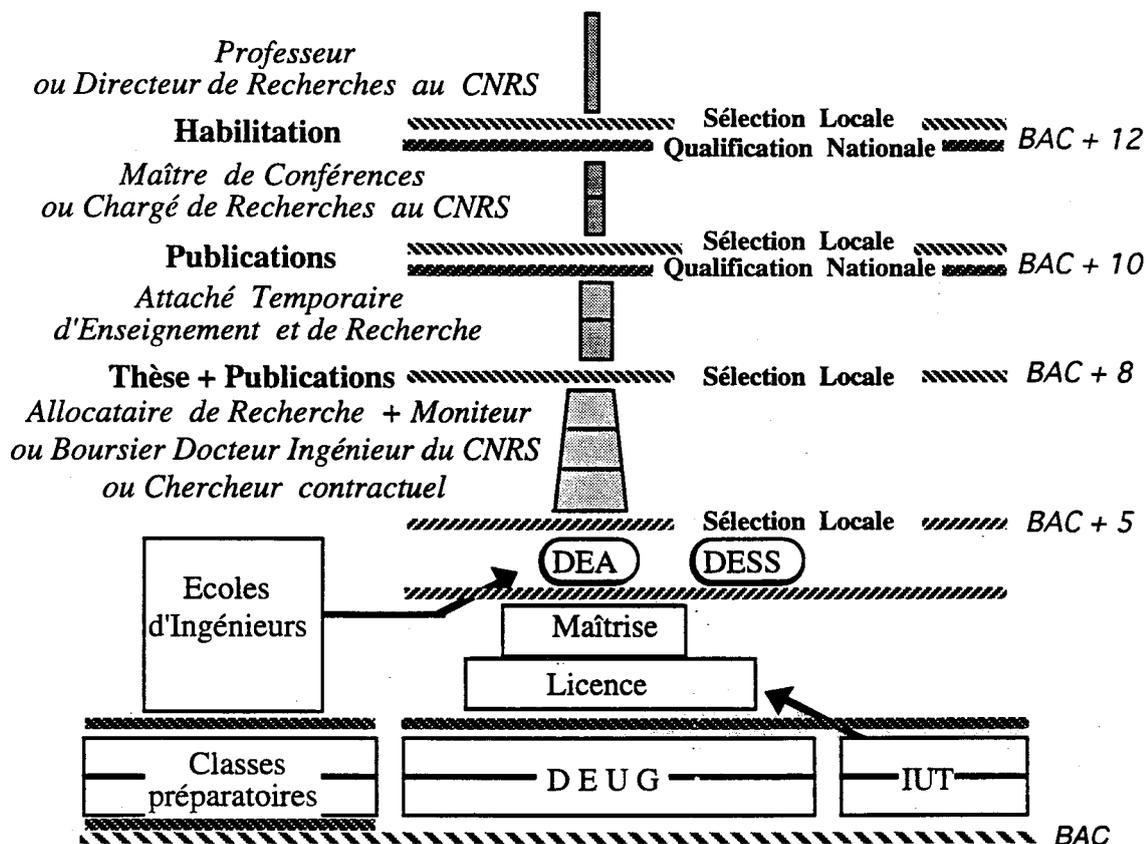


FIGURE 5 : CARRIÈRES D'ENSEIGNEMENT OU DE RECHERCHE

La pyramide des effectifs aboutit à des charges d'encadrement importantes. Les rapports des Groupes d'Etudes Techniques nationaux révèlent des inégalités profondes entre disciplines. Alors qu'il y a pénurie d'élèves et de thésards dans certains domaines, il y a surcharge d'encadrement en informatique. Un rééquilibrage de la répartition des postes de professeurs doit être entrepris.

La figure illustre aussi les taux de transfert vers l'industrie, particulièrement importants durant les premières années de recherche (avant et en cours de thèse), mais aussi en cours de carrière.

### 2.3 - ACTIVITÉ DES ENSEIGNANTS - CHERCHEURS

La carrière des enseignants suscite l'esprit de compétition qui motive à publier au niveau international donc à maintenir ses recherches et réalisations à un haut niveau. Elle est d'autre part dominée par la nécessité de faire fonctionner les services d'enseignement, de faire vivre les laboratoires de recherches par des contrats. Avoir des contacts internationaux et industriels multiples entraîne des efforts de réalisation importants.

Le nombre d'heures d'enseignement à assurer et à préparer est la partie émergée de l'iceberg. La partie immergée aboutit à des volumes de travail tout à faits comparables aux normes industrielles des cadres, c'est à dire à un travail en général bien au-delà des 50 heures hebdomadaires en raison de la lourdeur des tâches techniques et administratives.

Cette répartition des tâches évolue fortement (cf. figure 6). L'allocataire de recherche prépare essentiellement sa thèse, effectue un enseignement léger, mais consacre une partie importante de son temps aux réalisations. L'attaché d'enseignement et de recherche doit préparer de nouveaux enseignements et assurer le développement et la mise en oeuvre des environnements matériels et logiciels nécessaires pour l'enseignement comme pour la recherche. Il est celui qui subit le plus la pénurie d'ingénieurs dans les formations informatiques. Le maître de conférences commence à assumer des directions de recherches, à participer au fonctionnement des rouages (commissions, dossiers, budgets) de son unité d'enseignement et de recherche. Le glissement de fonctions est très sensible. Le professeur consacre un temps important à la direction des thèses et à la direction à long terme de la recherche, aux relations industrielles et régionales, nationales (commissions et jurys, Groupements de Recherche (GdR), Programmes de Recherche Coordonnés (PRC)) et internationales. La compétition pour l'obtention de ressources et l'accumulation de tâches multiples aboutissent pour beaucoup à la saturation.

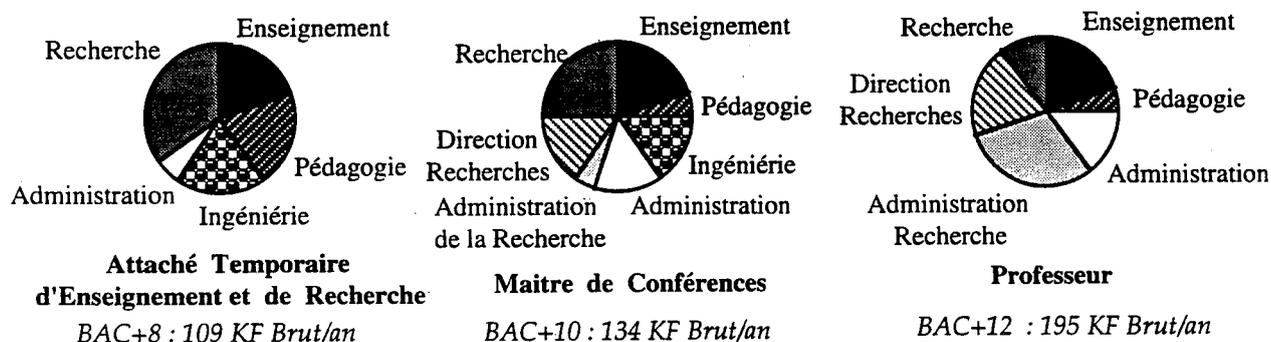


FIGURE 6 : ÉVOLUTION DE L'ACTIVITÉ DES ENSEIGNANTS

### 2.4 - CONCLUSION

L'informatique universitaire a depuis longtemps quitté l'état de pénurie, conséquence de sa jeunesse et de l'insuffisante appréciation de son importance dans les répartitions de moyens. Cela est dû, non seulement à un changement de mentalité des autorités locales et nationales, mais aussi à un travail intense des enseignants et chercheurs qui ont su tirer parti de nombreuses sources de financement externes en particulier internationales. Conjuguant leur mentalité de chercheurs avec le souci d'applications effectives, ils ont su se montrer des moteurs de la compétitivité nationale en forgeant les concepts et en formant les ingénieurs nécessaires à l'industrie.

Le problème majeur est le manque d'ingénieurs capables d'assurer le développement, la mise en oeuvre et l'évolution des matériels et des logiciels. C'est l'une des notions que l'industrie pourrait faire comprendre aux ministères en aidant à la définition de normes d'environnement technique, telles que celles qui sont appliquées dans les contrats industriels.

### **3 • COLLABORATIONS**

Le fondement d'une bonne collaboration entre les partenaires industriels et universitaires est l'établissement d'une confiance réciproque et stable. Cela commence par une bonne perception: trouver les bons interlocuteurs est aussi difficile pour l'entreprise qui explore les annuaires du CNRS et les rapports d'activité des laboratoires que pour le chercheur qui essaie de discerner les bureaux d'études et recherches dans des organisations plus orientées vers la production. La confiance est une affaire de compétence mais aussi de professionnalisme et d'engagement personnel.

Nous distinguerons dans les paragraphes suivants plusieurs niveaux de collaboration et ainsi des degrés croissants dans la manière dont les entreprises savent exploiter le potentiel d'enseignement et de recherche disponible dans les universités.

#### **3.1 - STAGES ET RECRUTEMENTS**

Les collaborations les plus immédiates concernent la satisfaction ponctuelle des besoins des entreprises, et inversement, des offres des établissements d'enseignements en stagiaires et en ingénieurs

1- Proposer ou accueillir des stagiaires est une démarche à court terme qui déjà apporte un transfert utile d'informations dans les deux sens. Elle permet de jauger à la fois les enseignements et les stagiaires et inversement l'intérêt du travail et les qualités d'accueil. Certains DESS se sont engagés avec succès dans des modalités originales, associant profondément les entreprises aux enseignements, projets et de stages: projets longs sur des thèmes industriels avec encadrement en collaboration, stages très longs en entreprise, avec enseignements planifiés et audits du stage tout au long de l'année.

2 - Le recrutement de haut niveau apporte non seulement un savoir-faire mais aussi des interlocuteurs bien au courant du monde de la recherche. Il suscite beaucoup d'investissements en annonces et forums, alors qu'une des méthodes les plus efficaces est une politique active de stages.

3 - Les interventions occasionnelles dans des jurys ou des conseils, demandent un investissement plus important mais apportent une connaissance profonde sur les établissements, ainsi qu'une multiplicité de contacts privilégiés.

4 - Dispenser des cours, soit en entreprise pour un chercheur, soit en université pour un ingénieur est un investissement lourd mais qui fait boule de neige car les auditeurs reviennent ensuite souvent, soit pour des problèmes, soit pour des candidatures. Les migrations partielles ou totales, temporaires ou définitives entre les deux mondes devraient être autant pratiquées en France qu'aux USA par exemple.

La compétence professionnelle, la motivation et le degré d'initiative des diplômés universitaires sont maintenant bien reconnus par l'industrie ainsi qu'en attestent les multiples offres d'emplois recherchant aussi bien des universitaires que des élèves de grandes écoles.

#### **3.2 - COLLABORATIONS DANS LE CADRE DE THÈSES**

A des niveaux plus élevés, des engagements pluriannuels dans le cadre de thèses industrielles intensifient les échanges, et donnent lieu à des contrats de recherche.

5 - Embaucher un ingénieur pour une thèse sur trois ans renforce et stabilise une coopération. Cela suppose un thème assez pointu et exige un double engagement d'encadrement par un professeur, et de persistance du projet par la société. Une telle collaboration peut d'ailleurs faire l'objet d'une convention CIFRE (Convention Individuelle de Formation par la Recherche) où l'entreprise reçoit une aide de l'ANRT (Association Nationale pour la Recherche Technique).

6 - Une conséquence efficace assez fréquente : l'embauche du docteur qui achève dans l'entreprise le transfert, la valorisation et l'industrialisation de ses recherches.

Les avantages d'une telle collaboration sont bénéfiques pour les trois partenaires :

- L'entreprise obtient une synthèse de l'état des recherches internationales sur son problème, la proposition et l'évaluation de choix de solutions, la réalisation et l'expérimentation d'un produit, la mise en oeuvre des méthodes et des outils nécessaires, des rapports. Elle bénéficie des conseils du directeur de thèse et d'une appréciation du doctorant en vue d'un éventuel recrutement.
- Le doctorant apprend à développer des théories et des techniques innovatrices, à communiquer en entreprise et dans des congrès. Il se forme à l'ingénierie et à la gestion, dans un contexte bien plus adéquat et motivant qu'une université. Il se forge un bon curriculum pour une embauche ultérieure.
- Le laboratoire gagne la connaissance d'une problématique industrielle et d'outils parfois inaccessibles dans l'univers de l'enseignement. Les publications augmentent sa notoriété et la réussite du contrat de thèse sa crédibilité industrielle.

Inversement, quelques problèmes se posent parfois. Les soucis de réalisation doivent aller de pair avec ceux de rédaction de la thèse. Quelques précautions peuvent rendre parfaitement compatibles les contraintes de confidentialité et le souci de publication. Une persévérance dans les objectifs et le suivi de la recherche doit éviter des réorientations nuisibles. Les niveaux d'embauches de docteurs devraient mieux valoriser la formation à la recherche.

La réussite tient finalement au bon choix du sujet, à la qualité de l'encadrement, aux moyens et à la valorisation effective des résultats ; en bref à la préparation et à la qualité des engagements

### 3.3 - MONTAGE DE CONTRATS ET DE PROJETS

Des niveaux encore plus élevés de collaboration sont atteints quand une entreprise et un laboratoire s'associent pour des recherches communes.

7 - Des contrats de recherche supposent une problématique commune, des échanges de résultats et de produits, l'écriture de rapports, l'exploitation éventuelle des résultats sous forme de produits ou de publications.

8 - La soumission commune à des appels d'offre de projets de recherche, particulièrement au niveau européen, est une forme très avancée de collaboration impliquant des risques et débouchant en cas de succès sur une collaboration pluriannuelle d'équipes entières, avec mise en symbiose d'outils et de recherches, puis retombées de produits. L'informatique est un domaine où de nombreux projets ont réussi..

9 - Quelques collaborations plus intenses aboutissent à la constitution d'unités mixtes de recherche entre le CNRS et des industriels, intégrant complètement leurs problématiques, leurs compétences et leurs unités de recherche.

L'intérêt de la recherche exploratoire est considérable au niveau de l'expérimentation d'innovations ou de transferts continus de produits et méthodes. Il en est de même de la connaissance d'états de l'art bien synthétisés, de collaborations avec des laboratoires étrangers apportant des approches nouvelles. Les projets de recherche européens ont ainsi amené des croisements d'idées, de mentalité et de méthodes de travail contribuant à une meilleure évolution vers des sociétés multinationales.

### 3.4 - CONCLUSION

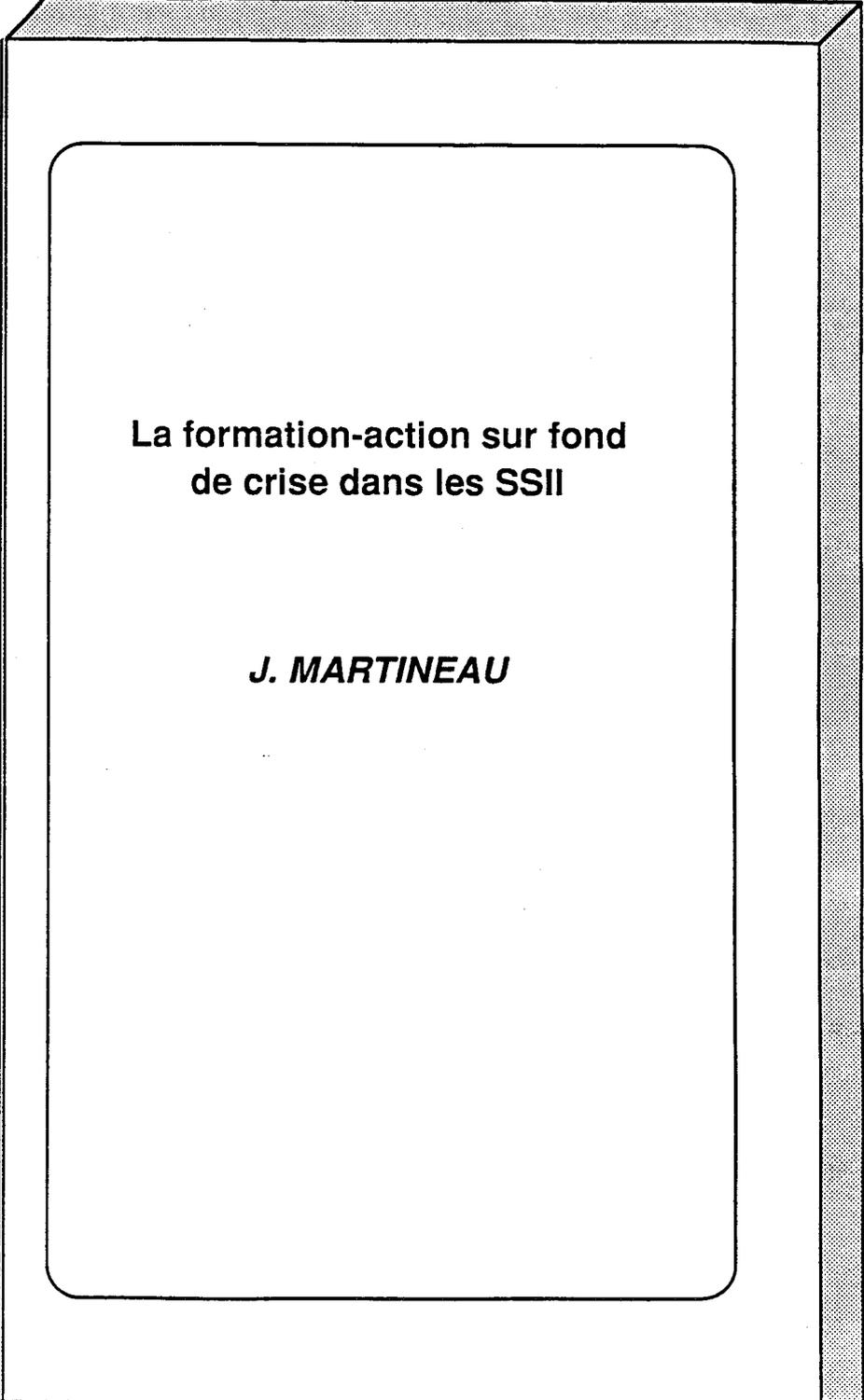
Une vision à long terme et une collaboration globale sont certes des atouts pour la compétitivité a fortiori internationale. Il est dommage que certaines entreprises évaluent l'intérêt de la recherche sur les bilans annuels et non pluri-annuels. Elles ne savent pas toujours discerner et apprécier tous les avantages indirects de la recherche, ni parfois se fédérer plus en centres techniques, pour amortir des recherches plus globales au niveau de groupes sectoriels.

#### **4 • PERSPECTIVES ET ATTENTES DES ENSEIGNANTS - CHERCHEURS**

L'informatique s'affirme comme une science autonome qui contribue de manière décisive au développement des autres sciences et de l'industrie. Parce que la vitesse de réaction et d'innovation des entreprises est cruciale, les entreprises sont amenées à développer de nouveaux systèmes avec des délais de plus en plus courts et une qualité de plus en plus grande. Elles ont besoin d'informaticiens formés de manière beaucoup plus approfondie et ainsi beaucoup plus polyvalents face à des méthodes et techniques en pleine évolution. Il faut prévoir dès maintenant cette nouvelle formation des ingénieurs dont l'industrie va avoir besoin demain.

Les enseignants chercheurs, sont les moteurs d'une collaboration industrielle particulièrement réussie mais ils passent en état de surcharge. Ils doivent retrouver plus de temps et de moyens pour une recherche plus fondamentale afin de développer l'informatique capable de répondre aux défis industriels de demain. Un plan "Filière informatique" est nécessaire pour remettre l'informatique française à la hauteur des objectifs à assumer.

Ainsi le soutien politique des entreprises est nécessaire pour que la place et les moyens de l'informatique deviennent conformes aux objectifs. La compétence technique des entreprises les plus performantes doit aider les informaticiens à faire reconnaître quels sont les besoins en techniciens, matériels et logiciels, pour des conditions de formation et de recherche efficaces. Une répartition plus conséquente de la taxe d'apprentissage, et un développement de contrats de recherche à plus long terme, contribueraient aussi au soutien financier des établissements d'enseignement et de recherche. La place de l'informatique dans l'enseignement et les budgets de recherche doit être en rapport avec son utilité pour la société et l'industrie.



**La formation-action sur fond  
de crise dans les SSII**

***J. MARTINEAU***

## LA FORMATION-ACTION SUR FOND DE CRISE DANS LES SSII

*Jacques MARTINEAU, Président du Club Espace 21*  
DRH de CISI-INGENIERIE

*Parler de formation dans les SSII, c'est donner à ce terme l'acception la plus large incluant la sensibilisation et l'information nécessaires aux collaborateurs face à leurs propres enjeux et à ceux de l'entreprise. C'est pourquoi il importe de se replacer tout d'abord dans le contexte dans lequel se trouvent actuellement ces sociétés.*

### LE CONTEXTE SSII

Dans une situation économique générale morose, les SSII viennent de vivre sur les 2 dernières années un fort ralentissement de leur croissance qui peut s'apprécier à hauteur de quelques 10 à 12 %. Les résultats nets ont subi des effritements importants amenant certaines sociétés à frôler sur cet indicateur le zéro voire à se situer dans le rouge.

Ce coup de frein n'est pas sans conséquence sur l'emploi. Au delà de ceux qui en ont fait les frais, il est vécu, dans l'entreprise, comme un traumatisme certain par le personnel et les dirigeants, dans un milieu informatique qui jusque là a été épargné et particulièrement gâté.

Ce passage brusque d'une situation de forte demande, associée à une offre qui avait du mal à suivre, vers une situation de crise, s'apparente plus à un réajustement à un bon niveau qu'à une véritable récession. Une croissance de 5 à 6 % par an est loin d'être à négliger. Néanmoins, cela va nécessiter une profonde remise en cause des stratégies, un recentrage profond autour des métiers et une refonte des offres en fonction des nouveaux besoins du marché.

Dans ce contexte de crise, il est bon de rappeler que les SSII, par essence même situées sur le marché des services, ne sont pas encore des entreprises industrielles. Combien d'entre elles auront les moyens et la volonté de s'en rapprocher ? Assimilées quelquefois, à tort ou à raison, pour tout ou partie de leur activité à des sociétés d'intérim, elles devront s'en écarter définitivement sous peine de disparaître ou de changer de statut. Ces remarques n'ont rien d'étonnant. La profession a besoin de se recentrer. Les métiers de l'informatique sont récents. Nombres d'entre eux sont neufs ou encore à imaginer tandis que d'autres sont à abandonner.

La satisfaction d'une forte demande sur le marché a entraîné ces dernières années une course effrénée à l'embauche et à la recherche de profils et de candidats tous azimuts. L'objectif unique était souvent la croissance du chiffre d'affaires à hauteur de l'évolution minimale du marché. L'embauche se faisait sans recherche de cohérence et d'homogénéité des équipes. Cette course à la croissance a favorisé une augmentation excessive du turn-over qui servait de régulateur. Ses raisons sont multiples allant de la responsabilité de l'entreprise à celle des intéressés. Pendant cette période de forte croissance, comme souvent dans l'histoire économique, les sociétés de services se sont trop longtemps accommodées en général d'un management à court terme parfois sans imagination. Etait-il possible que cela se passe autrement ?

Par la nature même du travail, des prestations et des services fournis, en fonction de la taille, des besoins des clients et de la localisation du marché, la décentralisation des structures a été la règle d'or. Cela a vite conduit au chacun pour soi, à l'isolement et à l'excès de concurrence interne au détriment de l'intérêt de l'entreprise. Qu'en sera-t-il demain ?

Pour éviter la duplication des efforts comme de la dispersion des moyens et des compétences il faut revenir à des centres d'activités et de profit, plus homogènes et beaucoup plus importants. A quel niveau se situe la taille critique ?

La proximité commerciale du client, l'activité de maintenance et l'assistance technique sur mesure s'accommoderont de moins en moins de la duplication des efforts comme de la dispersion des moyens et des compétences. Faut-il créer de véritables centres de production ?

## **L'ÉVOLUTION INCONTOURNABLE DE L'OFFRE ET DES COMPÉTENCES**

D'aucuns ont déjà pris des mesures dans ce sens, anticipant ou pour le moins s'adaptant aux nouvelles données du marché.

L'une des contraintes, à garder présente à l'esprit, c'est l'évolution permanente nécessaire du savoir-faire scientifique et technique, des moyens et des matériels dans les domaines de l'informatique. Cette contrainte de connaissances pointues entraîne une adaptation, parfois une remise en cause permanente de l'offre de service pour répondre avec satisfaction aux besoins du client, eux-mêmes évolutifs.

Tandis que le marché se déplace dans de nouveaux secteurs, les clients sont de plus en plus exigeants. Nombre d'entre eux ne découvrent plus l'informatique. Ils en connaissent les avantages, les mirages et les effets pervers. Ils s'expriment mieux et savent formuler leurs demandes.

Ce changement permanent affecte l'entreprise dans sa globalité. Il touche le commerce, la technique, la qualité, le management et l'organisation. Il nécessite au sein de l'entreprise un effort déterminant en matière d'information, d'explication et de sensibilisation de la hiérarchie et des collaborateurs.

L'offre de service tourne en général autour de prestations au forfait ou en assistance technique :

- Les travaux au forfait peuvent être menés dans l'entreprise ou in situ. Ils représenteront probablement dans le futur les valeurs sûres et les références les plus recherchées par les clients, en particulier les grands comptes des secteurs public ou privé. Le souci du meilleur service au meilleur prix devra aussi s'accompagner d'une démarche qualité dûment agréée. Cherchant à réduire leur nombre de sous-traitants et d'intervenants, les clients seront de plus en plus attentifs à la pertinence des réponses aux appels d'offres. La réactivité et la souplesse d'intervention feront partie des critères de choix. Ceci impliquera pour l'entreprise et les collaborateurs que l'accent soit mis sur le management des équipes et la formation à la conduite de projet.
- L'assistance technique qui a fait les beaux jours des sociétés de service en période de croissance, peut leur jouer de mauvais tours. Elle doit correspondre à des besoins réels, correctement évalués, avec un retour sur investissement pour le collaborateur, la société de service et le client. L'éloignement physique des centres de compétences, les conditions de travail particulières et variées chez le client ne facilitent pas la synergie et les échanges. Le contrat de résultats au forfait doit primer dans la mesure du possible sur la vente de compétences, trop longtemps assimilée à une forme d'interim de luxe. En revanche l'assistance technique haut-niveau sous forme de conseil et d'expertise peut devenir un point fort des sociétés de service.

Toute la difficulté, et par là même les solutions pérennes résideront dans l'équilibre et le dosage du plan de charge de la société entre ces différentes formes de prestations et de services qu'il faudra adapter ou réinventer face à un marché à redécouvrir ou à reconquérir.

Par définition, nombre de sociétés de services ont une offre sur le marché qu'elles qualifient de prestations intellectuelles de haut niveau. La mise au point et la réalisation de cette offre est confiée à des jeunes diplômés (BAC + 3 à BAC + 5 ou plus), débutants ou de quelques années d'expérience. La moyenne d'âge des plus expérimentés, hors encadrement de direction, n'excède pas 35 ans. Le pourcentage de cadres est élevé et peut atteindre plus de 90% du personnel. Touchées par un fort Turn-Over en période de forte croissance (de 18 à 27% suivant les secteurs), les sociétés étaient confrontées à la fois à un problème de surenchère salariale et de fidélisation de leurs cadres. Actuellement la situation s'est inversée. Le Turn-Over a chuté (7 à 12 %). Au premier degré, les entreprises handicapées par un nombre excessif d'intercontrats encouragent les départs souhaitant une remontée du Turn-Over pour retrouver un effet de Noria qui ralentit de fait l'augmentation de la masse salariale liée au vieillissement de la population. Mais est-ce là la seule solution envisageable pour retrouver de la marge ? Qu'advient-il des meilleurs éléments ? Dès le retour à l'équilibre offre/demande, le Turn-Over peut retrouver ses effets pervers et à nouveau devenir couteux pour l'entreprise ? Doit-on considérer que les SSII ont fait la preuve qu'elles ne peuvent être à l'avenir que des entreprises de transit pour les jeunes diplômés ? Quelles conséquences à terme sur l'image de marque de la profession ?

## **LA SEULE FORCE RÉELLE DES SSII : LES HOMMES ET LEUR SAVOIR-FAIRE**

Toutes ces questions montrent la nécessité absolue de penser, d'imaginer, de prévoir et de mettre en place une gestion des carrières et des formations associées cohérentes pour l'ensemble des collaborateurs. S'occuper de la seule force réelle des SSII sur laquelle repose le savoir-faire de la profession est un acte de lucidité.

Il est temps que les SSII s'attellent à développer une véritable politique des Ressources Humaines. Les données fondamentales de cette politique doivent tenir compte des réalités économiques, du marché, des métiers et du savoir-faire traditionnel de la société. Une gestion des carrières implique une stratégie à moyen et long terme. Il faut définir des objectifs clairs débouchant sur une analyse prévisionnelle de l'emploi et de la mobilité (géographique et intellectuelle), des métiers, un recensement des filières, des fonctions, des postes à responsabilités, une politique de formation-action dynamique, une politique salariale réaliste et volontariste. L'organisation, les structures, les règles de fonctionnement et le choix des dirigeants sont des atouts capitaux pour la réussite de cette politique.

La formation a un rôle déterminant à jouer dans l'évolution actuelle des métiers des SSII. Elle constitue l'un des moyens pour adapter notre Savoir-Faire aux nouvelles exigences du marché. Cette formation ne peut être dissociée de l'effort d'information et de sensibilisation. Ces phases préalables sont indispensables à un choix éclairé de formation par l'individu lui-même. Néanmoins, il serait dangereux de lui fixer des objectifs trop ambitieux. En effet elle n'a de chance de devenir une réalité dans l'action que lorsque le message de la direction générale est passé. De ce point de vue, trop souvent, nous n'en sommes qu'à la prise de conscience.

Dans la plupart des SSII, c'est encore essentiellement le besoin du client qui pilote la formation des informaticiens. Il y a là une véritable insuffisance. Les sociétés acceptent difficilement que les collaborateurs se forment pour eux-mêmes. Elles le font pour répondre à la nécessité immédiate d'adaptation à la demande, dans une vision de rentabilité à court terme.

Planifier la formation n'est pas une mince affaire. La visibilité réduite fait que les sociétés ont du mal à prendre un engagement au présent pour préparer l'avenir. Ressentie comme un coût et rarement comme un investissement, la formation individuelle n'est pas encouragée. Ce réflexe, très spécifique de la culture SSII, culpabilise les demandeurs. Dans le métier du service on a malheureusement une forte tendance à plus gérer les contrats que

les individus. La conjoncture n'a fait qu'aggraver cette situation. Il faut dépasser ce stade et prendre en considération le besoin de la société de se constituer un vivier de compétences. Les comportements devront se modifier, c'est une des conditions du succès du repositionnement en cours dans la profession.

Pour parvenir à mobiliser les collaborateurs et les persuader qu'il existe des priorités de besoins de la société qui coïncident avec certaines de leurs attentes, il faut rechercher l'adhésion. La formation-action doit être menée en interne par et pour l'entreprise. Une solution, que j'ai déjà expérimentée et qui fonctionne, consiste à créer un Club des Formateurs. Constitué comme une entité autonome, il répond aux besoins du marché interne dans les domaines scientifique, technique, qualité, commerce, management et organisation. Coordonné par le DRH, il s'appuie sur les dirigeants concernés pour définir les objectifs à court et moyen terme, analyser les besoins, définir les actions, les processus et les contenus liés aux formations spécifiques. Le Club des Formateurs se réunit régulièrement avec les animateurs internes qui en font partie. Cette structure souple et réactive est très valorisante pour les animateurs qui sont avec les stagiaires ses meilleurs ambassadeurs. La synergie et l'adhésion sont ainsi grandement facilitées. C'est un vecteur performant de transmission du message société et d'appréhension des besoins.

Les animateurs internes sont des collaborateurs de l'entreprise. Candidats spontanés, cautionnés par la hiérarchie, ils sont sélectionnés en fonction de leurs compétences, de leur capacité à communiquer et de leur motivation. Ils s'engagent contractuellement à une disponibilité potentielle qui varie entre 5 à 10 % de leur temps de travail. Leur activité au Club des Formateurs, qu'il s'agisse de réunions, préparations, animations de stages, est prise en charge par la DRH. Nous disposons d'une trentaine d'animateurs actifs dont six en management et commerce.

Le Club des Formateurs opère un réel suivi dans un cadre de relations client/fournisseur. Les animateurs disposent d'un manuel des formateurs qui définit les objectifs généraux, la description de l'offre existante, les règles de fonctionnement et les renseignements pratiques en particulier pour les appels à candidature en vue de créer des cours ou des stages. Le Club ne travaille qu'à la demande et en fonction des besoins, ce qui ne le prive pas d'anticiper.

Il faut distinguer trois niveaux de formation. Un premier niveau concerne l'acquisition pure et simple des connaissances, qu'il s'agisse de technique, de qualité ou de management. Il représente 60 % de la formation, pour l'essentiel choisie sur catalogue, en interne ou en externe. Cette formation reste de la responsabilité des régions et des agences. Elle n'est jugée qu'en terme de contenu par rapport au besoin. Le deuxième niveau concerne l'amélioration des connaissances et la maîtrise des comportements. Il représente 25 à 30 % de la formation et touche un personnel confirmé : responsables opérationnels et fonctionnels. La responsabilité de la DRH s'exerce à cet échelon qui demeure le plus important du processus. Nous touchons là au coeur de l'entreprise au travers de la hiérarchie intermédiaire. Le message ne peut émaner que d'une animation interne. C'est à ce stade que l'on forme les managers et que l'on participe à la gestion prévisionnelle des carrières. Quant au troisième niveau, il s'intéresse à l'individu face à lui-même. C'est le niveau des directions hiérarchiques et des experts de haute volée. Il représente 10 à 15 % de la formation. La responsabilité est celle de la société et du groupe. A ce stade, il faut s'ouvrir sur le monde extérieur pour ne pas devenir narcissique. A mon avis, il s'agit d'une remise en cause personnelle indispensable. C'est là que se construit le message société qui, décliné à tous les niveaux, permet de mobiliser les meilleurs, c'est à dire les plus motivés.

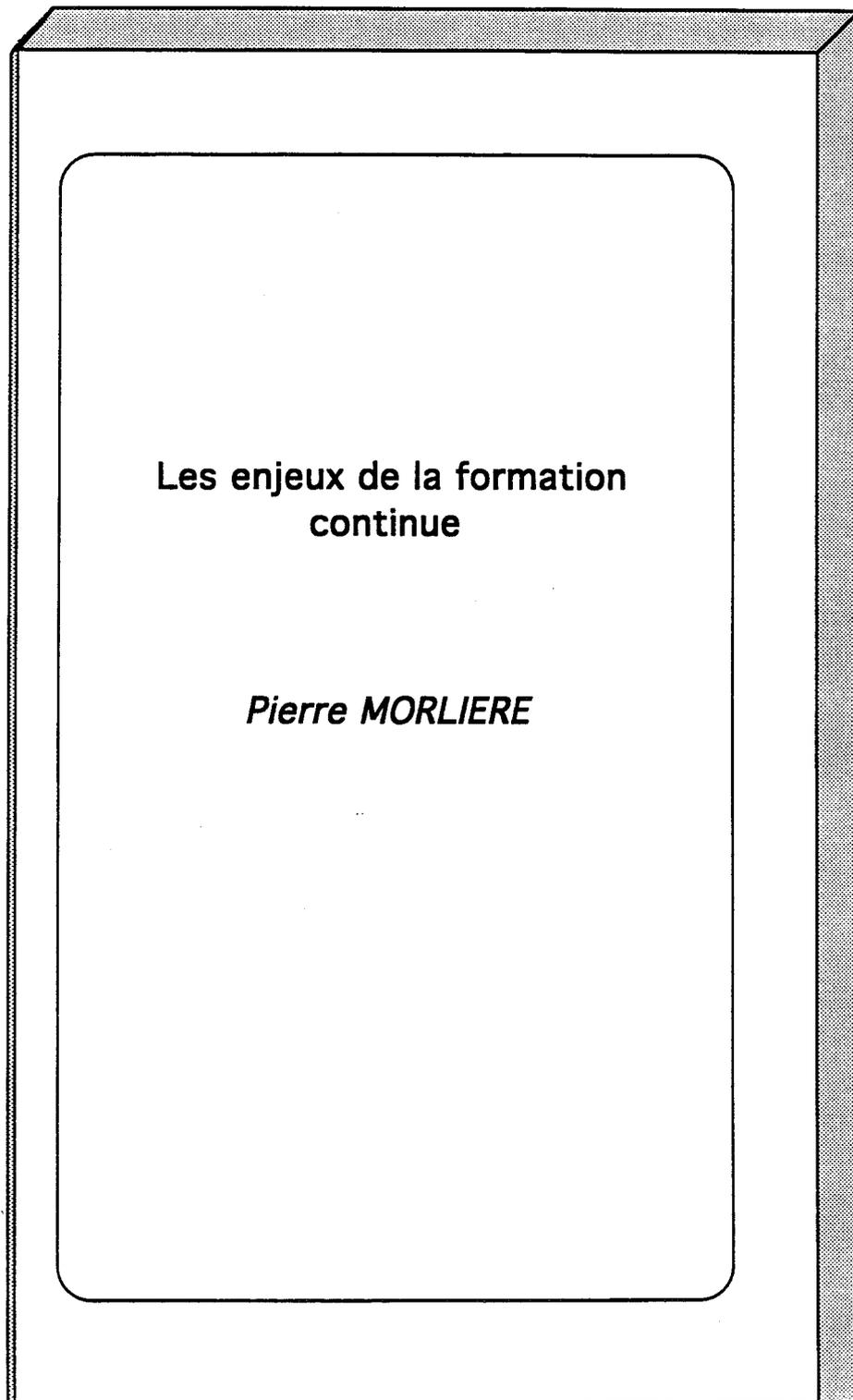
## **SENSIBILISER, INFORMER, FORMER : UN INVESTISSEMENT VITAL**

Pour comprendre l'ensemble du processus de formation mis en place, il importe de se recentrer sur les fondements de l'entreprise. Celle-ci est en effet bâtie autour de trois axes : le marché, le management des hommes et le savoir-faire technique. Une incapacité de la société à répondre selon l'un des axes peut la conduire à sortir insensiblement de son "domaine d'existence" au point de disparaître à terme. C'est pourquoi,

chaque fois qu'une formation-action est lancée, il importe d'en mesurer les conséquences sur les deux autres axes.

