

MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE
MISSION A L'INFORMATIQUE

INTRODUCTION DE L'INFORMATIQUE
DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

ETUDE EFFECTUEE PAR
MM. PITIE et SCHERER

Ce rapport présente une étude qui a été réalisée d'Octobre 1971 à Juin 1972, en prolongement des travaux effectués l'année précédente par MM. QUENIART et YOLIN pour le compte du Ministère de l'Education Nationale, à la demande de M. MERCOUROFF, Chargé de mission à l'Informatique.

L'approfondissement des notions de base, la définition des matériels, le suivi de leur fabrication, la coordination des différents constructeurs nous ont posé de nombreux problèmes, pour la résolution desquels nous remercions M. MERCOUROFF de nous avoir toujours apporté une aide attentive et précieuse. Nous tenons également à remercier M. GIRARD, adjoint du Chargé de mission, qui a suivi de très près toutes nos démarches et aplani pour nous bien des difficultés. Nous remercions aussi M. COLLOMB, de la Délégation à l'Informatique, pour les lumières qu'il nous a données sur les rapports entre l'Etat et les constructeurs. M. HEBENSTREIT, Maître de Conférences à l'Institut de Programmation de Paris et chef du centre de calcul de l'Ecole Supérieure d'Electricité, nous a aidés à préciser des conceptions fondamentales à propos du langage créé par son équipe, et sur lequel M. NOYELLE nous a fourni toutes les précisions techniques que nous désirions. Nos entrevues fréquentes avec les constructeurs nous ont permis d'apprécier l'effort de coopération dont ils ont su faire preuve, en dépit des difficultés qui n'ont pas cessé de jalonner la route. Nous tenons enfin à remercier M. LUMBROSO, Chef de la Division Informatique au Département de la Recherche et de la Formation de l'OFRATEME, et les équipes de travail dont il assure la coordination des travaux, en particulier celle du lycée de la Celle Saint-Cloud, pour les informations précieuses qu'ils nous ont communiquées au sujet de leurs recherches et de leurs expériences.

PLAN

1- INTRODUCTION

- | | |
|---|--------|
| 1. 1. L'importance de l'Informatique | Page 4 |
| 1. 2. La méconnaissance de l'Informatique | Page 4 |
| 1. 3. La nécessité de sensibiliser à l'Informatique | Page 5 |

2- LES MOYENS TECHNICUES

- | | |
|-------------------------|---------|
| 2. 1. Le langage | Page 9 |
| 2. 2. Le matériel | Page 16 |
| 2. 3. La mise en oeuvre | Page 24 |

3- LES PREMIERES EXPERIENCES

- | | |
|--|---------|
| 3. 1. Les travaux de l'E. S. E. | Page 29 |
| 3. 2. L'expérience de la Celle Saint-Cloud | Page 31 |
| 3.3. Les travaux de l'INRDP | Page 33 |

4 -PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

- | | |
|--|---------|
| 4. 1. Les contraintes | Page 39 |
| 4. 2. La période de démarrage | Page 41 |
| 4. 3. Les perspectives à plus long terme | Page 45 |
| 4.4. Le coût | Page 47 |

5- CONCLUSION

Page 51

BIBLIOGRAPHIE

Page 52

INTRODUCTION

I. La révolution informatique

L'informatique est partout. Dans les conversations, les journaux, les revues, dans les laboratoires, les entreprises, les administrations, et bientôt, peut-être dans chaque foyer. On parle de révolution, on prédit le début d'une ère nouvelle.

Est-ce encore un mythe ? Ne s'agit-il pas d'une vogue passagère destinée à s'éteindre quand l'ordinateur aura pris le rang des innombrables appareils qui assurent notre confort quotidien et dont la plupart furent "révolutionnaires" à leur heure ?

S'il est très difficile d'estimer les effets lointains d'une découverte technique en pleine croissance, on peut toutefois constater que l'Informatique, bien que jeune, a déjà une histoire riche de réalisations et de promesses : En quelques années l'ordinateur a considérablement accru les possibilités du **calcul scientifique**, conduisant à des résultats spectaculaires dans de nombreux domaines. Devant ces succès, des gestionnaires voulurent employer la puissance de l'ordinateur au traitement des données qui sont à la base de l'activité des entreprises (fichiers, comptabilité, planning, ...). De là naquit l'**Informatique de gestion**, dont l'expansion rapide oblige souvent les industriels à bouleverser la structure et les habitudes de leurs entreprises pour les adapter à ce nouvel outil de gestion. Avec plus de prudence, mais non moins d'espoir, l'Informatique commence à gagner les administrations ; et le développement des télécommunications laisse entrevoir le temps où des terminaux légers, analogues au poste téléphonique, permettront aux simples particuliers d'accéder à de grandes banques de données centralisées.

I - 2. La méconnaissance de l'Informatique

Mais la croissance et la diffusion rapides de l'informatique suscitent souvent des réactions assez vives, non dénuées de passion, qui vont de la vénération inconditionnelle au refus catégorique.

La confiance excessive : les vertus de l'ordinateur sont exagérées. Sur la foi de quelques belles prouesses, on le croit capable de tout connaître, de porter des jugements, de prédire l'avenir. On assimile l'infailibilité des calculs et l'infailibilité des résultats, sans voir que ces derniers ne valent pas mieux que les données initiales. C'est l'attitude "progressiste", celle de ceux qui croient que tout ce qui est nouveau est bénéfique.

Le rejet catégorique : l'ordinateur devient un monstre, ruineux et inutile, qui accule les sociétés à la faillite, sème le désordre dans la vie administrative, fausse les résultats des examens et produit chaque jour mille variations dramatiques ou cocasses. Un beau jouet, savamment perfectionné, mais dont on ne voit guère qu'il puisse être vraiment utile à des gens sérieux, à l'exception de quelques mathématiciens désireux d'examiner dans quelles conditions deux et deux ne font plus quatre.

C'est l'attitude "conservatrice". celle de ceux qui redoutent le changement, ne faisant pas effort pour s'adapter.

.../...

Ces deux attitudes extrêmes parviennent à s'équilibrer -sinon à se neutraliser- et permettent ainsi à une poignée de vrais spécialistes de faire honnêtement leur travail et d'orienter eux-mêmes le progrès de cette technique vers les applications convenables et rentables.

I - 3. Nécessité d'une sensibilisation à l'informatique par l'enseignement secondaire

I - 3. 1. Nécessité d'une sensibilisation confiée à l'Education Nationale ...

Devant l'importance grandissante de l'informatique et la méconnaissance de ses possibilités réelles, il devient urgent d'en diffuser largement une image plus juste dans le grand public. Il ne s'agit pas de former des spécialistes, mais de faire connaître, en les démythifiant, les caractères principaux d'une technique qui commence à envahir notre monde et va imprégner celui de demain. C'est une affaire de culture générale.

On peut affirmer que chacun aura bientôt des contacts avec l'Informatique, dans sa vie professionnelle, dans sa vie privée, dans ses loisirs. Puisque tous les hommes sont ainsi concernés, et d'autant plus qu'ils sont plus jeunes, il semble naturel que la tâche de sensibilisation à grande échelle incombe à l'Education Nationale, dont une des missions est bien de préparer les hommes à vivre dans leur siècle afin de le construire ensemble.

I - 3. 2. ... au niveau de l'enseignement secondaire...

Des études menées dans divers pays ont montré qu'on pouvait aborder la sensibilisation au niveau de l'enseignement secondaire, ceci pour deux raisons principales :

- l'ordinateur est un outil qui, malgré sa puissance incalculablement supérieure, s'inscrit dans la longue lignée des instruments de calcul, depuis l'antique boulier, encore en usage de nos jours dans certains pays, en passant par la règle à calcul, la table de logarithmes, etc... Or c'est vers l'âge de l'enseignement secondaire que les élèves deviennent assez mûrs pour les comprendre et les utiliser,

- l'Informatique a une indiscutable valeur formatrice. qui dépasse largement le cadre de la discipline mathématique traditionnelle. Tout comme les mathématiques modernes, la démarche informatique développe logique et sens du raisonnement. Cependant, tandis que l'on reproche parfois aux mathématiques modernes d'être trop abstraites et sans rapport avec le concret, l'ordinateur apparaît au contraire comme une machine très tangible, avec qui on peut dialoguer et obtenir rapidement des résultats précis qui, même au niveau élémentaire d'un débutant peuvent déjà présenter une utilité pratique :

- édition d'un calendrier. d'un emploi du temps,
- tenue à jour du registre des absences, des notes.
- calculs de moyennes, de courbes d'évolution

Mais l'ordinateur, et c'est là son trait le plus séduisant sur le plan pédagogique, reste surtout un instrument incomparable pour forcer l'élève à préciser sa pensée, à la faire passer des vagues généralités à l'application concrète et à la construction active : il faut avoir les idées claires et ne rien laisser dans l'ombre ; le moindre flou est impitoyablement traqué, dans le raisonnement comme dans le langage ; la sanction vient tout de suite, nette et irréfutable, et l'élève est seul responsable, avec une totale liberté d'action dans le cadre des règles imposées par la machine.

A quel niveau dans le secondaire doit-on commencer la sensibilisation ? Pour des raisons pratiques (limitations budgétaires, problèmes provisoires liés aux classes à examens...) les premières expériences seront tentées dans des classes de seconde. Mais il a été prouvé que des élèves beaucoup plus jeunes sont capables de s'adapter rapidement à l'ordinateur et à la démarche informatique.

I - 3. 3. ... sous une forme qui reste à préciser.

L'objectif premier de la sensibilisation est d'ordre culturel : il s'agit de faire connaître le fait informatique, en situant honnêtement ses possibilités et ses limites réelles. On pourrait satisfaire cet objectif en décrivant, lors d'une série de conférences, quelques-unes des réalisations actuelles et prévisibles en matière de gestion ou de technique. Ce serait le chapitre "informatique" d'un cours sur l'histoire contemporaine des sciences et des techniques.

Mais, de même qu'on ne se contente pas d'énumérer les grandes découvertes pour enseigner la physique et qu'on préfère inculquer directement la méthode scientifique par des exercices de compréhension active, de même il paraît difficile de sensibiliser à l'Informatique sans évoquer la spécificité des formes de raisonnement qui s'attache à l'usage de l'ordinateur. Cette démarche informatique est en effet assez importante pour obliger, par exemple, les entreprises à modifier leur structure sur son modèle.

On peut alors se demander s'il ne suffirait pas d'un tableau noir et d'une craie pour l'enseigner : les mathématiciens semblent se satisfaire d'aussi peu. Mais l'Informatique, n'est pas la Mathématique.