Par exemple, un chef de projet, un ingénieur commercial, un ingénieur chargé d'affaires ou un directeur d'Agence auront d'autant plus de facilités à communiquer qu'ils seront en mesure de comprendre l'autre sur son ou ses axes de compétences.

La formation incluant l'information et la sensibilisation des collaborateurs est un investissement pour les SSI difficile à réaliser dans un contexte concurrentiel en déprime. Investir sur les hommes afin d'assurer une pérennité à plus long terme est une décision délicate pour des sociétés plutôt habituées à gérer jusqu'à présent le court terme. C'est pourquoi une meilleure prise en charge des compétences des responsables est actuellement indispensable. Et ce, d'autant plus, qu'en période de crise, c'est au travers de ces formations-actions volontaristes et bien ciblées que l'on parviendra à améliorer de façon même légère, dans tous les domaines, l'efficacité de l'entreprise. Ces quelques % de mieux se retrouveront très vite sur le résultat net de la société. Ce projet ambitieux est certainement le prix à payer pour une optimisation des potentiels des collaborateurs et des coûts par rapport à l'évolution brusque des offres et des demandes sur le marché.



**Les enjeux de la formation  
continue**

***Pierre MORLIERE***

## LES ENJEUX DE LA FORMATION CONTINUE

**Pierre MORLIERE, Président de CITCOM**  
(Filiale de TELESYSTEMES-Groupe FRANCE-TELECOM)  
**Directeur de l'Université d'Entreprise FRANCE-TELECOM**

*Ci-dessous, un extrait d'une interview accordée par Monsieur Pierre MORLIERE au MONDE INFORMATIQUE du 25 mai 1992.*

De constat en constat, sur les lacunes concernant la gestion de leurs hommes et la nécessité de piloter leurs carrières, les SSII ont du mal à s'engager dans la transformation des métiers du service. Comment définir des schémas d'évolution dans la zone de turbulence que traverse l'informatique ? *"Tout ce que nous avons vécu jusqu'à présent, ne nous aide en rien. Depuis vingt-cinq ans l'informatique navigue à vue"*, constatait Agnès Chauvin, conseil en recrutement, le 29 avril dernier, lors d'une journée organisée par le Syntec Informatique.

*"Les SSII ne se développeront que si elles apportent un surcroît de valeur aux entreprises"*, ajoutait Xavier Stefani, directeur des ressources humaines de Cap Sesa. Un défi à relever, alors que tous les acteurs de l'informatique (constructeurs, cabinets de conseil et d'audit...) se recentrent vers le service. Ou plutôt trois défis, puisqu'il s'agit d'intégrer les systèmes, de prendre en charge la maintenance et de développer des applications en outsourcing. on est loin de l'assistance technique, vache à lait des premiers temps. *"Jusqu'à présent, nous avons favorisé le surfing. Pour réaliser des contrats nous avons embauché des gens qui n'étaient visiblement pas faits pour le service"*, admet Xavier Stefani. Et il ajoute : *"Nous devons commencer par sélectionner les candidats et reconnaître nos hommes. Le professionnalisme, qui devient déterminant, se bâtit sur des années de travail"* Selon Pierre Morlière, président de Citcom, filiale de formation du groupe Télé systèmes, les SSII se contentaient, encore récemment, d'*"acheter des individus compétents et de les revendre"*. De sociétés de négoce, elles doivent se transformer en industriels, véritables unités de production de ces compétences. A condition d'imprimer une forte culture, très structurante à leurs hommes, elles pourront se porter garantes d'une méthode, d'une certaine façon de penser les problèmes. Un discours qui se rapproche étrangement de celui des cabinets de conseil. *"C'est vrai, reconnaît Pierre Morlière. A chaque firme de forger son image, en fonction de son marché, de ses produits et de la personnalité de ses dirigeants"*.

De plus en plus, les SSII s'organisent pour *"fabriquer des viviers de compétences homogènes"*. Avec une très forte finalité, en rapport avec la stratégie de l'entreprise, érigée en principe dans la formation continue. C'est ainsi que Télé systèmes, filiale du groupe Cogecom, a placé la formation au coeur de son activité en créant l'Institut Télé systèmes et les Citcom. Depuis la fin de 1990, ces organismes, regroupés avec la direction de l'enseignement supérieur des télécommunications au sein du GIE, apportent leur soutien à l'université d'entreprise de France Télécom.

## GÉRER SON PORTEFEUILLE DE COMPÉTENCES

Une structure nécessaire pour accompagner le passage du groupe du statut d'administration à celui d'entreprise du service public. *"La formation supermarché est en train de disparaître. Notre professionnalisme, en tant qu'industriels de l'informatique, doit être plus visible, plus démontrable, plus fort, afin d'attirer des gens au potentiel élevé",* ajoute-t-il.

Fait révélateur, alors qu'avec la crise de nombreuses entreprises du secteur ont réduit leur budget de formation, dans le même temps le nombre des cours dispensés a augmenté. *"Chez Cisi Ingénierie, avec une dépense inférieure de 70 000 F entre 1990 et 1991, le volume de stages a augmenté de 12 %",* constate le DRH, Jacques Martineau. Preuve d'une politique mieux pensée à ce niveau. Plus question de se laisser aveugler par la technique. Qualité et management passent au rang des priorités de formation. Tout au moins dans les intentions, pour la majorité des SSII, ce qui n'est déjà pas si mal. *"Les SSII doivent passer un pacte avec leurs salariés afin de les responsabiliser sur la gestion de leur portefeuille de compétences. Chacune de ces compétences a son cycle de vie. Les unes sont obsolètes, les autres en phase de maturité, d'autres encore constituent des start-up qu'il faut cultiver pour l'avenir",* insiste Pierre Morlière.

Les fournisseurs du secteur informatique tablent sur une multiplication des métiers. Chez IBM, des palettes de nouveaux métiers ont été identifiées et des trajectoires types définies. Pour chaque métier, la liste des savoir-faire permet de connaître les compétences à développer en priorité pour y accéder. Les collaborateurs du groupe disposent d'un projet personnalisé. Des passerelles sont prévues d'un métier à l'autre. *"Les positions qui étaient très normalisées deviendront plus instables",* révèle Philippe Tonnelier, responsable de la fonction "métiers et vitalité professionnelle" d'IBM France. Le constructeur étudie un processus de certification des compétences, pouvant aller jusqu'à une remise en cause du niveau des responsabilités.

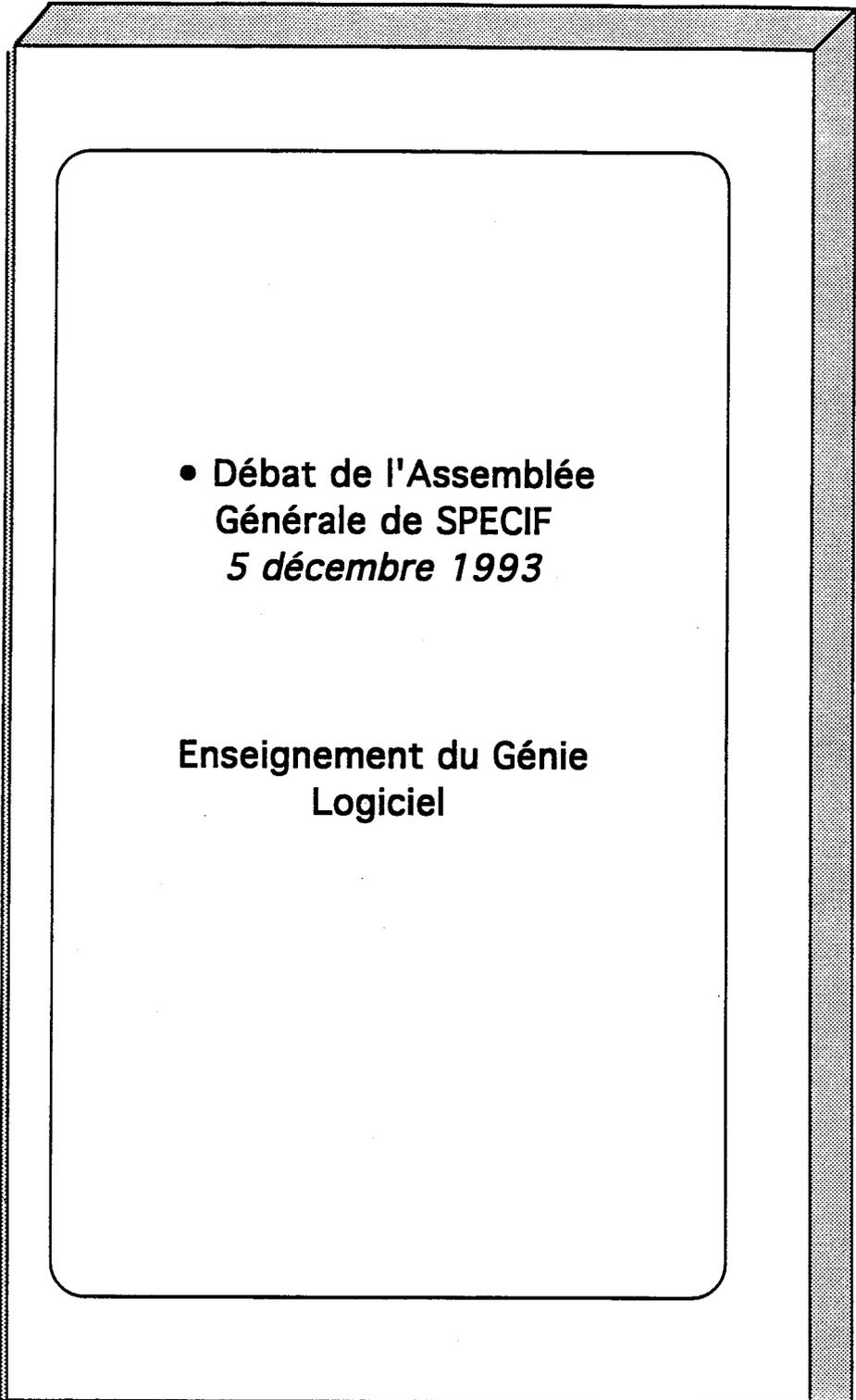
## DES INFORMATIENS DÉCALÉS

Une réalité impitoyable dans un secteur où la réactualisation des connaissances est particulièrement ardue. Selon une enquête menée par le cabinet de recrutement Elior, les deux tiers des informaticiens qui se présentent sur le marché de l'emploi sont en inadéquation avec la demande. Des chiffres impressionnants qui s'expliquent par la culture monotecnologique de la plupart d'entre eux. *"Quand un tel informaticien quitte une entreprise, il perd tout un pan de son savoir-faire, lié précisément à cette entreprise. Ce qui augmente son décalage par rapport à la demande des autres employeurs",* explique Jean-Mathieu Lafargue, directeur général d'Elior.

*"Il y aurait beaucoup à faire pour réinsérer durablement ces personnes. Ce n'est pas avec quelques cours de formation que nous y arriverons",* s'inquiète Pierre Morlière. Une étude, menée en mai 1990 par le MIT (Massachusetts Institute of Technology) sur les causes de la dégénérescence de l'économie américaine, révèle les conséquences catastrophiques du rejet par les entreprises d'individus que le système éducatif n'a pas pour mission de reprendre, ni de réinsérer.

Pour les informaticiens, la réinsertion s'avère d'autant plus problématique que le niveau de formation demandé aujourd'hui n'a plus rien à voir avec celui auquel ces gens-là ont été recrutés. *"Ce n'est pas un phénomène de mode. La complexité des problèmes posés a considérablement augmenté",* assure Xavier Stefani. Si le problème est crucial pour la génération des 30-40 ans, à en croire les enseignants présents lors de cette journée de réflexion, pour leurs cadets les structures de consolidation et d'actualisation des connaissances auront été repensées.

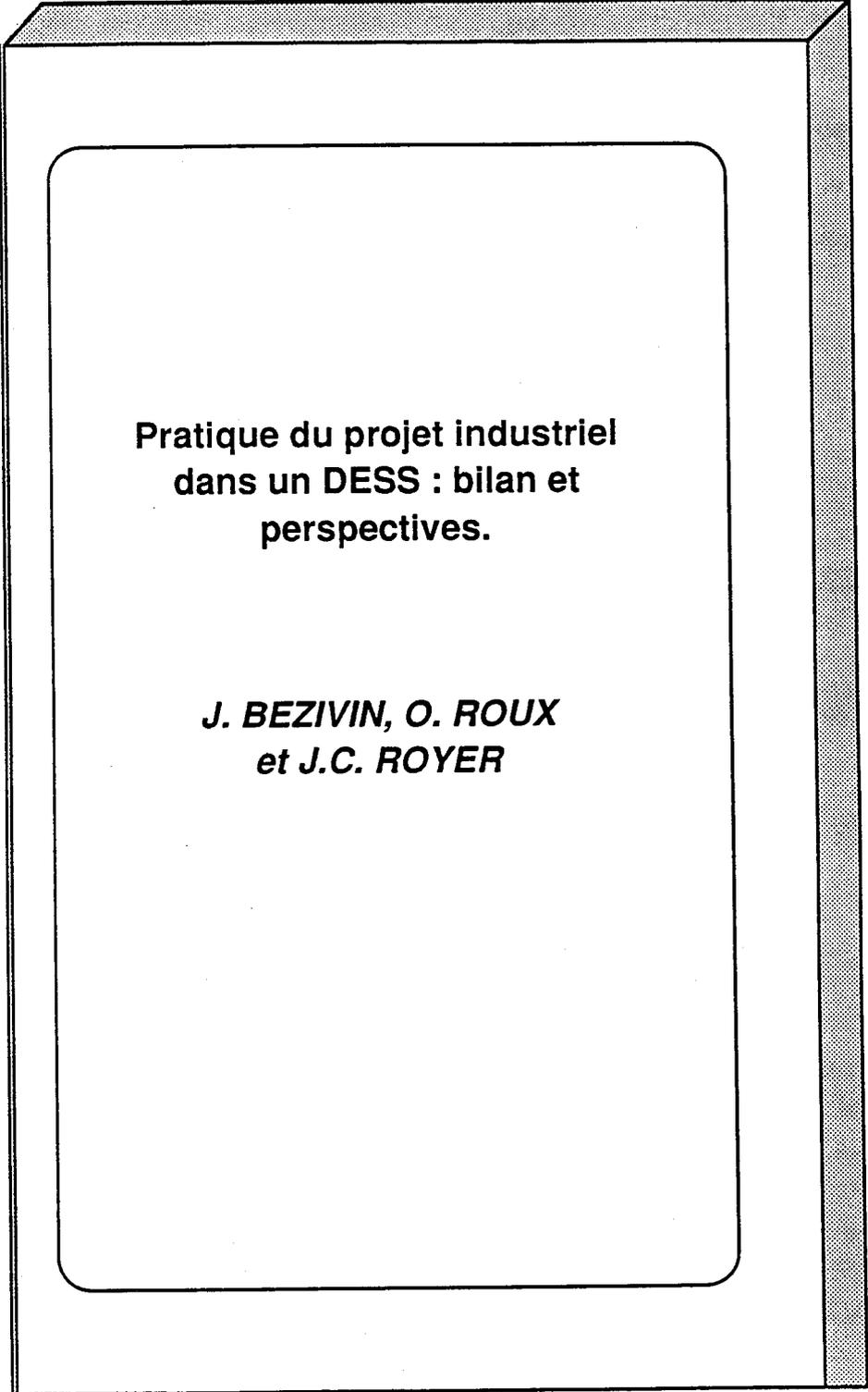
Aude COTTIN  
Le Monde Informatique

- 
- **Débat de l'Assemblée  
Générale de SPECIF  
*5 décembre 1993***

**Enseignement du Génie  
Logiciel**

# SOMMAIRE

- Pratique du Projet Industriel dans un DESS : Bilan et Perspectives  
(J. BEZIVIN, O. ROUX et J.C. ROYER)..... 35
- Modélisation du travail en équipe dans un cadre universitaire  
(B. AMAR, L. BOIDOT, J. GUYARD et J.P. JACQUOT)..... 52



**Pratique du projet industriel  
dans un DESS : bilan et  
perspectives.**

***J. BEZIVIN, O. ROUX  
et J.C. ROYER***

# PRATIQUE DU PROJET INDUSTRIEL DANS UN DESS : BILAN ET PERSPECTIVES.

**Jean BÉZIVIN, Olivier ROUX & Jean-Claude ROYER**

Université de Nantes, Faculté des Sciences  
2, rue de la Houssinière  
44072 Nantes cedex 03  
tél. (33) 40.37 30.59 - fax. (33) 40.37 30.56

bezivin@unantes.univ-nantes.fr  
royer@unantes.univ-nantes.fr  
roux@lan01.ensm-nantes.fr

## RÉSUMÉ.

Dans le cadre d'un DESS de Génie Informatique mis en place en 1989, nous avons expérimenté un module de projet industriel. Ce rapport présente le contexte du DESS, les caractéristiques du module et quelques conclusions que nous pouvons en tirer alors que la troisième promotion est en cours de travail. Nous tentons de dégager les points positifs et les limites de l'expérience. Nous suggérons quelques possibilités d'amélioration de ce type d'enseignement. Les idées émises dans ce document ne prétendent pas à une quelconque originalité car cette forme d'enseignement est bien connue et pratiquée depuis de nombreuses années. Notre objectif consiste simplement à apporter une contribution à la réflexion collective sur l'enseignement du génie logiciel et à son adaptation nécessaire à l'évolution actuelle de la technologie.

### Plan

1. Introduction
2. Organisation et programme du DGIN
3. Analyse globale du cursus
4. Module projet industriel
5. Analyse du module projet
6. Conclusions
7. Remerciements
8. Bibliographie

### Mots-clefs

Projet industriel ; Génie logiciel ;

## 1. INTRODUCTION

A partir de l'automne 1988, nous avons entrepris la préparation d'un dossier de demande d'habilitation d'un DESS de génie informatique pour l'Université de Nantes. Il n'existait, à l'époque, aucune autre formation de troisième cycle en informatique dans cette Université. Nous avons obtenu de très nombreux soutiens et conseils dans ce travail de mise en place. Tout spécialement de nombreux industriels nous ont apporté des suggestions judicieuses d'adaptation du programme. Le groupe des experts du ministère a suggéré la mise en oeuvre d'un module de projet qui s'est révélé à l'usage être un outil pédagogique essentiel pour la formation.

Il est difficile, du moins dans le cas du DESS de génie informatique de Nantes (DGIN), de présenter ce module sans faire référence à son environnement, c'est à dire à l'organisation et au contenu de l'ensemble de la formation. C'est pourquoi nous commençons par présenter le contexte global de la formation avant de nous intéresser plus spécifiquement au projet industriel.

## 2. ORGANISATION ET PROGRAMME DU DGIN

Chaque promotion comporte environ vingt-quatre étudiants d'origine diverse. Pour les trois premières années, nous donnons ci-dessous le rapport du nombre d'étudiants issus de la maîtrise d'informatique de Nantes (MIN) et du nombre d'étudiants issus d'autres formations (autres maîtrises d'informatique, MIAGES, autres maîtrises scientifiques, CNAM, etc.).

|        | 89-90 | 90-91 | 91-92 |
|--------|-------|-------|-------|
| MIN    | 62%   | 42%   | 54%   |
| autres | 38%   | 58%   | 46%   |

Il faut remarquer que chaque promotion comporte plusieurs étudiants admis en formation continue, c'est à dire ayant un niveau jugé équivalent à la maîtrise d'informatique mais possédant plusieurs années d'expérience professionnelle<sup>1</sup>. Nous commençons à accueillir des étudiants ayant reçu une formation classique (licence et maîtrise d'informatique) il y a une quinzaine d'années, qui ressentent le besoin, en milieu de carrière professionnelle, de remettre à jour leurs connaissances et leur pratique par une année complète de détachement.

Les moyens mis à la disposition des étudiants sont adéquats. Un réseau de six stations de travail Sun 3 et de cinq stations IBM RS6000 leur donnent accès à un poste de travail par binôme. Les outils logiciels sont variés et globalement satisfaisants. Les étudiants disposent notamment du courrier électronique, facilité de plus en plus fréquemment utilisée pour communiquer avec les entreprises où ils doivent effectuer leurs stages ou projets.

La période d'enseignement de base s'étale du 15 septembre à la fin mars<sup>2</sup>. Elle est suivie d'une période de stage industriel d'application de trois à six mois. La période d'enseignement de base est relativement intensive et ne laisse aux étudiants que peu de temps libre. Il faut donc définir une stratégie pédagogique efficace basée sur un calendrier très serré.

Le cursus du DGIN est décomposé en modules. Chaque module est lui-même composé d'un ensemble de séquences. Le module correspond à un objectif thématique global. La séquence correspond à un travail particulier, contribuant à atteindre cet objectif. Chaque séquence est composée d'un nombre variable de séances de cours, de travaux dirigés et de projets. Certaines séquences se concrétisent par la réalisation individuelle, en binôme ou en groupes de trois à quatre étudiants, d'un travail spécifique appelé mini-projet.

Les modules actuellement proposés sont les suivants :

M1 : Mise à niveau

M2 : Modèle objet, présentation générale

M3 : Spécification, conception et modèle objet

M4 : Concurrence et modèle objet

M5 : Bases de données et modèle objet

M6 : Graphique, Interfaces utilisateurs et modèle objet

M7 : Projet industriel

M8 : Séminaires

M9 : Stage

<sup>1</sup>Ce fait n'est pas sans répercussion sur le fonctionnement des groupes de projet.

<sup>2</sup> L'année commence par la participation aux soutenances de stages de la promotion précédente.

A titre illustratif, en 1991-92, le module M1 se décompose comme suit :

S1 : Compléments sur Unix

S2 : Introduction aux outils de documentation (Latex)

S3 : Pratique du langage Postscript

S4 : Compléments sur Lisp

S5 : Compléments sur ADA

Seules, dans ce module, les séquences S1 et S3 donnent lieu à mini-projet :

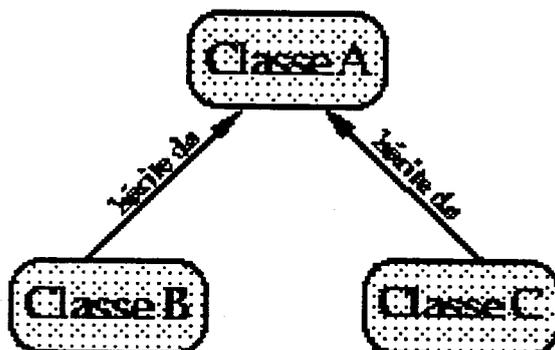
**MP1** : réalisation d'un analyseur statique d'un mini-langage à classes avec les outils Unix (awk, lex, yacc, etc.). Il s'agit d'extraire un ensemble d'informations statiques d'un programme se présentant comme suit :

```
A class B
  instVar x,y,z
  instMethod p
    x := X new
    y := Y new
    x q
    y r
  endMethod
...
endClass
...
```

**MP3** : Réalisation en Postscript d'un interpréteur de langage de flèches et de boîtes. Il s'agit de réaliser un affichage sur imprimante laser de pages construites à partir de descriptions comme :

```
boite A
  mode coinsArrondis
  texte "classe A"
  teinte grisClair
emplacement 40@40
taille 20@60
finBoite
...
fleche X
  texte "hérite de"
  depuisBoite B
  versBoite A
finFleche
...
```

À chaque fois que c'est possible, des complémentarités sont dégagées entre les différents travaux. Ceci permet de factoriser les efforts de compréhension et de réalisation, de mettre en évidence la cohérence de l'objectif pédagogique global et de mieux motiver les étudiants. Ainsi les deux mini-projets MP1 et MP3 mis bout à bout, permettent de produire une représentation graphique de relations diverses dans un programme



Dans la liste des modules décrits ci-dessous, le volume horaire donné inclut les cours, travaux dirigés et l'encadrement des projets. Le volume total encadré est de 582 heures.

**M1 : Mise à niveau (54 h.)**

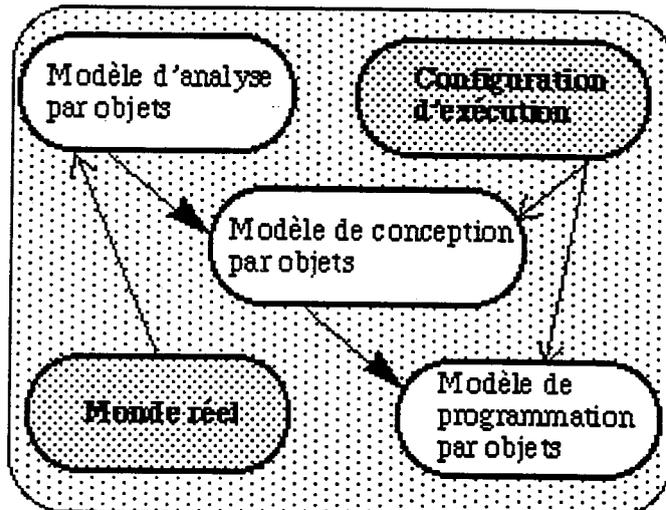
Nous avons déjà présenté quelques aspects de ce module ci-dessus. L'objectif est de s'assurer que chaque étudiant maîtrise bien les outils de base du génie logiciel (par exemple Unix, Lisp, Ada) et de lui permettre une première prise de contact avec des langages de documentation (Latex) ou de présentation graphique (Postscript) qui lui seront nécessaires par la suite.

**M2 : Modèle objet, présentation générale (132 h.)**

Ce module est essentiel à la formation. Il introduit les concepts de la programmation par objets puis les outils de base qui sont au nombre de quatre actuellement : Smalltalk-80 [Goldberg83], Eiffel [Meyer88], CLOS [Steele90] et C++ [Ellis90]. La pratique de chacun de ces outils s'appuie sur la réalisation d'un mini-projet. Le recul nécessaire est acquis par un mini-projet de bibliographie comparative portant sur d'autres langages et un mini-projet de métrologie. Le module se termine par une étude de la mise en oeuvre des langages à objets.

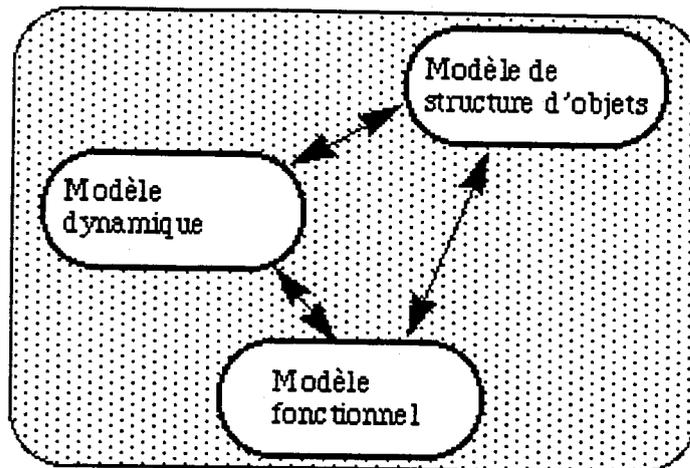
**M3 : Spécification, conception et modèle objet (66 h.)**

Par obligation cet enseignement est très évolutif et s'efforce de suivre au maximum l'état de l'art de la recherche appliquée (et donc de précéder l'état de l'art de la pratique industrielle). Après une présentation du cycle de vie du logiciel, des méthodologies classiques sont étudiées (SADT, JSD [Jackson83], etc.). Le schéma de développement basé sur les trois modèles à objets est alors introduit (modèle d'analyse, modèle de conception, modèle opérationnel). Ce schéma permet de présenter quelques propositions plus récentes (Hood [Lai91], Booch [Booch83], CSP [Hoare85], CRC [Wirfs-Brock91], Objectory [Jacobson86], OOA [Coad91], Object-Z [Duke91], etc.).



La base de réflexion évolue vers l'utilisation d'un modèle d'analyse multiforme du type OMT [Rumbaugh91]. Dans ce schéma, les concepts issus de la programmation par objets se trouvent enrichis dans un modèle de structure d'objets. Ils sont complétés par le modèle fonctionnel exprimant les flots de données et le modèle dynamique, basé sur les états et les événements, exprimant les caractéristiques temporelles.

Un tel schéma à trois plans de spécifications possède de nombreux avantages. Il est général car la plupart des mécanismes classiques se situent dans l'un des plans ou à l'intersection de deux plans. Un diagramme de flot de données (DFD) se place dans le plan fonctionnel alors que des réseaux de Petri ou des diagrammes de transition d'état se situent dans le plan comportemental dynamique.



L'une des difficultés rencontrées dans cet enseignement est la disponibilité effective d'outils logiciels adaptés. L'utilisation de l'AGL Concerto est actuellement envisagée.

Un autre aspect complémentaire fait également l'objet d'une séquence importante dans ce module : la spécification algébrique de types abstraits. Il nous semble en effet difficile de traiter de la spécification et de la conception par objets sans introduire les fondements théoriques des types abstraits de données. Les outils Reve [Jouhannaud86] et Asspegique [Choppy88] sont utilisés pour illustrer cette partie. Les étudiants ont eu à spécifier, en 1990/91, une partie de la bibliothèque Eiffel. Ils ont utilisé Reve pour prouver certaines bonnes propriétés de ces spécifications.

#### **M4 : Concurrence et modèle objet (66 h.)**

L'objectif est de replacer le problème d'expression de la concurrence dans le cadre fédérateur du modèle objet. Différents schémas, allant des propositions classiques aux solutions acteurs [Agha86] sont présentés. Cette partie est illustrée par une pratique du langage Pool [America90] et Concurrent Eiffel [Caromel90]. Le modèle des langages d'acteurs est ensuite illustré à partir de la plate-forme Actalk [Briot89]. Dans le cadre d'un mini-projet, les étudiants choisissent ensuite un formalisme de concurrence et doivent en construire un environnement d'émulation sur la base d'Actalk. En 1991/92, le thème du mini-projet a porté sur les formalismes événementiels et leur insertion dans le modèle objet.

En ce qui concerne les systèmes d'exploitation à objets, c'est à partir d'un contact pratique avec le système Guide [Krakowiak90], que leurs caractéristiques sont présentées. Le module M4 se termine par une étude des techniques de simulation concurrentes (méthodes pessimistes et optimistes), application pratique de la programmation concurrente par objets.

#### **M5 : Bases de données et modèle objet (66 h.)**

Un premier mini-projet de sensibilisation porte sur la persistance en environnement objet. Les étudiants sont confrontés pratiquement avec ces problèmes dans une transformation de l'une de leurs réalisations à laquelle ils doivent rajouter les propriétés de persistance à l'aide du système BOSS (Binary Object Storage System). Cette première expérience se généralise par la suite par la présentation et la pratique d'un SGBD objet. Pour l'instant le choix du support s'est fixé sur O2 [Bancilhon89] et une réalisation pratique s'appuyant sur ce système est demandée aux étudiants. Des notions complémentaires sur les SGBD multimédia et les BD déductives leur permettent de prendre le recul nécessaire dans ce domaine.

#### **M6 : Graphique, interfaces utilisateurs et modèle objet (66 h.)**

Le but de ce module est d'étudier l'apport d'une structure d'objets dans les applications graphiques et/ou interactives. On montre comment cette architecture s'impose progressivement (de GKS à PHIGS, OSF/Motif, etc.). Plusieurs modèles d'architecture interactive à objets sont étudiés (PAC, MVC, etc.). C'est sur le modèle MVC que les étudiants appuient leur pratique. Une ouverture aux générateurs d'interfaces est donnée par la

pratique du modèle Interface Builder [Hullot86]. Quelques notions sur les langages visuels ainsi que sur les techniques formelles de spécification du dialogue sont enfin présentées.

**M7 : Projet industriel (72 h.)**

Nous en parlerons dans les deux sections qui suivent

**M8 : Séminaires (60 h.)**

C'est l'occasion de mettre en contact les étudiants avec des personnalités extérieures de la recherche ou de l'industrie. Plus qu'un long discours, une liste des séminaires effectués les années précédentes ou prévus pour la présente année du DGIN permettra de se faire une idée de ce module :

- Constraint hierarchies and logic programming (Alan Borning, EuroParc)
- Beyond object-oriented programming (Dan Bobrow, Parc Place)
- Programming with examples with Tinker (Henry Liebermann, MIT)
- Evolution du langage Eiffel (Bertrand Meyer, ISE, Santa Barbara)
- Le système Emerald (Bjorn Freeman-Benson, Equipe de Recherche en Programmation par Objets, List)
- Le projet Kaléidoscope de programmation par contraintes (Bjorn Freeman-Benson, Equipe de Recherche en Programmation par Objets, List)
- Choices : an Object-Oriented Operating System (Roy Campbell, University of Illinois at Urbana Champaign)
- Le système OpenWindows : X11/Views, Xview, Dev-Guide (Jean-Claude Sotto, Sun Microsystems)
- Le système à contraintes PROSE (Pierre Berlandier, INRIA Sophia)
- Modélisation sous contraintes et synthèse d'images (Jacques Zoller, GAMSAU)
- Le projet Concerto (Edouard André, Sema-Metra)
- Prototypage par traduction automatique de Smalltalk en C (Thierry Guéguen, TNI)
- Méthodologie de production de systèmes interactifs (Emmanuel Tricaud, Doxa Informatique)
- La plate-forme Actalk (Jean-Pierre Briot, RXF/LITP)
- Gestion d'exceptions et programmation par objets (Christophe Dony, RXF/LITP)
- Protocoles de Méta-Objets et ClassTalk (Pierre Cointe, RXF/LITP)
- Applications de la programmation par objets dans l'industrie aéronautique (Françoise Carré, IRIT, Toulouse)
- Programmation concurrente par objets (Denis Caromel, CRIN, Nancy)
- Programmation logique et programmation par objets (Jacques Malenfant, RXF/LITP)
- La notion de temps dans les langages à objets (Michel Augereau, IUT La Rochelle)
- Stratégies d'héritage multiple (Michel Habib, CRIM/CNIAM)
- Du statique au dynamique : l'évolution en Eiffel (Roger Rousseau et Philippe Lahire, CERISI)
- Remplacer le développement par l'évolution (Robert Strandh, Labri)
- Les langages à prototypes (Christophe Dony, RXF/LITP)
- Spécifications algébriques : présentation et discussion d'une étude de cas (Marie-Claude Gaudel, LRI)
- Elliott : une machine virtuelle distribuée pour le support d'exécution des langages à objets (Xavier Rousset, Bull-IMAG)
- Un environnement de programmation pour Actalk (Loïc Lescaudron, RXF/LITP)
- Vers la réutilisation dans la construction des programmes parallèles (Denis Caromel, I3F)
- Génération d'applications orientées objet (Michel Adiba, LGI/IMAG)
- POOL: le langage, sa mise en oeuvre et sa sémantique (Pierre America, Philips Research Labs, Eindhoven)

**M9 : Stage**

Les stages industriels sont affectés en tout début d'année. Pendant toute la durée de la scolarité de base, une demi-journée par semaine est réservée à la préparation des stages sous la responsabilité d'un enseignant du DGIN. Ici aussi, une liste partielle de sujets et d'entreprises permettra de se rendre compte de la nature des travaux.