Elle n'existe vraiment que par l'ordinateur. La démarche informatique est fille d'une machine, avec laquelle elle se développe, en symbiose, l'une aidant l'autre comme dans un phénomène de résonance. Et si l'esprit informatique peut être susceptible de généralisations théoriques, l'ordinateur en reste toujours le meilleur moyen d'application et le plus sûr critère d'appréciation.

Un organigramme logique dressé sans aucun souci des contraintes techniques de la machine risque fort d'être une pure construction de l'esprit, gratuite et sans grand intérêt (comme si l'on demandait à un élève, pour lui inculquer l'esprit scientifique, de concevoir sur le papier une expérience de physique sans se préoccuper des moyens matériels de la réaliser).

Pour éviter cet écueil, qui risquerait de conduire à une pseudoscience dangereuse, le seul moyen : écrire des programmes et les passer sur ordinateur.

L'accès des élèves à l'ordinateur est pratiquement indispensable à toute sensibilisation à l'informatique, si modeste soit-elle. Moyennant quoi on recueille par surcroît une série d'avantages considérables :

- l'élève est intéressé. souvent passionné, comme l'a montré l'expérience
- il profite pleinement de la valeur formatrice évoquée plus haut, et d'autant plus que sa motivation est plus forte,
- l'ordinateur offre des possibilités annexes (enseignement programmé, tenue de fichiers...).

Pour des raisons essentiellement financières, il a été décidé d'utiliser, dans la phase initiale au moins, de petits ordinateurs (type MITRA 15 ou T 1600) installés dans les lycées. Le contact direct avec la machine contribue à la démythifier, bien que cet avantage soit minime par rapport à ceux que pourrait procurer un gros ordinateur relié à de nombreux périphériques répartis dans les établissements d'une ville (cette solution est trop chère à l'heure actuelle). Un système d'exploitation et un langage spécialement adaptés aux besoins nouveaux et spécifiques de la sensibilisation sont en cours d'élaboration.

Une fois le matériel sur place, il faudra mettre au point les formes d'exploitation et les méthodes pédagogiques appropriées, problème fondamental dont dépend le succès de l'expérience, mais auquel, malgré les efforts des équipes qui l'examinent, il ne faut guère espérer de solution pleinement satisfaisante avant plusieurs années. Deux voies semblent se présenter a priori : création d'une nouvelle discipline informatique ou enseignement à travers les disciplines déjà existantes.

- création d'une nouvelle discipline

C'est la solution la plus facile, semble-t-il. De nombreux cours d'initiation existent déjà dans plusieurs pays, et l'adaptation à notre problème ne paraît pas présenter de difficultés insurmontables. Le danger, cependant, sera de vouloir former des spécialistes de l'Informatique, qui connaîtront les bascules, les mémoires magnétiques ou la compilation des langages, alors que l'objectif est plus d'inculquer la démarche informatique que d'apprendre une technique particulière. Un enseignement séparé risque de se refermer sur lui-même, sans montrer assez les liens qui unissent l'Informatique au monde extérieur. Ce cloisonnement excessif, souvent reproché par ailleurs à l'enseignement secondaire dans son ensemble, peut être rompu par une forme "pluridisciplinaire" de sensibilisation :

- l'enseignement de l'Informatique à travers les disciplines

Il ne s'agit pas d'une nouvelle façon d'enseigner les disciplines au moyen d'un ordinateur. Certes, l'enseignement programmé, s'il est au point un jour et si les capacités de la machine le permettent, pourra devenir un sous-produit intéressant de la sensibilisation à l'Informatique.. Mais l'objectif essentiel est plutôt de souligner dans chaque discipline quels aspects particuliers relèvent de la démarche informatique et peuvent faire l'objet d'un traitement par ordinateur. Ainsi l'élève prendra mieux conscience de l'unité que peut créer, parmi les différentes matières de son programme, une démarche intellectuelle de caractère universel.

Des exemples d'exercices pourront être :

Musique : gammes chromatiques, altérations

Langues : déclinaisons, règles grammairales,

Physique : trajectoires balistiques,

Biologie : loi de Mendel.

Géographie : études de population, pyramide des âges

C'est sur une telle forme de sensibilisation que s'orientent les travaux actuels et peut-être aboutira-t-on, avec cette sorte de Cheval de Troie des temps modernes, à susciter dans les méthodes d'enseignement une rénovation comparable à celle qui est constatée à l'échelle nationale dans le domaine, de la gestion et de la rationalisation des choix à l'occasion de l'introduction des techniques informatiques.

- La période transitoire

Etant donné le caractère expérimental et entièrement neuf de l'opération, il sera souhaitable de la laisser se développer quelque temps de façon spontanée, en confiant aux premiers utilisateurs le soin de tester ou d'inventer des méthodes pédagogiques convenables. Il conviendra toutefois de contrôler cette évolution pour éviter qu'elle ne conduise aux écueils prévisibles d'une excessive spécialisation technique ou d'une conception trop ambitieuse de l'enseignement programmé.

2 – LES MOYENS TECHNIQUES

2. 1. Le langage

2. 1.1 Les qualités requises.

Les élèves auront à communiquer avec l'ordinateur à l'aide d'un langage. De nombreux langages existent actuellement, depuis les langages purement binaires jusqu'aux langages les plus évolués. Ils présentent en général l'inconvénient d'être trop spécialisés vers des types d'application, particuliers et d'être trop dépendants des machines sur lesquelles ils sont utilisés.

S'agissant ici d'une application entièrement neuve et -tournée vers l'avenir, le choix du langage à retenir pour la communication élève-machine est lourd de conséquences. Les critères de ce choix ont été les suivants.

2. 1. 1. 1. Un langage conversationnel.

L'utilisation conversationnelle d'un ordinateur est le seul mode qui permette un réel dialogue. Il donne à l'utilisateur l'impression d'avoir en face de lui un interlocuteur, qui obéit instantanément à ses ordres, détecte immédiatement les erreurs et aide à les corriger aussitôt. Il est à noter qu'à moins de disposer d'un ordinateur pour chaque élève, cette solution exige le recours à la technique du temps partagé ("time-sharing"), où un unique ordinateur dessert simultanément plusieurs utilisateurs, à la manière d'un grand joueur d'échecs qui traite simultanément un grand nombre de parties contre des adversaires beaucoup plus lents que lui.

Ce que nous entendons ici par langage conversationnel, c'est

- possibilité d'écrire un programme ligne par ligne, avec détection immédiate des erreurs de syntaxe par le compilateur.
- possibilité d'exécuter un programme ligne par ligne. avec possibilité d'interroger au fur et à mesure les valeurs des paramètres.

Certains langages modernes, comme APL, sont dits incrémentaux, c'est-à-dire que le programme lui-même peut-être modifié au cours de son exécution. Cette caractéristique n'a pas été jugée nécessaire pour notre application.

2. 1. 1. 2. Un langage à base de français

A l'exception des langages très anciens (langages binaires, à base de symboles ésotériques), tous les langages existants s'appuient sur une langue humaine, très généralement l'anglais.

La "traduction" d'un langage de programmation d'une langue dans une autre ne pose pas de problème difficile. L'exemple d'ALGOL le prouve.

2. 1. 1. 3. Un langage permettant le traitement des textes.

Les premiers ordinateurs ont été conçus pour les calculs numériques. Ce n'est qu'ultérieurement qu'on s'est avisé de leur faire manipuler des textes, d'abord pour les copier, ensuite pour les traiter effectivement. Cette évolution s'est traduite dans les langages de programmation, de sorte que seuls les plus récents d'entre eux sont capables de traiter correctement les chaînes de caractères (PL1, SIMULA, APL).

Comme il est hors de question de privilégier les matières scientifiques par rapport aux matières littéraires, cette possibilité de traitement est indispensable.

2. 1. 1. 4. Un langage algorithmique

Le langage à retenir devra être assez puissant pour exprimer des algorithmes de façon claire et concise.

Par exemple l'addition de deux vecteurs, ou la recherche du plus grand élément d'une liste devraient pouvoir s'écrire en une seule ligne. On distingue nettement de ce point de vue trois générations de langages de programmation :

1ère génération : (FORTRAN, COBOL, etc ...), il faut plusieurs lignes de programme :

```
X = A (1)
DØ 1 I = 1, IMAX
1 IF (X. LT. A (1)) X =A(1)
```

2ème génération (BASIC, ALGOL, etc...), une seule ligne suffit, mais le principe est le même :

```
X = 1 ; FØR I = 1 TØ IMAX DØ X = MAX (X, A(1)).
```

3ème génération : (APL)

```
X ←—— F/ A
```

2. 1. 1. 5. Un langage unique.

Quand on connaît la multiplicité des variantes d'un même langage selon les constructeurs, on comprend les difficultés qui se présentent lorsqu'il s'agit de communiquer des programmes écrits sur des machines différentes.

.../...

Chaque constructeur veut apporter à FORTRAN ou à COBOL ce qu'il considère comme une amélioration, et comme chacun a sa propre conception, les améliorations sont incompatibles entre elles.

Pour remédier à cet état de choses, au moins en ce qui la concerne, l'Education Nationale, qui ne veut pas pour autant se lier avec un seul constructeur, a décidé de définir elle-même le langage que les élèves du second degré utiliseront, +

+ Cette attitude est analogue à celle de la marine américaine, qui a adopté depuis longtemps son propre langage de programmation, qui est tenue et n'a pu que s'en féliciter (JOVIAL)

Chaque constructeur veut apporter à FORTRAN ou à COBOL ce qu'il considère comme une amélioration, et comme chacun a sa propre conception, les améliorations sont incompatibles entre elles.

Pour remédier à cet état de choses, au moins en ce qui la concerne, l'Education Nationale, qui ne veut pas pour autant se lier avec un seul constructeur, a décidé de définir elle-même le langage que les élèves du second degré utiliseront, +

+ Cette attitude est analogue à celle de la marine américaine, qui a adopté depuis longtemps son propre langage de programmation, qui est tenue et n'a pu que s'en féliciter (JOVIAL)

2.1.2. LSE et ses "concurrents"

Les langages évolués se classent par grandes familles :

- FORTRAN, FORTRAN II, FORTRAN IV, SUPERFORTRAN
- ALGOL, ALGOL W, ALGOL 68, SIMULA
- COBOL, PL 1
- BASIC, X BASIC, SUPERBASIC
- APL
- LSD, LSE.

Le langage LSE est le seul à vraiment répondre aux objectifs de qualité définis plus haut, surtout si l'on tient compte de son faible encombrement relatif en mémoire centrale et en mémoire auxiliaire qui a une incidence directe sur le coût des matériels correspondants.

LSE (langage symbolique d'enseignement) est dérivé de LSD (langage symbolique didactique). Il est plus récent que ses "concurrents" actuellement connus, il tient donc le plus grand compte de l'expérience accumulée en matière de langages conversationnels. Le tableau ci-après le compare à deux langages de qualité comparable : SUPERFORTRAN, déjà ancien mais bien rodé, et APL, langage complètement nouveau et révolutionnaire, que ses auteurs FALKOFF et IVERSON auraient voulu voir retenu comme langage pour l'enseignement des mathématiques. On voit que par rapport aux critères retenus, LSE paraît le meilleur langage. La comparaison a porté uniquement sur les propriétés intrinsèques des langages plutôt que sur leurs performances quantitatives, qui sont liées à une technologie ou à une configuration des matériels, ou sur leurs coûts respectifs.

Comparaison de LSE et des principaux langages conversationnels,

langage	SUPERFORTRAN	APL	LSE
ordinateur support	X DS 940 PDP 10	IBM 360	T. 1 600 MITRA 15
terminaux	standards	IBM avec boule APL	standards
Système de fichiers	oui	option	oui
mémoire dynamique	non	oui	oui
conversationnel	oui	oui	oui
incrémental	non	oui	non
langue de base	anglais	aucune	français
chaînes de caractères	oui	oui	oui
opérations sur chaînes	oui	oui	oui
tableaux de nombres.	oui	oui	oui
tableaux de chaînes	oui	oui	non
opérations sur tableaux	non	oui	non
variables logiques	oui	non	non
procédures récursives	non	oui	oui
paramètres formels par nom	non	non	oui
procédures formelles	non	non	oui
instructions de boucle	oui	non	oui
étiquettes symboliques	oui	oui	non
renumérotation automatique.	oui	non	non

2. 1.3. Les performances minimales

Chaque langage possède ses qualités intrinsèques, il peut être défini ex abstracto, sans référence à une machine donnée.

Lorsqu'on en réalise l'implémentation, c'est à dire que l'on organise une configuration de matériels de façon à permettre l'utilisation pratique de ce langage, on se heurte à des limitations de toutes sortes dues au fait que ces matériels ont des dimensions et des performances non infinies. Ces contraintes conduisent à des arbitrages et à des limitations qui apparaissent finalement à l'utilisateur citons-en quelques-unes :

largeur maximum d'une ligne =	80 caractères
vitesse d'écriture	+ de 30 caractères/seconde
nombre de numéros de lignes possibles	256
nombre maximum d'indices dans un tableau	2
longueur maximum d'un identifieur	5 caractères
plus grand nombre représentable	10 ³⁰
longueur maximum d'une chaîne	(?) caractères.
;;; etc...	

Enfin les performances synthétiques suivantes sont particulièrement intéressantes

- vitesse moyenne de compilation (en lignes/seconde)
- vitesse moyenne d'exécution (en lignes/seconde)
- longueur maximum d'un programme (en lignes)
- capacité de stockage dans les fichiers (en caractères).

En l'absence d'estimations plus précises, les performances minimales suivantes ont paru intéressantes :

- possibilité d'écrire, de compiler, puis d'exécuter un programme d'une quarantaine de lignes, ces lignes étant de longueur et de complexité moyennes.
- possibilité de stocker en mémoire auxiliaire l'équivalent de cinquante fois le texte de ce programme.

Les performances en matière de vitesse de fonctionnement ne semblent pas

.../...

critiques à première vue, la rapidité de fonctionnement de l'ordinateur étant sans commune mesure avec celle des utilisateurs, surtout s'il s'agit de débutants.

Il est possible que certaines des limitations établies apparaissent à l'usage être trop sévères. Il faudrait alors se garder d'en rejeter la responsabilité sur le software, mais plutôt examiner si une extension hardware ne permet pas, pour un coût raisonnable, d'améliorer sensiblement les caractéristiques jugées insuffisantes.

2-2 LE MATERIEL

2.2.1. Principes du choix.

L'ordinateur choisi doit :

- être le moins coûteux possible par élève x heure,
- permettre un travail en temps réel; c'est-à-dire que l'élève, devant son terminal doit avoir l'impression que l'ordinateur travaille pour lui seul, en dialogue, sans temps de réponse excessif (Le langage LSE a été créé conversationnel à cet effet). Cette exigence impose en pratique l'emploi du temps partagé qui permet à plusieurs terminaux de dialoguer simultanément avec l'ordinateur,
- pouvoir compiler et exécuter des programmes d'une complexité suffisante.
- pouvoir stocker sur mémoire auxiliaire une vaste bibliothèque de programmes et de données.
- durer une dizaine d'années au moins avant de se démoder.

Ces premières contraintes limitent le choix à celui de mini-ordinateurs de conception très moderne. Seuls ces derniers permettent en effet, pour un coût peu élevé, de disposer d'un système puissant d'interruptions hiérarchisées permettant un temps partagé efficace, et d'un système d'adressage et de verrous de lecture-écriture très sophistiqués capables d'interdire les interférences entre utilisateurs. Les ordinateurs retenus, T 1600 et MITRA 15, permettent de relier 8 à 16 visualisations alphanumériques dans une configuration de temps partagé très efficace. Mais il est certain qu'un gros ordinateur central, commandant 100 terminaux répartis dans les établissements d'une ville, présenterait des avantages supplémentaires fort intéressants:

- possibilités de traitement supérieures
- possibilités de grosses mémoires auxiliaires (bandes, tambours)
- imprimante rapide,
- lecteurs-perforateurs de cartes,
- implémentation d'autres langages ...

Ces matériels supplémentaires, justifiés par l'importance du matériel de base et du travail à fournir, permettraient en outre d'envisager une utilisation plus rationnelle de l'ordinateur pendant les temps morts scolaires (nuits, vacances) : gestion administrative, par exemple, ou location à des industriels ...

Mais le prix total de tels systèmes est encore trop élevé et le caractère expérimental des premiers achats ne justifiait pas de si lourds investissements. La question méritera un nouvel examen dans les années à venir.

Le choix de périphériques est aussi limité par des considérations financières.

- mémoire auxiliaire : le moyen de stockage le moins cher pour nos besoins est le disque à têtes fixes. Il présente l'avantage supplémentaire d'un meilleur temps d'accès (10 ms en moyenne pour le disque SAGEM choisi).

Son principal inconvénient vient de sa capacité limitée.

Aussi le disque pourrait-il être heureusement complété par un dérouleur de cassettes magnétiques. Si chaque groupe d'élèves pouvait avoir sa propre cassette, les problèmes d'interférence et d'encombrement en mémoire secondaire seraient résolus. Il deviendrait aussi très facile de diffuser et de stocker des bibliothèques de programmes complexes élaborés par un centre national spécialisé. Les constructeurs ne semblant pas encore tout-à-fait à l'aise dans cette technique et n'offrant rien de satisfaisant pour des prix inférieurs à 10 000 F par dérouleur, l'option n'a pas été retenue pour les quatre premières expériences. Elle méritera d'être sérieusement examinée dans la phase ultérieure.

- entrées-sorties manuelles :

. Les cartes perforées sont éliminées, étant beaucoup trop chères (lecteur + perforateur + prix des cartes).

. Le ruban perforé devient la seule mémoire de stockage possible pour l'élève si la capacité du disque est insuffisante. IL permet de diffuser les programmes d'un lycée à l'autre en l'absence de dérouleurs de cassettes. Fallait-il un lecteur de ruban rapide ? Il est apparu que cet appareil fragile et coûteux (36 900 F) servirait très peu puisque d'une part le disque aura, on l'espère, la capacité suffisante pour stocker la majorité des travaux d'élèves et que, d'autre part, le système software de base, gardé dans une zone protégée du disque, pourra être rechargé directement en mémoire principale à partir du pupitre de commande. On s'est donc contenté d'un lecteur-perforateur à 10 caractères par seconde, du type ASR 33, qui permet d'obtenir en même temps une trace écrite.

. Clavier. Etant donné la faible longueur moyenne des programmes d'élèves, et le caractère conversationnel de leurs exercices, le moyen d'entrée privilégié reste l'accès direct par clavier.

. Téléimprimeurs ou console de visualisation ?

Parmi les téléimprimeurs, seul le télétpe ASR 33 est envisageable (de nouveaux constructeurs semblent toutefois décidés à attaquer ce marché incessamment). Il présente l'avantage de laisser une trace papier et de faciliter l'adjonction d'un lecteur-perforateur de ruban bon marché. Ses inconvénients sont d'être :

- très bruyant
- peu fiable
- lent.

Les consoles de visualisation, de conception entièrement électronique, sont silencieuses, fiables et rapides (50 caractères par seconde, la vitesse de lecture humaine ne dépassant pas 30 c/s), pour un prix à peine supérieur. Leur inconvénient est ne pas autoriser de trace papier ni ruban sans adjonction de dispositifs coûteux, du type "hard-copy". Parmi les options proposées pour la console alphanumérique retenue, on a choisi la surface maximum (24 lignes de 80 caractères) pour permettre à l'élève de dérouler son programme et travailler à son aise.

Des essais n'ont pas révélé de difficulté spéciale due à l'absence de trace écrite. Il paraît d'ailleurs souhaitable d'habituer les élèves à se passer d'un papier dont l'inflation ne cesse de poser des problèmes de plus en plus préoccupants, sans compter qu'il est formateur de réfléchir avant d'écrire (limitation du brouillon dans certains examens). Il reste quand même nécessaire de lister quelques programmes et résultats à la fin de la séance. Pour ce faire, une fois retenu l'option des consoles de visualisation, on peut utiliser soit un système de hard-copy, soit une imprimante plus ou moins rapide soit un simple télétype de service. C'est cette dernière solution qui a été retenue, car elle combine les fonctions d'imprimante, de lecteur et de perforateur de ruban et donne au maître responsable de séance un outil pour contrôler l'activité de ses élèves. Il y a plusieurs façons techniques d'intégrer le terminal de service à l'ensemble de la configuration. La plus facile consiste à le mettre "hors temps-partagé", c'est-à-dire que la production d'un listing interrompra simultanément le travail sur toutes les consoles, durant la durée d'utilisation du terminal de service. Une autre possibilité consisterait à mettre tous les terminaux à égalité de temps partagé, ce qui donne l'apparence d'une impression continue, bien que la quantité totale de travail fournie par la configuration ne soit pas supérieure. Si l'on calcule, dans la première solution, le temps nécessaire pour imprimer 8 programmes de 15 lignes de 40 caractères, correspondant grossièrement au travail moyen d'une séance, on trouve 8 minutes d'immobilisation des consoles pour deux heures de séance, ce qui ne paraît pas excessif.