- Environnement de programmation Signal (TNI, Brest)
- Rétroconception de C en Eiffel d'applications de reconnaissance d'adresses postales (SRTP, Nantes)
- Construction d'une bibliothèque graphique (ISE, Santa Barbara, USA)
- Réalisation d'un générateur de système expert en Smalltalk 80 (Cemagref, Antony)
- Système d'archivage de documents (Amaïa, Bayonne)
- Gestion de données urbaines (Cerma, Nantes)
- Système d'aide à la configuration de systèmes informatiques (O2i, La Roche sur Yon)
- Validation et enrichissement du modèle objet pour un serveur de communications (Cnet, Lannion)
- Interface graphique en Spoke pour un outil de gestion de réseaux (Cnet, Lannion)
- Boîte à outils pour un système de base de données à objets (Inria, Rocquencourt)
- Interface graphique pour logiciel de robotique (Ambda, Martignas)
- Extension d'un AGL vers la méthode JSD (Softpen, Montreuil)
- Générateur d'applications graphiques (Multiscreen, Liège, Belgique)
- Noyau graphique pour AGL à objets (Tau Ceti, Nantes, Nanterre)
- Système de gestion de portefeuille et de gestion de risques (Arthur Andersen, Paris)
- Programmation visuelle (ISE, Santa Barbara, USA)
- Edition et visualisation de réseaux (Elf, Pau)
- Adaptation de la méthode Hood à C++ (TNI, Brest)
- Environnement intégré pour la réalisation d'applications distribuées sur machine Mustang (Thomson Sintra, Sofia Antipolis)
- Environnement pour la programmation distribuée persistante (Georg Heeg, Dortmund, Allemagne)
- Ergonomie des interfaces utilisateurs (SRTP, Nantes)
- Mise au point des systèmes concurrents et distribués (Equipe de recherche en PPO, List)
- Optimisation de la recherche des méthodes (Equipe de recherche en PPO, List)
- RNIS et environnement multimédia (CCETT, Cesson Sévigné)
- Modélisation objet d'une base de données satellite (Matra Espace, Toulouse)
- Rétroconception d'un système de pilotage de ponts roulants (Dialog Ingénierie Système, Niort)
- Interfaçage d'un langage à objets avec un SGBDOO (Matra Datavision, Les Ulis)
- Conception par objets et simulation (Microtools, Courbevoie)
- Analyse intelligente d'images médicales (CHU, Nantes)
- Etude d'un système réparti et du langage Guide (SEPT, Caen)
- Implémentation objet du modèle Phigs (G5G, Mérignac)
- Evaluation de Interface Builder pour la construction d'un émulateur de transactions (Crédit Lyonnais, Paris)

### 3. ANALYSE GLOBALE DU CURSUS

L'idée de centrer tout un cursus sur la programmation par objets nous a été reprochée comme faisant la part trop belle à une mode qui pourrait n'être qu'éphémère. En fait il ne s'agissait pas de construire un DESS de programmation par objets, mais au contraire un DESS de génie logiciel s'appuyant sur le modèle objet. Si l'on observe beaucoup de formations de génie logiciel mises en place il y a quelques années, surtout aux USA, on constate qu'elles sont souvent centrées sur le langage ADA [Olivier90]. Avec bientôt trois années de recul, nous pensons que notre choix apporte d'importants avantages pédagogiques.

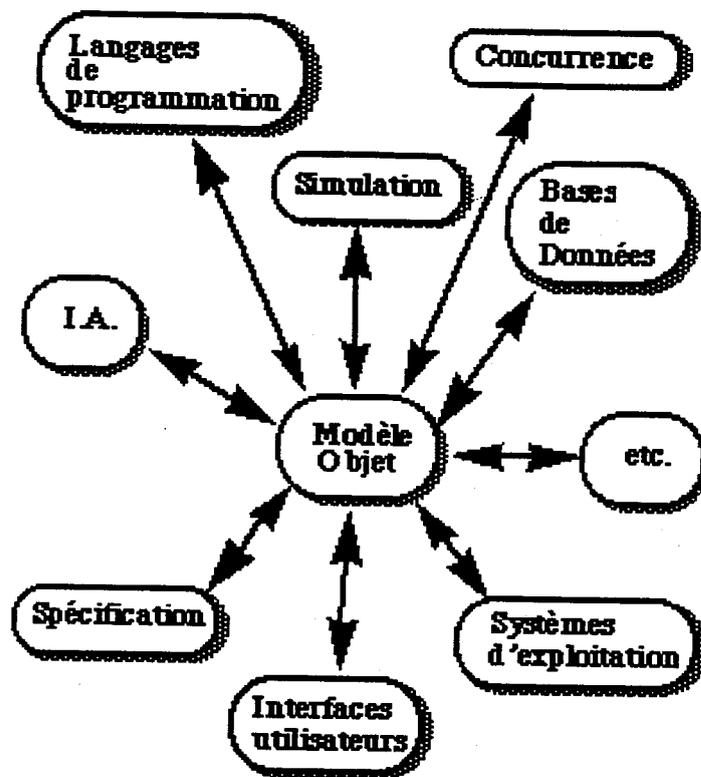
La contrainte essentielle est celle d'efficacité pédagogique. Les enseignements effectifs durent six mois en dehors du stage<sup>3</sup> Le volume des connaissances à acquérir est important. Il faut donc éliminer tout ce qui est inutile ou annexe.

Le simple fait de factoriser dans le module M2 les notions de base de classe, d'instanciation, d'héritage, etc. sous toutes leurs formes ainsi que la pratique associée,

<sup>3</sup> La tentation est forte d'envier d'autres types de formation au génie logiciel s'étalant sur deux années entières comme le "Master of Software Engineering Degree Program" de Carnegie Mellon [Bibbs90]

permet d'aborder la concurrence, les méthodologies d'analyse et de conception, les SGBD et les architectures d'interface utilisateur de façon beaucoup plus performante.

Cette économie conceptuelle est issue de la nature du concept d'objet, vecteur de synergie entre différents champs d'application.



Le concept d'objet apparaît donc pour ce qu'il est véritablement : non pas une nouvelle idée originale, mais un formalisme fédérateur permettant d'intégrer la majorité des idées innovantes qui sont apparues au cours des quinze dernières années. Bâtir un cursus sur ce modèle permet de présenter, dans un cadre uniforme les avancées technologiques reconnues et d'intégrer, au fur et à mesure de leur acceptation, les innovations proposées. De ce fait il nous aide à maintenir constamment un enseignement évolutif de niveau Bac+5 à la frontière entre l'état de la recherche et les pratiques industrielles avancées.

Par ailleurs, la programmation par objets facilite la réutilisabilité et nous permet de mieux faire évoluer les réalisations d'une année sur l'autre. Il est fréquent de voir une promotion d'étudiants utiliser des composants logiciels développés par les promotions antérieures.

#### 4. MODULE PROJET INDUSTRIEL

Pour les projets industriels, la promotion est divisée en groupes de six étudiants<sup>4</sup>. Chaque groupe se voit affecter un travail précis et un interlocuteur "industriel".

Parmi les projets réalisés ou en cours de réalisation, nous pouvons citer les suivants :

- (Pi1) Système d'aide à l'édition et l'évaluation d'un réseau routier.
- (Pi2) Environnement de gestion graphique de données urbaines.
- (Pi3) Système assisté de construction des emplois du temps et des affectations de salles dans un établissement d'enseignement.
- (Pi4) Edition et visualisation de réseaux.
- (Pi5) Système d'aide à l'interprétation d'images médicales.
- (Pi6) Contribution à l'environnement de visualisation du langage temps réel réactif Electre [Roux92].
- (Pi7) Prototype de système coopératif en bureautique.
- (Pi8) Représentation graphique de modèles de simulation.

<sup>4</sup> Nous expérimentons cette année avec des groupes de quatre étudiants et espérons en tirer des conclusions d'ici quelques mois.

- (Pi9) Outils de visualisation de données scientifiques.
- (Pi10) Environnement d'EAO visuel avancé de construction de supports pédagogiques pour personnes handicapées.
- (Pi11) Gestion de nomenclature dans une entreprise de fabrication de vêtements.
- (Pi12) Environnement d'émulation d'un langage à objets "Eiffel-like" sous Smalltalk.
- (Pi13) Conception d'un outil CASE pour l'analyse par objets.
- (Pi14) Réalisation d'un prototype de méthode d'analyse/conception par objets.

Ces différents sujets ont donné lieu ou donnent lieu à des réalisations de prototypes avec des succès divers, mais en général à la satisfaction des trois parties : Le projet permet au client de progresser pratiquement dans son objectif de réalisation ou d'évaluation. Les étudiants apprennent sur le tas les techniques de génie logiciel. Les enseignants voient dans ces réalisations une concrétisation de leurs enseignements. Nous donnons ci-dessous quelques éléments factuels de description de ces projets. La prochaine section nous permettra de pousser plus loin la réflexion sur l'évaluation de l'expérience.

Le volume de temps personnel affecté à la réalisation d'un projet est réduit : une demi-journée par semaine pendant toute la période de scolarité, c'est à dire du 15 septembre à la fin mars. Ceci exige un démarrage immédiat et donc une préparation préalable du projet par une concertation entre les enseignants responsables et les clients.

Certains clients sont de véritables industriels. Dans d'autres cas ce sont des laboratoires de recherche ayant des besoins en ingénierie logicielle.

Le langage de réalisation pour un projet n'est pas imposé. Cependant c'est Smalltalk 80 qui a été utilisé dans la majorité des cas. Les raisons en sont multiples. D'une part la bibliothèque de classe est variée et leur est assez familière. Par ailleurs de nombreux projets ont une composante interactive qui se prête bien à une réalisation en Smalltalk.

## 5. ANALYSE DU MODULE PROJET

### **Généralités**

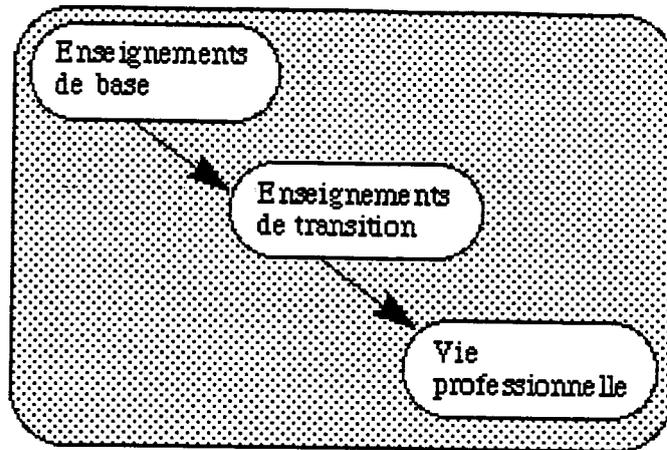
Quels sont les projets les plus productifs? Il est difficile de déterminer des critères à priori. On ne peut pas tirer de règle générale de l'origine du sujet : industrielle pure (société) ou pseudo-industrielle (laboratoire public ou para-public). On ne peut pas non plus dire que le fait que le donneur d'ordre possède des compétences techniques sur les outils utilisés dans le projet soit un facteur discriminant. Le seul critère qui nous apparait significatif est celui de la réalité du besoin : si le client a véritablement besoin d'un produit à une date donnée, la motivation du groupe et sa propre disponibilité semblent générer des conditions optimales de productivité. De plus il semble intéressant que la connaissance du problème se trouve concentrée chez un nombre réduit d'interlocuteurs et non pas disséminée chez des personnes différentes qui ont une vision sensiblement différente de ce qui doit être réalisé.

### **Planning**

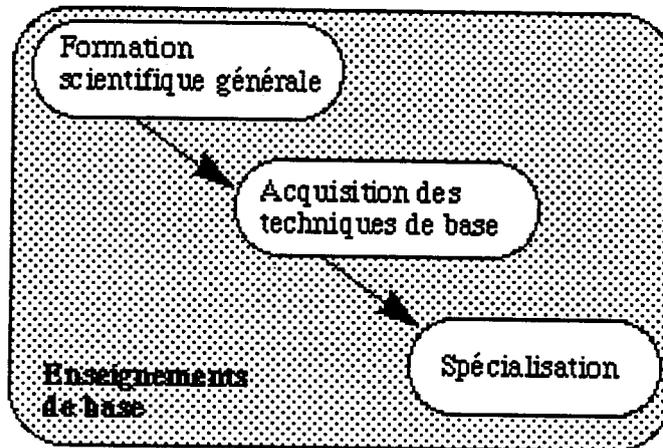
Un inconvénient prévu du démarrage de l'activité de projet en tout début d'année, alors que les étudiants ne maîtrisent pas encore les bases de la technologie objet, s'est révélé être plutôt un avantage. Ceci les oblige dans une première étape à ne s'intéresser qu'à la définition du problème et non à la conception d'une solution.

### **Transition vers la vie professionnelle**

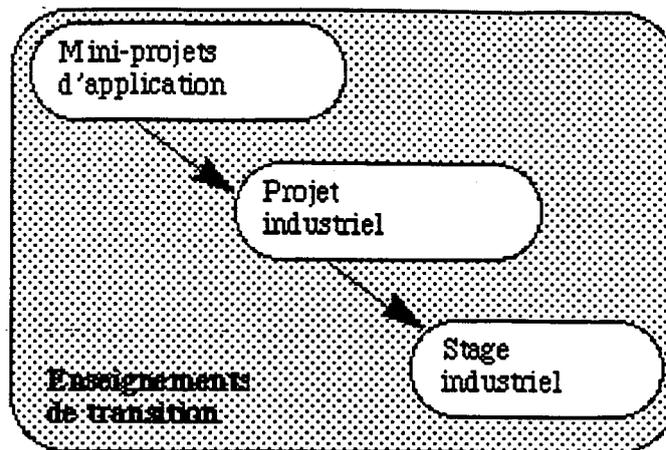
La formation post-baccalauréat d'un ingénieur informaticien peut se schématiser comme suit.



Les enseignements de base se présentent en trois niveaux : acquisition d'une culture scientifique générale (DEUG), enseignements de science et de technologie informatique (maîtrise et licence), enseignements de spécialisation (partie cours d'un DESS).



Les enseignements de transition ont pour objectif d'aider l'étudiant à passer progressivement du cursus universitaire à une bonne insertion professionnelle. Ils s'appuient sur les mini-projets de DESS, puis sur le projet industriel et enfin sur le stage. Au cours de ces trois étapes, l'étudiant prend progressivement son autonomie, apprend à se détacher des directives strictes données par les enseignants pour se fixer des objectifs de réalisation plus réalistes, intégrant en particulier les contraintes de l'environnement industriel.



### ***Apprendre à réutiliser***

La seule façon de tenir les délais dans la réalisation d'un projet consiste à réutiliser de façon intelligente des composants logiciels. La réutilisation est un discours théorique qui est dispensé au cours des différents enseignements. Le projet industriel est le lieu où ce discours se concrétise pleinement. L'apprentissage pratique porte sur les modalités logistiques de cette réutilisation. Contrairement à certains mini-projets où le sujet de l'exercice est souvent défini pour pouvoir être résolu par une sélection assez simple et une adaptation assez directe de quelques classes d'une bibliothèque standard, ils ont affaire ici à un problème réel et l'adéquation de la bibliothèque de composants n'est pas aussi immédiate.

### ***Apprendre à gérer les contraintes industrielles***

Un problème rencontré au cours de l'un des projets industriels a consisté à réduire les fonctionnalités des composants interactifs disponibles pour des raisons d'apprentissage et de diffusion industrielle. Il est toujours difficile de s'obliger à prendre des menus fixes alors que vous avez sous la main une riche palette de menus déroulants et de menus fugitifs. La découverte de cette contrainte industrielle - que le client ne désire pas toujours les solutions techniques les plus sophistiquées - a été une leçon enrichissante, surtout que le travail nécessaire à la réduction des fonctionnalités était conséquent.

### ***Apprendre à organiser***

Le groupe d'étudiants dispose du sujet en début d'année. Il doit prendre contact avec le client et convenir des rendez-vous et organiser ses rencontres périodiques. Les enseignants n'assurent aucune fonction de relai : ils ne sont là qu'en tant que consultants techniques à la disposition du groupe.

Cette situation est un peu déroutante en début d'année pour certains groupes d'étudiants peu habitués à s'organiser par eux-mêmes. La règle du jeu est rapidement comprise et on voit se dessiner des structures de communication et de décision spécifiques à chaque groupe et à chaque situation, qui fonctionnent parfaitement.

### ***Apprendre à répartir***

Les décisions les plus difficiles à prendre sont celles de la répartition du travail dans le groupe. En début de projet l'efficacité n'est pas optimale et les réunions collectives du groupe sont parfois verbeuses et inconclusives. Tout discours doctrinal sur la façon de découper un problème et de répartir les tâches ne parvient pas toujours à convaincre. Les solutions proposées a priori ne semblent pas toujours très réalistes. Le calendrier du DGIN a pour conséquence que les étudiants se voient confrontés au problème de la découpe et de la répartition des tâches en début d'année, sans outil méthodologique. Ceci a des effets positifs. Lors de la présentation d'outils, mêmes rudimentaires, ils réagissent et ont une vision à la fois beaucoup plus réceptive et beaucoup plus critique.

### ***Apprendre à dialoguer***

De la même façon, la nécessité de définir les besoins suppose la maîtrise d'un certain nombre de techniques de communication comme celle des entrevues. Certaines de ces techniques sont marquées au sceau du bon sens et sont découvertes naturellement. D'autres ne peuvent s'inventer et c'est leur présentation dans les enseignements qui déclenchera l'idée éventuelle de les mettre en pratique.

### ***Apprendre à s'adapter***

Par opposition à un mini-projet classique, l'une des caractéristiques du projet industriel est la découverte de l'aspect évolutif des spécifications. Cette évolution s'accélère avec les premières présentations de résultats où le client s'aperçoit que ce qui a été réalisé ne correspond pas exactement à ce qu'il désirait ou, au contraire, correspond à son souhait mais l'amène à formuler de nouvelles exigences.

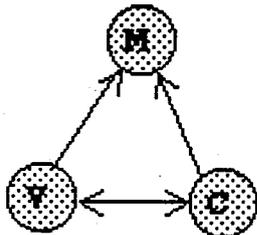
### ***Apprendre à spécifier***

Le travail étant réparti entre plusieurs sous-groupes, le problème suivant provient de la constatation de la difficulté de préciser exactement l'objectif de chacun. Bien souvent, à l'occasion de discussions informelles, le groupe prend conscience des difficultés prévisibles d'intégration et ressent donc la nécessité de spécifier plus précisément, voire plus formellement certaines parties.

### ***Apprendre à concevoir***

La conception, en environnement objet, consiste à faire coïncider les spécifications issues de l'analyse avec les disponibilités des composants logiciels d'une bibliothèque de classes. C'est un exercice très difficile.

La plupart des projets sont de nature interactive ou du moins possèdent une composante interactive importante. Le schéma de conception utilisé est en général basé sur le modèle MVC [Goldberg83]. Chaque vue (V) définit une projection d'une partie de l'application sur un support d'affichage (écran). Chaque contrôleur (C) définit un protocole d'interaction entre l'utilisateur et le modèle par l'intermédiaire d'une vue.



Dans les mini-projets, en général, c'est la conception de la vue et du contrôleur qui semble la plus délicate. Dans le projet industriel, les étudiants réalisent rapidement que la complexité essentielle consiste à définir un modèle stable. Ils constatent les avantages d'une telle décomposition mais en réalisent aussi les difficultés.

### ***Apprendre à gérer les ressources***

Les ressources dont dispose chaque groupe pour mener à bien son projet sont spécifiées en début d'année (stations de travail, logiciels, moyens de communication, de documentation, etc.). Tout besoin spécifique complémentaire est négocié. La gestion est prise en charge par les étudiants eux-mêmes qui constatent rapidement que la ressource critique essentielle est leur temps de travail. La structure de décision à l'intérieur des groupes est laissée entièrement à leur responsabilité.

### ***Apprendre à coopérer***

Il est très difficile de transmettre par un enseignement les bonnes pratiques de travail en commun. La seule façon consiste à placer les étudiants en situation de réalisation collective d'un objectif technique et de les amener à réfléchir sur les bonnes et les mauvaises pratiques.

La mobilité géographique des étudiants de niveau Bac+5 est un facteur positif. En effet si les programmes des matières de base sont raisonnablement standardisés dans les différentes maîtrises d'informatique, dans un certain nombre d'autres secteurs (comme les méthodes de spécification), la diversité des enseignements reçus permet aux étudiants de confronter leurs connaissances et de profiter de la complémentarité de leur savoir-faire.

Plus généralement, le projet est le lieu où les étudiants perçoivent les limites du travail personnel et l'apport de la coopération. Le mélange d'étudiants de formation initiale (issus des maîtrises d'informatique) et de formation continue (ayant plusieurs années de pratique professionnelle) est reconnu par tous comme productif et enrichissant.

### **Apprendre à documenter**

La véritable place du travail de codage dans le projet est rapidement perçue comme un activité parmi d'autres, ni plus ni moins importante, correspondant à environ 20% de l'effort global. Parallèlement l'importance de la production de documents précis et actualisés, tout au long du cycle de vie, est mieux comprise. Les étudiants ont, en général, déjà pris l'habitude en second cycle de rendre des dossiers de programmation. Ils réalisent, au cours du projet industriel, combien il est important de pouvoir produire rapidement des textes soignés et précis et que ce travail, lui aussi, s'apprend.

Un exercice final très difficile est demandé aux étudiants en fin de projet sous la forme d'un résumé de cinq à dix pages de présentation des aspects originaux de leur travail.

### **Apprendre à communiquer**

Chaque groupe doit présenter oralement son travail en insistant sur les choix de conception. Ici aussi la préparation collective d'un exposé amène les étudiants à réfléchir collectivement sur le travail réalisé de façon critique.

## **6. CONCLUSIONS**

L'enseignement du génie logiciel est en évolution rapide, mais semble progresser vers sa maturité. Un corps de doctrine s'établit [McDermid91]. Les prérequis de culture scientifique générale (DEUG) et de science et technologie informatique (licence et maîtrise d'informatique) se précisent.

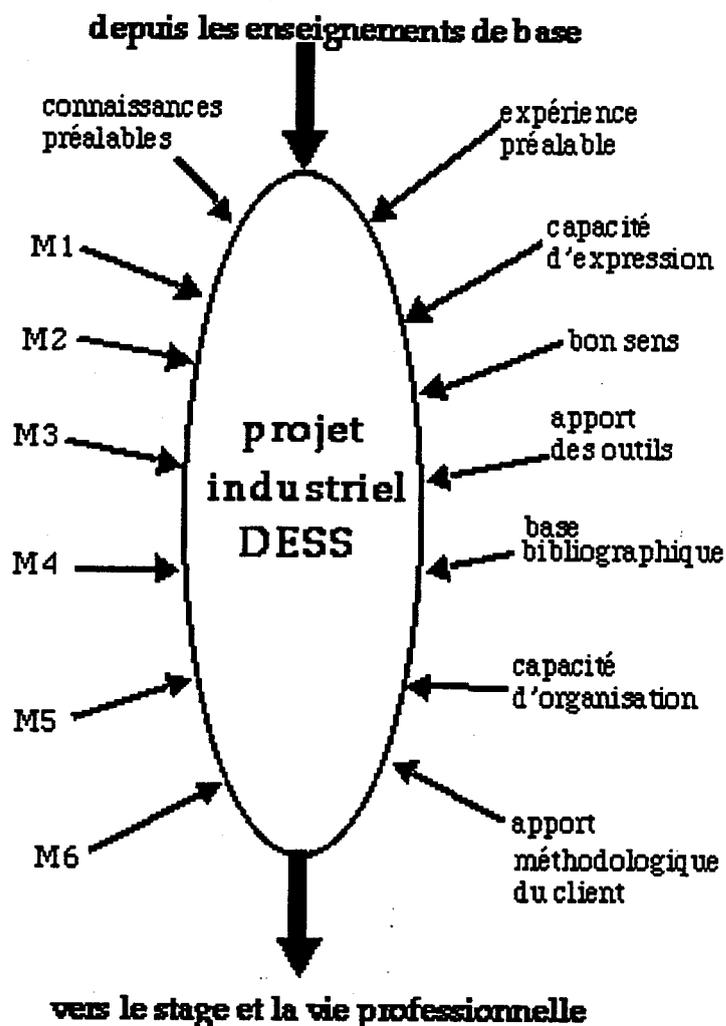
Le propre d'un DESS est de transmettre un savoir-faire spécifique de haut niveau. Ceci le distingue d'un DEA plus orienté vers la transmission de concepts plus théoriques. Nous avons constaté dans cette expérience du DGIN, qu'au fur et à mesure du déroulement du cursus, la demande des étudiants en outils conceptuels s'accroît car ils constatent que la maîtrise des environnements et des outils nécessite de prendre plus de recul. L'évolution du pratique vers le conceptuel est assez facile à prendre en compte dans une perspective de modélisation par objets. Cette démarche est d'ailleurs similaire à la démarche scientifique actuelle qui voit les utilisateurs de langages à objets demander de plus en plus de formalisation. Le projet industriel y trouve naturellement sa place.

Bien évidemment de nombreuses imperfections existent dans la conduite du projet industriel telle qu'elle a été réalisée au cours de ces trois premières années au DGIN. Cependant le bilan est globalement très positif, particulièrement sur les deux aspects suivants.

Pour les étudiants, il s'agit d'un exercice charnière entre leur apprentissage universitaire et leur vie professionnelle. Le projet leur permet de franchir ce cap délicat d'une façon progressive et réfléchie et de se préparer collectivement à cette transition.

Pour l'équipe pédagogique, le projet constitue une source très riche de réflexion sur l'amélioration de l'ensemble du cursus. Nous le percevons comme le lieu où se réalise la fusion entre les connaissances transmises aux étudiants au cours de leur scolarité et l'expérience acquise au cours de leurs différentes réalisations, à l'intérieur ou à l'extérieur du cursus (stages, lectures, contacts individuels, conférences, etc.). Il est plus aisé de constater certaines lacunes dans les connaissances informatiques acquises et de les combler que de guider les étudiants vers une prise en charge plus autonome des savoir-faire nécessaires à la réalisation de systèmes logiciels complexes dans des domaines d'application souvent mal connus.

Notre façon de représenter ce double aspect du projet industriel peut être schématiquement visualisée comme suit:



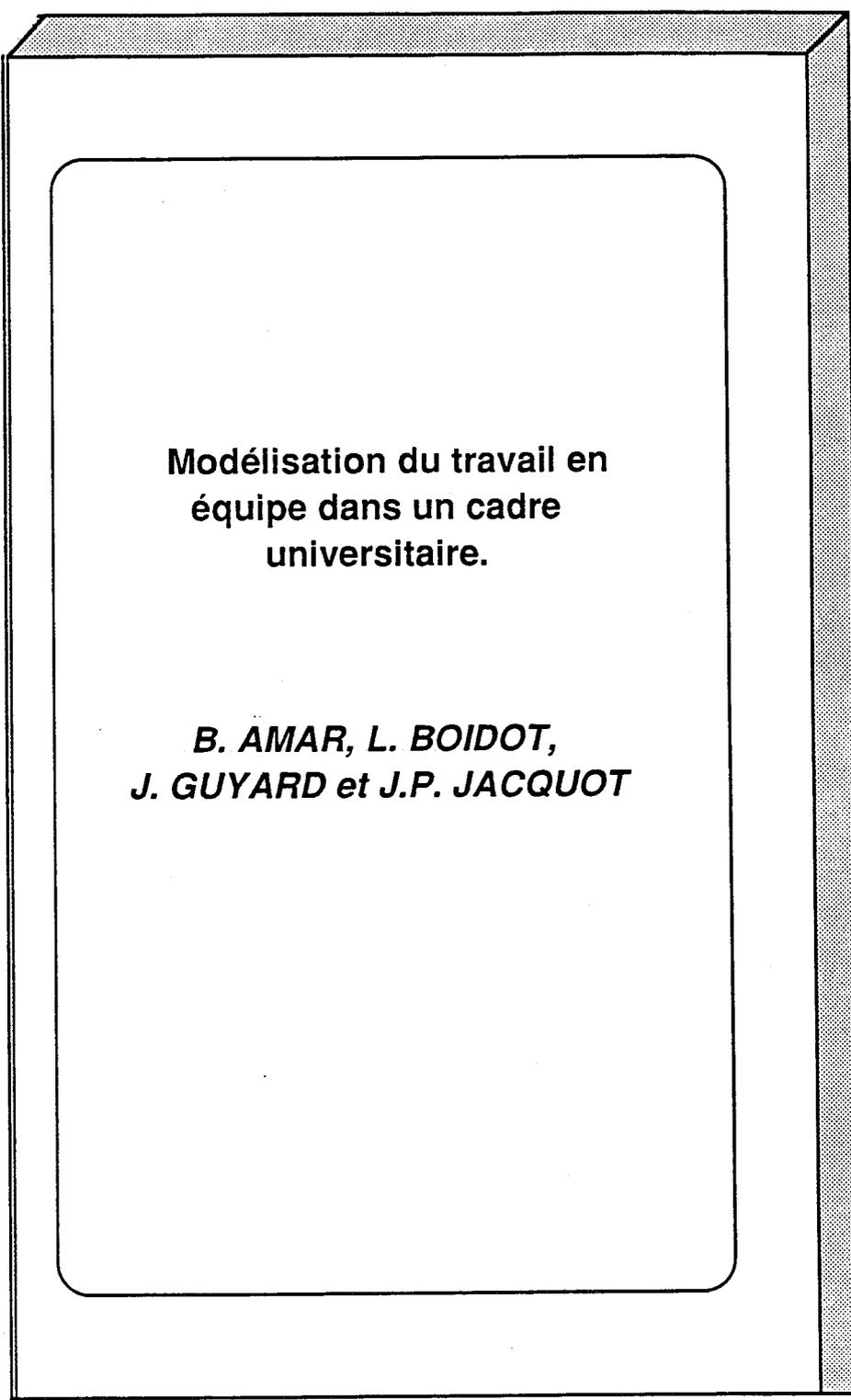
## 7. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la direction de l'Université de Nantes qui a constamment appuyé ce projet, les groupes d'experts du ministère, les industriels qui ont collaboré à la mise en place et au fonctionnement de la formation, les collègues nantais ayant participé directement ou indirectement à cette mise en place et qui assurent de nombreuses interventions dans le DGIN, les collègues d'autres Universités qui nous ont montré la marche à suivre, et surtout les étudiants du DGIN qui nous ont encouragé par leur enthousiasme et leur travail. Nous remercions aussi Hervé Pinvidic, indispensable ingénieur système chargé des moyens matériels et logiciels du DESS ainsi que Christine Brunet qui assure à mi-temps la lourde tâche du secrétariat. Sans la collaboration de tous, il n'aurait pas été possible de mettre en place cette formation dans le cadre de l'Université de Nantes.

## 8. BIBLIOGRAPHIE.

- [Agha86] Agha, G.A. Actors : A Model of Concurrent Computation in Distributed Systems. The MIT Press, (1986), 144 p.
- [America90] America, P. A Parallel Object-Oriented Language with Inheritance and Subtyping. Proc. ECOOP/OOPSLA'90, Ottawa, Canada, (Octobre 1990), pp.161-168
- [Bancilhon89] Bancilhon, F. Object-Oriented Database Systems TOOLS'89 Tutorial, (novembre 1989)
- [Booch83] Booch, G., Object Oriented Design with Applications, The Benjamin/Cummings Publishing Co., (1991), 580 p.
- [Bustard90] Bustard, D. An Experience of Teaching Concurrency : looking back, looking forward SEI Conference 1990, Pittsburgh, Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science N.423, (avril 1990), pp.123-133
- [Briot89] Briot, J.P. Actalk : A testbed for classifying and designing Actor languages in the Smalltalk 80 environment Proc. ECOOP'89, (juin 1989)
- [Caromel90] Caromel, D. Concurrency : an Object-Oriented Approach Proc. TOOLS'90, Paris, (1990), pp.183-198
- [Choppy88] Choppy, C. ASSPEGIQUE User's Manual LRI, Université de Paris Sud, Rapport Greco de Programmation, 8-88.
- [Coad90] Coad, P., & Yourdon, E., Object Oriented Analysis, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1990.
- [Duke91] Duke, R. The Object-Z Specification Language, TOOLS 5, Santa Barbara, (1991), pp. 465-483
- [Ellis90] Ellis, M. & Stroustrup, B. The Annotated C++ Reference Manual, Addison Wesley, (1990)
- [Gibbs90] Gibbs, N.E. & Ardis, M.A. & Habermann, A.N. & Tomayko, J.E. The Carnegie Mellon University Master of Software Engineering Degree Program SEI Conference 1990, Pittsburgh, Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science N. 423, (avril 1990), pp.152-154
- [Goldberg83] Goldberg, A. & Robson, D. Smalltalk-80: The language and its implementation. Addison Wesley, (1983), 714 p.
- [Hoare85] Hoare, C.A.R. Communicating Sequential Processes. Prentice-Hall International series in Computer science, (1985), 256 p.
- [Hullot86] Hullot, J.M. SOS Interface : un générateur d'interfaces homme-machine, Journées AFCET sur les LOO, Bulletin Bigre, N°48, (1986), pp.69-78.
- [Jacobson86] Jacobson, I. Language Support for Changeable Large Real-Time Systems OOPSLA'86, ACM Sigplan Notices, V.21, N.11, (novembre 1986)
- [Jackson83] Jackson, M.A. System Development Prentice Hall International, (1983)
- [Jacquot90] Jacquot, J.P. & Guyard, J. & Boidot, L. Modeling Teamwork in an Academic Environment SEI Conference 1990, Pittsburgh, Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science N. 423, (avril 1990), pp.110-122
- [Jefferson85] Jefferson, D.R. & Sowizral, H. Fast Concurrent Simulation Using the Time Warp Mechanism. Proc. Conf. on Distributed Simulation 1985, (january 1985), San Diego, pp.63-69.
- [Jouhannaud86] Jouhannaud, J.P. & Lescanne, P. La réécriture TSI, V.5, N.6, (1986), pp.433-452
- [Krakowiak90] Krakowiak, S. & al. Design and implementation of an object-oriented, strongly typed language for distributed applications. JOOP, (Sept./Oct.1990), pp.11-22
- [Lai91] Lai, M. Conception Orientée objet : Pratique de la méthode Hood Dunod Informatique, (1991)
- [McDermid91] McDermid, J.A. (ed) Software Engineer's Reference Book Computer Weekly, (1991)
- [Masini89] Masini, G. & Napoli, A. & Colnet, D. & Léonard, D. & Tombre, K. Les langages à objets, InterEditions, (1989)
- [Meyer88] Meyer, B. Object-Oriented Software Construction, Prentice-Hall, (1988)

- [Olivier90] Olivier, D.P. & Hayward, R.R. Master of Science in Software Engineering Program at National University SEI Conference 1990, Pittsburgh, Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science N.423, (avril 1990), pp.155-156
- [Yonezawa87] Yonezawa, A. & Tokoro, M. (eds) Object Oriented Concurrent Programming MIT Press, Cambridge, MA, USA, (may 1987)
- [Roux90] Roux, O. & Cassez, F. & Creusot, D. & Elloy, J.P. Le langage réactif asynchrone Electre à paraître dans TSI, (1992)
- [Royer91] Royer, J.C. La programmation par objets Polycopié DGIN, Nantes, (1992)
- [Rumbaugh91] Rumbaugh, J. & Blaha, M. & Premerlani, W. & Eddy, F. & Lorenzen, W. Object-Oriented Modeling and Design Prentice-Hall International Editions, (1991), 500 p.
- [Steele90] Steele, G.L. Jr. Common Lisp, The language. Digital Press, second printing, (1990)
- [Wirf-Brock90] Wirf-Brock, R. & Wilkerson, B. & Wiener, L. Designing Object-Oriented Software Prentice-Hall, (1990), 341 p.