Mais seule l'expérience, en définitive, pourra confirmer que les gens se contentent de consoles de visualisation pour élaborer leurs programmes et que la trace écrite fournie par un seul télétype suffit à leurs besoins.

2.2.2. La configuration choisie.

La consultation lancée par l'Education Nationale en 1970/1971 auprès des principaux fabricants d'ordinateurs, a révélé que seules la CII et TELEMECANIQUE se trouvaient en mesure de répondre à son appel. Afin de préserver un minimum de compétition, les deux constructeurs ont été retenus, pour la phase expérimentale tout au moins, qui permettra de juger de leurs capacités respectives. Bien entendu l'Education Nationale tiendra compte des nouveaux concurrents qui pourraient éventuellement proposer un matériel moins cher assurant les mêmes fonctions. Pour la phase expérimentale, CII livrera deux MITRA 15 et TELEMECANIQUE deux T 1600. La configuration "extérieure" imposée aux deux sociétés est identique, liberté leur étant laissée de résoudre à leur guise les problèmes techniques correspondants, ce qui créera quelques différences entre les matériels (l'Education Nationale a l'attitude d'un client et non celle d'un technicien, dont elle ne saurait d'ailleurs prétendre avoir la compétence). Cette configuration "extérieure" est la suivante :

- un mini-ordinateur de type MITRA 15 ou T 1600
- un télétype ASR 33 de service, à la disposition du professeur
- une mémoire auxiliaire constituée par un disque à têtes fixes de faible capacité
- un ensemble de huit consoles de visualisation SINTRA type TTE, extensible ultérieurement à seize.

.../...

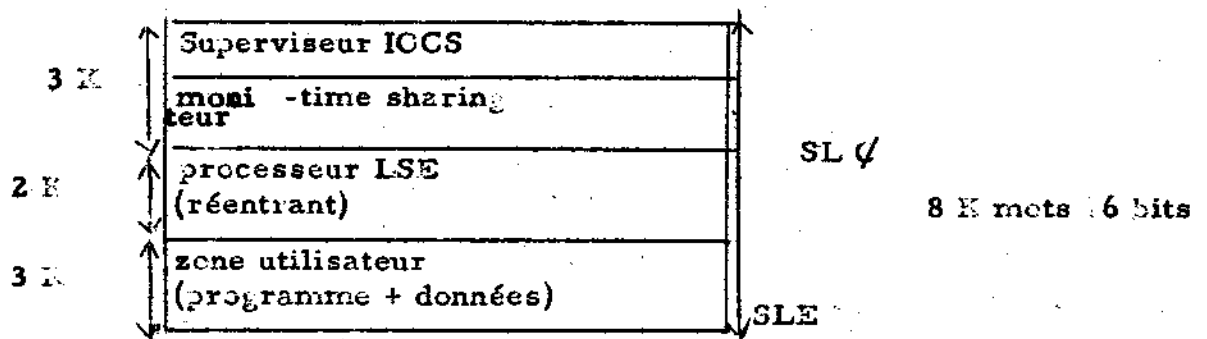
Les mémoires.

Les capacités des mémoires principales et secondaires doivent permettre de compiler, d'exécuter un programme typique écrit en langage LSE et défini dans le marché et de stocker ce programme en un nombre N d'exemplaires également stipulé dans le marché ($N = 50$ et longueur du programme = 40 lignes moyennes LSE). Pour atteindre ces résultats, TELEMECANIQUE utilise 8 K mots de 16 bits et un disque SAGEM MS 300 de 256 K octets. Sur les 8 K mots, environ 3 K mots de zone données seront alloués à chaque utilisateur, autorisant ainsi des programmes de 20 lignes à peu près.

L'implantation définie ci-dessous devrait être particulièrement efficace, compte-tenu des points suivants :

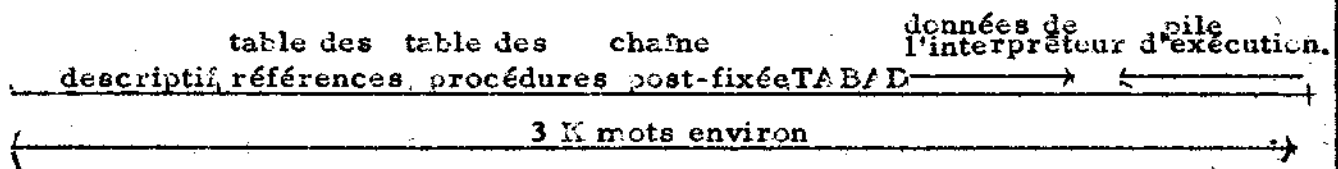
- les fonctions moniteur sont microprogrammées
- seule la dernière zone de 3 K mots "données" doit être "swappée" lors d'un changement d'utilisateur.

Structure de la mémoire centrale du T 1600 :



extension possible de la zone utilisateur.

Structure de la zone utilisateur :
(toutes les sous-zones sont dynamiques)



La CII espère satisfaire les mêmes conditions du marché, en utilisant seulement 4 K mots de 16 bits en mémoire centrale et 200 à 400 K octets sur disque SAGEM. L'économie de matériel réalisée par rapport à la solution TELEMECANIQUE impose une étude d'implantation extrêmement poussée, qui présente les caractères d'une véritable prouesse technique, mais l'équipe de l'Ecole Supérieure d'Electricité chargée de réaliser le software LSE a bon espoir de gagner le pari.

.../...

Les consoles de visualisation.

32 consoles de visualisation seront fournies par la société SINTRA, ce constructeur étant apparu le seul susceptible de répondre à notre besoin. La console choisie est du type TTE, avec écran de capacité maximum (2000 caractères soit 24 lignes de 80 caractères), sans dispositif de hard-copy. C'est un poste téléviseur portable classique relié par câble vidéo à un socle SINTRA. L'appareil peut fonctionner en mode local et en liaison avec l'ordinateur et peut même, sans aucune transformation, recevoir les émissions de télévision en provenance d'un circuit intérieur ou du réseau national (R T S). La qualité optique de l'écran est très bonne et le produit dans son ensemble paraît satisfaisant. Toutefois quelques défauts "de jeunesse" sont apparus sur les prototypes : fragilité du clavier (préoccupante en milieu scolaire), tendance au blocage des touches et à la répétition des symboles sur l'écran, instabilité de l'image.

SINTRA propose quatre dispositifs d'interface pour ses consoles TTE :

- interface standard type téléphonique
- interface standard type télégraphique
- interface spécial SINTRA
- interface parallèle.

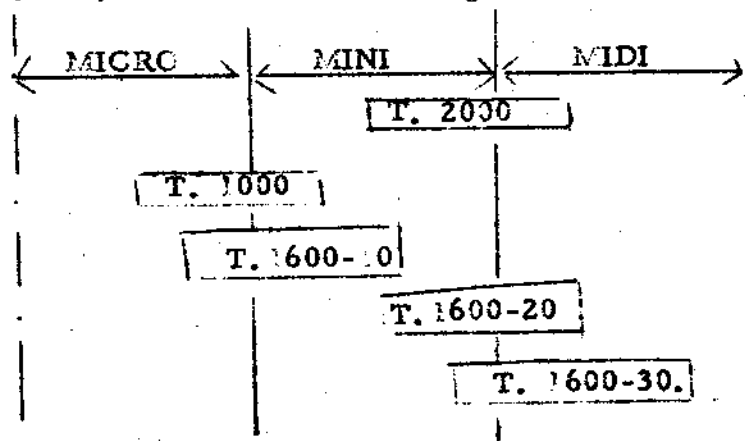
Le raccordement choisi est du type téléphonique (norme V 24, CCITT).

La téléscriptrice de service est un télétype ASR 33 normal, destiné à être la console du maître.

2.2.3. Principales caractéristiques techniques des deux mini-ordinateurs

Le T 600 de TELEMÉCANIQUE

- origine : après son premier ordinateur MAT 01, qui lui a permis de s'initier aux problèmes de l'Informatique, la TELEMÉCANIQUE a conçu le T 2000, présenté au SICOB 969, destiné à des applications d'automatisme industriel, de contrôle de processus ..., et dont le prix des configurations variait de 150 MF Francs à 200 MF Francs. Puis vint le T 1000, calculateur compatible, avec une gamme de prix de 40 MF à 50 MF. Mais la gamme T 1000 - T2 000, avec ses mots de 20 bits, se prêtant mal aux nouvelles applications, comme la téléinformatique ou l'enseignement, TELEMÉCANIQUE décida de lancer une nouvelle gamme T 1600 qui, avec ses trois modèles compatibles T 1600-10, T 1600-20 et T 1600-30 devait couvrir la gamme des micro-, mini- et midi-calculateurs, conformément au diagramme ci-dessous :



21

- description sommaire : Le T 1600 est destiné à des applications variées : téléinformatique, saisie de données, instrumentation, enseignement. Sa conception très modulaire en rend la maintenance aisée et rapide. C'est un calculateur de type ABX, à mots de 6 bits, à mémoire paginable. Sa capacité maximum est de 64 K mots. Il possède un jeu de 106 instructions, sur bit, sur octet, sur mot ou sur chaîne de caractères et 8 niveaux d'interruption hiérarchisés. Les 2 registres de base sont sauvegardés automatiquement lors des interruptions. Le T 1600 est l'un des seuls calculateurs dont les fonctions essentielles du moniteur soient microprogrammées. Il possède 6 instructions sur sémaphores, permettant le parallélisme, avec possibilité de connecter deux unités de traitement. L'existence d'une base SLO traitée par hardware rend la translation des programmes automatique et le verrouillage de la zone utilisateur par les registres SLO et SLE protège le système contre ses sous-tâches qui travaillent en mode esclave. La construction du calculateur s'effectue sur des modules standardisés par TELEMECANIQUE. L'unité centrale consomme 1/2 KVA et comporte 6 ventilateurs.

Les périphériques qui peuvent être connectés sont nombreux et variés :

- disque SAGEM de 28 K mots à 1 M mots avec cadence de transfert de 100 K mots /seconde.

- dérouleur de bande 40 K mots /sec.
- lecteur de ruban à 120 car./s.
- lecteur de cartes à 400 cartes/minute.
- imprimante LOGABAX
- etc...

Le software TELEMECANIQUE se veut extensible. Il comprend essentiellement sur T 1600 :

- un simulateur de T 1600 sur IBM 360, qui permet d'élaborer l'ensemble du software,

- IOCS : moniteur d'entrée-sortie de 500 instructions adaptables, incrémentable. (on peut y adjoindre de nouvelles fonctions) et réentrant.

- BOS : moniteur conversationnel de monoprogrammation.

- ASM : assembleur à une passe, conversationnel.

- EDITEK; éditeur de texte adapté de T 2 000.

- AID : aide à la mise au point.

- FORTRAN IV : en préparation.

Le software est encore réduit mais il est de qualité. Il s'étendra en fonction des demandes.

Le MITRA 15 de la CII

Les domaines d'application de MITRA 15 sont identiques à ceux de T 1600. La mémoire principale est composée de blocs de 4 K mots de 6 bits, le nombre maximum de blocs étant 8. Autour de cette mémoire s'organisent de 1 à 4 unités de traitement microprogrammées par des mémoires ROM, et pouvant servir d'unités centrales, d'unités d'échange ou d'unités spécialement

.../...

adaptées à des besoins particuliers. Chaque unité peut être connectée à une gamme complète de périphériques par un minibus propre. Le modèle MITRA 5/20 dispose d'un jeu de 77 instructions sur octet, sur mot, sur double-mot et sur chaînes de caractères et de 32 niveaux d'interruption prioritaires. Le groupe des 16 registres rapides est extensible à 64 par modules de 6.

Les périphériques de base sont nombreux :

- téléscriptrice de service ASR 33,
- lecteur de ruban rapide 300 car/sec,
- perforateur de ruban 60 car/s,
- lecteur - enregistreur de mini-cassettes,
- imprimante
- poste de visualisation alphanumérique,
- lignes d'entrées ou sorties numériques de 6 bits,
- entrées de comptage ; horloge temps réel,
- entrées analogiques,
- disque à têtes fixes ; temps d'accès moyen 10 ms ; cadence de transfert 50 K octets/seconde ; capacité 100 K octets à 600 K octets.

Le software présente deux versions, suivant qu'on dispose ou non d'un disque rapide : le système résident et le système disque.

- Le système résident fournit deux moniteurs (MCE, moniteur de base et MTR, moniteur de temps réel), des assembleurs MITRA/S et LP 5, des compilateurs BASIC et FORTRAN IV et un macro-générateur.

- Le système disque comprend un moniteur temps réel disque (MTRD), des processeurs du système résident, un bibliothécaire et un module d'enchaînement.

Le software comprend en outre des programmes d'aide à la mise au point, une bibliothèque de programmes mathématiques et un système de gestion de fichiers.

Des simulateurs existent sur CII 10 070, IRIS 50, IRIS 80, IBM 360 ...

A titre indicatif, un compilateur FORTRAN IV nécessite une mémoire principale de 16 K mots en système résident et 2 K mots en système disque. Il faut 8 K mots pour BASIC dans les deux systèmes.

2.2.4. Le système BAMI

La société PHILIPS a conçu un système en temps partagé destiné à l'enseignement. Ce système, BAMI, se compose des éléments suivants :

- Configuration-Hardware :
 - . Un ordinateur P 9205 (ancien HONEYWELL 316), à mémoire de 16 K mots de 16 bits,
 - . Huit terminaux ASR 33 silencieux,
 - . Un lecteur rapide de ruban.
- Software :
 - . L'ensemble du software de base (Moniteur, "paqueur", compilateur, bibliothèque ...) tient dans 8 K mots environ.

. Comme il n'existe pas de disque, il reste 2 K mots pour les utilisateurs, qui peuvent se les répartir à volonté, en début de séance.

En moyenne un terminal dispose ainsi de 32 K mots, correspondant à un programme d'environ 100 lignes en Basic. Le traitement s'effectue en temps partagé, avec un temps d'attente infime.

BASIC

- . Le langage de programmation est une version française du BASIC
- . Les chaînes de caractères ne peuvent pas être manipulées.
- . Il existe une riche gamme de fonctions de matrices (additions, multiplications, inversions, transpositions).
- . Un terminal peut servir de machine de bureau.
- . Tous les terminaux peuvent être "connectés" sur le même programme (intérêt pour l'enseignement programmé).

- Extensions

- . La mémoire est extensible, par modules de 4 K mots, de 2 K mots à 32 K mots.
- . Le nombre de terminaux est extensible à 6.
- . Des bandes et des disques peuvent être connectés, mais le EAMI ne permet pas de les exploiter.

- En conclusion

A part le fait d'exister et de fonctionner à peu près correctement le système EAMI présente des inconvénients majeurs en regard des objectifs de l'Education Nationale :

- Il n'est pas compatible avec le langage LSE
- L'absence de disque limite la longueur des programmes, interdit la création et la manipulation de fichiers, de bibliothèques, de dictionnaires d'accès facile.

.../...

2. 3. La mise en oeuvre.

2. 3. 1. La mise au point

Si l'implantation de l'informatique dans les établissements secondaires a été l'occasion de définir un langage nouveau et spécifique, elle va permettre également l'essai de nouveaux matériels. On peut dire que le problème est à deux inconnues : hardware + software, et que les deux recherches se sont développées en parallèle.

2. 3. 1. 1. Software

Le langage LSE est dérivé du langage LSD, auquel ont été ajoutés :

- les opérations sur chaînes de caractères
- une gestion de fichiers un peu plus sophistiquée.

Le langage LSD est opérationnel à l'Ecole Supérieure d'Electricité et il y fonctionne depuis plusieurs années à la satisfaction générale. Ce langage a été conçu dans un but pédagogique.

Des problèmes techniques difficiles se posent si la mémoire centrale ne compte que 4 K mots de 16 bits. En particulier, la zone disponible pour l'utilisateur est faible par rapport à celle qui est occupée par le système dans la mémoire centrale. Ces problèmes semblent avoir été résolus de façon satisfaisante.

Les études du software LSE ont commencé avant que les matériels correspondants aient été réalisés, ou même parfaitement définis. Ces études ont pu se développer au départ à l'aide de simulateurs. Un simulateur de MITRA 15 a été réalisé sur CII 10 070 tandis que le calculateur T 1600 était simulé sur IBM 360.

Ces simulateurs, qui sont par ailleurs indispensables, présentent l'inconvénient de ne pas représenter certaines fonctions de la machine simulée, comme les protections mémoire ou les systèmes d'interruption hiérarchisés. En outre, ils sont impropres à simuler un fonctionnement conversationnel multi-console, ce qui rend malaisée la mise au point complète d'un système d'exploitation en temps partagé.

Dans la version C.I.I., les ingénieurs du software ont choisi d'écrire un système fermé où LSE possède son propre système d'exploitation, tandis que Télémécanique envisage d'utiliser un moniteur standard, et de rester ainsi éventuellement ouvert à d'autres langages de programmation.

2. 3. 1. 2. Hardware.

Le problème hardware ne peut pas vraiment se dissocier de celui du software. Alors que la réalisation du software constitue un (important) coût fixe, la diffusion en grande série à l'échelle de l'Education Nationale présentera un coût variable beaucoup plus grand.

Ceci conduit naturellement à rechercher une configuration de coût minimum, quitte à payer un surprix pour le software.

La recherche systématique du prix minimum pour chacun des composants hardware a permis de tirer parti de la concurrence. En revanche, les constructeurs modulent leurs prix en fonction d'une part de leur politique industrielle d'autre part de leurs capacités, le résultat de la démarche de l'Administration ne pouvait être qu'une configuration hétérogène qui emprunte à chaque constructeur ce qu'il a de meilleur.

Comment rassembler :

- une unité centrale CII ou TELEMÉCANIQUE
- un disque SAGEM à têtes fixes
- des consoles de visualisation SINTRA ?

Les formules d'association ont varié, mais reposent essentiellement sur la bonne volonté mutuelle des parties prenantes. Le raccordement du disque à têtes fixes nécessite pratiquement une mise au catalogue du constructeur principal, tant sont délicates les interconnexions. Par contre il existe un interface téléphonique (norme V24 du CCITT) parfaitement banalisé qui rend facile le raccordement de n'importe quel terminal de modèle courant.

Quoi qu'il en soit, l'intégration complète de tous ces matériels pour former une entité opérationnelle est toujours un événement important, qui vient consacrer l'aboutissement des efforts.

2. 3. 2. Les marchés d'achat et de maintenance

Il a été reproché à l'Administration de pratiquer trop souvent la location et trop rarement l'achat de ses équipements informatiques. Comme la valeur d'achat équivaut en général à 40 mois de location et que les locations durent souvent plus de quatre ans, cette habitude peut paraître à première vue ruineuse pour les deniers publics. Il est possible que cette tendance ait pu être parfois encouragée par la fait, simple jeu d'écritures budgétaires, que les crédits d'équipement étaient plus sévèrement contrôlés et rationnés que les crédits de fonctionnement. S'il est certain que l'achat pur et simple n'aurait pas de sens pour les grosses configurations, qui doivent être fréquemment remodelées ou même remplacées pour faire face à l'évolution des techniques et des besoins, il est évident aussi que pour les petits matériels, beaucoup moins évolutifs, la location n'était pas économiquement justifiée.

C'est cette dernière considération qui, nonobstant le caractère très expérimental de l'opération, a entraîné la décision d'acheter plutôt que de louer des équipements dont la valeur unitaire n'est que de 300 000 F environ.

Description des matériels proposés.

Constructeur Principal	C. I. I.	TELEMECANIQUE.
Unité centrale	MITRÆ 1520	T 1600 - 10
Mémoire ferrite	4096 X 16 bits	8 192 X 16 bits
disque à têtes fixes	SAGEM 200 Koctets	SAGEM MS 400 256 K octets
téléimprimeur de service	ASR 33	ASR 33
visualisation	8 X SINTRA TTE	8 X SINTRA TTE
Prix TTC d'une installation	316 983, 30 F	350 000 F
Redevance annuelle de maintenance	12 X 2 127, 90 F	22 881 F

.../...

2. 3.3. Les premières implantations,

Des stages de formation à l'informatique d'enseignants du 2e degré, mis en place au début de l'année 1970-1971, ont été poursuivis en 1971-1972 et en 1972-1973. Deux types de formation sont pratiqués concurremment :

- une formation légère par correspondance dispensée par le CNTE sous la forme d'un cours spécialement rédigé pour les professeurs et complété par des stages pratiques de courte durée dans des centres de calcul scolaires et universitaires,

- une formation "approfondie" dans des établissements universitaires de Nancy, Grenoble, Toulouse et de la région parisienne. Cette formation s'adresse à une centaine d'enseignants (20 dans chaque centre de province, et 40 dans la région parisienne).