**Modélisation du travail en  
équipe dans un cadre  
universitaire.**

***B. AMAR, L. BOIDOT,  
J. GUYARD et J.P. JACQUOT***

# MODÉLISATION DU TRAVAIL EN ÉQUIPE DANS UN CADRE UNIVERSITAIRE

*Bernard AMAR , Laurent BOIDOT*

CEGELEC/RED - 5, avenue Newton - 92142 - CLAMART

*Jacques GUYARD , Jean-Pierre JACQUOT*

Université de NANCY 1 - ISIAL- CRIN-BP 239 - 54506 - Vandœuvre-les-Nancy

## 1 INTRODUCTION

L'enseignement du Génie Logiciel est une gageure nécessaire. Les cours sont soit trop généraux et souvent peu convaincants, soit trop techniques et alors les arbres cachent la forêt. Trouver un juste milieu est un exercice pédagogique difficile. Le Génie Logiciel est autant un métier à apprendre qu'un sujet d'enseignement académique.

Jusque là les étudiants ont travaillé sur des projets de taille moyenne sans organisation d'équipe. Les problèmes d'interface sont résolus facilement par communication orale en raison de la faible taille de l'équipe. Les vrais problèmes d'intégration peuvent être appréhendés uniquement sur des projets réalistes [HW77], [Wor87], [Tom89], [Kin89].

Le problème réel est de déterminer jusqu'où un cursus universitaire doit aller dans son approche du monde industriel. Devons-nous limiter notre enseignement à la théorie et laisser les étudiants tout découvrir de la réalité du monde du travail au cours de leurs premiers temps dans l'industrie ? Notre réponse à cette question est clairement non! Les problèmes organisationnels et relationnels, les méthodes de travail sont une part importante de la réalité "industrielle". Le jeune diplômé qui aurait à les découvrir entièrement court deux risques : celui d'y passer un temps pendant lequel s'érodent les connaissances techniques et scientifique acquises à l'université et celui d'accepter comme allant de soi certaines pratiques, faute d'esprit critique et de point de référence. Le vecteur de transfert technologique que représente nos formations en DESS en serait automatiquement affaibli.

Pour répondre à ce problème, nous avons mis en place à l'Université de Nancy dans le cadre du DESS Informatique en collaboration avec le département RED de CEGELEC à Clamart, une formule pédagogique qui place au centre de la formation un projet collectif nous permettant de simuler les problèmes réels posés par le développement de logiciel en milieu professionnel.

## 2 STRUCTURES ET DIFFICULTÉS

Les techniques d'ingénierie "traditionnelles" (génie civil, génie mécanique, génie électrique...) ont à faire avec des objets matériels possédant une forte résistance au changement. La structure de l'objet à construire et les contraintes physiques sont fixées a priori. La structuration du travail s'en déduit directement. A l'inverse, le génie logiciel est face à un objet immatériel malléable dont la structure semble n'apparaître qu'a posteriori. Dès lors, structurer le processus de construction devient un problème difficile. L'objectif d'une formation en génie logiciel est alors d'une part de convaincre les étudiants d'une nécessité de structuration et d'autre part de les placer en situation d'inventer ces structures.

Nous allons examiner les différentes classes de structures rencontrées dans l'activité de développement de logiciel et les difficultés que cela pose aux étudiants.

## 2.1 STRUCTURE DE L'ÉQUIPE

Un étudiant va rencontrer trois éléments de structuration liés à la notion d'équipe:

- La hiérarchie [MB73], en opposition avec la vue de "groupes de pairs", qui avait prévalu dans les projets réalisés au cours de la scolarité.
- La formalisation des canaux de communication, remplaçant à oreille qui avait été employé, avec succès, jusque là.
- La spécialisation et l'affectation de tâches différentes aux membres d'une même équipe avec en corollaire, la gestion de la frustration de ceux auxquels sont affectés des tâches réputées moins nobles que d'autres.

## 2.2 STRUCTURATION DES DOCUMENTS

Un logiciel est constitué d'un ensemble de documents, normalement bien identifié (spécification, conception, tests, ...). Bien que des cours spécifiques aient été faits à propos de chacun de ces documents, on note une difficulté dans leur création qui ne peut pas se réduire à la simple instantiation de plans standards, mais également à un travail plus créatif. En outre la limite entre les différents documents est variable d'un projet à l'autre les projets.

## 2.3 STRUCTURATION DU TEMPS

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les étudiants n'ont pas appris à gérer leur temps au cours de leurs études antérieures. On pourrait même quelquefois penser que c'est le contraire qui s'est passé! En effet la plupart du temps ils ont réalisé leurs TPs sans aucune planification en y passant le maximum de temps qu'ils pouvaient y consacrer. En cas d'échec ils reportent la faute sur les enseignants qui ont d'ailleurs bien du mal à se disculper.

## 2.4 STRUCTURE DU PROGRAMME

Pour les projets réalisés jusque là, deux cas bien opposés se sont produits. Soit la structure était complètement définie et donc "verrouillée", soit la structure était totalement ouverte. Lorsque la structure est libre l'accent est mis sur un point de système ou d'algorithmique bien particulier et, alors, elle est un sous-produit du logiciel développé, qui est toujours un prototype. Un logiciel industriel se situe à mi-chemin entre ces deux extrêmes. Ses composantes et ses interfaces doivent être complètement définis avant d'être développés et intégrés.

## 2.5 REMARQUES FINALES

Nous considérons que le transfert de connaissances techniques n'est pas un problème pédagogique au niveau DESS. Sans nier l'importance de cet élément, nous constatons que les étudiants "digèrent" facilement les cours correspondants. En revanche, il nous faut montrer qu'un bon logiciel, un logiciel qui "marche", est d'abord le résultat d'une équipe qui marche avant d'être celui d'innovations ou d'astuces technologiques.

Notre défi pédagogique consiste plutôt à préparer le mieux possible nos étudiants à passer du cadre universitaire à un environnement professionnel. Une des différences essentielles entre les deux mondes réside dans la taille des produits développés.

Plusieurs réponses à ce défi sont possibles. La nôtre repose sur la réalisation d'un projet mené par toute la promotion. La difficulté principale de cette approche est que l'application d'un strict facteur d'échelle ne permet pas de transposer la réalité professionnelle dans un projet étudiant. Nous avons donc développé une notion de *modèle réduit* dans lequel les étudiants sont parties prenantes. Plus exactement cela signifie que certains paramètres du modèle seront plus proches que d'autres de la réalité professionnelle.

Ce concept de projet collectif comme *modèle réduit* présente plusieurs avantages. Premièrement on a fixé clairement comme règle du jeu qu'il ne s'agit pas de fabriquer un

produit à tout prix, mais de comprendre et de faire fonctionner une équipe, c'est-à-dire que le processus est plus important que le produit. Ensuite ayant identifié les paramètres du modèle on peut les adapter en cours de projet pour faire des observations. Enfin, les étudiants se montrent plus réceptifs aux cours de génie logiciel qui concernent alors clairement et directement leurs problèmes réels.

### **3 LE PROJET COLLECTIF**

Depuis l'origine du "DESS Génie Logiciel" en 1985, il y a toujours eu un projet collectif au programme. Celui-ci a grandement évolué au cours des sept années depuis la forme originelle, simple extrapolation d'un projet classique, à la forme actuelle, travail de compréhension et d'analyse réflexive sur le processus de développement de logiciel en équipe.

En concevant le nouveau projet collectif il est vite apparu que nous ne pouvions pas construire un environnement reproduisant complètement la réalité professionnelle. Des éléments comme la pression économique, les relations client-fournisseur ou l'évolution temporelle ne résistent pas à une simple réduction d'échelle. Nous sommes en fait dans la situation de l'aérodynamicien. Une reproduction avec un strict facteur d'échelle est inapte au vol mais la décomposition des paramètres et les lois de similitudes permettent d'analyser le comportement de l'objet réel. Le principal avantage de cette analogie est de nous avoir incité à mieux définir les paramètres du projet, présentés maintenant

#### **3.1 PARAMETRES FIXÉS**

Le premier paramètre est la relation entre enseignants et étudiants. L'équipe enseignante est composée de trois universitaires et d'un membre de la profession chargé des cours de gestion de projet. Sur les trois enseignants, deux jouent le rôle de managers du projet: ils suivent régulièrement la progression du projet et, sans s'immiscer dans les décisions du groupe, ils s'assurent que le projet n'est pas en situation de blocage humain ou matériel. Ce suivi est réalisé formellement par la tenue d'une réunion hebdomadaire avec le chef et l'administrateur de projet. Le troisième enseignant a un rôle de conseiller pour les aspects techniques et d'expert quant à la qualité du produit réalisé. L'intervenant "extérieur" joue un rôle de consultant en gestion de projet. Ses interventions sont synchronisées avec le projet et rendent moins sensible la séparation entre cours, conseil et audit. De fait nous avons constaté que l'impact en est bien meilleur.

Le second paramètre est le thème du projet. Le thème retenu plusieurs années de suite sans que cela pose problème est celui d'un préprocesseur pour un langage à objets s'appuyant sur le langage C. Ce thème a l'avantage de ne pas présenter de problème technique tout en apportant quelques connaissances nouvelles dans ce domaine à la mode.

Le troisième paramètre est l'ensemble des documents que l'équipe doit produire: cahier des charges, document de conception générale et détaillée, manuel utilisateur, manuel de maintenance et enfin documents de contrôle qualité, d'estimation des coûts et évaluation des délais. Tous les documents sont considérés comme nouveaux par les étudiants même si ils ont écrits des documents similaires au cours de leurs études. Cependant les trois derniers sont plus difficilement acceptés voire considérés comme bureaucratiques. Leur utilité, qui est d'obliger le groupe à s'auto-évaluer sans se critiquer, n'apparaît aux étudiants qu'en fin de projet.

Le dernier paramètre est celui des outils. A part MacProject qui a été utilisé systématiquement chaque année, les tentatives pour utiliser des outils de type atelier logiciel se sont toujours révélées être des échecs surtout à cause de leur lourdeur et un repli sur un gestionnaire de configuration standard tel que SCCS la règle. Le bilan est néanmoins positif car les étudiants ont appris à être critique et à savoir évaluer sans concession un outil pourtant vanté par de belles plaquettes.

### **3.2 PARAMETRES VARIABLES**

Par définition ces paramètres peuvent être modifiés pendant le déroulement du projet. Cela nécessite des règles strictes pour éviter un comportement erratique. Les étudiants proposent des modifications qui sont éventuellement acceptées par les enseignants après négociation. Dans la pratique cela se passe au cours des réunions hebdomadaires au cours desquelles nous commentons et critiquons leur travail.

Examinons les différents paramètres.

Le premier paramètre est la structure du groupe. Nous avons rapidement constaté que, s'il n'était pas réaliste de laisser les étudiants s'organiser eux-mêmes il n'était pas pour autant souhaitable de fixer une fois pour toute une structure. Nous lançons le projet avec une structure que nous leur donnons: un chef de projet, un administrateur de projet, responsable de la gestion des configurations et de l'outil associé, une équipe qualité (2-3), une équipe documentation (2-3), une équipe préprocesseur (3) et enfin une équipe environnement (3). Nous leur conseillons de la faire évoluer au cours du développement du projet. Mais les modifications sont faites après mise en évidence de l'inadéquation de la structure avec les besoins à un moment du projet. Cela évite une ruée sur la programmation en fin de projet au détriment de tout le reste.

Le second paramètre est la taille du logiciel. Évidemment sur ce point nous ne travaillons pas exactement comme dans la réalité où la taille dépend des besoins du client. Ici les étudiants définissent leur propre cahier des charges et font une première estimation de taille qui est toujours sous-évaluée. Ils font ensuite au cours du développement des estimations de plus en plus précises qui leur permettent de renégocier le cahier des charges ou les délais.

Le troisième paramètre est le contenu et la forme des documents réalisés. Ils ne sont pas tenus de suivre un stéréotype, mais plutôt d'inventer des plans de documents et surtout de contrôler la consistance des différents documents produits.

Le quatrième paramètre est le temps sous la forme de l'échéancier. Hormis la date de recette du projet, imposée, les étudiants dressent eux-mêmes leur calendrier. Pour cela, nous imposons l'établissement et la gestion d'un graphe PERT. Initialement peu réaliste, ce graphe permet en fin de projet de faire des prévisions précises. Les échéances passent ainsi du statut de "lubie d'enseignants" à celui d'instrument nécessaire à l'aboutissement du projet.

Le cinquième paramètre est la définition des tâches et leur répartition. C'est celui qui est le plus laissé à la discrétion de l'équipe qui a à cœur de régler elle-même ses problèmes de paresse ou de mauvais esprit éventuel.

Le dernier paramètre concerne les moyens de communication. Là non-plus nous n'imposons ni moyens ni canaux fixes et rigides, mais nous demandons que le groupe soit capable de nous expliquer cet aspect de son fonctionnement.

## **4 PREMIERES CONCLUSIONS**

### **4.1 POINTS POSITIFS**

Même s'ils considèrent que c'est un travail éprouvant les étudiants apprécient le projet et sont unanimes pour vanter ses mérites.

Le point qui nous satisfait le plus est l'installation de comportements professionnels : les étudiants s'approprient réellement le projet. Nous en sommes d'autant plus heureux que la motivation pose des difficultés importantes. Nous pouvons difficilement user de techniques académiques usuelles comme les notes ou l'autorité de l'enseignant, mais nous devons recourir à des ressorts plus psychologiques. Nos étudiants aspirent à être considérés comme responsables, nous les incitons, avec tact, à nous le montrer.

Comme nous l'avons déjà souligné, un des avantages le plus important de ce type de projet est la suppression de cours de génie logiciel stéréotypé illustré d'exemples factices. Ici ces cours sont basés sur le projet et interviennent comme des réponses à de réelles questions.

#### 4.2 POINTS NÉGATIFS

Le problème, difficile à résoudre pour nous, est le fait que le projet collectif doit être mené en parallèle avec d'autres activités. Les étudiants passionnés la plupart du temps par ce projet ont tendance à remettre en cause l'intérêt des autres thèmes et à tenter de négocier leur allègement, voire leur suppression pure et simple, en utilisant l'argument du risque d'échec du projet collectif. En fait tout le problème vient du fait que le projet collectif est une composante parmi d'autres de la formation, alors qu'elle devrait en être le noyau, qui serait alors complété par des enseignements ponctuels et spécifiques.

Un autre point négatif est le relatif échec d'une période de préparation du projet. Nous avons en effet mis en place une phase avant-projet normalement destinée à faire que chaque participant du projet devienne un expert sur un point technique ou organisationnel donné. Notre but étant là encore d'approcher une réalité dans laquelle ce type d'activité est courant.

#### 4.3 POINTS OUVERTS

Comme déjà mentionné, une question importante et non résolue concerne la notation du projet. Comme nous désirons de leur part une attitude adulte nous ne parlons pas au départ de ce problème. Il est alors ensuite impossible de leur faire admettre un barème qui conduirait à des notes différentes pour chaque élément du groupe. Une technique d'évaluation analogue à celle qui se pratique en entreprise devrait être utilisée mais il n'est pas sûr que le travail en vaille la peine.

Une autre question est la relation entre le projet collectif et le reste de la formation. On est conduit logiquement à penser que la formation pourrait être organisée complètement autour de lui, qui en deviendrait le noyau, complété par des compléments ponctuels et spécifiques. Deux problèmes difficiles à résoudre se poseraient alors. D'une part la coordination d'une vingtaine d'enseignants et d'autre part l'obligation de totale réussite du projet qui devient alors le symbole de la réussite de la formation.

Le dernier point concerne le thème du projet. L'idéal serait un sujet réel proposé par une entreprise. Comme pour la question précédente, nous aurions de nouveau une obligation de réussite. Cependant ce challenge mériterait d'être tenté car il conforterait encore la crédibilité de notre expérience. Un préalable indispensable est l'assurance d'une implication effective et sans risque de défaillance de l'entreprise.

## 4 BIBLIOGRAPHIE

[HW77] J.J. Horning and D.B. Wortman. Software hut : a computer program engineering project in a form of a game. *IEEE — Trans. Soft. Eng.*, 3(4):325-330, 1977

[Kin89] P.J.B. King. Experiences with group projects in software engineering. *SoftwareEngineering Journal*, 4(4): 221-225, 1989.

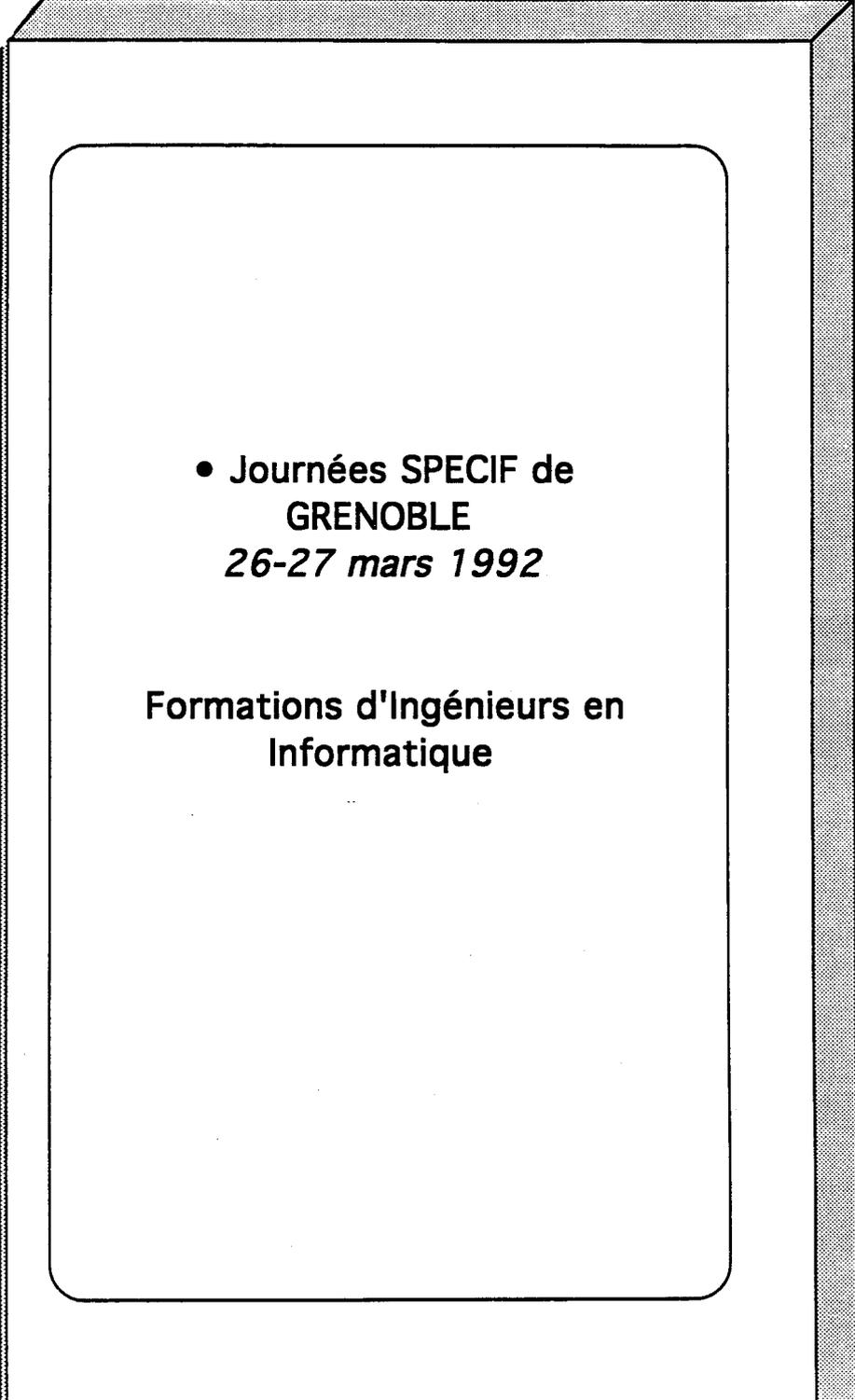
[MB73] H.D. Mills and F.T. Baker. Chief programmer teams. *Datamation*, 19(12):58-61, december 1973.

[Tom89] B. Tompsett. The system cottage — a multidisciplinary engineering group practical. *SoftwareEngineering Journal*, 4(4):209-220, 1989.

[Wor87] D.B. Wortmann. Software projects in an academic environment, *IEEE — Trans. Soft. Eng.*, 13(11):1176-1181, 1987

[Jac90] J.P. Jacquot, J. Guyard and L. Boidot. Modeling teamwork in an academic environment. In L. Deimel, editor, *Proc. of SEI'90 Conference*, 110-122. SEI, Lecture Notes in Computer Science, 1990.

[Jac91] J.P. Jacquot, J. Guyard. Seven Lessons to Teach Design. In J. E. Tomayko, editor, *Proc. of SEI'91 Conference*, 195-204. SEI, Lecture Notes in Computer Science, 1991.



• Journées SPECIF de  
GRENOBLE  
*26-27 mars 1992*

Formations d'Ingénieurs en  
Informatique

# SOMMAIRE

|   |     |
|---|-----|
| • Présentation des Journées SPECIF sur les formations d'Ingénieurs Informaticiens (J. SEGUIN).....            | 61  |
| • Programme des Journées .....  | 62  |
| • Résultats de l'enquête sur les Formations d'Ingénieurs Informaticiens (X. CASTELLANI et P.L. GONZALEZ)..... | 90  |
| • Annexe.....   | 97  |
| • Liste des participants.....   | 117 |

## PRÉSENTATION DES JOURNÉES SPECIF SUR LES FORMATIONS D'INGÉNIEURS INFORMATIENS

*Jean SEGUIN*

A l'initiative de collègues de plusieurs formations d'ingénieurs informaticiens, l'association SPECIF a organisé les 26 et 27 Mars 1992 à Grenoble deux Journées sur les Formations d'ingénieurs informaticiens françaises.

L'objectif de ces journées a été de favoriser une rencontre entre ces formations, une réflexion sur leur place et leur devenir, un échange avec des invités de la profession et des institutions concernées. Cette rencontre ne sera pas, certes, la première ; mais, faute de structure nationale de concertation, il n'y a pas de colloques réguliers et un déficit évident de communication entre des partenaires ; ceci est presque un comble pour des professionnels de l'informatique...

Pour préparer ces journées un comité de programme et d'organisation de 9 personnes (ENSSAT-ENSIMAG-ENSEEIH-CNAM-INSA-IIE-ENSTB-EUDIL-ESSI) a préparé une enquête. Ce comité a travaillé sur la base du volontariat, dans un esprit d'ouverture sans exclusive, et son travail se trouve concrétisé par la tenue effective de ce premier colloque sur la formation des ingénieurs informaticiens en France.

La participation importante des enseignants-chercheurs est la preuve que l'association SPECIF a pleinement rempli son rôle. La participation de l'ensemble de la profession (grands comptes utilisateurs, sociétés de conseil et de services, constructeurs, anciens élèves des formations, syndicats et associations d'entreprises) est significative de l'actualité des problèmes évoqués, et les débats ont permis de vérifier que l'échange d'information, la discussion, parfois la controverse étaient indispensables.

Comment s'en étonner, quand on connaît la diversité des situations et des profils des formations qui prétendent aujourd'hui mettre sur le marché du travail des ingénieurs informaticiens : diversité des ministères de tutelle, des structures, des institutions, des modes de financement, des origines, qui ne contribue pas à la lisibilité des formations... même pour la profession.

Que dire en complément de la perplexité dans laquelle sont souvent les enseignants devant l'expression des besoins des entreprises, de leurs souhaits de collaboration avec les formations, aussi bien en formation continue qu'en matière de conventions d'études, d'accueil de stagiaires, d'échanges enseignants-ingénieurs, de cours de recyclage...

A ces divers égards, les huit ateliers ont été des lieux animés et passionnants de débats...en espérant que le rapport qui en est fait ici sera le reflet des idées débattues et des propositions formulées. De la même façon le considérable travail fait pour la conception et le dépouillement de l'enquête, qui reste une première sur le sujet, devrait favoriser la lisibilité des formations, et fournir les bases d'une réflexion permanente et approfondie dans un secteur de technologie avancée en mutation constante.

A toutes celles et tous ceux, personnes morales et physiques, qui ont contribué par leur temps, leur énergie, leurs idées, leur argent, leur accueil au succès de ces Journées, un grand merci de la part du comité d'organisation. Et à bientôt, pour les deuxièmes...

## PROGRAMME

### JEUDI 26 MARS 1992

- 10 heures** Discours d'accueil : Georges LESPINARD, Président de l'INPG  
Présentation des journées : Jean SEGUIN, ENSSAT Lannion
- 10 heures 30** Conférence : qu'est-ce qu'un ingénieur informaticien ?  
Un point de vue de la profession : Jean CARTERON, PDG de STERIA
- 11 heures 15** Conférence : qu'est-ce qu'un ingénieur informaticien ?  
Un point de vue des enseignants : Jacques MOSSIERE, ENSIMAG
- 12 heures** Présentation des résultats de l'enquête sur les Formations d'ingénieur informaticien : Pierre-Louis GONZALEZ, IIE CNAM
- 14 heures 30** Ateliers en parallèle :  
- **A1** : Les métiers de l'Informatique : Daniel PERRIN (DEC)  
- **A2** : L'informatique et les cultures de l'ingénieur : Eric DELIGNIERES (CIL Valenciennes)
- 16 heures 30** Ateliers en parallèle :  
- **A3** : Formation initiale, formation continue : buts, public : Mme Gaït ARCHAMBAULT (CIGREF)  
- **A4** : Enseignement d'informatique : tronc commun, spécialités : Bernard ROBINET (Université Pierre et Marie Curie - Paris VI)
- 18 heures** Point de rencontre

### VENDREDI 27 MARS 1992

- 8 heures 30** Compte rendu des ateliers du jeudi
- 9 heures 15** Ateliers en parallèle :  
- **A5** : Relations internationales, rôle, expériences : Ian SIMPSON (DEST/France Télécommunications)  
- **A6** : Etudes de cas en vraie grandeur dans l'enseignement : Eric ALIZON (TRANSPAC Rennes).
- 11 heures 15** Ateliers en parallèle :  
- **A7** : Relations école-entreprise : stages, vacataires et associés, contrats et partenariats, juniors-entreprises : Jean-François LOCHE (RENAULT)  
- **A8** : Formation par la recherche : rôle, expériences : Jean-Pierre VERJUS (IMAG)
- 14 heures 15** Synthèse des journées : C. CARREZ (CNAM).
- 15 heures** Intervention de Daniel BLOCH, Directeur des Enseignements Supérieurs
- 15 heures 30** Table ronde : Connaissances à court terme et adaptabilité à long terme de l'ingénieur informaticien - Animateur : Gérard VEILLON (ENSIMAG)
- 16 heures 30** Fin des journées

- EXPOSÉ DE *Mr. CARTERON* (STERIA)
- EXPOSÉ DE *J. MOSSIERE* (ENSIMAG)
- ATELIER 1 : les métiers de l'informatique
- ATELIER 2 : l'informatique et la culture de l'ingénieur
- ATELIER 3 : formation initiale, formation continue : buts, public
- ATELIER 4 : enseignement d'informatique : tronc commun et spécialités
- ATELIER 5 : relations internationales : rôle, expériences
- ATELIER 6 : quelle fonction pour les grands projets ?
- ATELIER 7 : relations école-entreprise
- TABLE RONDE
- SYNTHÈSE DES JOURNÉES PAR *C. CARREZ*
- RÉSUMÉ de l'ALLOCUTION de Daniel BLOCH  
PAR *C. CARREZ*

# EXPOSÉ DE MONSIEUR CARTERON, PDG DE STERIA

Résumé par **B. TOURSEL**  
(EUDIL)

## INTRODUCTION

Que recherche une entreprise lors de l'embauche d'un ingénieur informaticien ?

Quels savoirs et quel profil sont nécessaires à un ingénieur informaticien dans la perspective d'une carrière ?

### **Remarques préalables : le contexte**

- L'informatique est un domaine où la rapidité d'évolution est considérable et exige de réelles facultés d'adaptation,
- L'informaticien baigne dans un environnement auquel il doit savoir s'intégrer,
- L'informatique est un métier immatériel qui n'est pas toujours bien perçu de l'extérieur,
- L'informatique a maintenant un poids économique considérable : ses contraintes et obligations sont celles d'une industrie stabilisée.

## L'INGÉNIEUR INFORMATICIEN : CE QU'IL DOIT SAVOIR

### LA CULTURE

- L'informaticien doit avoir une culture générale scientifique et mathématique ; dans ce domaine, il s'agit plus d'avoir acquis une formation de l'esprit et à la rationalité qu'un savoir qui peut être oublié.
- L'informaticien doit parfaitement maîtriser les équipements matériels et logiciels, connaître les ordres de grandeur et les principaux paramètres des systèmes et en avoir une perception dynamique et évolutive.

### LE NOYAU DUR DES CONNAISSANCES (ce que l'entreprise attend)

- en logiciel, pas de savoir encyclopédique, mais une connaissance concrète et approfondie de quelques langages, SGBD et systèmes (Unix),
- en télécommunication : ce domaine est de plus en plus indispensable et est un facteur essentiel de l'architecture des systèmes,
- en génie logiciel : la gestion de problèmes de grande taille exige la maîtrise d'outils appropriés assurant fiabilité, évolution et documentation,
- en conduite de projet : maîtriser les méthodes, les procédures, les techniques d'évaluation, de suivi, de qualité...

## **L'INGÉNIEUR INFORMATICIEN : CE QU'IL DOIT ÊTRE**

### **ETRE D'ABORD UN INGÉNIEUR**

C'est à dire, être quelqu'un qui sait réaliser quelque chose qui fonctionne et qui répond aux attentes du client (et cela avec le meilleur coût, avec la qualité nécessaire etc...).

### **ETRE UN HOMME RESPONSABLE**

C'est à dire, être quelqu'un qui sait être sensible à la finalité et à l'utilité de ce qu'il fait. Sa responsabilité se situe dès la conception et il doit être capable de dialoguer avec son client, de savoir le prévenir de ses manques ou insuffisances par exemple.

### **ETRE UN HOMME QUI SAIT COMMUNIQUER**

et qui sait communiquer à deux niveaux :

- avec ses collaborateurs : il fait partie d'une équipe qu'il doit commander ou à laquelle il doit s'intégrer,

- avec son environnement extérieur : les interfaces sont multiples et complexes, à la fois avec le système organisationnel et le service de gestion, mais aussi avec l'environnement technique.

### **ETRE UN HOMME RIGOUREUX**

C'est à dire avoir conscience des coûts, respecter les engagements de délai, avoir le souci de la fiabilité et de la maintenabilité.

## **CONCLUSION**

L'entreprise attend de la personne embauchée qu'elle soit d'abord un ingénieur informaticien. Toutefois, comme tout ingénieur, l'informaticien doit savoir faire ensuite autre chose et sa carrière doit le conduire vers des postes de direction et de management. La situation diffère alors selon qu'il se trouve dans une entreprise dont l'informatique est le métier (SSII) ou bien (et c'est la situation la plus fréquente) dans une entreprise dont la vocation est autre : il doit alors choisir entre son métier d'informaticien et un autre métier.

## QU'EST-CE QU'UN INGÉNIEUR INFORMATICIEN ? UN POINT DE VUE DES ENSEIGNANTS.

**Jacques MOSSIERE**  
ENSIMAG

Le texte suivant correspond aux copies des transparents supports d'un exposé introductif aux journées SPECIF sur les formations d'ingénieurs informaticiens. L'exposé précédent, donné par un professionnel, était centré sur les qualités demandées à l'ingénieur débutant par les entreprises. Le présent exposé, donné par un universitaire, est centré sur les moyens et méthodes pédagogiques nécessaires à la formation des ingénieurs.

L'exposé commence par une définition de ce qu'est un ingénieur informaticien. Après une discussion des contenus usuels des formations d'ingénieurs, nous nous concentrons sur l'informatique pour montrer les difficultés spécifiques à la discipline, intellectuelles aussi bien que matérielles. Pour lancer la discussion, nous proposons un schéma type de formation avant d'énumérer quelques points que nous jugeons importants pour assurer la qualité de l'enseignement.

### QUELQUES DÉFINITIONS

#### **Ingénierie :**

étude globale d'un projet industriel sous tous ses aspects (techniques, économiques, financiers, sociaux), coordonnant les études particulières de plusieurs équipes de spécialistes.

#### **Ingénieur :**

personne qui a reçu une formation scientifique et technique la rendant apte à diriger certains travaux, à participer à des recherches.

#### **Informatique :**

science de l'information  
ensemble des techniques de la collecte, du tri, de la mise en mémoire, de la transmission et de l'utilisation des informations traitées automatiquement à l'aide de programmes mis en oeuvre sur ordinateur.

L'industrie informatique (Le Monde 1971)

#### **Informaticien :**

ingénieur, technicien en informatique.

## LA FORMATION DES INGÉNIEURS

### ***Savoir***

Mathématiques  
Algorithmique  
Sciences fondamentales

### ***Sciences du métier (savoir faire)***

rôle des stages et des projets

### ***Formation générale***

gestion, communication, langues

### ***Concilier deux objectifs***

une formation pour durer  
une formation efficace à court terme

### ***Deux tendances***

allongement de la formation initiale  
formation permanente

## INFORMATIQUE - DIFFICULTÉS INTELLECTUELLES

### ***Peu ou pas enseignée avant Bac + 2***

inexistante ou faible au lycée  
analyse numérique en prépa  
hétérogénéité en DEUG

### ***Science récente***

### ***Evolution très rapide des matériels, mais beaucoup moins rapide des idées de base***

machine de Von Neumann  
lisp  
programmation objet (simula)  
notes sur la programmation structurée  
crise du logiciel

### ***Science expérimentale***

## **INFORMATIQUE - DIFFICULTÉS MATERIELLES**

### ***Développement récent des formations***

locaux  
support technique et administratif

### ***Renouvellement des matériels et des logiciels***

### ***Discipline mal reconnue***

confusion avec informatique outil  
place de l'industrie informatique

## **UN SCHÉMA TYPE DE FORMATION**

### ***Première année : les bases matérielles et logicielles***

structure des ordinateurs  
apprentissage de la programmation  
algorithmique  
utilisation d'un système d'exploitation  
mathématiques

### ***Deuxième année : les grands savoirs***

architecture avancée  
génie logiciel  
langages et compilation  
systèmes d'exploitation  
bases de données

### ***Troisième année : l'achèvement***

maitrise d'une option  
projet terminal

## **POUR LANCER LA DISCUSSION**

### ***Place des mathématiques / Quelles mathématiques ?***

probabilités et statistiques  
mathématiques discrètes  
analyse et analyse numérique

### ***Quels matériels pour l'enseignement ?***

micro ou miniordinateurs  
stations de travail  
systèmes à parallélisme massif  
grands systèmes de gestion

***Quels logiciels pour l'enseignement ?***

***Rôle des stages industriels et des projets***

***Rôle de la recherche universitaire ou industrielle***

pour la formation des étudiants  
pour l'actualisation des programmes  
pour la formation des enseignants

***Place des professionnels dans la formation***

études de cas  
gestion de projet

# ATELIER 1

## LES MÉTIERS DE L'INFORMATIQUE

Modérateur : **Monsieur Daniel PERRIN** (DIGITAL)  
Secrétaire : **Monsieur Xavier CASTELLANI** (IIE Evry)  
Participants : 25 (20 formations d'ingénieurs informaticiens + 5 représentants du milieu professionnel)

### REMARQUES GÉNÉRALES :

Les métiers de l'informatique doivent être définis à partir de compétences. Une étude de ces compétences doit être faite au préalable.

### QUESTIONS GÉNÉRALES SUR CE QU'EST UN MÉTIER D'INGÉNIEUR :

- . qu'est-ce qu'un ingénieur fait ?
- . avec quoi le fait-il ?
- . dans quel(s) secteur(s) le fait-il ?
- . sur quoi agit-il ?
- . comment évolue-t-il ?

Ces questions générales doivent être posées en soulignant la multiplicité des points de vue.

### MÉTIER DE L'INFORMATIQUE :

Les métiers de l'informatique se trouvent essentiellement chez les constructeurs informatiques, dans les SSI et dans les entreprises utilisatrices de l'informatique.

Quatre grands domaines de l'informatique peuvent être considérés (domaines distingués par l'ANPE) : le développement, l'exploitation, l'expertise et la prescription.