Le but du stage n'est pas de former des professeurs d'informatique. L'année de stage est consacrée d'une part, à l'acquisition des connaissances de base indispensables, d'autre part à un effort de réflexion sur les méthodes et les contenus pédagogiques, permettant d'introduire l'informatique dans les différentes disciplines de l'enseignement secondaire,

En outre, et afin de lui donner sa pleine efficacité, cette action est prolongée par :

- des travaux de recherche, en liaison avec l'Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogique.

- la sensibilisation des enseignants visant à diffuser au maximum l'informatique en constituant dans les établissements des équipes composées en particulier de professeurs ayant suivi le cours par correspondance :

Initialement prévue pour la rentrée 1971, la livraison des premiers matériels a dû être repoussée à plusieurs reprises à cause du retard pris par les constructeurs.

Selon les dernières estimations connues, les premières livraisons pourront avoir lieu à la rentrée 1972. Seuls, deux constructeurs français, CII et TELEMECANIQUE, ont été en mesure de faire à l'Administration des propositions conformes aux objectifs.

Comme les produits proposés n'existent pas encore dans leur version définitive, une comparaison objective directe n'est pas possible pour l'instant.

Le système TELEMECANIQUE est certes un peu plus cher, mais la mémoire centrale est de 8K mots de 16 bits, alors que celle du système C I I n'est que de 4 K mots de 16 bits. Un choix immédiat entre les deux solutions

étant impossible, il a paru intéressant de pouvoir en évaluer expérimentalement les performances comparées.

L'Administration a donc décidé l'achat pour la rentrée 1972 de deux systèmes CII et de deux systèmes TELEMÉCANIQUE.

Compte-tenu de la localisation des quatre centres de formation à l'Informatique des professeurs du second degré ainsi que des préférences émises par les constructeurs, les systèmes seront affectés comme suit :

CII : (- la Celle Saint-Cloud
(- Nancy

TELEMÉCANIQUE : (- Grenoble
(- Toulouse.

Dans chaque cas, l'Administration a retenu le lycée dans lequel il sera possible d'affecter dès la rentrée un maximum d'enseignants ayant reçu une formation en Informatique.

3 - LES PREMIERES EXPERIENCES

3.1. Les travaux de l'Ecole Supérieure d'Electricité.

Le Centre de calcul de l'Ecole Supérieure d'Electricité a développé lui-même un système en temps partagé pour ses besoins propres. Ce système permet l'utilisation simultanée d'un même ordinateur CII 10 070, à partir de plusieurs consoles de type télétype et à travers un mini-ordinateur satellite Hewlett-Packard-

Le software est composé d'un ensemble de modules qui analysent et interprètent les commandes des utilisateurs, stockent les programmes et en permettent l'exécution par tranches de temps allouées alternativement aux divers utilisateurs.

Le langage de programmation utilisé est le langage L. S. D. (Langage Symbolique Didactique). Ce langage original dont la conception s'apparente au langage BASIC pour sa structure simple, sa rapidité d'écriture, sa souplesse d'utilisation et qui a emprunté au langage / LGOL une partie de sa puissance algorithmique permet aux élèves de l'Ecole Supérieure d'Electricité de s'initier rapidement à l'Informatique et de réaliser de petits programmes de calcul numérique immédiatement utilisables.

Ce système fonctionne depuis plus d'un an à la satisfaction générale des utilisateurs, avec une fiabilité exceptionnelle qui permet de le ranger dans la catégorie des produits "industriels". Les seuls problèmes actuels sont liés au matériel. Afin de dégager le CII 10 070 pour les autres applications, le langage LSD n'est disponible que pendant de rares heures de la journée au moment du repas (2 H à 4 H). En outre, la capacité de stockage en mémoire est nécessairement limitée, de sorte que des règles strictes d'utilisation de la "programmathèque" ont dû être édictées:

- les noms de programmes sont banalisés : chaque utilisateur a librement accès au pool de programmes et doit éviter de détériorer les programmes des autres.

- un utilisateur doit s'abstenir de garer dans la programmathèque plus de 1 ou 2 programmes, pour éviter de saturer celle-ci, qui ne peut contenir plus de 94 programmes.

- pour éviter^{que} des programmes inutilisés ne traînent dans la programmathèque, un système de comptage de temps est installé, qui efface automatiquement tout programme non utilisé au bout d'un certain délai, fixé provisoirement à 10 jours ouvrables.

Seule, la dernière de ces règles est appliquée automatiquement par la machine, le respect des autres reposant sur la bonne volonté des utilisateurs et sur la vigilance de l'ingénieur responsable du système.

Les qualités du système L. S. D. =

- langage de type BASIC permettant un apprentissage simple et la mise au point rapide des programmes.

- langage à base de français,

.../...

- haute fiabilité du software

- économie de moyens,

- système éprouvé en milieu universitaire,

paraissent en faire un système particulièrement adapté aux besoins spécifiques de la sensibilisation des élèves du second cycle du second degré. Toutefois, en vue de cette nouvelle application, quelques lacunes pouvaient être notées :

a) le langage ayant été conçu initialement pour des applications de type scientifique, ne se prêtait pas du tout aux applications de type littéraire, ce qui était éliminatoire.

b) la gestion de la programmation était réduite à sa plus simple expression. Comme son nom l'indique, on ne pouvait y gérer que des programmes, et non des fichiers de données. En outre, il n'existait aucune protection mutuelle des programmes rangés par des utilisateurs différents.

c) les messages émis par l'ordinateur (notamment les messages d'erreur) étaient le plus souvent érotiques = une lettre suivie d'un nombre. Cette extrême concision ne posait aucun problème aux ingénieurs-élèves de l'Ecole Supérieure d'Electricité. Elle en poserait à des débutants plus jeunes, qui commettent beaucoup d'erreurs, et risquerait de gâcher le dialogue élève-ordinateur par la consultation incessante d'une table de traduction.

Le point a) a été résolu de façon radicale, par la définition d'un langage nouveau baptisé L. S. E. (langage symbolique d'enseignement) - Ce langage s'appuie sur le langage L. S. D. et sur l'expérience acquise au cours de son exploitation. Il s'en distingue surtout par un certain nombre d'extensions :

- déclaration et utilisation de chaînes de caractères
- récursivité des procédures
- possibilité de sortie extraordinaire d'une procédure (RETOUR

EN ...)

- contrôle des boucles (instruction FAIRE)
- instructions de rangement et de chargement sur des fichiers
- possibilité d'exécuter en chaîne plusieurs programmes séparés

Le point b) est en voie de résolution, au moins partielle. Il a nécessité la création "ex-nihilo" d'un langage de commande. Pour être absolument complet et pourvu des sécurités nécessaires, le système de gestion de bibliothèque devrait être assez encombrant. Cette gestion est notamment rendue très lourde par l'inexistence en L. S. E. des instructions explicites d'ouverture et de fermeture des fichiers.

Le point c) dont la solution théorique ne pose aucun problème, ne sera vraisemblablement pas traité, faute de place en mémoire pour stocker le dictionnaire des messages.

La rédaction du manuel de référence du langage L. S. E., ainsi que du langage de commande associé, a fait l'objet d'un contrat passé entre l'Ecole Supérieure d'Electricité et la Délégation à l'Informatique et portant le

numéro 7 80 09. Les documents correspondants ont été publiés en octobre 1971, permettant ainsi aux équipes de software de disposer d'une année avant de livrer leur produit aux utilisateurs, à la rentrée 1972.

3. 2. L'expérience de la Celle Saint-Cloud,

Le lycée d'Etat Mixte de la Celle Saint-Cloud n'est pas très éloigné des installations de la Compagnie Internationale pour l'Informatique et beaucoup de parents d'élèves ont des occupations informatiques.

A la suite d'une visite de la C.I.I. organisée au début de 1969 pour des élèves de 1^{ère} C et quelques professeurs, les participants, vivement intéressés, ont pris l'initiative de demander pour le lycée un matériel d'initiation.

La C.I.I. a prêté un ordinateur O 0'0 en janvier 1970. Cette machine comporte, dans sa version actuelle, un lecteur rapide de ruban, un disque à têtes fixes de grande capacité et quatre terminaux ASR 33 en plus de la console maître, qui est aussi un ASR 33. Parallèlement, le Ministère avait accordé aux professeurs désignés un total de 8 heures hebdomadaires de décharge de service.

Après une année scolaire 1969-1970 de "tâtonnement expérimental", les années scolaires 1970-1971 et 1971-1972 ont vu se développer une formule d'enseignement originale qu'il est intéressant de décrire en détail.

Deux professeurs ont suivi un stage d'un an à temps plein auprès du constructeur. Une spécialiste de la C.I.I., ex-professeur, assiste à plein temps les professeurs dans les travaux pratiques. En plus de cette personne, qui est donc prêtée par la C.I.I. en même temps que le matériel, huit professeurs volontaires se consacrent à l'enseignement de l'Informatique, dont sept bénéficient d'heures de décharge. Leurs spécialités d'origine sont très diverses, puisqu'on trouve parmi eux des professeurs de mathématiques, de français, d'anglais et même de musique.

Le système d'enseignement de l'informatique a été mis au point par les professeurs eux-mêmes, avec le concours des chercheurs de l'INRDP pour le contenu pédagogique. Les élèves qui suivent cet enseignement sont tous volontaires (106 élèves de seconde et 44 élèves de première). En effet, cet enseignement vient s'ajouter au programme normal, de sorte que les séances ont dû être programmées le plus souvent à l'heure du déjeuner ou tard le soir, sans qu'il soit possible de demander aux élèves le moindre travail personnel en dehors de celles-ci.

Ces élèves retenus ont, dans le cadre de cet enseignement supplémentaire, une heure de cours "magistral" par semaine et deux heures de travaux pratiques chaque quinzaine. Les séances de travaux pratiques sont encadrées par un professeur parmi les huit volontaires, assisté de la spécialiste C.I.I. Les élèves y assistent par groupe de 12, répartis en quatre groupes de trois. Au début de la séance, un problème simple est posé collectivement. Chaque

élève en cherche séparément la solution, ce qui requiert de 20 minutes à trois quarts d'heure suivant son habileté. Ensuite les télétypes sont mis en marche (ce qui provoque un haut niveau de bruit), les élèves vont y mettre au point leurs programmes avec l'aide de l'encadrement, puis les exécutent et peuvent emporter la trace imprimée de leurs efforts.

Les professeurs engagés dans cette expérience soulignent la nécessité de maintenir un taux d'encadrement élevé. Les deux heures chaque quinzaine ne suffisent pas à familiariser les élèves avec la manipulation du matériel ainsi que du langage de programmation (ici un FORTRAN simplifié) et ils oublient presque tout d'une séance à l'autre. Les professeurs font état de l'insuffisance des décharges de service, réclament pour eux-mêmes deux heures de formation permanente par semaine auprès d'un véritable spécialiste de l'Informatique. Ils se montrent, malgré leur haut niveau sonore, très attachés aux terminaux à papier et ne sauraient imaginer de travailler avec des consoles de visualisation alphanumérique.

L'installation et l'entretien du matériel se sont révélés peu onéreux pour le budget de l'établissement. L'ensemble du matériel est contenu dans une salle de classe dont l'agencement permet encore une utilisation pédagogique normale. L'accès de cette "salle d'informatique" est strictement réglementé en raison de la valeur élevée du matériel.

A en juger par le planning, il semble que le matériel soit sous-utilisé, que ce soit à l'échelle de la journée, de la semaine ou de l'année, même en y incluant l'activité "club" des élèves de Terminale. L'utilisation n'atteint pas cent heures par mois ; cependant, les professeurs, qui se réfèrent à d'autres expériences similaires, considèrent, eux, que le taux d'utilisation de la machine est plutôt élevé.

Quoiqu'il en soit ils ont démontré, en construisant par eux-mêmes une première ébauche en vraie grandeur, que la sensibilisation des élèves du secondaire à l'Informatique est viable et, par là, ont ouvert la voie à une généralisation de cette forme d'initiation.

La CII a bien voulu prolonger le prêt du matériel jusqu'à l'été 1972. Pour la rentrée 1972, le lycée de la Celle Saint-Cloud doit recevoir l'un des quatre équipements dont le ministère a décidé l'acquisition.

.../...

3. 3 Les travaux de l'INRDP.

Dans son service des Etudes et Recherches Pédagogiques, l'Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogique a créé une section "Informatique et Enseignement", dont le rôle est de coordonner l'ensemble des travaux relatifs à l'introduction de l'Informatique dans l'Enseignement Secondaire. Cette section agit en liaison avec le Centre pour la Recherche et l'Innovation dans l'Enseignement, de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques, sous l'égide duquel ont été placés deux groupes de travail, en Sciences Physiques et en Sciences Humaines. Dans une réunion tenue du 2 au 25 juin 1971, le CERI a défini les grandes lignes à suivre pour l'organisation d'un cours d'initiation à l'Informatique. Il soulevait, en particulier, les problèmes relatifs à la nature de l'enseignement et à la formation des professeurs : faire de l'Informatique une discipline à part entière facilite la formation spécialisée de maîtres peu nombreux mais soulève de sérieuses difficultés d'emploi du temps (programmes) tout en accentuant la tendance au cloisonnement du Secondaire. Répartir l'enseignement de l'Informatique sur l'ensemble du programme d'études présente les avantages et inconvénients inverses : le cloisonnement est atténué, l'allègement des programmes est facilité, mais la formation des maîtres pose plus de problèmes.

Les travaux de l'INRDP se sont orientés vers cette seconde voie : sensibilisation à travers les disciplines. Dans cet esprit, 80 professeurs de toutes matières avaient déjà suivi un stage à plein-temps chez divers constructeurs durant l'année scolaire 1970-1971, avec mission de proposer des thèmes de projets d'études et de recherches. Par exemple :

- langues vivantes : "Rédaction de modules de grammaire allemande. Déclinaison des adjectifs épithètes. Emploi des prépositions. Déclinaison de l'adjectif parallèle."

- philosophie : "Recherche sur les applications de l'Informatique à la philosophie : concentration de textes, prospective d'une langue philosophique artificielle (en collaboration avec le groupe CNRS)".

- Histoire-Géographie : "Création d'un analyseur de paysages : établissement d'un lien logique entre la nature des roches, le climat, les formes de relief, les cycles d'érosion, etc... Constitution de fichiers, codification des informations".

- Physique et Chimie : "projet d'utilisation de l'ordinateur pour l'interprétation de résultats expérimentaux et la gestion de fichiers de chimie".

- Français : "Recherche d'algorithmes pour la préparation de l'explication de textes selon les méthodes de travail du professeur Jones de Louvain".

- Mathématiques : "Participation au programme de recherche de l'INRDP, -nouvelle motivation des méthodes mathématiques et pré-initiation à l'informatique-."

- Sciences économiques : "Réalisation de programmes permettant d'illustrer par des exemples le cours de Sciences Economiques (problèmes de programmation linéaire, d'optimisation ...)".

- Sciences Naturelles : "Ecriture de modules de cours de génétique, de biologie, de géologie, Recherche sur les équilibres écologiques."

- Comptabilité : "Décomposition logique du cours de comptabilité selon la méthode du professeurs Jones."

- Projets généraux : "Analyse des annales de philosophie du baccalauréat dégagant la fréquence des thèmes en fonction de leur série d'origine en vue de restructuration des programmes." Cu : "Etablissement d'un fichier des élèves dans leur lycée." Cu : "Gestion des salles du lycée"...

Les thèmes de recherche ainsi fournis par les professeurs stagiaires ont été regroupés et étudiés par l'INRDP. Il est apparu que peu de sujets étaient susceptibles de pouvoir se développer dans un avenir suffisamment proche, soit à cause des tailles exigées pour les mémoires, soit en raison de difficultés conceptuelles trop longues à cerner.

Devant l'ambition excessive des projets proposés, il a donc fallu se limiter. Des groupes de travail se sont constitués en Sciences Physiques, en Sciences Humaines et en Lettres-Langues, les deux premiers étant en liaison avec le CERI de l'OCDE.

3.3.1. Groupe Sciences Physiques

Ce groupe, d'une douzaine de personnes, travaille depuis Octobre 1971, dans le centre de calcul de l'Ecole Supérieure d'Electricité. Ses recherches se distinguent par leur aspect concret et expérimental, et devraient aboutir rapidement à des produits utilisables dans le domaine de l'enseignement de la physique.

L'idée générale de ces travaux consiste à faire découvrir par les élèves une loi de la nature en simulant une expérience qui serait trop longue, trop dangereuse ou trop coûteuse pour être réalisable pratiquement (génétique, précession des équinoxes, réactions explosives ou radioactives, astronautique ...)

Il ne s'agit pas de substituer un modèle sur ordinateur à l'expérimentation directe, qui reste indispensable, lorsqu'elle est possible mais plutôt d'élargir le domaine d'expérience. Le modèle permet de "sortir de l'épure", ou de voir ce qui se passerait si tel paramètre, l'accélération de la pesanteur par exemple, variait dans un sens ou dans l'autre.

" Deux approches seront testées : d'une part, ayant enseigné certaines lois fondamentales aux élèves, on partira d'un phénomène global, naturel que l'élève aura à analyser par un dialogue avec l'ordinateur afin de dégager les lois simples qui permettront de le décrire ; d'autre part sans enseignement préalable, on présentera à l'élève un modèle simplifié de la réalité qui devra permettre à celui-ci, toujours par un dialogue avec l'ordinateur de formuler la loi simple gouvernant le modèle."

Les thèmes de la première expérimentation envisagée seront :

- loi du mouvement d'un objet sur un plan incliné, en tenant compte du frottement.

- loi de la réflexion sur un miroir.

Ce genre d'expérimentation, d'autant plus prometteur qu'il débouche rapidement sur des réalisations concrètes, soulève néanmoins un certain nombre de problèmes d'ordre pédagogique :

- il ne s'agit plus ici de sensibiliser les élèves à l'Informatique en les amenant à communiquer directement avec l'ordinateur dans un langage (LSE) de programmation dont le fonctionnement et les règles sont définies à l'avance, dans le but de les former à la pensée algorithmique. Il s'agit plutôt de leur proposer un dialogue avec un certain modèle de la réalité dans le but de leur faire découvrir -ou décrypter- les mécanismes de ce modèle. Le modèle doit être conçu de façon à ce que la démarche intellectuelle du sujet soit identique à ce qu'elle serait en face de la situation réelle simulée.

- la substitution d'un modèle à la réalité s'accompagne nécessairement d'une simplification - Un modèle du mouvement des corps ne permettra pas de découvrir les phénomènes relativistes - Un modèle des systèmes centrés en optique ne pourra rendre compte des diverses aberrations - Comment enfin prendre en compte les erreurs de mesure, qui jouent un rôle essentiel dans le raisonnement des sciences expérimentales ?

- la méthode proposée, qui s'applique parfaitement aux Sciences exactes, s'applique encore aux sciences expérimentales, pour autant que les lois présentées soient universellement admises (lois de Képler, lois de Mendel, lois de Maxwell) - Mais demeure-t-elle valable pour les lois approchées (loi de Mariotte, par exemple) et ne risque-t-on pas de stériliser l'esprit critique en les présentant de façon trop rigide ?

En conclusion, les travaux en cours à l'Ecole Supérieure d'Electricité dépassent très largement le cadre d'une simple sensibilisation des lycées à l'Informatique et il est probable qu'ils ouvrent la voie à de nouvelles formes d'utilisation pédagogique des petits ordinateurs.

3.3.2. Groupe Sciences Humaines : Une première expérience tentée en Géographie pour des élèves de 1ère A se proposait de créer un fichier de paysages à partir de diapositives présentant des vues aériennes. La première étape consistait à inventorier les éléments caractéristiques susceptibles de définir et de classer les paysages. Après quoi on pouvait espérer aboutir à la rédaction d'un questionnaire et à la création d'un fichier avec possibilités de tri. Mais les connaissances insuffisantes des élèves rendirent la phase préliminaire trop longue et il fallut en rester là.

Le groupe du lycée de Sèvres poursuit une tentative analogue depuis 1965 mais en ayant abandonné la notion de fichier. Sur l'étude d'une photographie, on essaie de découvrir les éléments typiques du paysage, de les classer, et de définir leurs diverses relations.

A l'heure actuelle, le groupe Sciences Humaines a momentanément arrêté ses recherches sur l'analyse des paysages, pour se consacrer à l'élaboration d'un modèle économique représentant les rouages de l'économie nationale. Là encore il a fallu restreindre les ambitions initiales et passer d'un modèle général simulant les relations entre les agents économiques à un modèle plus simple portant sur les effets d'une dévaluation dans un certain contexte économique. Les mêmes remarques sont à faire que pour le modèle physique élaboré par l'École Supérieure d'Electricité.