### COMPÉTENCES NÉCESSAIRES POUR EXERCER LES MÉTIERS DE L'INFORMATIQUE :

Ces compétences sont de deux types :

- . les compétences générales : la capacité à formuler, la capacité à élaborer, la capacité à communiquer, ...
- . et les compétences spécifiques à l'informatique.

Parmi ces compétences il faudrait distinguer celles qui sont "à caractère permanent" de celles qui sont plus éphémères.

Les compétences des ingénieurs informaticiens, parmi lesquelles chacun reconnaîtra celles qui sont générales et celles qui sont spécifiques à l'informatique, sont les capacités : de modéliser/spécifier, de réaliser, d'être à l'écoute de la recherche, de maîtriser une technique, d'imaginer, de gérer une équipe, de conduire un projet, d'évaluer, de communiquer, de vendre, d'assumer une responsabilité, d'apprendre une nouvelle technique, d'évoluer.

Il apparaît que certaines compétences sont d'actualité, voire nouvelles : les capacités d'intégrer, de modéliser/spécifier, de mettre au point, de gérer des outils, de gérer la qualité, d'assurer la sécurité, d'être à l'écoute de la recherche, ...

## **COMMENT DÉFINIR LES MÉTIERS DE L'INFORMATIQUE ?**

A partir d'un thésaurus de compétences, il serait possible de définir des métiers de l'informatique. Certaines compétences exercées à plein temps définissent des métiers "mono-compétences". Mais généralement l'exercice d'un métier de l'informatique nécessite d'utiliser plusieurs compétences.

Les métiers mono-compétence de l'informatique sont nombreux mais peu pratiqués.

Les métiers multi-compétences de l'informatique sont d'autant moins nombreux que le nombre de compétences considéré est important.

Mais quel nombre de compétences, c'est à dire quel degré de finesse, utiliser pour définir les métiers de l'informatique ?

Un travail important serait à faire afin de définir rationnellement les métiers de l'informatique.

## ATELIER 2

### L'INFORMATIQUE ET LA CULTURE DE L'INGÉNIEUR

Modérateur : **Eric DELIGNIERES** (CIL Valenciennes)  
Secrétaire : **Bernard TOURSEL** (EUDIL Lille)

#### COMPTE RENDU :

L'atelier A2 était intitulé "l'informatique et la culture de l'ingénieur". Il ne s'agissait pas de débattre de la culture informatique nécessaire à tout ingénieur, mais de traiter la question suivante : "quelles cultures donner à un ingénieur informaticien" ?

*Trois points de vue ont été proposés aux participants à cet atelier :*

- **point de vue 1** : un ingénieur informaticien ne se différencie pas fondamentalement d'un autre ingénieur et sa culture nécessaire est celle que l'on attend de tout ingénieur.
- **point de vue 2** : le travail d'un ingénieur informaticien présente des caractéristiques spécifiques qui exigent une culture sensiblement différente : quelles sont alors ces spécificités ?
- **point de vue 3** : les différents métiers et les différents domaines d'activité des ingénieurs informaticiens demandent des cultures particulières et spécialisées.

Du débat qui a suivi, il est apparu que ces trois points de vue n'étaient pas contradictoires et que chacun d'eux pouvait s'appliquer, selon tel ou tel éclairage partiel du problème.

En ce qui concerne les capacités d'adaptation, la connaissance de l'entreprise, la culture scientifique générale, les qualités humaines, ce que l'on attend d'un ingénieur informaticien ne diffère en rien de ce que l'on peut espérer de tout ingénieur.

Par contre, l'ingénieur informaticien présente quelques singularités qui le distinguent des autres formations d'ingénieurs :

L'ingénieur informaticien débute quasiment sa formation en informatique à bac + 3, alors que les bases des autres spécialités d'ingénieurs sont enseignées depuis de nombreuses années, au lycée ou en premier cycle de l'enseignement supérieur. Ce phénomène souvent dénoncé par les informaticiens, conduit à la fois à une mauvaise reconnaissance de l'informatique et à des difficultés d'organisation des cursus qui doivent intégrer des concepts de base à un niveau qui se situe déjà à bac + 3. La différence est alors de nature plus quantitative que qualitative.

Le travail de l'ingénieur informaticien, plus qu'un autre type d'ingénieurs, se fait en contact ou pour d'autres disciplines. Ceci exige de la part de l'informaticien des qualités particulières d'écoute, de dialogue et d'adaptabilité (second point de vue).

Enfin, en étendant ce point de vue, on aboutit à l'ingénieur informaticien pluridisciplinaire ou, au moins, bi-culturel : culture informatique et culture du secteur dans lequel il mène ses activités. En sus d'une culture informatique, générale ou plus ou moins spécialisée, un employeur peut être tenté de rechercher des cultures diverses, variété qu'il peut actuellement trouver dans la diversité des écoles. Ce complément de formation, cette diversité par l'ouverture à d'autres domaines existent de fait tant en formation dans la variété des écoles d'ingénieurs que dans les différents secteurs industriels. On peut alors parler de cultures particulières (troisième point de vue).

**En conclusion,** on peut espérer trouver chez l'ingénieur informaticien :

- la culture générale propre à toute formation d'ingénieurs,
- agrémentée de quelques caractéristiques ou contraintes propres à l'informatique (capacités de dialogue avec des collaborateurs de disciplines différentes)
- et complétée par des ouvertures dans d'autres domaines et d'autres spécialités (ingénieur biculturel ?).

## **ATELIER 3**

### **FORMATION INITIALE, FORMATION CONTINUE : BUTS, PUBLIC**

Modérateur : **Madame Gaït ARCHAMBAULT** (CIGREF)  
Secrétaire : **Monsieur Jean SEGUIN** (ENSSAT Lannion)  
Participants : 20 (15 formations d'ingénieurs informaticiens + 5 représentants du milieu professionnel).

#### **REMARQUE GÉNÉRALE**

Le nombre limité de participants a favorisé les échanges d'informations sur les pratiques en matière de formation continue avec quelques transversales :

- côté formations : quelques prestations de F.C. ? quels bénéfices ? quelles missions ?
- côté professionnels : quels besoins en formation alternée ? quels niveaux/types de formations ?

#### **INTRODUCTION**

La formation initiale ne saurait avoir réponse à tout ; la formation continue s'impose et s'impose de plus en plus à en juger par les budgets des entreprises (plusieurs milliards par an ) ; la Formation Continue a des formes et des objectifs variés : par alternance, par apprentissage, diplômante ou non, promotionnelle ou non, recyclage, courte ou longue, plus ou moins onéreuse, culturelle ou plus professionnelle ...

#### **LE POINT DE VUE DE L'ÉTUDIANT**

Il peut s'agir de compléter une formation initiale qui a pu être raccourcie par des motifs économiques ou d'adaptation au système scolaire et universitaire de formation initiale. Il s'agit toujours de refaire des études en ayant une certaine connaissance (ou une connaissance certaine) des métiers. La Formation Continue permet le recyclage, elle contribue à la veille technologique ; elle peut permettre d'acquérir de nouveaux diplômes, une reconnaissance sociale attendue, une promotion ; elle peut faciliter une reconversion positive.

#### **LE POINT DE VUE DE L'ENSEIGNANT**

Pour l'établissement de formation si, par ailleurs, il fait beaucoup de formation initiale, il s'agit en général d'une mission complémentaire qui lui apporte une ouverture vers le milieu professionnel et des moyens financiers supplémentaires, une ouverture vers des publics plus adultes qui ont souvent un rôle très positif par rapport aux publics de formation initiale lorsqu'il y a mélange dans des groupes. Dans ces mêmes établissements, pour l'enseignant, la formation continue est tout à la fois un plus financier, un challenge pédagogique réel (surtout lorsque les formes d'évaluations traditionnelles ne s'appliquent pas), une charge de travail supplémentaire souvent en opposition avec sa mission de chercheur.

#### **LE POINT DE VUE DE L'ENTREPRISE**

Elle consacre à la formation continue de très gros budgets et n'hésite pas à confier des missions de formation aux écoles d'ingénieurs dans de nombreux cas : bonne image de marque, confiance dans la compétence pédagogique, formation par la recherche et veille technologique, formation plus culturelle que technologique (ex : apport de la modélisation objet plutôt que X-Windows version 24).

## **LE TOUR DE TABLE DES FORMATIONS**

La place de la formation continue est très variable suivant les institutions : existence ou non d'un service administratif spécialisé ; existence (cas de Grenoble : IMAG/UJF/INPG ou de la Bretagne : IRISA/IFSIC/ENSSAT/INSA) ou non de formations courtes proches de la recherche ; existence (cas de l'EUDIL, ENSSAT ...) ou non de filières Fontanet avec cycle préparatoire sur mesure et cycle terminal intégré à la formation initiale ; existence (cas du CESI) ou non de formations pour l'apprentissage ; existence (cas de l'U. d'Orsay ...) ou non de formations par l'alternance (dites, pour les plus récentes "Decomps") existence ou non de formations courtes ou longues sur mesure à la demande des entreprises.

## **QUELQUES PROBLÈMES, QUELQUES CONCLUSIONS**

Dans les formations d'ingénieurs informaticiens du Ministère de l'Education Nationale, la formation continue reste une mission importante mais souvent dépourvue de moyens spécifiques (administration - enseignement) ; les cursus proposés sont très variables, presque inconnus hors du contexte local ou régional.

Une concertation, au niveau national, apparaît indispensable entre la profession informatique et les formations d'ingénieurs afin de mieux analyser les besoins des professionnels, le savoir faire des institutions : cette concertation pourrait prendre la forme d'une commission pédagogique nationale qui aiderait à la lisibilité et à l'évolution des formations d'une part, à l'expression des besoins professionnels et à leur satisfaction d'autre part, à la prise en compte des attentes des techniciens supérieurs en attente de promotion et des ingénieurs en attente de recyclage.

Tout indique, par ailleurs, que la formation continue en informatique se développera rapidement et de façon durable vu l'évolution des technologies et des outils logiciels et matériels.

## ATELIER 4

### ENSEIGNEMENT D'INFORMATIQUE : TRONC COMMUN ET SPÉCIALITÉS

Modérateur : **Monsieur Bernard ROBINET** (Université Paris VI)  
Secrétaire : **Monsieur Christian CARREZ** (CNAM Paris)

Pour introduire le débat, la question posée a été «une technique en devenir doit elle être introduite dans les cursus ?». Ceci revient à poser le dilemne suivant : l'enseignement d'une technique ou d'un concept lorsqu'il émerge apparaît un plaisir théorique d'enseignant, alors que commencer à enseigner une technique au moment où elle est utilisée dans les entreprises est trop tard.

Deux exemples provocateurs ont été considérés :

- l'intelligence artificielle doit elle être enseignée ? Y aura-t-il des emplois ? Comment former correctement dans cette discipline ? Il y a quelques années, certains pensaient nécessaire la formation de spécialistes dans cette discipline.

- l'algorithmique est enseignée à tous les élèves ingénieurs informaticiens ; qu'en retiennent-ils cinq ans après ?

Il faut plus insister sur le côté architectural de la conception du logiciel : conception, réalisation, assemblage, sécurité, etc...

Le poids des instances d'évaluation universitaires sur la définition des cursus est très important. La tendance est de mettre en tronc commun les matières dont on maîtrise bien les concepts, et de négliger les matières dont on n'a pas la pratique dans le milieu académique. Il en est ainsi des composantes connexes qui conduisent à un état d'esprit de l'ingénieur, comme par exemple le besoin de qualité.

Tous les participants ont été unanimes pour affirmer que l'informatique devait être enseignée avant le cycle ingénieur, à la fois comme culture universelle mais aussi parce que c'est une discipline qui est aussi structurante pour l'esprit que les autres disciplines fondamentales.

On a distingué 4 étapes dans la formation à une discipline, une technique, une spécialité :

1. sensibilisation à la matière,
2. savoir nécessaire pour l'acquérir ultérieurement,
3. être capable de l'appliquer ou de la mettre en œuvre,
4. être capable d'apporter une valeur ajoutée aux connaissances.

La solution pour satisfaire ces étapes consiste à avoir des enseignements modulaires, et d'éviter qu'un étudiant passe à côté d'un contenu.

L'atelier n'a pas su définir ce que devait être un tronc commun ou une spécialité, mais a retenu les idées suivantes pour aider chacun dans sa propre construction.

1. Il est évident que l'ingénieur informaticien doit avoir une maîtrise totale de l'anglais, savoir communiquer par oral aussi bien que par écrit, et savoir exposer en peu de temps, avec des idées claires et brèves, un sujet qu'il maîtrise. Cela fait partie de la formation de tout ingénieur.

2. La formation correspond à des besoins.

3. L'industrie a besoin de généralistes qui savent s'adapter, et évoluer en permanence.

4. Le tronc commun est le minimum qu'il faut connaître pour aborder n'importe quelle spécialité de la discipline. Les représentants industriels présents parlaient d'un tronc commun entre 2/3 et 4/5 de la formation.

5. Le tronc commun doit avoir un objectif d'opérationnalité. Il faut former des «généralistes de pointe».

***En conclusion,*** on peut noter :

1. Il est facile et rapide de construire une formation de spécialistes. Tous les organismes de formation ou professionnels réagissent vite dans ce domaine. Ce sont souvent des besoins ponctuels et immédiats.

2. Il est difficile et plus long de construire une formation de généralistes. La projection doit être à long terme, alors que peu sont capables de savoir quels seront les besoins à 5 ans.

## **ATELIER 5**

### **RELATIONS INTERNATIONALES : RÔLE, EXPÉRIENCES**

Modérateur : **Monsieur Ian SIMPSON** (DEST/FRANCE Télécommunications)  
Secrétaire : **Monsieur Henri BRIAND** (IRESTE de Nantes) ???

#### **INTRODUCTION**

Nous nous étions proposé d'aborder les points suivants :

- la mobilité des étudiants, des enseignants
- les relations université-entreprises
- la dimension européenne de l'enseignement
- la reconnaissance des diplômés.

et sur le premier point d'évoquer :

le but de la mobilité, sa durée  
les différents problèmes rencontrés  
le poids des pays anglophones.

En fait, ces points n'ont été abordés que de façon indirecte lors de l'atelier.

#### **QUESTION PRÉALABLE POSÉE**

Quelle est la situation de l'ingénieur informaticien dans les autres pays (en particulier ceux qui ont un poids dominant GB-US) ?

- . Il n'existe pas d'ingénieur au sens français dans de nombreux pays.
- . Aux US, les "ingénieurs" sont extrêmement performants d'un point de vue technique, mais à la différence de la France ils n'ont pas vocation automatique à accéder à un poste de responsabilité : ils doivent pour cela faire leurs preuves, être reconnus par leurs pairs. La formation est plus technique et surtout moins encadrée mais la formation est mélangée (pluridisciplinaire). Il y a aussi beaucoup de différences d'une université à l'autre, l'équivalent de la commission des titres y est moindre.

En France, les postes de gestion de responsabilité sont survalorisés par rapport aux postes techniques qui à l'étranger vont jusqu'en haut de la hiérarchie. En France, il y a une trop grande importance du diplôme "garanti" qui est une des raisons du surencadrement et du manque de responsabilité laissé aux étudiants.

En GB, la spécialisation est nettement plus précoce.

La reconnaissance du diplôme d'une école française a beaucoup moins d'importance à l'étranger : les étudiants étrangers viennent quelquefois en touriste, année entre parenthèse.

#### **QUELQUES EXPÉRIENCES**

(L'EIE Nîmes) : l'échange nécessite souvent de fabriquer un menu à la carte. Dans le cas d'un échange avec Ec. Poly de MONTREAL un semestre est validé réciproquement.

Télécom Bretagne : l'accueil en 3ème année d'étudiants de l'Université de Valence ne pose pas de problème. Par contre, les élèves GB accueillis en 2ème année ont des difficultés pas seulement de langue : ils sont régulièrement en fin de promotion dans l'ensemble des matières scientifiques et particulièrement en mathématiques.

Le fait que l'on ne puisse pas délivrer de diplôme (sauf à passer 2 ans) pose problème, on voit arriver quelques demandes pour faire tout le cursus (cas des pays de l'Est).

L'admission sur titre est un pari, dans le cas d'étudiants roumains admis à l'ESSI de Nice, il y a à la fois les 3 premiers du DEA et des mauvais.

Dans le cas de formation en 2 ans le problème de la langue est relativisé.

Autre exemple : création d'une école franco-polonaise sur le modèle français par l'enseignement supérieur des Télécom à Poznan. L'objectif est cette fois-ci plus global :

- pénétration du domaine des Télécom (pour France Télécom)
- échange important d'élèves associé à des échanges d'enseignants, et des coopérations au niveau des laboratoires de recherche.

## **ÉCHANGE D'ENSEIGNANTS**

Il est difficile de réaliser des échanges d'enseignants du fait de l'imbrication forte dans les écoles des divers enseignements, les personnes accueillies intervenant plutôt sous forme de conférences.

## **UTILITÉ**

A la question posée de l'utilité, il est répondu, non en terme de rentabilité immédiate, mais plutôt en terme de nécessité d'acquérir une culture globale, essentielle dans la capacité à exercer son métier, apport structurant.

L'enseignement à l'étranger amène des pièces du puzzle pas toujours cohérentes mais profitables par la confrontation de cultures technologiques différentes.

L'envoi d'élèves en 3ème année pratiqué à l'ENSIMAG permet de casser le système de taupe, nécessitant de la part de l'élève un investissement plus important tant en 2ème année que lors de l'année à l'étranger.

Les résultats de nos élèves sont en général bons (exemples cités par Télécom Bretagne, ENSIMAG de 3ème année poursuivies par des thèses, d'élèves étant major de promo..)

## **CULTURE ET LANGUES**

Il faut différencier les pays de culture proche (dont l'Europe) de pays de culture très différente tel que le JAPON où la connaissance de l'anglais est totalement insuffisante. Il faut connaître le japonais et la culture japonaise.

La connaissance de la langue en général ne suffit pas il faut une "immersion linguistique" en particulier pour participer efficacement à des négociations.

Pourquoi les écoles n'acquerreraient pas des compétences spécifiques dans telle ou telle langue "secondaire" Danois, Espagnol, Italien... à l'image de ce qui se pratique à Centrale Lyon pour le Japonais.

A la question d'une 2ème année obligatoire, il est cité l'exemple de Télécom Bretagne où l'anglais est considéré comme une langue technique et où une autre langue est obligatoire (une 3ème possible) avec un volume horaire important associé.

Sur le suivi des stages, les stages projets accueillis en laboratoire (Université, Entreprise) ne posent pas de problèmes, et reposent sur un encadrement sur place, de bonnes relations entre l'école d'origine et les responsables de cet encadrement.

## RÉSEAU D'ÉCOLES

A travers l'exemple des écoles de l'enseignement supérieur des Télécom, est posée la question d'une démarche plus globale visant à rapprocher des établissements, à faire une "masse critique".

A noter la comparaison avec les écoles de commerce qui raisonnent en terme financier et accueillent de manière onéreuse des étudiants.

En France, dans le système actuel il paraît difficile de multiplier l'accueil (différences de cursus).

Il y a une forte pression des pays de l'Est et du Sud pour accroître cet accueil.

Sur la question du financement, du coût des échanges il y a eu un débat vif.

A la proposition d'une participation financière de l'étudiant, s'oppose la prise en compte des étudiants boursiers et du fait que ceux qui ont des moyens financiers ont souvent aussi des relations pour trouver des accueils à l'étranger.

L'idée a été aussi évoquée d'une participation des entreprises (exemple de la politique de France Télécom avec France Télécom University, l'école franco-polonaise, la coopération entre Télécom Paris et l'EPFL pour créer une nouvelle école à Sophia et les partenariats avec des universités US, GB, It, D...) permettant de développer une politique volontariste privilégiant certaines orientations (l'europe, les pays vers lesquels on veut exporter...).

Il est à souligner l'importance de pays parfois moins prestigieux mais importants pour l'exportation (est, sud europe).

Etant donné les difficultés globales de financement certains doutent fortement de la possibilité du ministère de l'Education Nationale à prendre en compte ce soutien aux échanges.

Autre idée évoquée : une "taxe" payée par les entreprises et/ou les ingénieurs nouvellement embauchés permettent d'aider au financement des formations d'ingénieurs.

Mais accord pour dire que l'accroissement des échanges a un coût qu'il ne faut pas négliger.

## ATELIER 6

### QUELLE FONCTION POUR LES GRANDS PROJETS ?

Modérateur : **M. Eric ALIZON** (TRANSPAC - Rennes)  
Secrétaire : **M. Jean CAMILLERAPP** (INSA - Rennes)

Après un exposé introductif d'Eric ALIZON, le débat s'engage sur la complexité et sur la manière de l'enseigner.

La complexité d'un projet n'est pas seulement liée à l'étendue du projet (par exemple, nombre de lignes) mais aussi à la diversité (logiciels à mettre en oeuvre, logiciels à assimiler ...) et à la simultanéité de différentes activités tant pour l'individu que pour le groupe.

La complexité, est-ce que cela s'enseigne, et est-ce que cela se fait sentir, ou faut-il mettre les étudiants en situation ?

Une des difficultés liées au projet vient de la différence de durée entre un gros projet (parfois plusieurs années) et la durée de l'enseignement. Envoyer les étudiants en stage dans les entreprises ne résoud pas le problème, car l'étudiant ne verra en général, pendant la durée de son stage qu'un seul des multiples aspects de réalisation et de la gestion du projet.

Il semble que les expériences (conduites avec de petites promotions) qui consistent à mélanger dans la semaine activité de projet dans le monde industriel (3j/semaine) et enseignement à l'école (2j/semaine) soient positives. La durée du projet augmente (1 an) la réceptivité des étudiants aux techniques de maîtrise de la complexité s'accroît.

Cette solution n'est pas toujours facile surtout avec de grosses promotions et suppose l'existence d'industriel intéressé et coopérant.

Comme il semble important que cette notion de complexité ait été vue avant d'entrer dans la vie active, d'autres solutions sont évoquées :

- recréer des situations de moindre ambition, mais représentatives, ce qui revient à incorporer dans de petits projets les concepts utilisés dans les gros. Un des participants indique que le temps nécessaire pour apprendre la bonne utilisation d'un atelier de génie logiciel reste quand même très important par rapport à l'usage que l'on peut en faire.
- un projet représentant un travail de 12 h/mois réalisé en groupe, suffit pour mettre en évidence les caractéristiques d'un gros projet.

Un autre point de discussion fut de savoir s'il fallait parler d'un projet qui n'avait pas marché en analysant le pourquoi de cet échec, ou s'il fallait plutôt parler des projets qui marchent bien.

Enfin, il semble qu'il existe une partie des projets qui ne relèvent pas de l'enseignement des écoles, par exemple la rédaction des contrats.

## ATELIER 7 RELATIONS ÉCOLE-ENTREPRISE

Animateur : **Jean-François LOCHE** (RENAULT)  
Secrétaire : **Alain AYACHE** (ENSEEIH Informatique)

L'atelier s'est intéressé aux relations Ecoles-Entreprises autour des quatre thèmes suivants :

1. Du stage au projet d'étude.
2. Le Partenariat Ecoles-Entreprises.
3. La participation des industriels dans la formation des ingénieurs informaticiens.
4. Le rôle des junior-entreprises.

### 1. DU STAGE AU PROJET D'ÉTUDE

Le stage est présenté sous la forme d'une relation triangulaire Etudiant, Ecole, Entreprise où chaque partenaire en retire un intérêt :

**- L'étudiant :**

- . une connaissance de l'entreprise ;
- . un domaine d'évaluation et d'approfondissement des connaissances.

**- L'école :** offrir de nouvelles compétences techniques à ses étudiants.

**- L'entreprise :**

- . un test de préembauche.
- . une évaluation d'une filière de formation.
- . la possibilité de prospecter une voie sans pour autant mobiliser un ingénieur de l'entreprise.

Dans ce cadre, la durée minimum d'un stage ne devrait pas être inférieure à trois mois et il doit être considéré comme un test aussi bien par l'entreprise que par l'étudiant. Aucune notion de rentabilité ne devrait y être rattachée. Se pose alors, pour l'entreprise les problèmes liés aux coûts du stagiaire :

- . Indemnité de stage.
- . Encadrement.
- . Coût de production.

Concernant l'indemnité de stage, le souhait général est qu'elle doit redevenir plus raisonnable (autour du SMIC).

Concernant les coûts d'encadrement et de production le souhait serait une plus grande implication des écoles pendant le stage.

Enfin, l'atelier a soulevé le problème des critères d'évaluation du stage. Globalement, l'entreprise est très satisfaite des étudiants stagiaires, mais une coopération plus importante Ecoles-Entreprises permettrait une évaluation plus objective du travail réalisé.

## **2. LE PARTENARIAT ÉCOLES-ENTREPRISES**

Ce partenariat peut prendre les formes suivantes :

- stages ;
- participation à l'enseignement ;
- participation aux instances des écoles ;
- parrainage.

Le correspondant école devient alors l'interlocuteur privilégié.

L'atelier a soulevé l'importance pour les écoles de ce partenariat mais a relevé que dans les faits peu de choses existaient effectivement. Le souhait général est de supprimer la barrière écoles-entreprises et la relation clients-fournisseurs pour essayer de travailler ensemble à la formation d'ingénieurs. L'utilisation des anciens des écoles pourrait faciliter cette coopération.

## **3. PARTICIPATION DES INDUSTRIELS DANS LA FORMATION**

Cette participation est très souhaitable mais difficile. C'est un gisement mal et peu exploité :

- par l'inadéquation des structures des écoles pour accueillir beaucoup d'interventions extérieures ;
- par la difficulté de l'entreprise à fournir des enseignants vacataires.

Le détachement à plein temps d'ingénieurs du milieu industriel dans les écoles est une solution élégante mais souvent irréaliste. La participation se limite souvent à des conférences techniques.

Dans ce cadre les enseignements suivants peuvent être pris en charge par l'entreprise :

- Connaissance de l'entreprise.
- Gestion des gros projets.
- Formation aux outils logiciels inaccessibles aux écoles.
- ...

Enfin une participation de l'entreprise dans les différents conseils (pédagogique, de perfectionnement ou d'enseignement) est souhaitée, à condition de bien définir les objectifs de ces instances.

## **4. RÔLES DES JUNIORS-ENTREPRISES**

Le rôle des juniors-entreprises est très controversé. La participation à une J.E. est ressentie parfois comme une gêne au bon déroulement de la scolarité, mais elle permet l'acquisition par l'étudiant d'une expérience pré-professionnelle et d'une culture d'ingénieur à part entière parfaitement valorisée dans son CV.

Les entreprises présentes ont néanmoins émis quelques critiques sur le rapport qualité/prix des produits réalisés dans le cadre des juniors-entreprise. Il semble alors que l'étudiant utilise peu, dans des projets d'intérêt technique variable, les méthodologies étudiées dans le cadre des écoles.

## TABLE RONDE

Une table ronde, animée par G. VEILLON et D. PILOT avait été prévue à l'issue des journées, mais en raison des contraintes d'emploi du temps de Monsieur BLOCH, cette table ronde a été avancée, et a dû être interrompue lors de son arrivée. Pour ces raisons, on trouvera résumées ici les idées qui ont été émises pour lancer le débat, et non les réponses de la communauté.

Le point central de la discussion était : "La formation de base est-elle adaptée au long terme ?" Dans le domaine de l'enseignement on utilise le dogme du pilotage de l'enseignement par la recherche. Mais on peut se demander si l'activité de recherche est une garantie, et si ses thèmes ne sont pas trop académiques, alors que les professionnels ont de nombreux problèmes intéressants.

On constate par exemple que le marché n'obéit pas aux lois admises dans le monde de la recherche, l'intelligence artificielle n'a pas été le bond en avant prédit, la paléo-informatique (COBOL) a la vie dure, les PC-MS/DOS représentent 80 % des postes de travail.

En opposition à une formation adaptée au long terme, on peut se demander qui doit payer la phase d'adaptation au court terme. Est-ce le rôle des stages et des projets ? Il faut avoir conscience que 3 mois de formation en début de carrière coûtent de l'ordre de 100 KF à l'entreprise.

Les besoins ne sont pas les mêmes partout. Certaines sociétés essaient d'industrialiser des idées développées dans le monde de la recherche, alors que pour d'autres, le service informatique n'est qu'une partie du système de production.

Il semble en tout cas que le métier d'ingénieur informaticien soit en train de changer, et que celui-ci devient un intégrateur plutôt qu'un programmeur. On trouve donc maintenant sur le marché des outils de haut niveau, mais il n'y a toujours pas de méthodologies pour utiliser ces nouveaux outils, ou pour apprendre à connaître les milliers de composants d'une boîte à outils.

Apprendre à apprendre constitue le coeur d'une formation d'ingénieur. Il ne faut plus apprendre l'informatique sur le tas, c'est dans les écoles d'ingénieurs qu'il faut acquérir les briques de base qui facilitent l'apprentissage.

La discussion est interrompue par l'arrivée de Monsieur BLOCH.

# SYNTHESE DES JOURNÉES

*par Christian CARREZ*

Il n'est pas facile de faire une synthèse après deux journées de travail fructueuses. J'ai tenté l'expérience à la fin de ces journées, en particulier pour résumer à l'attention de Monsieur Daniel BLOCH, Directeur des Enseignements Supérieurs, les débats qui avaient eu lieu, et lui permettre ainsi de nous donner son point de vue sur les questions abordées. La rédaction a posteriori de cette synthèse pose un problème : prétendre résumer de façon imparfaite les conférences ou comptes rendus des ateliers qui précèdent est un exercice de style intéressant, mais qui peut paraître présomptueux, puisque chacun sera à même de juger de son imperfection. Néanmoins, en priant le lecteur de la plus grande indulgence, je vais tenter d'énoncer ici les idées que j'ai retenues de ces journées.

## QU'EST-CE QU'UN INGÉNIEUR INFORMATICIEN ?

La réponse tient dans la question : c'est un ingénieur et c'est un informaticien. Evidemment, ce n'est pas la simple juxtaposition des deux aspects, mais un mélange homogène entre les deux. A priori, c'est une lapalissade, mais je crois qu'on a parfois tendance à oublier l'un des deux aspects. Monsieur Jean CARTERON nous a justement montré l'équilibre entre eux. Je ne vais pas ici reprendre ses idées, je le ferais certainement très mal. Je recommande à chacun la lecture de sa présentation, si ce n'est fait. On a trop souvent entendu deux discours disjoints, pour ne pas apprécier une fusion des deux :

1. c'est un informaticien ; sa culture et ses connaissances en découlent
2. c'est un ingénieur ; il doit savoir réaliser des objets qui fonctionnent, économiquement réalisables, qui ont une utilité, etc...

De plus, on peut retenir trois qualités que doit avoir l'ingénieur informaticien, que l'on retrouvera d'ailleurs lors des ateliers : Evolutivité, Maturité et Ouverture.

Jacques MOSSIERE a montré dans son discours qu'il était un bon ingénieur enseignant, en montrant comment l'IMAG essayait de fabriquer des ingénieurs informaticiens, qui fonctionnent, économiquement réalisables, et qui servent à quelque chose. Jean CARTERON a d'ailleurs reconnu qu'il était «très confortable pour les entreprises d'embaucher des jeunes ingénieurs informaticiens».

## LES MÉTIERS

La notion de métiers tend à se diluer dans un seul métier. Les formations ne doivent plus se baser sur les métiers comme on le faisait dans le temps. Ce qui devient fondamental, c'est la capacité d'adaptation, la souplesse, la possibilité de passer d'une compétence à une autre et de mélanger les compétences. C'est en fait l'environnement dans lequel les ingénieurs sont placés qui détermine les compétences : exploiter, développer, prescrire, expertiser. Dans tous les cas, le métier d'informaticien nécessite des compétences à la fois d'ingénieur et d'informaticien.

La culture de l'ingénieur informaticien est d'abord celle de tout ingénieur. Cette culture doit être étendue avec des caractéristiques spécifiques : dialogue, écoute, modélisation. Enfin il faut aussi la culture du domaine d'application.

## **LA FORMATION**

Il est regrettable que la formation en informatique ne commence guère avant le cycle ingénieur lui-même. Pourtant, une telle formation pourrait être structurante pour l'esprit, et ainsi bénéfique pour toutes les disciplines. Cela oblige la formation à commencer à un niveau très bas.

Le contenu de la formation doit correspondre à des besoins. L'industrie les définit comme des généralistes sachant s'adapter. Cela implique un tronc commun qui doit donner les connaissances minimales pour aborder n'importe quelle spécialité, et représente au moins les 2/3 voire même les 4/5 de la formation. Ce tronc commun doit avoir un objectif d'opérabilité. L'industrie les définit comme des généralistes de pointe.

La formation initiale n'est pas une fin, mais un début de formation. Elle doit continuer tout au long de la carrière, soit à des fins de promotion, soit à des fins de culture. Les problèmes réels existent : la lisibilité des cursus de formation continue, le manque de concertation avec les entreprises, le temps de travail des enseignants.

Il a été suggéré de demander la création d'un Comité Consultatif de l'Informatique, regroupant des membres de la profession et des enseignants, qui serait une structure de réflexion et de prospective sur la formation des informaticiens.

### **L'APPORT DE L'ENTREPRISE À LA FORMATION**

Les grands projets posent une problématique particulière, liée à leur complexité : quoi enseigner, comment faire sentir les difficultés, obliger à mettre les mains dans le cambouis. C'est l'étendue, la diversité et la simultanéité des problèmes qu'il faut mettre en évidence par des situations représentatives. On apprend beaucoup dans ce cas, avec une pédagogie par l'échec : analyser pourquoi un projet ne marche pas. L'alternance, séjour en entreprise et retour en formation, est une bonne approche pour montrer les difficultés liées à la complexité. Il y a des contenus que l'on ne peut, et qu'il ne faut pas enseigner en formation initiale.

Le stage en entreprise doit être considéré de trois points de vue. Pour l'étudiant, il est l'occasion d'acquérir un savoir faire. Pour l'école, il est secondaire. Pour l'entreprise, il a souvent pour but de permettre un jugement de préembauche. C'est une difficulté pour l'entreprise, car il ne faut pas que le jugement du stage soit en réalité un jugement de l'entreprise. Une meilleure coopération avec l'entreprise est nécessaire pour juger le stagiaire.

Le partenariat est d'abord une volonté de l'entreprise. Si les contacts personnels s'instaurent naturellement, ils ne doivent pas masquer la participation institutionnelle, sous forme de parrainage de promotions par exemple. L'entreprise doit se sentir engagée dans les enseignements qui sont assurés par ses personnels.

### **L'APPORT DE LA RECHERCHE À LA FORMATION**

L'imbrication entre les écoles d'ingénieurs et les laboratoires de recherche est une nécessité. De ce fait, les enseignants sont dans un milieu de recherche et forment indirectement à la recherche. Il est nécessaire, cependant, d'améliorer la mobilité entre la recherche et l'industrie.

La formation par la recherche permet de stimuler la créativité, de mieux assurer les transferts, d'obtenir une meilleure osmose entre la recherche et l'industrie. Elle conduit à mieux former aux techniques de la recherche, et d'apporter une pédagogie de la méthode vis-à-vis d'une pédagogie du résultat.

## CONCLUSION

Les idées force de ce colloque peuvent être schématisées dans les points suivants :

- il s'agit de former à la fois l'ingénieur et l'informaticien
- il faut former des généralistes de pointe
- la formation est un aller-retour continuuel entre l'école et l'entreprise durant la carrière
- il faudrait créer un Comité Consultatif de l'Informatique, Profession et Enseignants
- il faut réfléchir au financement des relations internationales
- la formation par la recherche implique une forte imbrication entre Ecole et Laboratoire

# RÉSUMÉ DE L'ALLOCATION DE MONSIEUR DANIEL BLOCH, DIRECTEUR DES ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS,

*par Christian CARREZ*

Il est présomptueux de vouloir résumer ici l'allocation de Monsieur Daniel BLOCH, Directeur des Enseignements Supérieurs. Je ne mentionnerai que les quelques notes que j'ai prises au cours de son allocution, et qui n'engagent que moi bien sûr. J'espère simplement ne pas trop trahir son discours, trahison dont je m'excuse par avance auprès de Monsieur Bloch comme auprès du lecteur.

Monsieur Bloch a tout d'abord tenu à faire quelques commentaires sur la synthèse des journées qui venaient de lui être présentées :

1. Il suggère d'approfondir le problème des stages en entreprise, de façon à améliorer leur cohérence avec la formation scolaire. L'alternance lui paraît être une solution d'avenir.

2. Une modularisation accrue des enseignements devrait faciliter l'organisation des relations internationales au niveau des études.

3. Il est favorable à la constitution d'un Comité Consultatif de l'Informatique.

Monsieur Bloch a tenu à situer la formation d'ingénieur dans l'ensemble des formations supérieures, en rappelant qu'il se devait, dans le cadre de ses fonctions, à définir des objectifs à l'échelle d'une génération.

## L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Actuellement, les bacheliers C, D ou E (environ 340000) se répartissent comme suit :

1. 50% vont dans des formations courtes, du type BTS ou DUT

2. 40% vont vers les DEUG, Math-Info, Sciences de la matière, Sciences de la vie, DUP puis IUP. Il faut diversifier ces formations.

3. 10% vont vers les Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles (CPGE). La tendance est de diminuer les 5/2.

Dans l'ensemble, il faut augmenter les effectifs des formations longues. La croissance des formations d'ingénieurs est actuellement obtenue, d'une part en augmentant les formations internes aux Universités, d'autre part en créant de nouvelles écoles d'ingénieurs. Les risques de dispersion existent.

Les Maîtrises de Sciences et Techniques se transforment en IUP, après une première année en CPGE ou en DEUG. Le développement est considérable. Il y a actuellement 200 dossiers de demande d'ouverture d'IUP. La pression venant des établissements est très forte.

Les Licences-Maîtrises demeurent.

## **QUELLE EST LA PLACE DE L'INFORMATIQUE ?**

Il semble délicat de préciser ce qu'est l'informatique. Dans cette discipline, on estime qu'il y a environ 3000 BTS et 2500 DUT chaque année, mais certains continuent dans des formations longues. Il y a environ 2300 MIAGE par an ; elles devraient se transformer en IUP. Enfin, le noyau d'ur des ingénieurs représente environ 1500 personnes. On peut en conclure que le flux de sortie des diplômés en informatique est environ de 4000 au niveau BAC+2, et 4000 à un niveau BAC+3 et au delà.

## **QUELS ENSEIGNANTS EN INFORMATIQUE ?**

Il y a actuellement 2000 enseignants en informatique dans l'enseignement supérieur. Le concours de recrutement de 1992 verra la création de 120 postes, et le renouvellement de 180 postes dans la discipline. Cela correspond au flux des thèses de la discipline.

Quelle que soit la discipline, il est nécessaire de pouvoir recruter plus d'enseignants qu'il n'y a de thèses soutenues. Pour cela, le ministère va créer cette année 800 emplois de personnels associés à mi-temps, dont 40 en informatique. Il semble que les difficultés soulevées par les entreprises par ce type de personnels n'existent qu'en informatique. On peut se demander pourquoi les institutions n'y sont pas favorables.

Enfin, Monsieur Bloch a rappelé que la Direction des Enseignements Supérieurs avait un budget d'environ 30 Millions de Francs par an pour les seules formations à l'informatique.

Il a terminé son allocution en demandant qu'il n'y ait pas un dispositif unique de formation, mais au contraire une offre diversifiée.

**Résultats de l'enquête sur  
les formations d'ingénieur  
informaticiens françaises.**

*Questionnaire réalisé par*  
**X. CASTELLANI**

*Enquête dépouillée par*  
**P.L. GONZALEZ**

# RÉSULTATS DE L'ENQUETE SUR LES FORMATIONS D'INGÉNIEURS INFORMATIENS FRANÇAISES

Questionnaire réalisé par            Enquête dépouillée par  
**Xavier CASTELLANI**            **Pierre-Louis GONZALEZ**  
Institut d'Informatique d'Entreprise  
(IIE)

**Enquête réalisée de novembre 1991 à février 1992**

Journées SPECIF sur les "Formations d'Ingénieurs  
Informatiens", Grenoble, 26-27 mars 1992

|  |    |
|--|----|
| 1 - Introduction.....  | 92 |
| 2 - Présentation générale des formations.....                            | 93 |
| 2.1 - Historique, statuts et structures des formations                   |    |
| 2.2 - Moyens des formations  |    |
| 3 - Enseignements dispensés dans le cadre des formations .....           | 93 |
| 3.1 - Volumes horaires des enseignements                                 |    |
| 3.2 - Corrélations entres les enseignements                              |    |
| 4 - Comparaisons et typologie des formations.....                        | 94 |
| 4.1 - Positionnement des formations (analyse en composantes principales) |    |
| 4.2 - Classification des formations                                      |    |
| 5 - Conclusion .....   | 96 |

## 1 - INTRODUCTION

Cette enquête a été réalisée entre novembre 1991 et février 1992. Elle a été effectuée pour les Journées SPECIF sur les "Formations d'Ingénieurs Informaticiens" qui a eu lieu à Grenoble les 26 et 27 mars 1992.

Elle a été faite auprès de 60 formations d'ingénieurs informaticiens françaises dont les coordonnées nous ont été fournies par le Ministère de l'Education Nationale. Les résultats de cette enquête portent sur les 34 formations d'ingénieurs informaticiens qui ont répondu à l'enquête (formations dont les coordonnées sont mentionnées à la fin de ce rapport). Dans certains résultats l'effectif est inférieur à 34 en raison de données manquantes.

Le comité d'organisation des Journées SPECIF sur les "Formations d'Ingénieurs Informaticiens" a décidé de publier les résultats de cette enquête en conservant l'anonymat des formations d'ingénieurs informaticiens afin qu'aucune interprétation de valeur ne soit possible. Les coordonnées de ces formations mentionnées à la fin de ce rapport ne permettent pas de les repérer dans les résultats de l'enquête.

Cette enquête porte sur les formations d'ingénieurs informaticiens, formations qui peuvent être intégrées à des établissements qui peuvent assurer d'autres formations.

Le questionnaire comportait les paragraphes suivants :

- 1 - Type de l'établissement, structure
- 2 - Effectifs des étudiants et évolution de la formation d'ingénieurs informaticiens
- 3 - Admission à la formation d'ingénieurs informaticiens
- 4 - Enseignements de la formation d'ingénieurs informaticiens
- 5 - Encadrement assuré dans le cadre de la formation d'ingénieurs informaticiens
- 6 - Locaux utilisés par la formation d'ingénieurs informaticiens
- 7 - Moyens informatiques (matériel, réseaux, logiciels) utilisés par la formation d'ingénieurs informaticiens
- 8 - Moyens audiovisuels pédagogiques utilisés pour l'enseignement dans le cadre de la formation d'ingénieurs informaticiens
- 9 - Stages et mémoires
- 10 - Evaluation-notation, contrôle des connaissances
- 11 - Débouchés des diplômés
- 12 - Poursuites d'études
- 13 - La formation et la recherche
- 14 - Relations avec l'étranger
- 15 - Formation continue
- 16 - Nouvelles Filières d'Ingénieurs (informaticiens) ("Descomps")
- 17 - Financement de la formation d'ingénieurs informaticiens
- 18 - Relations avec les professionnels
- 19 - Perspectives de la formation d'ingénieurs informaticiens
- 20 - Principaux souhaits
- 21 - Autres précisions
- 22 - Annexes: plaquette de la formation et programmes des enseignements

Le dépouillement de l'enquête n'a porté que sur les 7 premiers paragraphes en particulier en raison du faible nombre de réponses obtenues aux questions des autres paragraphes. Pour des raisons de concision, ce rapport ne présente que quelques uns des résultats obtenus avec les données des 7 premiers paragraphes.

Les traitements statistiques ont été effectués à l'aide de trois logiciels :

. STATGRAPHICS qui a été utilisé pour la saisie des données et pour toutes les représentations graphiques : diagrammes circulaires, histogrammes, "box-plots" et diagrammes de dispersion,

. SAS qui a été utilisé pour les manipulations de fichiers : fusion de fichiers et ajouts de variables,

. SPAD.N qui a permis la réalisation d'analyses en composantes principales et d'une typologie des différentes formations.

### **- Présentation de ce rapport**

Les commentaires sur les résultats de l'enquête sont formulés dans les paragraphes ci-dessous en faisant référence aux résultats présentés en annexe dont les pages sont numérotées avec des folios.

## **2 - PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES FORMATIONS**

### **2.1 - HISTORIQUE, STATUTS ET STRUCTURES DES FORMATIONS**

La première partie de ce rapport présente sous forme graphique les caractéristiques des 34 formations qui ont répondu à l'enquête.

#### **- Premier folio**

Les histogrammes présentés sur le premier folio fournissent :

. les dates de création des formations : les effectifs indiqués en ordonnée montrent par exemple que quatre formations ont été créées en 1972 ; l'histogramme cumulé laisse apparaître une progression assez régulière du nombre de formations avec tout de même l'absence de créations de 1977 à 1980 ;

. le nombre d'étudiants formés depuis la création : 16 formations ont formé moins de 400 étudiants ;

. enfin on note une majorité de formations où le pourcentage de filles est inférieur à 20% ; dans seulement 5 formations le pourcentage est plus élevé (encore faut-il noter la présence de l'Ecole Polytechnique Féminine).

- **Folio 2** : les diagrammes circulaires indiquent les structures et les statuts des formations et les nombres de diplômés en 1991.

### **2.2 - MOYENS DES FORMATIONS**

- **Folio 3** : Les histogrammes présentés nous renseignent sur les moyens en enseignants ainsi que sur les superficies disponibles pour chaque formation.

- **Folio 4** : Les informations présentées concernent les droits de scolarité et les frais d'inscription à la procédure d'admission aux formations.

- **Folio 5** : Les deux histogrammes indiquent les montants annuels moyens d'acquisition de matériel et de logiciel depuis 1986 par les formations.

Le diagramme qui figure en bas à gauche du folio 5 fait apparaître clairement que le nombre d'étudiants par poste de travail décroît avec le coût d'acquisition de matériel par étudiant (ce qui paraît normal).

Le diagramme qui figure en bas à droite du folio 5 sur lequel est porté en abscisse les droits de scolarité et en ordonnée le coût annuel d'acquisition de matériel montre une absence de liaison entre ces deux variables.

## **3 - ENSEIGNEMENTS DISPENSÉS DANS LE CADRE DES FORMATIONS**

### **3.1 - VOLUMES HORAIRES DES ENSEIGNEMENTS**

Une description rapide des matières ou groupes de disciplines enseignées dans les formations a été faite ; les moyennes, écarts-types, minimum et maximum par discipline ont mis en évidence la place occupée par chaque discipline dans l'ensemble des formations (résultats non fournis dans ce rapport). Nous avons ensuite privilégié l'étude des disciplines représentant en moyenne au moins trente heures d'enseignement.

- **Folio 6** : L'étude détaillée des volumes horaires consacrés à chaque enseignement apparaît dans les 4 histogrammes présentés : le nombre total d'heures

d'enseignement d'informatique, le nombre total d'heures d'enseignement et les pourcentages de volumes horaires de cours et de travaux dirigés et de travaux pratiques.

- **Folio 7** : Les histogrammes présentés précisent les répartitions des volumes horaires dans le tronc commun, les options et le temps consacré aux projets en informatique et les nombres de langages enseignés.

### 3.2 - CORRÉLATIONS ENTRE LES ENSEIGNEMENTS

Nous avons étudié les coefficients de corrélation entre volumes horaires attribués des différentes disciplines (résultats non fournis dans ce rapport).

Parmi les corrélations les plus élevées observées citons :

- . bases de données et systèmes experts enseignés en option (coefficient de corrélation 0,82),
- . bases de données et réseaux enseignés en tronc commun (coefficient de corrélation 0,78),
- . mathématiques et droit enseignés en tronc commun (coefficient de corrélation 0,72) (cette corrélation est essentiellement due à la présence d'une formation où les nombres d'heures de ces deux disciplines sont très élevés ; en faisant abstraction de cette formation, la corrélation serait beaucoup plus faible),
- . théorie des langages et programmation objet enseignés en tronc commun (coefficient de corrélation 0,69),
- . architecture des machines et systèmes experts enseignés en tronc commun (coefficient de corrélation 0,68),
- . architecture des machines et théorie des langages enseignés en tronc commun (coefficient de corrélation 0,67),
- . algorithmique-programmation et nombre total d'heures d'informatique enseignées en tronc commun (coefficient de corrélation 0,62),
- . droit et langues (coefficient de corrélation 0,57).

Afin d'étudier plus précisément les corrélations entre les enseignements, nous avons représenté les nuages de points associés à certains couples de matières. Ces graphiques (non fournis dans ce rapport) font apparaître des groupes de disciplines :

- . architecture des machines, algorithmique-programmation, programmation objet, bases de données et systèmes experts,
- . statistique, recherche opérationnelle, analyse numérique,
- . gestion, droit et économie.

## 4 - COMPARAISONS ET TYPOLOGIE DES FORMATIONS

### 4.1 - POSITIONNEMENT DES FORMATIONS (ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES)

Afin d'établir une typologie des différentes formations, nous avons utilisé les techniques multidimensionnelles de l'analyse de données : analyse en composantes principales et classification ascendante hiérarchique selon la méthode de Ward.

Il s'agit tout d'abord de définir un indice de proximité entre formations, ou distance, tenant compte de l'ensemble des informations disponibles relatives aux volumes horaires des différentes disciplines.

Afin d'éviter de donner trop d'importance dans les comparaisons aux disciplines représentant peu d'heures d'enseignement, nous avons caractérisé les distances entre formations en ne conservant que les matières dont le volume horaire moyen dépasse trente heures.

Le but de l'analyse en composantes principales est de fournir des cartes planes où les distances entre formations sont approchées au mieux. En effet le fait de travailler sur  $k$  variables pour caractériser les distances entre formations implique que la représentation exacte des distances n'est possible que dans un espace de dimension  $k$ .

Dans le cadre de cette analyse nous avons présenté les résultats sur le premier plan principal associé aux axes 1 et 2.

Ces deux axes restituent respectivement : 30,28% et 14,95% de l'information traitée, soit près de 50% de l'information.

La représentation graphique des variables (volumes horaires des disciplines) ayant participé à l'analyse (folio 8) permet la lecture du graphique où sont représentées les formations (folio 9).

Le graphique du folio 8 représentant les corrélations entre les variables initiales et les composantes principales nous montre que l'on trouvera à gauche du graphique du folio 9 les formations privilégiant les disciplines informatiques et accordant moins d'importance à des disciplines telles que la robotique, l'automatique, l'électronique ou la physique.

La situation est inverse pour les formations situées vers la droite du graphique.

L'axe vertical (axe 2) met en évidence la composante mathématiques dans les formations : plus les formations se situent vers le bas du graphique, plus les disciplines à caractère mathématiques y tiennent une place importante.

Les contours du graphique du folio 9 ont été obtenus en utilisant la méthode de classification qui sera décrite dans le paragraphe 4.2.

Nous remarquons sur la droite de ce graphique que dans les formations privées une grande part des enseignements est dispensée sous forme d'options.

Figurent également sur l'extrême droite de ce graphique les formations dont la formation d'informatique n'est pas la seule : ces formations enseignent l'automatique, la physique, l'électronique.

Sur le folio 10 on trouve la représentation des variables n'ayant pas participé à l'analyse mais dont on peut calculer les corrélations avec les composantes principales, ce qui permet de les situer par rapport aux variables actives (c'est à dire les variables qui sont utilisées pour calculer les distances entre les formations). L'interprétation des résultats se fait selon le même principe que pour le graphique du folio 8. Elle permet de compléter la description des formations.

Sur le folio 10 nous remarquons sur la gauche du graphique que le pourcentage de filles est plus élevé dans les écoles publiques que dans les écoles privées.

## **4.2 - CLASSIFICATION DES FORMATIONS**

Une partition en 4 classes des formations a ensuite été obtenue selon la méthode de classification ascendante de Ward. L'objectif de cette technique est de fournir des classes les plus homogènes possibles et les mieux séparées entre elles.

La longueur des branches de l'arbre est un indicateur de l'éloignement des classes entre elles. Ceci explique pourquoi (folio 11) nous aurions pu retenir une partition en 2 classes ou une partition en 4 classes.

La caractérisation des classes obtenues sur le graphique de l'analyse en composantes principales (folio 9) permet de dégager une première interprétation de cette typologie.

Précisons préalablement que les contours représentés sur le folio 9 sont sinueux car il s'agit d'une représentation approchée de la situation des formations existant dans un espace de dimension plus élevée.

Les variables caractéristiques des classes éditées folios 12 et 13 nous amènent à proposer l'interprétation suivante (attention les classes sont présentées ci-dessous suivant l'ordre fourni par le logiciel de classification automatique, ordre qui n'est nullement à corréler avec les valeurs des formations d'ingénieurs informaticiens) :

***classe 1 : formation d'informaticiens généralistes avec une forte composante scientifique ;***

***classe 2 : formation de spécialistes de l'informatique à large spectre ;***

***classe 3 : formation d'initiés à l'informatique ;***

***classe 4 : formation à des spécialités de l'informatique par le biais d'options ; exemples : informatique industrielle, automatique électronique.***

Les tailles de ces 4 classes (nombres de formations et nombres de diplômés en 1991) sont représentées sur le folio 14.

La comparaison visuelle des classes fournie sous forme de "box-plots" (folio 15) permettra au lecteur d'affiner l'interprétation proposée.

Rappelons que les 3 barres horizontales qui définissent la boîte représentent le premier quartile pour le trait inférieur (cela signifie que 25% des formations sont en dessous de la valeur mentionnée en ordonnée en regard du trait inférieur), la médiane pour le trait central (cela signifie que 50% des formations sont en dessous de la valeur mentionnée en ordonnée en regard du trait médian) et le troisième quartile pour le trait supérieur (cela signifie que 75% des formations sont en dessous de la valeur mentionnée en ordonnée en regard du trait supérieur).

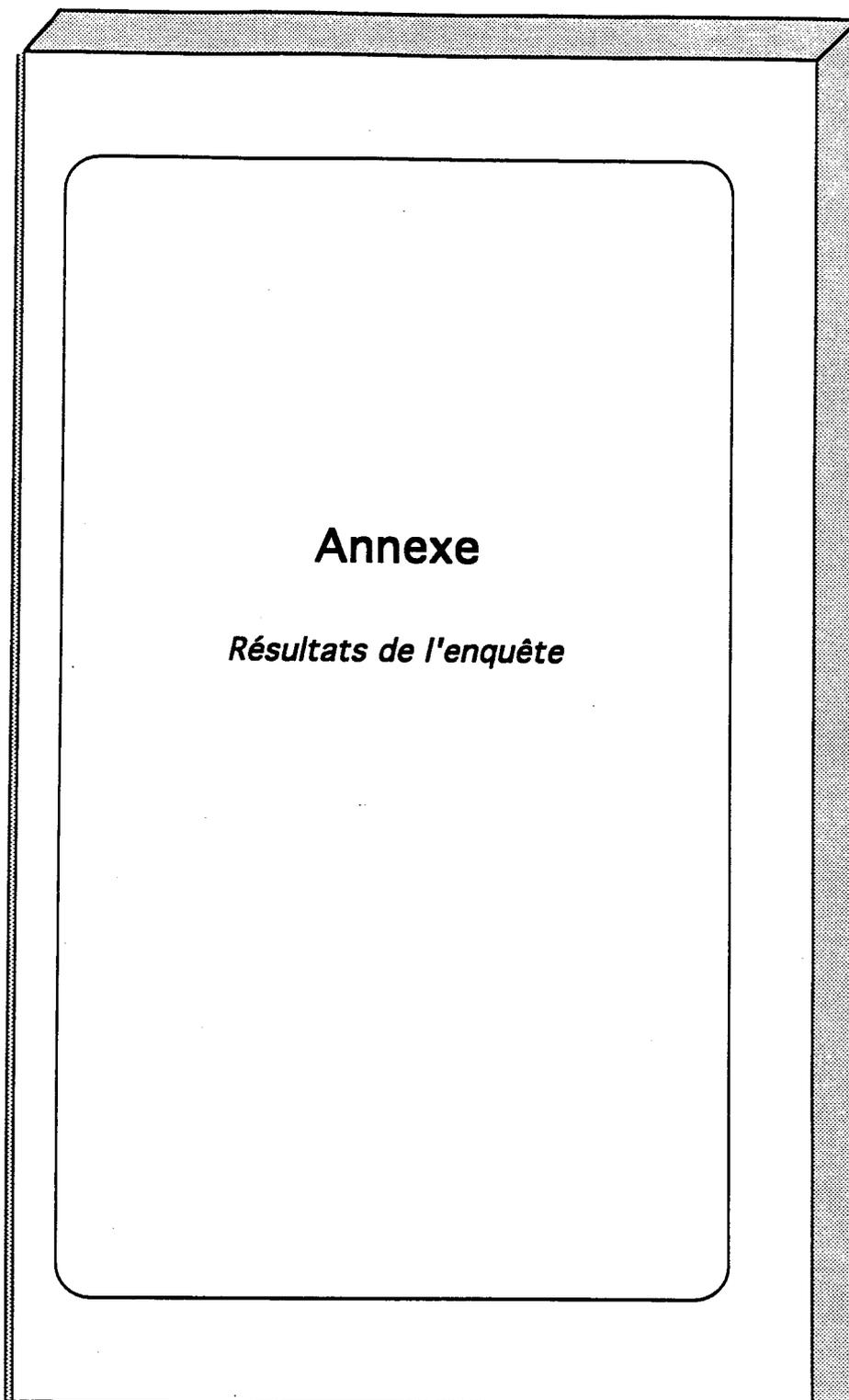
## 5 - CONCLUSION

Les résultats de cette enquête ne permettent certes pas de répondre à la question fondamentale "Qu'est que qu'une formation d'ingénieurs informaticiens ?". Il est vrai que la réponse à cette question supposerait de pouvoir d'abord répondre à la non moins fondamentale question "Qu'est ce qu'un informaticien ?". Pour répondre à cette question il faudrait savoir ce qu'est l'informatique?... Mais la formation d'un ingénieur informaticien suppose, semble-t-il l'enseignement de nombreuses matières et nous constatons que le choix des matières enseignées est très varié, que ce soit en informatique même et/ou dans d'autres disciplines.

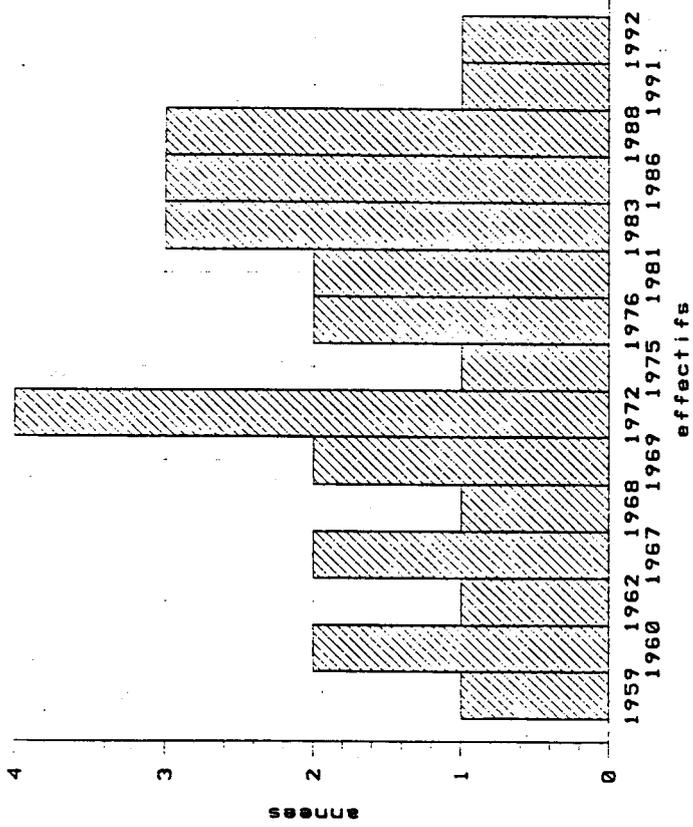
Avec les réponses obtenues (en regrettant que certaines formations "réputées d'informaticiens" n'aient pas répondu), nous sommes parvenus à trouver rationnellement une classification en 4 classes (présentées dans le paragraphe 4) de formations d'ingénieurs informaticiens. La diversité des formations apparaît nettement, ce qui peut être interprété comme une richesse (et non pas comme une recherche d'identité).

Tout en respectant l'anonymat, ce à quoi nous nous sommes engagés nous nous permettons de souligner que les trois formations d'ingénieurs informaticiens françaises les plus connues sont dans la même classe (classe 1), avec d'autres.

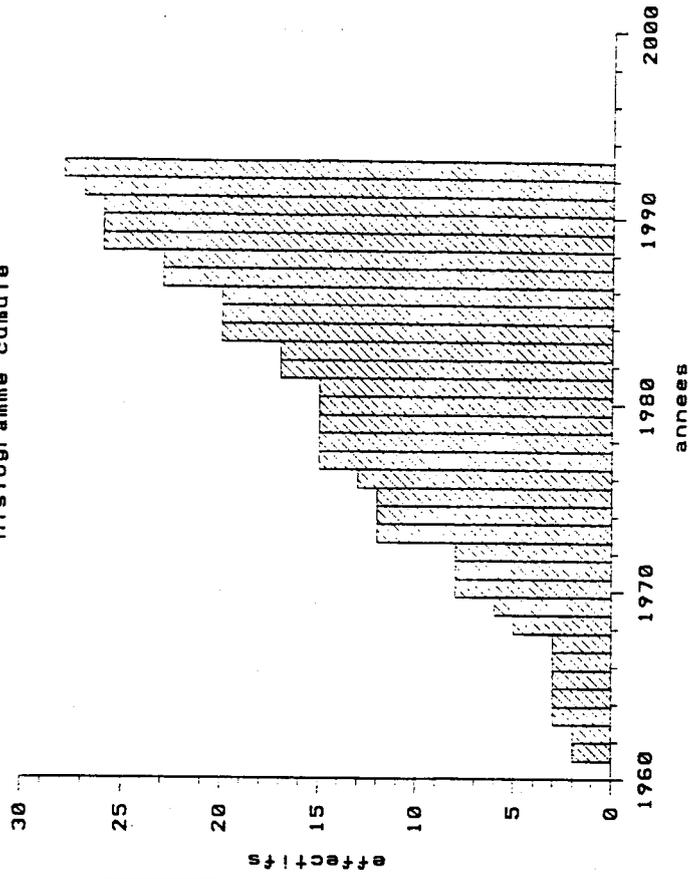
Chacun interprétera comme il lui semblera les résultats fournis. Il convient de reconnaître que les formations d'ingénieurs informaticiens existent, qu'elles peuvent être observées et même classifiées..., qualités que des formations d'ingénieurs d'autres domaines beaucoup plus anciennement "reconnus" n'ont pas encore atteintes.



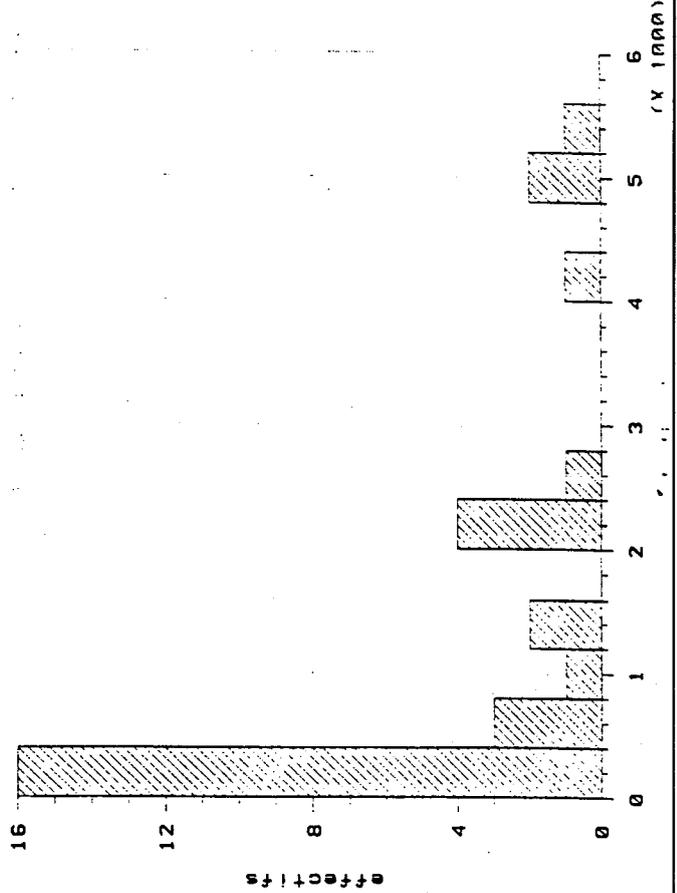
Date de création de la formation



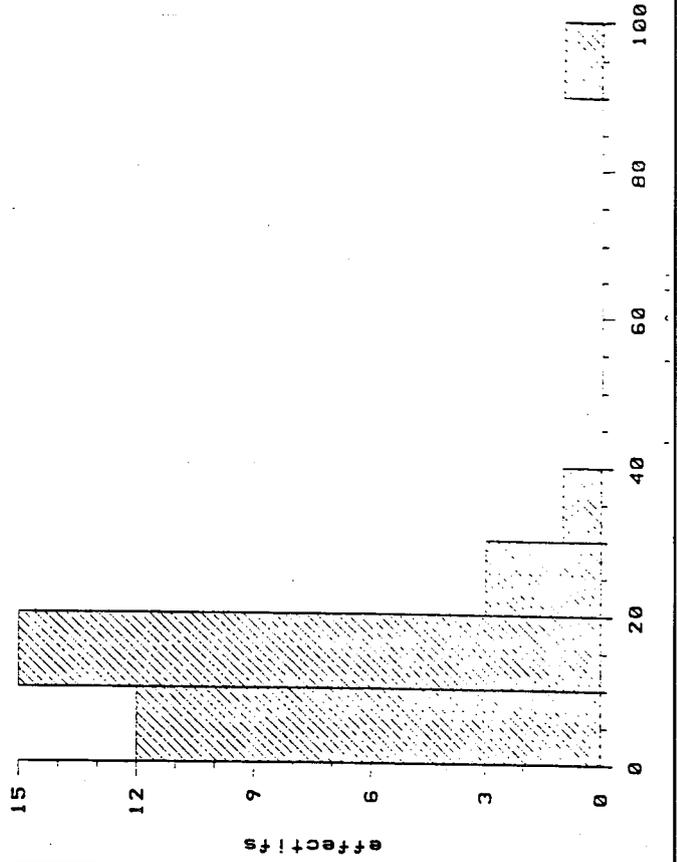
Date de création de la formation  
histogramme cumulé



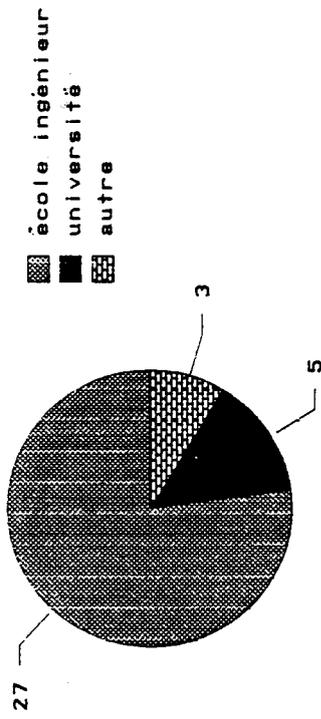
Nombre d'étudiants depuis la création



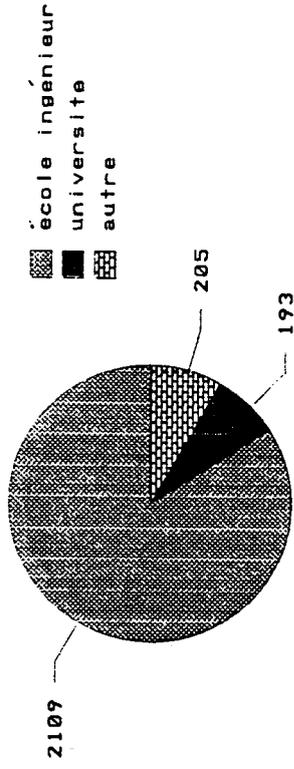
proportion de filles



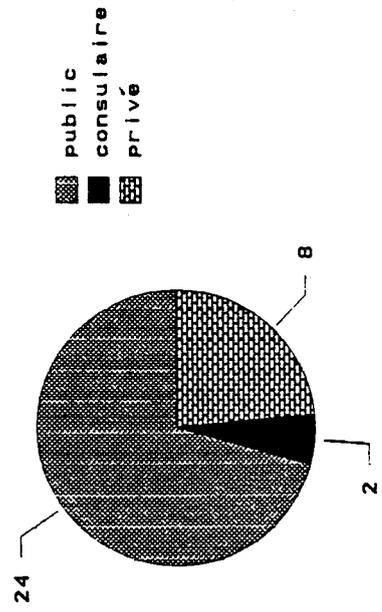
structure de l'établissement



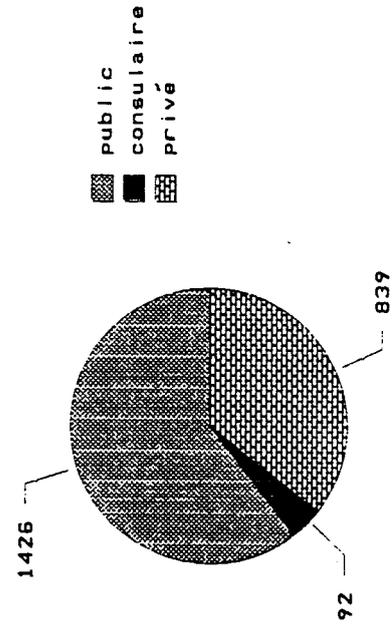
nombre de diplômés en 1991 par type d'établissement

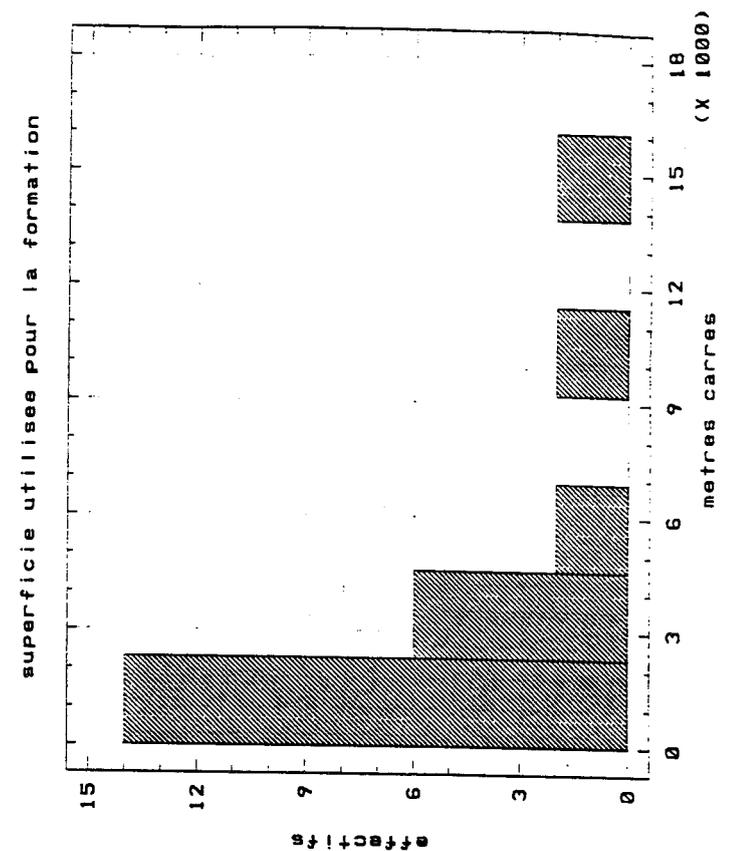
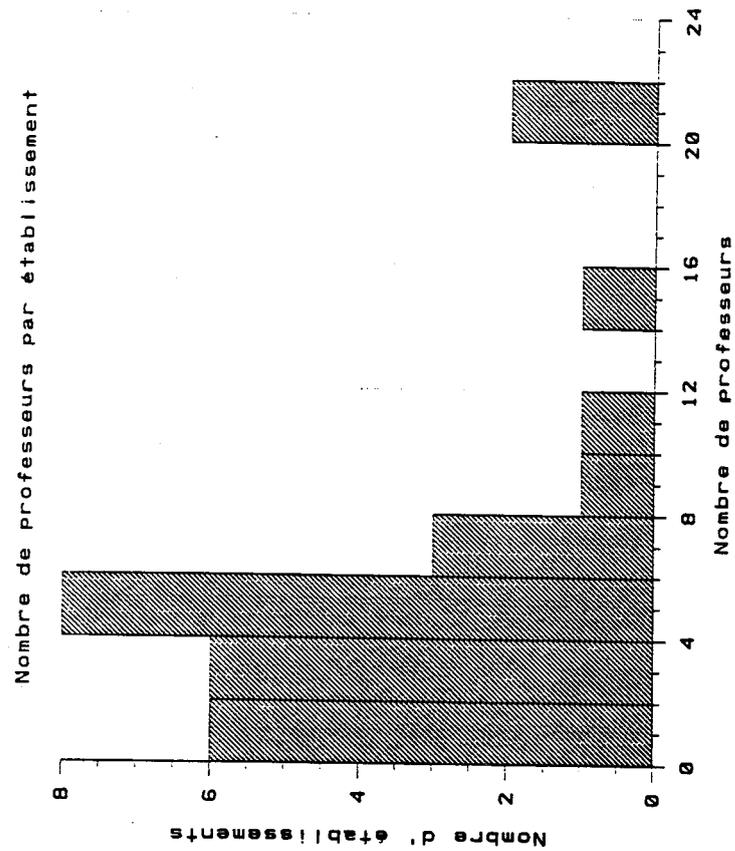
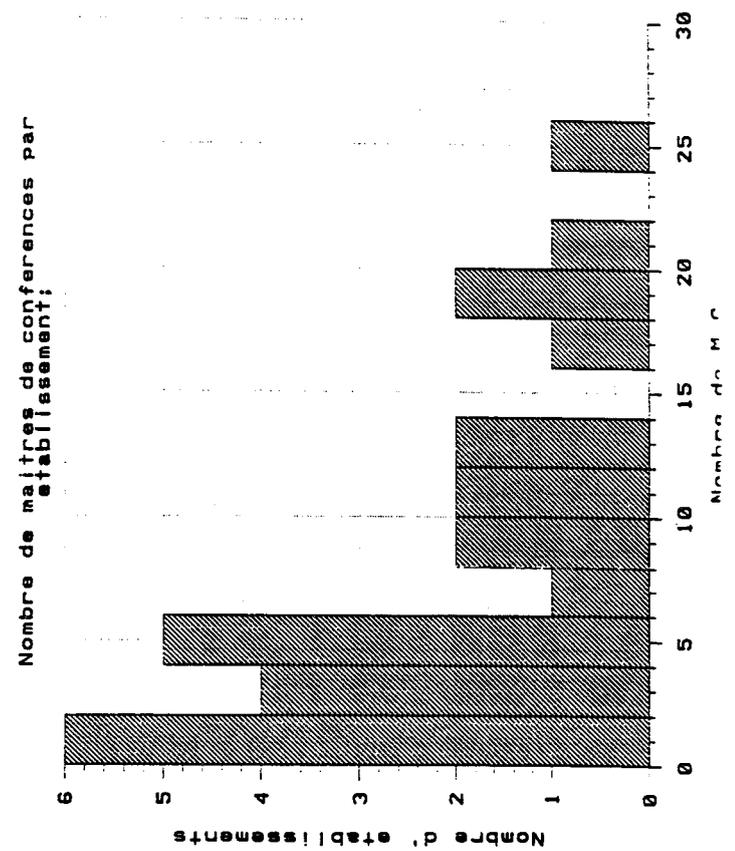
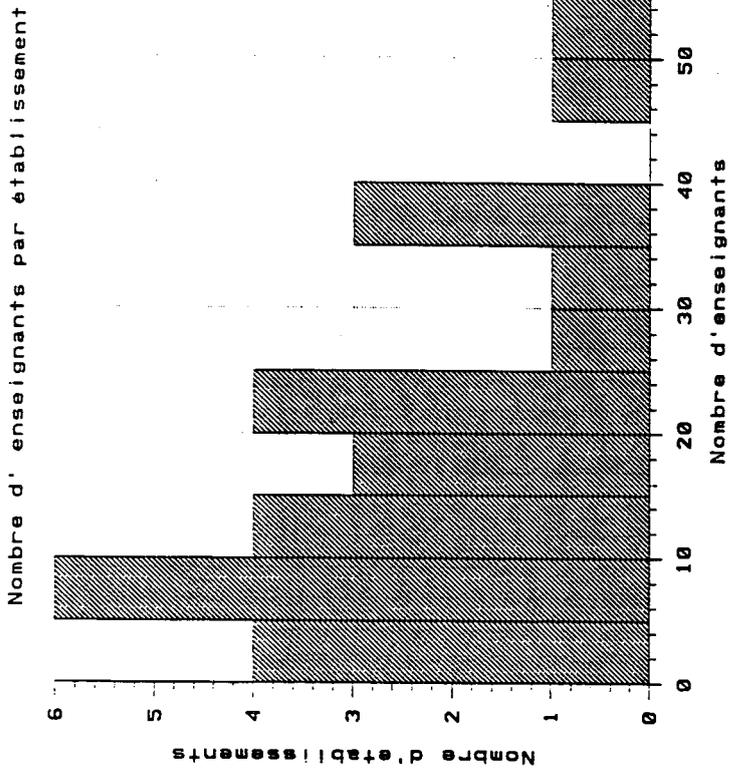


statut de l'établissement



nombre de diplômés en 1991 selon le statut de l'établissement

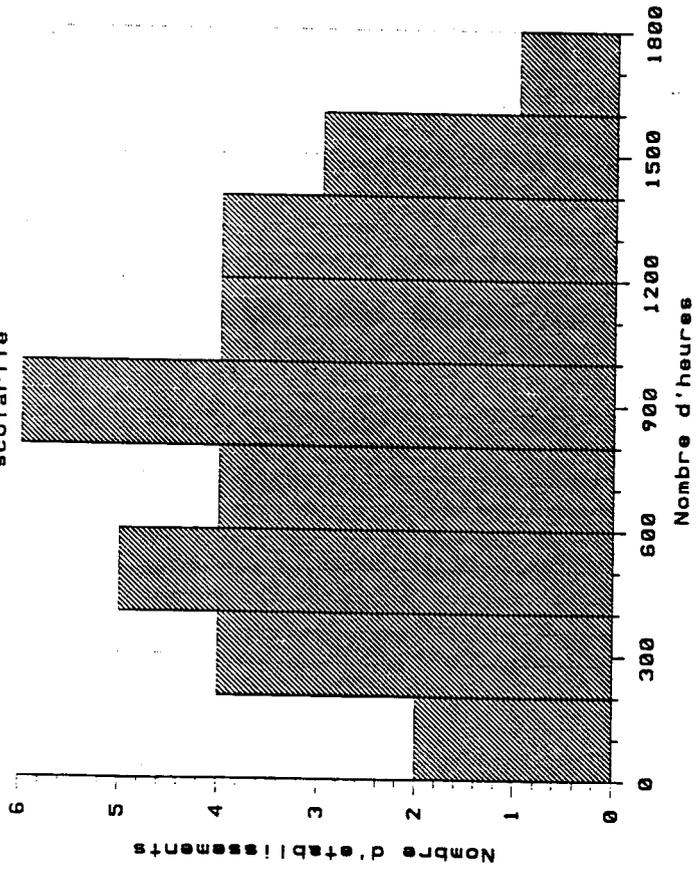




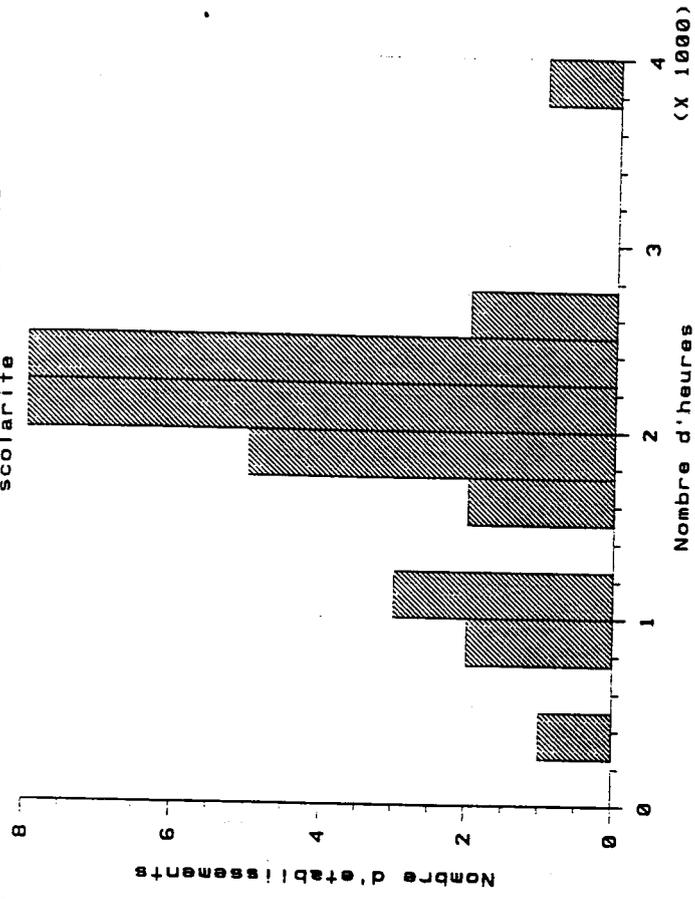




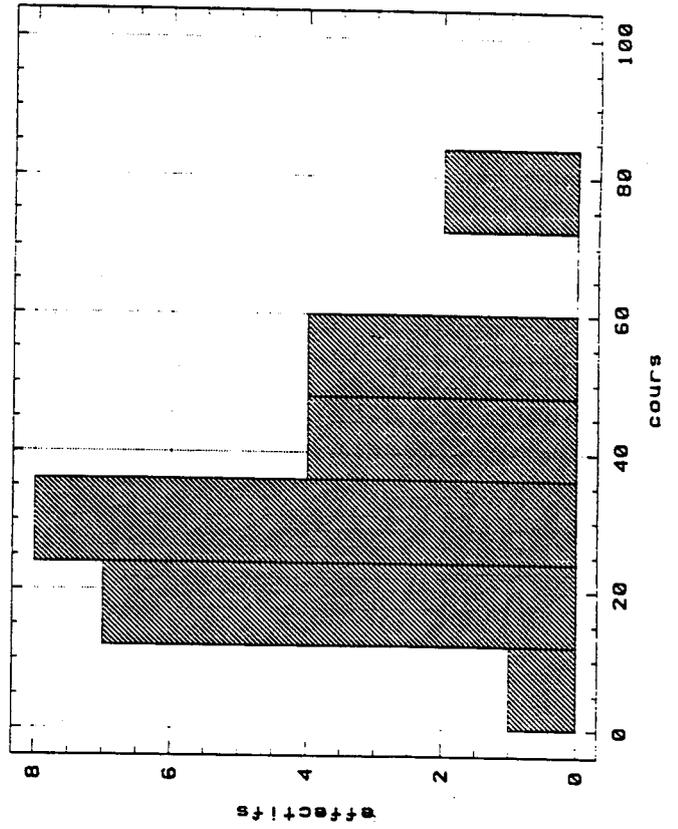
Nombre d'heures d'informatique durant la  
scolarité



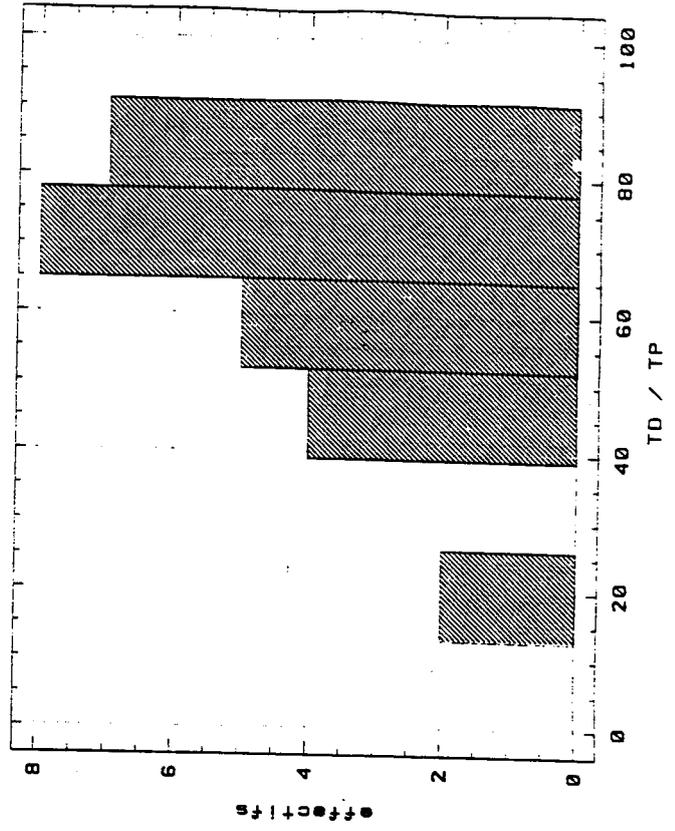
Nombre total d'heures durant la  
scolarité



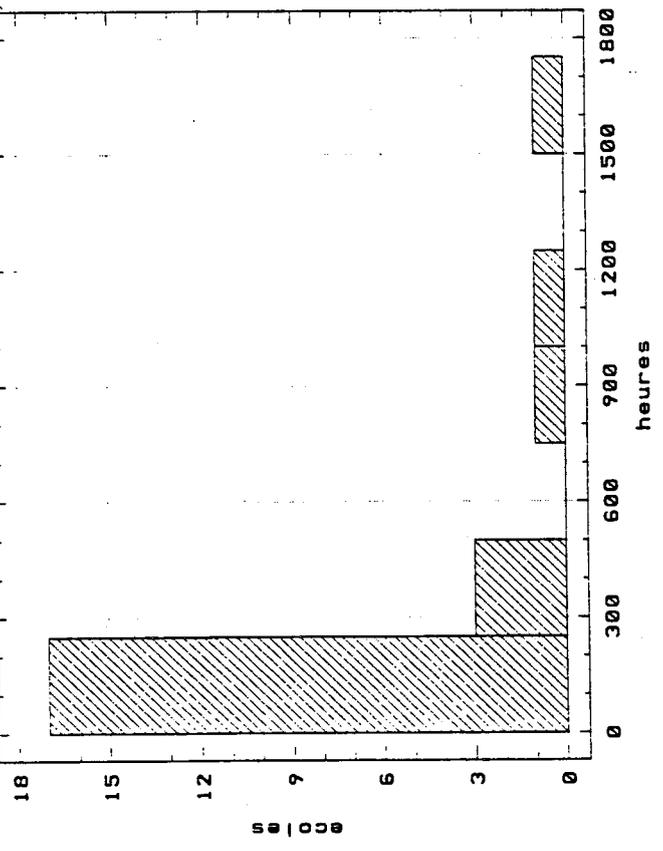
pourcentage horaire de cours



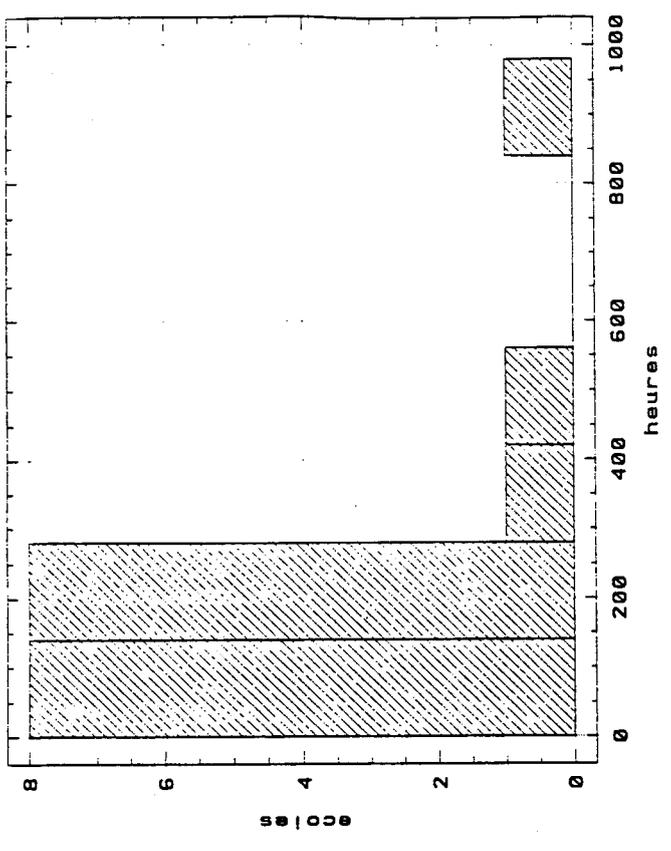
pourcentage horaire de TD et TP



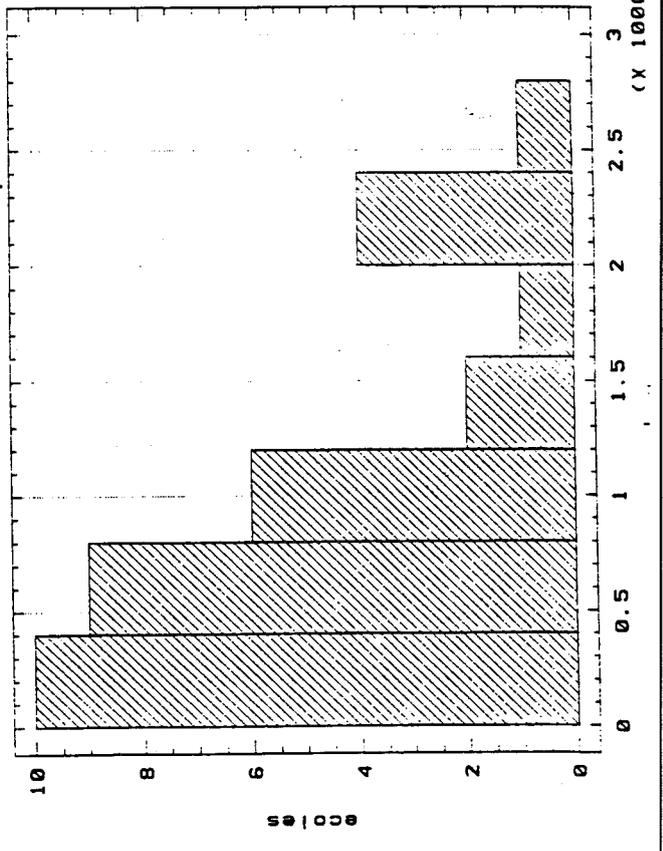
nombre d'heures de projet informatique du tronc commun



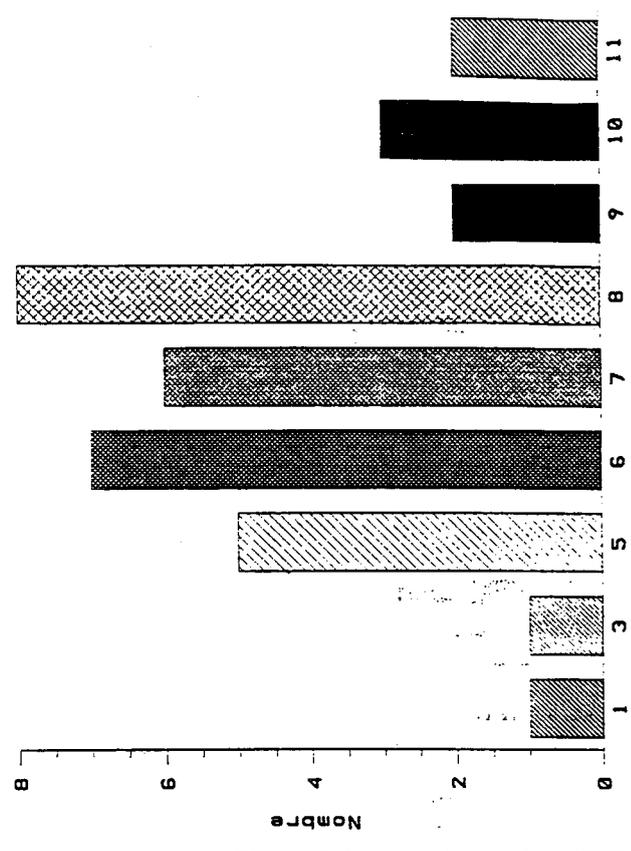
nombre d'heures de projet informatique de l'option informatique

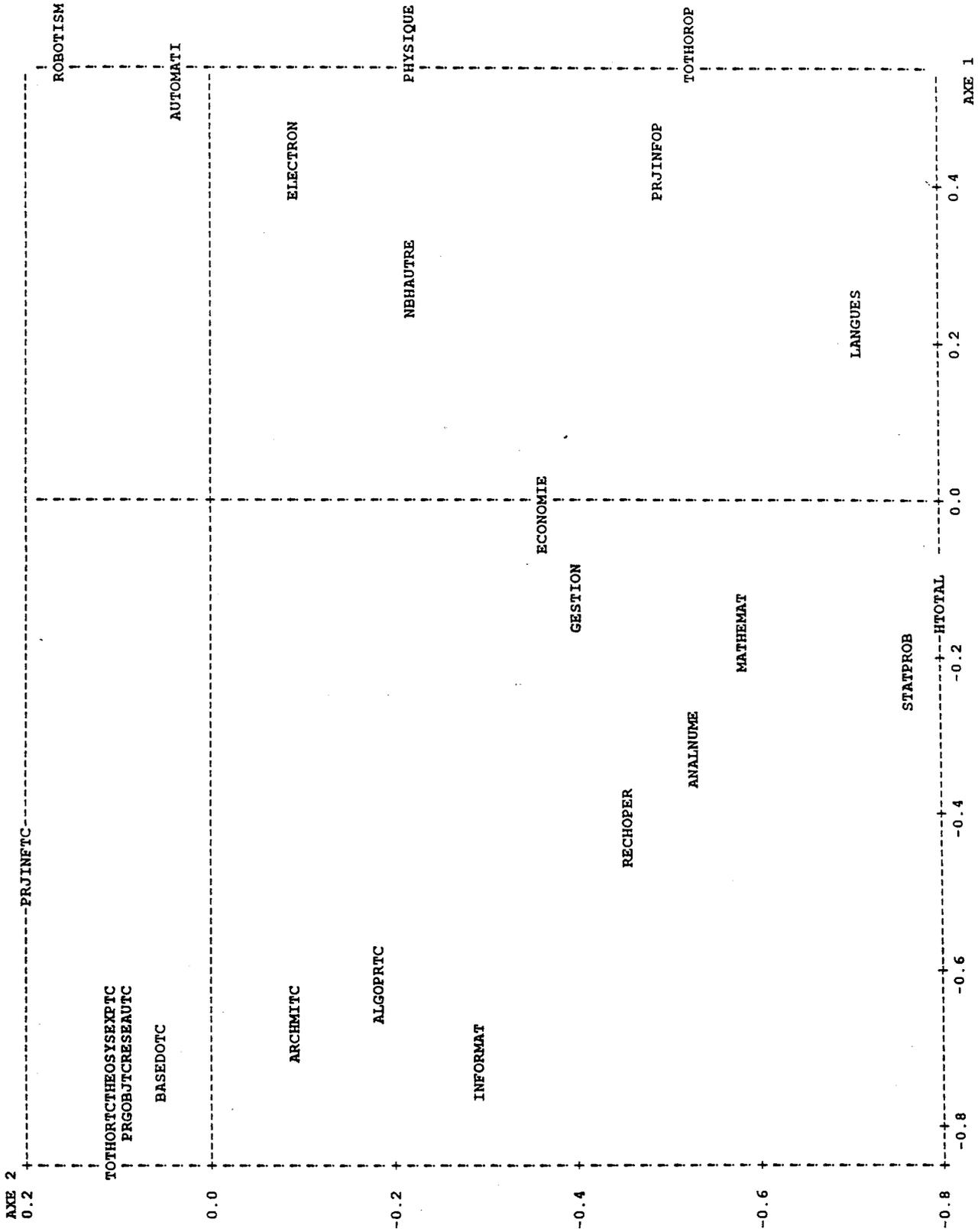


nombre total d'heures d'informatique du tronc commun (y compris projet)



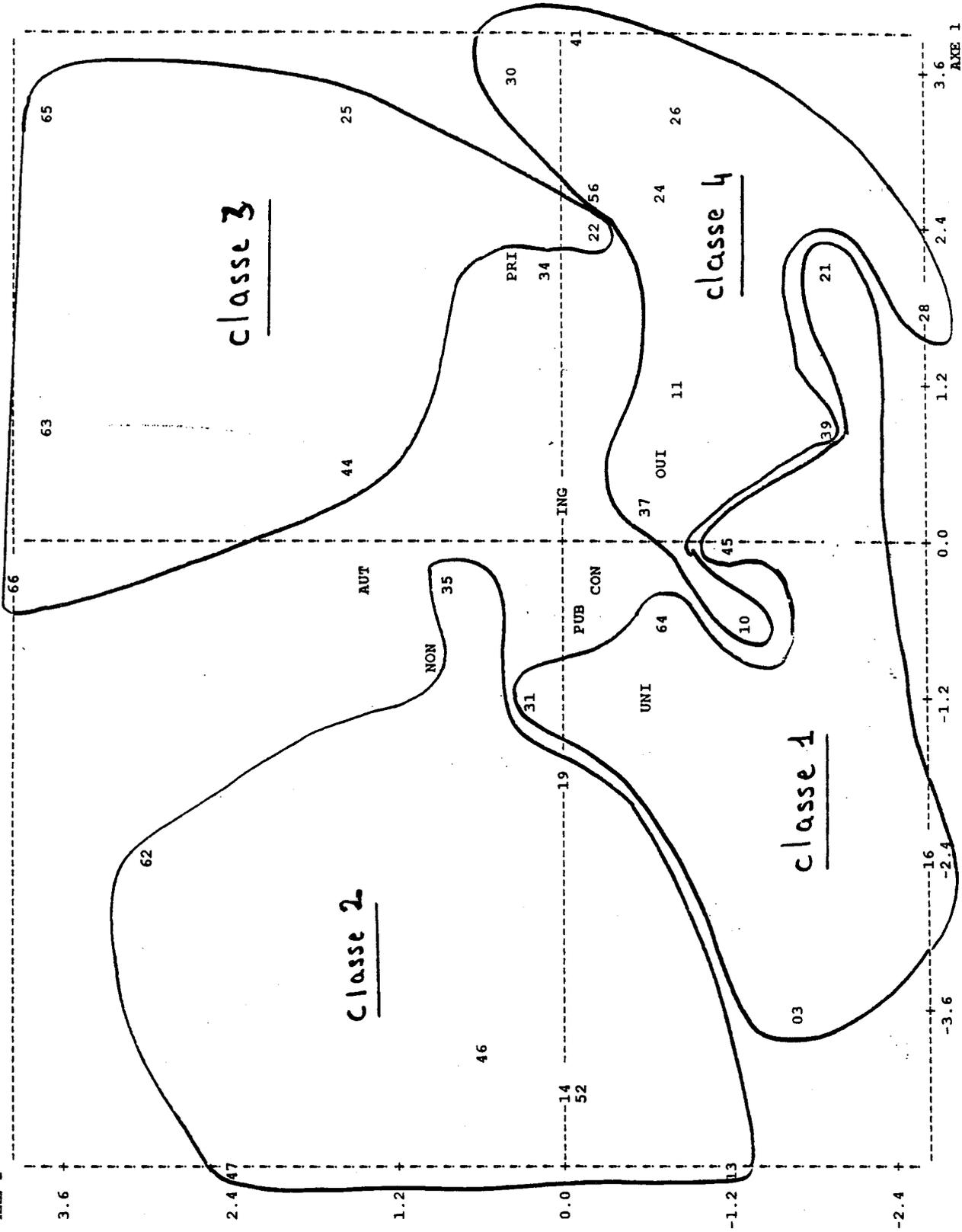
Nombre de langages enseignés



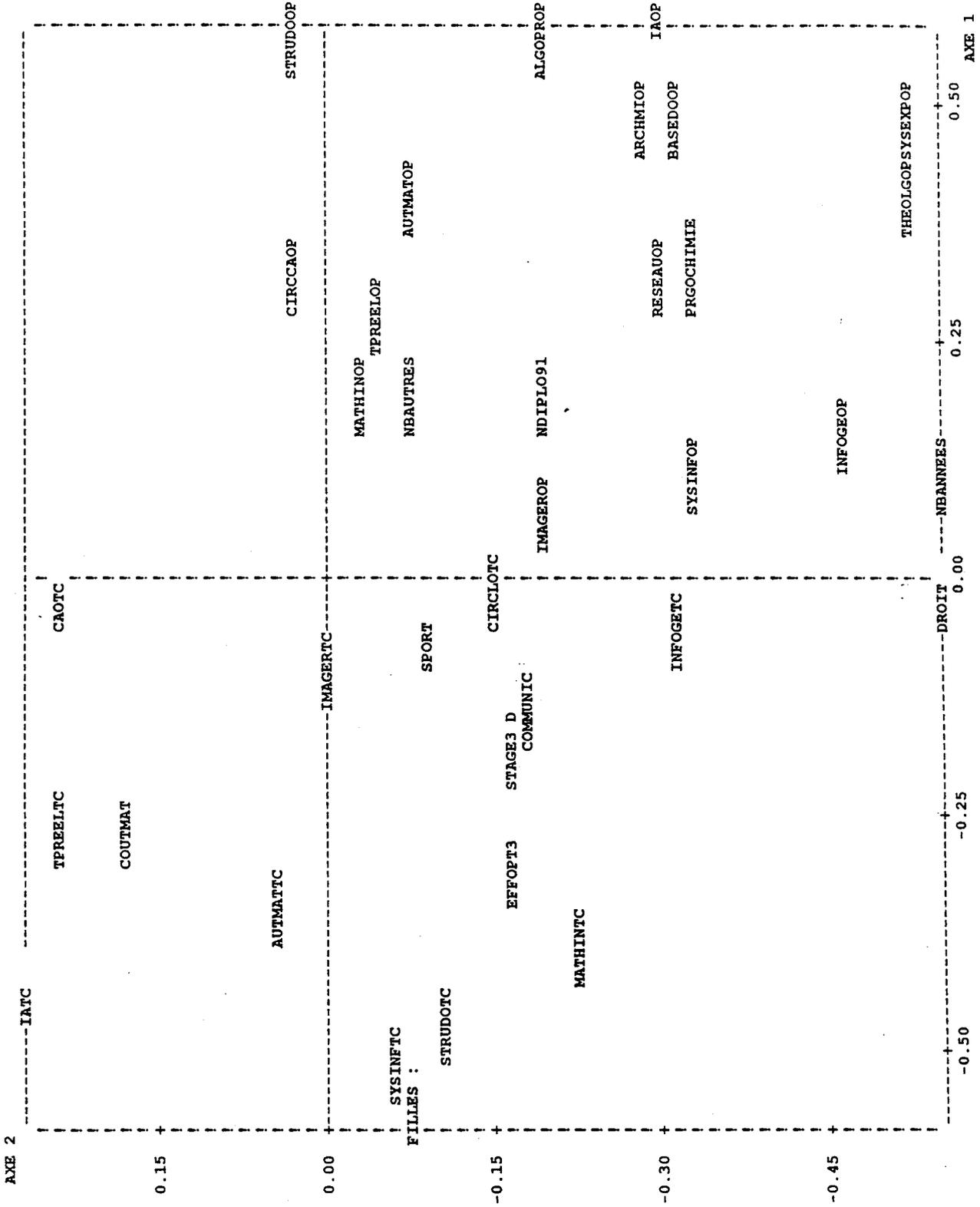


inertie (4,95%)  
AXE 2

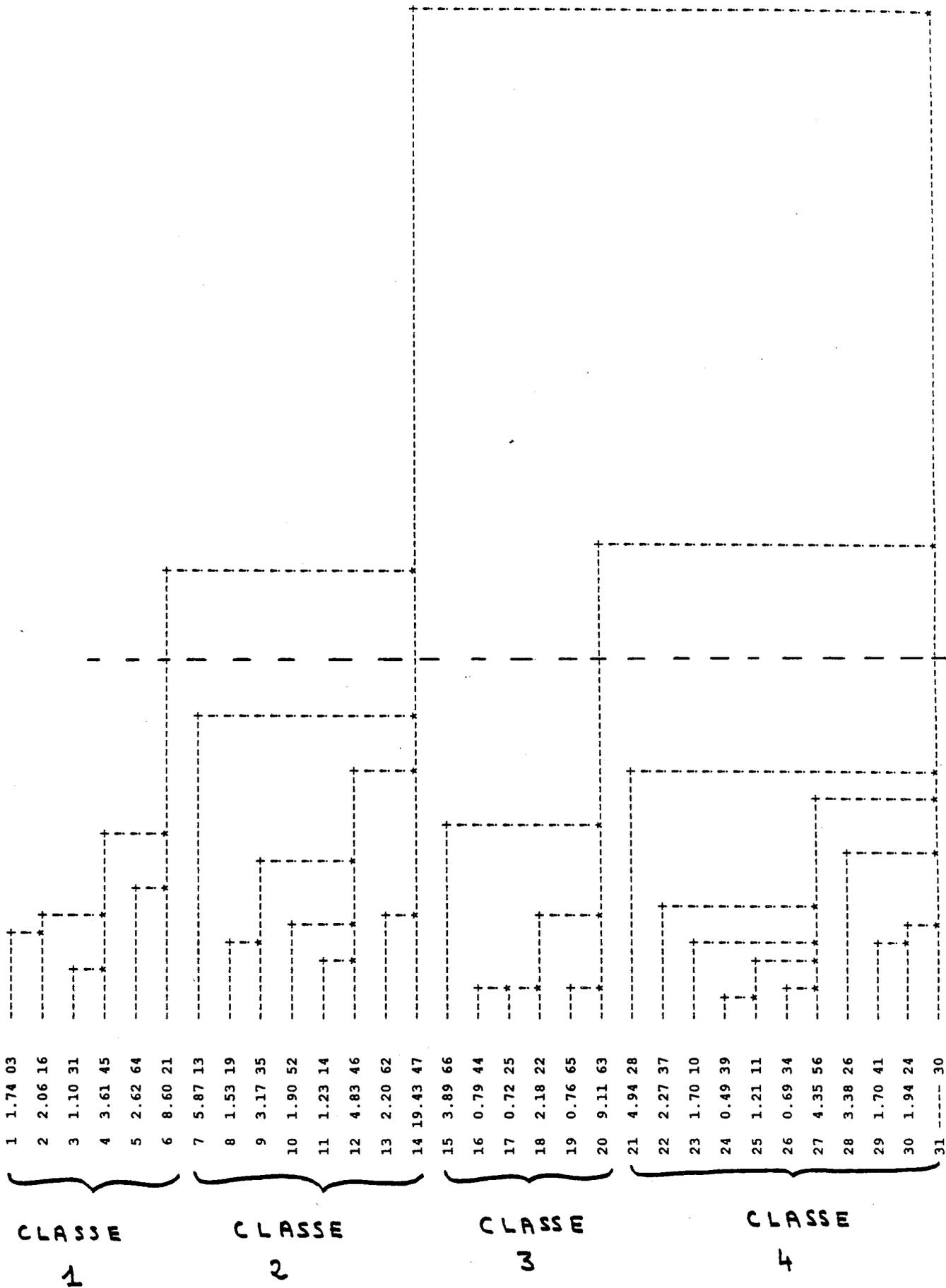
AXE 1 \* AXE 2



(inertie 30,28%)



RANG IND. IDEN DENDROGRAMME (INDICES EN POURCENTAGE DE LA SOMME DES INDICES : 25.00003 MIN = 0.49% / MAX = 19.43%)



CARACTERISATION PAR LES CONTINUES  
DES CLASSES OU MODALITES DE : COUPURE 'a' DE L'ARBRE EN 4 CLASSES

| NUM. LABELLE | VARIABLES CARACTERISTIQUES                             | IDEN      | MOYENNES |            | Ecart   | TYPES   | V. TEST |
|--------------|--|-----------|----------|------------|---------|---------|---------|
|              |  |           | CLASSE   | GENERALE   |         |         |         |
| CLASSE 1 / 4 |  | ( POIDS = |          | EFFECTIF = |         | 6 )     |         |
|              |  | aa1a      | 110.833  | 61.194     | 33.017  | 37.887  | 3.52    |
| 4.           | STATPROB STATISTIQUES PROBABILITES ANALYSE DE DONNEES  | STAT      | 76.500   | 36.677     | 32.796  | 32.162  | 3.32    |
| 5.           | RECHOPER RECHERCHE OPERATIONNELLE                      | RECH      | 79.500   | 36.548     | 68.100  | 44.668  | 2.58    |
| 11.          | ECONOMIE ECONOMIE                                      | ECON      | 63.667   | 25.742     | 79.870  | 45.402  | 2.24    |
| 20.          | INFOGEGTC INFORMATIQUE GENERALE TRONC COMMUN           | INFO      | 84.667   | 46.774     | 27.879  | 52.280  | 1.94    |
| 24.          | PRGBOJTC PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE TRONC COMMUN | PRGO      | 92.167   | 58.645     | 41.430  | 52.927  | 1.70    |
| 12.          | GESTION GESTION  | GEST      | 70.000   | 46.129     | 41.861  | 41.658  | 1.54    |
| 3.           | ANALNUME ANALYSE NUMERIQUE                             | ANAL      | 64.167   | 49.452     | 36.177  | 33.694  | 1.17    |
| 58.          | EFFOPT3 EFFECTIF OPTION ANNEE 3                        | EFFO      | 25.833   | 18.226     | 16.597  | 17.801  | 1.15    |
| 13.          | DROIT DROIT  | DROI      | 117.000  | 88.484     | 95.170  | 72.037  | 1.06    |
| 22.          | ALGOPRTC ALGORITHMIQUE PROGRAMMATION TRONC COMMUN      | ALGO      | 16.500   | 27.419     | 23.422  | 33.741  | -0.87   |
| 43.          | IAOP INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OPTION                  | IAOP      | 10.000   | 24.806     | 13.650  | 42.717  | -0.93   |
| 25.          | PRGBOJOP PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE OPTION       | PRGO      | 10.000   | 24.806     | 13.650  | 42.717  | -0.93   |
| 28.          | ARCHMITC ARCHITECTURE MICROPROCESSEURS TRONC COMMUN    | ARCH      | 52.167   | 79.742     | 56.345  | 72.391  | -1.02   |
| 9.           | PHYSIQUE PHYSIQUE                                      | PHYS      | 35.000   | 92.839     | 51.559  | 145.177 | -1.07   |
| 30.          | CIRCLOTC CIRCUITS LOGIQUES TRONC COMMUN                | CIRC      | 10.000   | 21.000     | 13.153  | 25.620  | -1.15   |
| 40.          | RESEAUTC RESEAUX TELEMATIQUE TRONC COMMUN              | RESE      | 19.167   | 42.323     | 15.963  | 53.636  | -1.16   |
| 51.          | PRJINFOP PROJET INFORMATIQUE OPTION                    | PRJI      | 27.167   | 113.000    | 21.373  | 197.462 | -1.17   |
| 46.          | CAOTC CAO TRONC COMMUN                                 | CAOT      | 0.000    | 6.935      | 0.000   | 15.836  | -1.18   |
| 7.           | AUTOMATI AUTOMATIQUE                                   | AUTO      | 29.500   | 74.355     | 37.478  | 84.788  | -1.42   |
| 6.           | ELECTRON ELECTRONIQUE                                  | ELEC      | 24.333   | 122.935    | 11.757  | 146.804 | -1.80   |
| CLASSE 2 / 4 |  | aa2a      | 118.375  | 42.323     | 50.140  | 53.636  | 4.58    |
| 40.          | RESEAUTC RESEAUX TELEMATIQUE TRONC COMMUN              | RESE      | 95.625   | 41.903     | 45.667  | 45.567  | 3.81    |
| 38.          | BASEDOTC BASE DE DONNEES TRONC COMMUN                  | BASE      | 1693.250 | 843.903    | 612.433 | 735.905 | 3.73    |
| 54.          | TOTHORC TOTAL DES HEURES TRONC COMMUN                  | TOTH      | 125.375  | 56.806     | 62.167  | 60.525  | 3.66    |
| 32.          | SYSEXPTC SYSTEMES D'EXPLOITATION TRONC COMMUN          | SYSE      | 116.750  | 44.903     | 99.188  | 71.997  | 3.22    |
| 34.          | THEOIGTC THEORIE DES LANGAGES TRONC COMMUN             | THEO      | 150.250  | 79.742     | 69.711  | 72.391  | 3.15    |
| 28.          | ARCHMITC ARCHITECTURE MICROPROCESSEURS TRONC COMMUN    | ARCH      | 1233.000 | 849.064    | 396.703 | 433.602 | 2.86    |
| 1.           | INFORMATC INFORMATIQUE                                 | INFO      | 92.750   | 46.774     | 49.317  | 52.280  | 2.84    |
| 24.          | PRGBOJTC PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE TRONC COMMUN | PRGO      | 18.500   | 12.903     | 7.649   | 6.972   | 2.59    |
| 63.          | FILLEC : POURCENTAGE FILLES                            | FILL      | 143.625  | 88.484     | 50.946  | 72.037  | 2.47    |
| 22.          | ALGOPRTC ALGORITHMIQUE PROGRAMMATION TRONC COMMUN      | ALGO      | 192.625  | 62.323     | 321.386 | 182.163 | 2.31    |
| 52.          | AUTMATC AUTRES MATIERES TRONC COMMUN                   | AUTM      | 66.250   | 31.065     | 63.825  | 49.868  | 2.28    |
| 48.          | SYINFNTC SYSTEMES D'INFORMATION TRONC COMMUN           | SYSI      | 1282.625 | 967.387    | 510.974 | 499.462 | 2.04    |
| 66.          | COUTMAT COUT MATERIEL                                  | COUT      | 0.000    | 20.452     | 0.000   | 32.606  | -2.03   |
| 33.          | SYSEXPOP SYSTEMES D'EXPLOITATION OPTION                | SYSE      | 0.000    | 10.194     | 0.000   | 15.580  | -2.11   |
| 39.          | BASEDOOP BASE DE DONNEES OPTION                        | BASE      | 0.000    | 13.774     | 0.000   | 20.780  | -2.14   |
| 35.          | THEOLOGP THEORIE DES LANGAGES OPTION                   | THEO      | 0.000    | 35.935     | 5.292   | 50.907  | -2.15   |
| 8.           | ROBOTISM ROBOTISME AUTOMATISME                         | ROBO      | 13.875   | 74.355     | 36.710  | 84.788  | -2.30   |
| 7.           | AUTOMATI AUTOMATIQUE                                   | AUTO      | 0.000    | 27.419     | 0.000   | 33.741  | -2.63   |
| 43.          | IAOP INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OPTION                  | IAOP      | 0.000    | 27.419     | 0.000   | 33.741  | -2.63   |
| 55.          | TOTHORP TOTAL DES HEURES OPTION                        | TOTH      | 15.000   | 363.000    | 39.686  | 407.945 | -2.76   |

| NUM. LIBELLE  | VARIABLES CARACTERISTIQUES                    | IDEN | MOYENNES<br>CLASSE GENERALE | ( POIDS = | ECARTS TYPES<br>CLASSE GENERAL | V. TEST PROBA |
|---------------|---|------|-----------------------------|-----------|--------------------------------|---------------|
|               | CLASSE 3 / 4                                  | aa3a |                             | 6.00      | EFFECTIF =                     | 6 )           |
| 47. CAOP      | CAO OPTION                                    | CAOP | 14.667                      | 4.871     | 12.671                         | 2.07          |
| 37. STRUDOP   | STRUCTURE DES DONNEES OPTION                  | STRU | 17.667                      | 7.806     | 15.634                         | 1.69          |
| 5. RECHOP     | RECHERCHE OPERATIONNELLE                      | RECH | 20.000                      | 36.677    | 15.275                         | 1.39          |
| 16. NBHAUTRES | MATIERES                                      | NBHA | 34.000                      | 134.258   | 48.305                         | -1.42         |
| 25. PRGBOJOP  | PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE OPTION       | PRGO | 1.833                       | 24.806    | 4.099                          | -1.44         |
| 63. FILLES    | POURCENTAGE FILLES                            | FILL | 8.500                       | 12.903    | 4.610                          | -1.69         |
| 18. COMMUNIC  | COMMUNICATION                                 | COMM | 0.000                       | 23.129    | 0.000                          | -1.78         |
| 32. SYSEXPTC  | SYSTEMES D'EXPLOITATION TRONC COMMUN          | SYSE | 16.667                      | 56.806    | 24.267                         | -1.78         |
| 3. ANALNUME   | ANALYSE NUMERIQUE                             | ANAL | 17.500                      | 46.129    | 18.200                         | -1.84         |
| 38. BASEDOTC  | BASE DE DONNEES TRONC COMMUN                  | BASE | 10.000                      | 41.903    | 15.275                         | -1.88         |
| 28. ARCHMITC  | ARCHITECTURE MICROPROCESSEURS TRONC COMMUN    | ARCH | 26.667                      | 79.742    | 27.487                         | -1.97         |
| 26. MATHINTC  | MATH POUR INFO TRONC COMMUN                   | MATH | 3.333                       | 23.903    | 7.454                          | -2.00         |
| 14. LANGUES   | LANGUES                                       | LANG | 85.833                      | 175.774   | 87.007                         | -2.09         |
| 36. STRUDOTC  | STRUCTURE DES DONNEES TRONC COMMUN            | STRU | 3.333                       | 27.355    | 7.454                          | -2.18         |
| 12. GESTION   | GESTION                                       | GEST | 13.833                      | 58.645    | 13.909                         | -2.27         |
| 4. STATPROB   | STATISTIQUES PROBABILITES ANALYSE DE DONNEES  | STAT | 27.500                      | 61.194    | 29.404                         | -2.39         |
| 62. NBANNEES  | DUREE DE LA FORMATION                         | NBAN | 2.167                       | 2.871     | 0.898                          | -2.52         |
| 22. ALGOPRTC  | ALGORITHMIQUE PROGRAMMATION TRONC COMMUN      | ALGO | 16.667                      | 88.484    | 17.951                         | -2.68         |
| 1. INFORMAT   | INFORMATIQUE                                  | INFO | 330.000                     | 849.064   | 157.595                        | -3.21         |
| 17. HTOTAL    |   | HTOT | 1078.000                    | 1919.903  | 547.499                        | -4.01         |
|               | CLASSE 4 / 4                                  | aa4a |                             | 11.00     | EFFECTIF =                     | 11 )          |
| 55. TOTHOROP  | TOTAL DES HEURES OPTION                       | TOTH | 782.364                     | 363.000   | 358.577                        | 4.18          |
| 25. PRGBOJOP  | PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE OPTION       | PRGO | 63.455                      | 24.806    | 51.797                         | 3.68          |
| 51. PRJINFOP  | PROJET INFORMATIQUE OPTION                    | PRJI | 288.182                     | 113.000   | 245.128                        | 3.60          |
| 43. IAOP      | INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OPTION              | IAOP | 56.636                      | 27.419    | 28.356                         | 3.52          |
| 33. SYSEXPOP  | SYSTEMES D'EXPLOITATION OPTION                | SYSE | 46.727                      | 20.452    | 40.641                         | 3.27          |
| 6. ELECTRON   | ELECTRONIQUE                                  | ELEC | 237.091                     | 122.935   | 157.489                        | 3.16          |
| 35. THEOLGOP  | THEORIE DES LANGAGES OPTION                   | THEO | 29.636                      | 13.774    | 25.094                         | 3.10          |
| 7. AUTOMATI   | AUTOMATIQUE                                   | AUTO | 137.909                     | 74.355    | 96.635                         | 3.04          |
| 17. HTOTAL    |   | HTOT | 2272.091                    | 1919.903  | 193.631                        | 2.54          |
| 29. ARCHMIOP  | ARCHITECTURE MICROPROCESSEURS OPTION          | ARCH | 21.273                      | 10.677    | 21.663                         | 2.51          |
| 39. BASEDOOP  | BASE DE DONNEES OPTION                        | BASE | 19.727                      | 10.194    | 17.756                         | 2.49          |
| 41. RESEAUOP  | RESEAUX TELEMATIQUE OPTION                    | RESE | 41.273                      | 23.677    | 27.439                         | 2.36          |
| 10. CHIMIE    | CHIMIE  | CHIM | 23.091                      | 8.194     | 39.371                         | 2.33          |
| 9. PHYSIQUE   | PHYSIQUE                                      | PHYS | 175.273                     | 92.839    | 190.537                        | 2.31          |
| 53. AUTMATOP  | AUTRES MATIERES OPTION                        | AUTM | 39.455                      | 19.903    | 45.109                         | 2.22          |
| 62. NBANNEES  | DUREE DE LA FORMATION                         | NBAN | 3.273                       | 2.871     | 0.617                          | 2.17          |
| 38. BASEDOTC  | BASE DE DONNEES TRONC COMMUN                  | BASE | 16.182                      | 41.903    | 21.666                         | -2.29         |
| 54. TOTHORC   | TOTAL DES HEURES TRONC COMMUN                 | TOTH | 409.636                     | 843.903   | 292.357                        | -2.40         |
| 42. IATC      | INTELLIGENCE ARTIFICIELLE TRONC COMMUN        | IATC | 0.000                       | 25.387    | 0.000                          | -2.54         |
| 24. PRGBOJTC  | PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE TRONC COMMUN | PRGO | 0.000                       | 46.774    | 0.000                          | -3.63         |

FIN DE LA PROCEDURE \*\* DECLI \*\*

\*\*\* DESCRIPTION DES PARTITIONS ENGENDREES \*\*\*

\*\* STOP : FIN DE L'ANALYSE \*\*

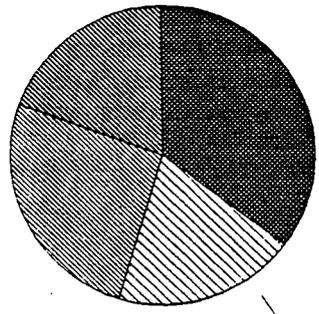
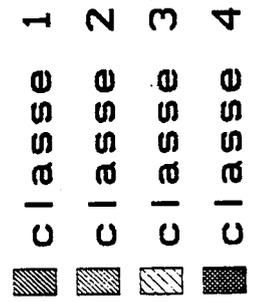
Effectifs par classe

Nombre de diplomes en 91 par classe

91 par classe

8

6

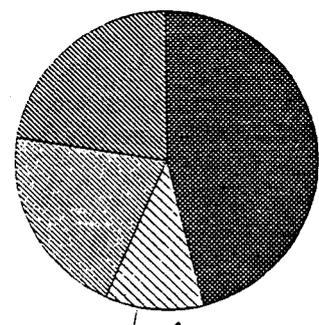
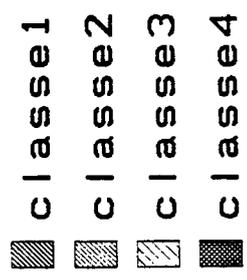


6

11

407

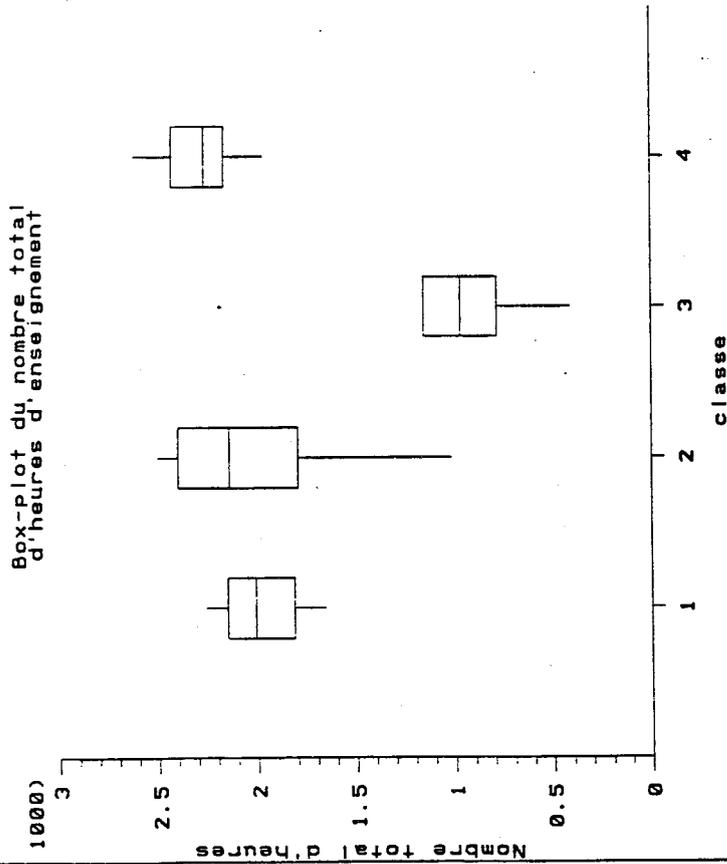
437



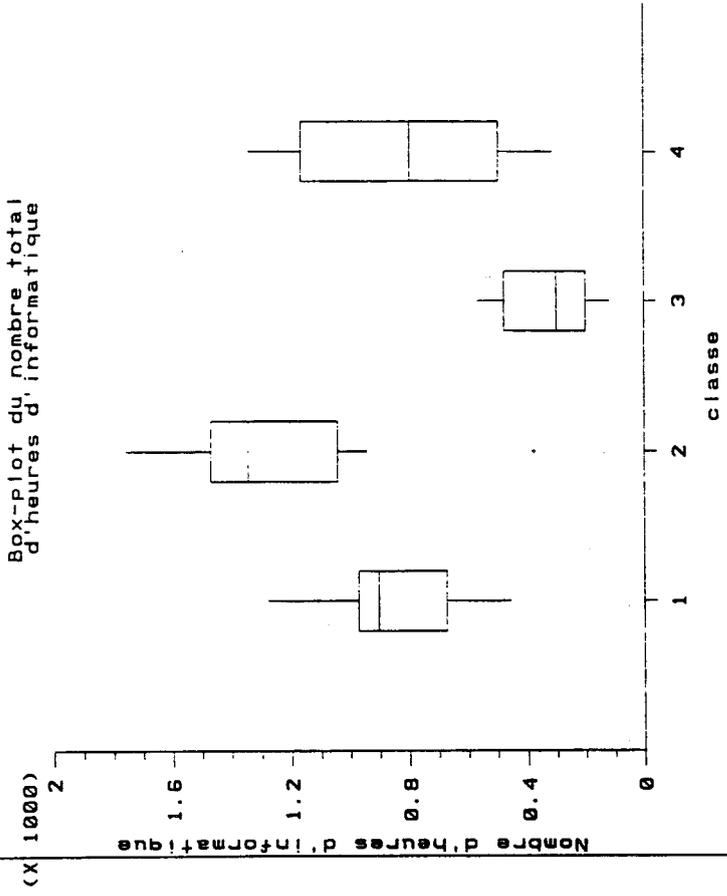
204

903

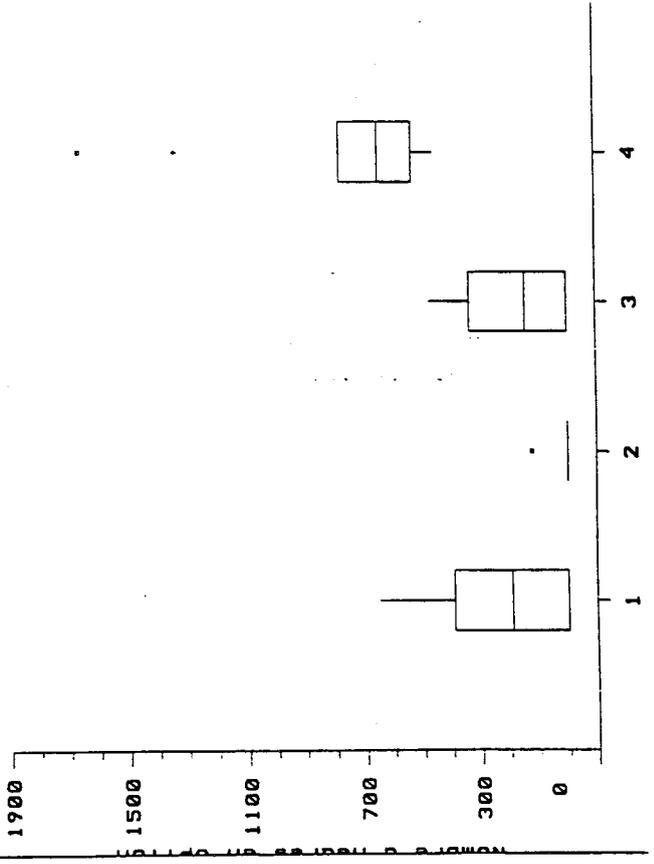
Box-plot du nombre total d'heures d'enseignement



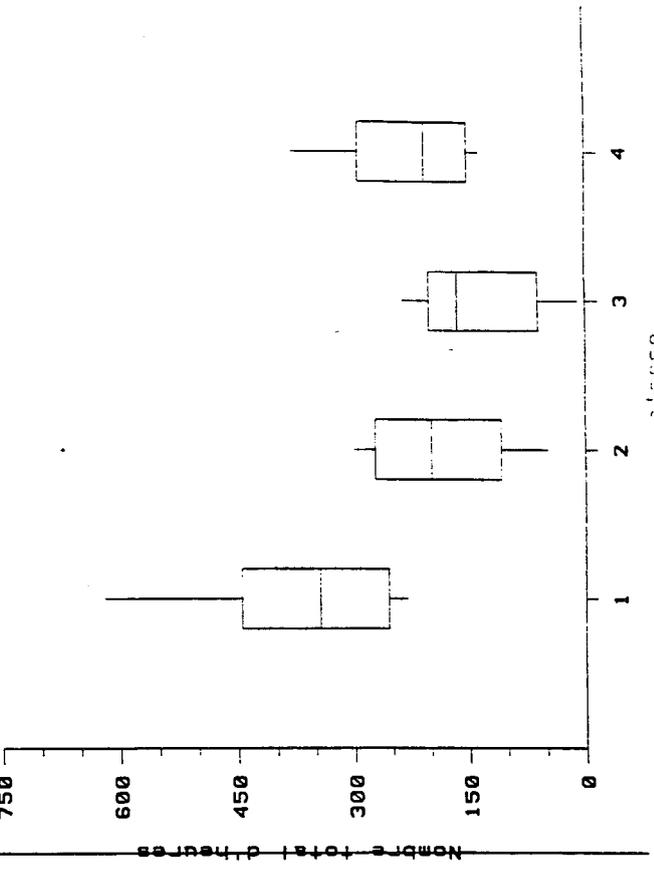
Box-plot du nombre total d'heures d'informatique



Box plot du nombre total d'heures en option



Box-plot du nombre d'heures de math, analyse numérique, R.O., statistique.



SIGLES UTILISEES DANS LES GRAPHIQUES

0 INFORMATIQUE  
 0 MATHS  
 0 ANALYSE NUMERIQUE  
 0 STATISTIQUE  
 0 RECHERCHE OPERATIONNELLE  
 0 ELECTRONIQUE  
 0 AUTOMATISME  
 0 ROBOTISME  
 0 PHYSIQUE  
 0 CHIMIE  
 0 ECONOMIE  
 0 GESTION  
 0 DROIT  
 0 LANGUES  
 0 NB AUTRES MATIERES  
 0 HTOTAL  
 0 COMMUNICATION  
 0 SPORT  
 0 INFORMATIQUE GENERALE TRONC COMMUN  
 0 INFORMATIQUE GENERALE OPTION  
 0 ALGORITHME PROGRAMMATION TRONC COMMUN  
 0 ALGORITHME PROGRAMMATION OPTION  
 0 PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE TRONC COMMUN  
 0 PROGRAMMATION PAR OBJETS LOGIQUE OPTION  
 0 MATHS FOUR INFO TRONC COMMUN  
 0 MATHS FOUR INFO OPTION  
 0 ARCHITECTURE MICROPROCESSEURS TRONC COMMUN  
 0 ARCHITECTURE MICROPROCESSEURS OPTION  
 0 CIRCUITS LOGIQUES TRONC COMMUN  
 0 CIRCUITS LOGIQUES OPTION  
 0 SYSTEMES D'EXPLOITATION TRONC COMMUN  
 0 SYSTEMES D'EXPLOITATION OPTION  
 0 THEORIE DES LANGAGES TRONC COMMUN  
 0 THEORIE DES LANGAGES OPTION  
 0 STRUCTURE DES DONNEES TRONC COMMUN  
 0 STRUCTURE DES DONNEES OPTION  
 0 BASE DE DONNEES TRONC COMMUN  
 0 BASE DE DONNEES OPTION  
 0 RESEAUX TELEMATIQUE TRONC COMMUN  
 0 RESEAUX TELEMATIQUE OPTION  
 0 IAOP INTELLIGENCE ARTIFICIELLE TRONC COMMUN  
 0 IAOP INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OPTION  
 0 TP REEL TRONC COMMUN  
 0 TP REEL OPTION  
 0 CAO TRONC COMMUN  
 0 CAO OPTION  
 0 SYSTEMES D'INFORMATION TRONC COMMUN  
 0 SYSTEMES D'INFORMATION OPTION  
 0 PROJET INFORMATIQUE TRONC COMMUN  
 0 PROJET INFORMATIQUE OPTION  
 0 AUTRES MATIERES TRONC COMMUN  
 0 AUTRES MATIERES OPTION  
 0 TOTHOROP TOTAL DES HEURES TRONC COMMUN  
 0 TOTHOROP TOTAL DES HEURES OPTION  
 0 IMAGERIE TRONC COMMUN  
 0 IMAGERIE OPTION  
 0 EFFORTS EFFETIF OPTION ANNEE 3  
 0 NDIPLO91 NOMBRE DE DIPLOMES EN 91  
 3 ETABLISSEMENT  
 ING ECOLE D INGENIEURS  
 UNI UNIVERSITE  
 AUT AUTRES  
 3 STATUT  
 PUB PUBLIC  
 CON CONSULAIRE

PRI PRIVE  
 0 MBANNEES : DUREE DE LA FORMATION  
 0 FILLES : POURCENTAGE FILLES  
 2 CONCOURS  
 OUI  
 NON  
 0 DROITS COL DROITS DE SCOLARITE  
 0 COUT MAT MATERIEL  
 0 STAGE3 DUREE DU STAGE 3EME ANNEE

CUST  
Institut des Sciences de l'ingénieur  
rue des Meuniers BP 48  
63170 AUBRIERE  
73-26-41-10- ou 73-26-43-23  
Directeur : M. ACKERMANN

ENS des Mines de Nancy  
Parc de Saurupt  
54042 NANCY CEDEX  
83-57-42-32  
Directeur : M.HUGON

Ecole Polytechnique Féminime  
3 bis rue Lakanal  
92330 SCEAUX  
46-60-33-31  
Directeur : Mme KREDER

ENS des Mines de Paris  
60 Bld Saint-Michel  
75272 PARIS CEDEX 06  
42-34-90-00  
Directeur : M.LEVY

EERIE Nîmes  
Parc Scientifiques Georges Besse  
30000 NIMES  
66-29-05-05  
Directeur : M.PUCHULU

ENSEM Nancy  
2 Av. de la Forêt de la Haye  
54016 VANDOEUVRE LES NANCY  
83-59-59-59  
Directeur : M.BRAUN

EFREI  
10, rue Amyot  
75005 PARIS  
47-07-05-95  
Directeur : M.MEUNIER

ENSIEG  
Domaine Universitaire BP 46  
38402 ST MARTIN D'HERES CEDEX  
76-82-62-00  
Directeur : M.MORET

ENSEEIH Département Informatique  
2 rue Charles Camichel  
31071 TOULOUSE CEDEX  
61-58-82-00  
Directeur : M. RODRIGUEZ

ENSM Nantes  
1 rue de la Noé  
44072 NANTES CEDEX 03  
40-37-16-00  
Directeur : M.VAUSSY

ENSERB Département Informatique  
351 cours de la libération  
33405 TALENCE CEDEX  
56-84-65-46-33  
Directeur : M.CASTANET

ENSTIMA Alès  
6 avenue Clavières  
30107 ALES CEDEX  
66-78-50-00  
Directeur : M.COTTE

ENSIMAG  
BP 53X  
38041 SAINT MARTIN D'HERES CEDEX  
76-54-56-01  
Directeur : M.MOSSIERE

ESEO Angers  
4 rue Merlet de la Boulaye BP 926  
49009 ANGERS CEDEX 01  
41-86-67-67  
Directeur : M. HAMON

ENSSAT Dép.Informatique  
BP 447  
22305 LANNION  
96-46-50-30  
Directeur : M. SEGUIN

ESIAL Nancy 1  
BP 239  
54506 VANDOEUVRE CEDEX  
83-91-23-35  
Directeur : M.MARCHAND

ESIGELEC  
58 rue Méridienne  
76171 ROUEN CEDEX  
35-72-80-94  
Directeur : M.VALENTIN

INSA Rennes Dépt.Informatique  
20 avenue des Buttes de Coësmes  
35043 RENNES CEDEX  
99-28-64-00  
Directeur : M.CAMILLERAPP

ESIGETEL  
1 avenue Valvins  
77210 AVON  
60-72-70-51  
Directeur : M.ROUHANA

IRESTE  
La Chantrerie CP 30003  
44087 NANTES CEDEX 03  
40-68-30-00  
Directeur : M.THOMAS

EUDIL Cité Scientifique  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX  
20-43-46-08  
Directeur : M.JOURNEL

ISEP Paris  
28 rue Notre Dame des Champs  
75006 PARIS  
49-54-52-00  
Directeur : M.MASSOT

HEI Lille  
13 rue de Toul  
59046 LILLE CEDEX  
20-30-83-14  
Directeur M.VITTU

ISMRA Caen  
6 Bld Maréchal Juin  
14050 CAEN CEDEX  
31-45-27-93  
Directeur : Mrs VIENOT-TAMAIN

IFSIC Université de Rennes 1  
263 avenue Général Leclerc  
35000 RENNES  
99-36-20-00 ou 99-84-71-00  
Directeur : M.HERMAN

ENSEEIH  
Année spéciale Informatique  
2 rue Charles Camichel  
31071 TOULOUSE  
61-58-82-00

IIE  
18 allée Jean Rostand  
91025 EVRY CEDEX  
60-77-97-40  
Directeur : M.CABANES

ENSEEIH  
Année spéciale méthodes et  
applications avancées en informatique  
2 rue Charles Camichel  
31071 TOULOUSE  
61-58-82-00

INSA Lyon  
20 avenue Albert Einstein  
69621 VILLEURBANNE CEDEX  
72-43-88-83  
Directeur : M.HAMELIN

CESI  
6 Bld de l'Europe  
91000 EVRY  
60-78-12-67

ISIA Ecole des Mines  
Bld Albert Einstein  
06600 SOPHIA Antipolis  
93-95-75-75

CNAM Cycle C  
292 rue St Martin  
75141 PARIS CEDEX 03  
40-27-20-00



**Liste des  
participants**

## LISTE DES PARTICIPANTS

|                         |  |
|-------------------------|--|
| ALIZON Eric             | TRANSPAC à Cesson-Sévigné (35)                             |
| ARCHAMBEAUD Gaït        | CIGREF à Paris (8ème)                                      |
| AYACHE Alain            | ENSEEIH Informatique de Toulouse                           |
| AYEL Marc               | ESIGEC de Chambéry   |
| BAUVIN Luc              | Société SLIGOS - Paris La Défense                          |
| BELLON Catherine        | LGI - ENSIMAG  |
| BOUATOUCH Kadi          | IFSIC - Université de Rennes I                             |
| BRIAND Henri            | IRESTE de Nantes   |
| BRIAND Michel           | Télécom. Bretagne à Brest                                  |
| BROUAYE Pascal          | EFREI à Paris  |
| CABANES Alain           | IIE d'Evry   |
| CAMILLERAPP Jean        | INSA de Rennes   |
| CARRE Bernard           | EUDIL de Villeneuve d'Ascq                                 |
| CARREZ Christian        | CNAM de Paris  |
| CASTELLANI Xavier       | IIE d'Evry   |
| CHABRE-PECCOUD Monique  | UFR - Informatique et Mathématiques Appliquées de Grenoble |
| CHOURAQUI Eugène        | IUSPIM de Marseille  |
| DAUBISSE Jean-Claude    | Ecole Centrale de Nantes                                   |
| DAVID Bertrand          | Ecole Centrale de Lyon                                     |
| DECITRE Paul            | CAP GEMINI INNOVATION à Meylan                             |
| DELLIS Pierre           | SYNTEC-INFORMATIQUE à Paris                                |
| DOREMUS Christian       | EUDIL à Villeneuve d'Ascq                                  |
| FAYARD Didier           | FIIFO - Université d'Orsay                                 |
| FLOUTIER Denis          | EERIE de Nîmes   |
| FRANCHI-ZANNETTACI Paul | ESSI - CERIS Sophia Antipolis - Valbonne                   |
| FROMNTEL Alain          | ESIGETEL d'Avron (77)                                      |
| GLOESS Paul             | ENSERB de Talence  |
| GONZALEZ Pierre-Louis   | IIE d'Evry   |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| GRANDBASTIEN Monique        | ESIAL - CRIN - Vandoeuvre                                |
| GUEGOT Françoise            | ESIGELEC Mont Saint Aignan                               |
| Madame HERIN                | Institut Sciences de l'Ingénieur de Montpellier          |
| HERMAN Daniel               | IFSIC - Rennes   |
| JACQUET Paul                | LGI - ENSIMAG  |
| JARAY Brigitte              | ESIAL - Université Nancy I - Vandoeuvre                  |
| JENEVEAU Alain              | Ecole Polytechnique Féminine de Sceaux                   |
| LEVITA Max                  | Institut Sciences de l'Ingénieur de Montpellier          |
| LOCHE Jean-François         | RENAULT S.A. de Boulogne Billancourt                     |
| LUCAS Michel                | Ecole Centrale de Nantes                                 |
| MARCHAND Pierre             | ESIAL de Vandoeuvre                                      |
| MARMONIER Marina            | Institut Polytechnique de Sérenanans Panjoutin (90)      |
| MARTIN-BRUNETIERE Françoise | ENSI de Caen - ISMRA                                     |
| MARTINEZ Yves               | INSA de Lyon   |
| MARTY Jean-Charles          | CAP GEMINI INNOVATION à Meylan                           |
| MERLIER Philippe            | IIE d'Evry   |
| MEUNIER Henri               | EFREI à Paris  |
| MIELCAREK Janusz            | CESI d'Evry  |
| MOREAU Michel               | CIGREF - Caisse National d'Assurance Maladie - Paris     |
| NARANJO Michel              | CUST - Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand      |
| NICOLAS Pierrick            | INSA de Rennes   |
| Monsieur NOY                | Institut Sciences de l'Ingénieur de Montpellier          |
| NOYELLE Yves                | Ecole Supérieure d'Electricité de GIF/Yvette             |
| PERRIN Daniel               | Digital Equipement France d'Evry                         |
| PEYRIN Jean-Pierre          | LGI - IMAG - Université Joseph Fourier de Grenoble       |
| RANNOU Robert               | Télécom. Bretagne à Brest                                |
| ROCACHER Daniel             | ENSSAT de Lannion  |
| ROUZERE Anne-Marie          | Journal "Le Monde de l'Informatique"<br>Paris La Défense |
| RUNTZ Pierre                | ENSTIM d'Alès  |
| SEGUIN Jean                 | ENSSAT de Lannion  |

|                      |   |
|----------------------|---|
| SIKLOSSY Laurent     | Université de Savoie - LIA - Chambéry                                 |
| SOLDANO Jean-Marie   | SYSECA à Meylan   |
| THERY Marc           | CESI d'Evry   |
| THOMAS Yves          | IRESTE de Nantes  |
| THOMESSE Jean-Pierre | ENSEM - INPL de Vandoeuvre  |
| TOURNIER Evelyne     | LMC - IMAG - Université Joseph Fourier de Grenoble                    |
| TOURSEL Bernard      | Département IMA EUDIL de Villeneuve d'Ascq                            |
| TREHEL Michel        | LIB - Université de Franche-Comté<br>Faculté des Sciences de Besançon |
| TROQUET Michel       | CUST - Institut des Sciences de l'Ingénieur d'Aubière                 |
| VALLEE Brigitte      | ENSI - ISMRA de Caen  |
| VEILLON Gérard       | Professeur à l'ENSIMAG  |
| VETTER François      | ENSSAT de Lannion   |
| VIAL Christian       | Ecole Centrale de Lyon  |
| VOIRON Jacques       | UFR Informatique et Mathématiques Appliquées de<br>Grenoble           |