3.3.3. Groupes Lettres-Langues-Philosophie

Les applications de l'Informatique dans ces trois domaines sont encore à découvrir et présentent de ce fait une grande difficulté. On peut cependant penser que leur importance va croître pour devenir, peut-être, prépondérante. L'INRDP a essayé d'en dresser un inventaire :

- documentation automatique à l'échelle nationale : C'est une entreprise de très longue haleine, mais qu'il faudrait commencer à lancer.

- étude statistique ou structurale des textes : Des logiciels d'application "permettraient une étude prosodique, métrique, stylistique, logique, thématique, psychocritique, l'étude de la théâtralité d'une pièce (en comparant la structure d'une pièce à succès ou échec et la manière dont elle obéit aux règles des théoriciens du temps), ou d'un langage comme moyen d'expression esthétique ... On pourrait réaliser un logiciel d'application où le professeur n'aurait plus qu'à introduire les données particulières correspondant aux paramètres prévus par programme" (Bulletin de liaison n°2)

- Enseignement programmé : malgré sa mauvaise réputation, il pourrait présenter une utilité certaine dans plusieurs domaines :

.../...

apprentissage de la grammaire. Constructions de phrases en travaillant sur la syntaxe et non sur la sémantique. Dégager les structures indiquant les relations de cause par exemple : "Jacques est triste parce que Pierre est malade" ou "Pierre est malade parce que Jacques est triste" etc...

. Méthodes d'analyse ou de résumé de textes, à base de constructions d'organigrammes.

. Contrôle ponctuel de connaissances : corrections de dictées par exemple.

. Contrôle synthétique de connaissances : questions accompagnant une dictée par exemple. Mais le problème est infiniment plus complexe (expérience du Professeur Le Corre à la Faculté des Sciences de Paris).

- "Amélioration de l'étape prospective de la séance de travaux dirigés".

" La machine peut détecter les lacunes permanentes, analyser la nature des fautes, adapter le travail au niveau de l'élève".

- L'utilisation de systèmes de simulation et l'étude de la traduction automatique semblent exclus pour l'Enseignement Secondaire.

En résumé, les applications de l'Informatique à l'enseignement des matières littéraires semblent potentiellement très riches, mais elles se heurtent dès le départ à de redoutables problèmes techniques ou conceptuels. La question se pose, par exemple, de savoir dans quelle mesure la notion de modèle est intéressante en littérature ou dans quelle mesure l'utilisation de l'organigramme est profitable pour les élèves : en grammaire, par exemple, "certains pensent qu'en essayant de construire un organigramme, pendant une séance de travaux dirigés, l'élève structure mieux ses connaissances et ne peut plus se contenter d'une lecture superficielle et rapide de sa leçon. On a reproché au contraire à cette pratique de n'être qu'un exercice d'Informatique, sans utilité réelle pour faciliter l'assimilation des connaissances grammaticales alors qu'il existe d'autres moyens pour faire acquérir aux élèves les automatismes indispensables".

Tous ces problèmes et ces débats révèlent l'intérêt de la recherche menée par l'INRDP. Ils montrent aussi que les solutions ne seront apportées que lentement, au fur et à mesure de l'expérimentation directe avec les élèves, ce qui prendra nécessairement plusieurs années.

3.3.4. Conclusion.

Les travaux menés jusqu'à présent par l'INRDP semblent avoir montré que :

° - Les ambitions de départ étaient excessives, tout au moins pour un avenir raisonnablement proche, et ceci tant à cause de difficultés profondes de conception pédagogique que de limitations techniques dues au matériel (dimensions de fichiers, par exemple).

.../...

2° - Une tendance très nette se manifeste en faveur d'une recherche du genre "enseignement assisté par ordinateur", avec création de programmes complexes simulant des modèles dont l'élève doit découvrir les lois de fonctionnement, ou facilitant des approches statistiques (d'un texte littéraire, par exemple). Ces programmes ne sauraient être élaborés par les élèves, ni même par les professeurs utilisateurs. Ils nécessitent un travail considérable de la part d'équipes spécialisées et si cette tendance se poursuit il faudra sans doute envisager la création d'un centre national de rédaction et de diffusion de programmes pédagogiques.

3° - L'approche active de l'Informatique par les élèves n'est pas aussi élaborée. La façon dont ils pourront concevoir eux-mêmes de petits algorithmes et les programmer en LSE, dans un cadre pluri-disciplinaire n'a pas encore été systématiquement étudiée. L'expérience en cours au lycée de la Celle Saint-Cloud fournira toutefois de précieuses indications à cet égard.

4° - Une équipe de professeurs de ce lycée a mis au point, en liaison avec l'INRDP, un "support de cours" réservé aux professeurs et destiné à sensibiliser les élèves, en 20 semaines à raison d'une heure de cours par semaine, en dehors des travaux pratiques.

4 - PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

4-1 - Les contraintes

Quel que soit le mode d'utilisation de l'ordinateur, son implantation dans un lycée soulève a priori un certain nombre de problèmes pratiques, dont les principaux semblent être :

- la nécessité d'une salle et, sans doute, d'un poste téléphonique,
- la nécessité d'un responsable de la machine qui devra être l'unique interlocuteur vis-à-vis du constructeur pour les problèmes de maintenance et dont la connaissance du système sera suffisante pour distinguer les vraies pannes des fausses et conseiller les utilisateurs.

Ce responsable, qui jouera le rôle d'un assistant, devra posséder les qualités pédagogiques suffisantes pour comprendre les problèmes posés par les différentes disciplines intéressées, avec les professeurs desquels il entretiendra des rapports étroits.

- La surveillance : laissera-t-on des élèves seuls dans la salle de l'ordinateur, même dans le cas du "club informatique".

- Le nombre d'élèves par terminal : étant donné le caractère conversationnel et personnel des relations entre l'élève et la machine, il paraît impossible de mettre plus de deux élèves au travail devant une même console.

- La durée des séances : elle semble ne pas devoir dépasser deux heures.

- La préparation des séances : avant les manipulations, il apparaîtra certainement souhaitable d'enseigner, au tableau, les bases du langage à la classe réunie. Sans doute aussi chaque séance méritera-t-elle une préparation commune préalable, où seront exposés les exercices, les méthodes et les difficultés propres à chaque discipline. Faute de quoi la séance risque d'être peu profitable.

- Les problèmes d'emploi du temps et de réductions de programmes : Ces problèmes se poseront différemment dans la phase de démarrage et dans la phase de "croisière".

L'objectif à long terme doit être de conférer à l'enseignement de l'informatique un caractère officiel et obligatoire, avec définition de programmes et attribution d'un certain nombre d'heures annuelles. Comme il n'est pas possible de surcharger les horaires, il faudra réduire ou modifier les programmes des disciplines concernées par la sensibilisation. Cela ne pourra guère se faire avant que tous les élèves puissent bénéficier du même régime, en raison notamment des contraintes dues aux examens. Il faudra donc attendre que l'implantation des ordinateurs soit effective dans toute la France.

Dans la période de démarrage, où l'on devra faire appel à des volontaires, ceux-ci devront travailler en dehors des heures de cours normales, par exemple à midi ou le soir.

- Les décharges de service : la sensibilisation à travers les disciplines étant confiée à des professeurs volontaires, au moins pour la phase initiale, il faudra prévoir un nombre suffisant d'heures de décharge pour leur

permettre de se consacrer à leur nouvelle activité (travaux pratiques + cours + formation permanente : voir le chapitre 4.2)

- La formation des professeurs : cette formation imposera qu'on réserve des créneaux aux professeurs dans l'emploi du temps de l'ordinateur (voir le chapitre 4.2.2.).

4. 2. La période de démarrage.

Il semble que l'utilisation de l'ordinateur dans le lycée doive au départ revêtir trois formes : la sensibilisation proprement dite des élèves, la formation de tous les professeurs volontaires, et le club informatique en accès libre.

Les considérations qui suivent s'appuient largement sur les données expérimentales recueillies à la Celle Saint-Cloud ainsi que sur les conclusions des professeurs concernés par cette première réalisation.

4. 2. 1. Sensibilisation des élèves .

C'est l'objectif. Les diverses interprétations possibles quant à la forme à donner à cette sensibilisation seront provisoirement écartées, pour s'en tenir à une solution plus réaliste, immédiatement réalisable sur la base de l'expérience du lycée de la Celle Saint-Cloud.

Les classes visées sont la seconde, la première et la classe de terminales. Les programmes y sont déjà lourds et il est évidemment impossible d'en remplacer une partie par des cours d'informatique sans nuire à la préparation des examens. Ces cours devront donc figurer en supplément et, par voie de conséquence, faire appel au volontariat, sans qu'on puisse demander à ces élèves le moindre travail personnel supplémentaire : c'est une constatation d'expérience.

L'effectif total des classes de seconde du lycée de la Celle Saint-Cloud s'élève à 400 élèves environ. Sur cette base, il serait possible de constituer 25 groupes de 16 élèves.

Chaque groupe de 16 élèves se joindra à un autre groupe de 16 élèves pour suivre chaque semaine un cours d'informatique de portée générale, du type de celui qui a été mis au point sous l'égide de l'INRD². Par ailleurs, chaque groupe de 16 élèves pourra "manipuler" à raison de deux heures tous les quinze jours. Etant donnés les huit postes de visualisation, les élèves devront se grouper par deux. Alors qu'avec un terminal "à papier", trois élèves peuvent travailler individuellement sur une même console, l'absence de trace papier limite à deux le nombre d'élèves par terminal, en supposant en outre qu'ils travaillent "en équipe" sur le même programme.

Les travaux pratiques nécessitent un fort encadrement, car les élèves, sans être malveillants, sont très maladroits et ne voient pas la machine assez fréquemment pour être familiarisés avec sa manipulation, tant hardware que software. Il faut au minimum un adulte pour 8 élèves, soit deux personnes par groupe de 16. L'une des deux doit être très avertie du fonctionnement de l'ensemble et s'en occuper à temps plein. Cet "assistant" devra posséder un nombre élevé de qualités, il sera tout à la fois compétent en matière de hardware et de software, responsable du matériel vis-à-vis du fournisseur, comptable du déroulement de l'enseignement de l'informatique aux yeux de l'Administration Centrale, et aussi psychologue que pédagogue afin de pouvoir initier les professeurs en même temps que les élèves.

Faute d'autre solution - à envisager en liaison avec le fournisseur du matériel - c'est un professeur déchargé à plein temps de son service qui occupera cette fonction d'assistant.

Avec 25 groupes, cet assistant devra assurer 25 heures de présence hebdomadaire pour les travaux pratiques. En tenant compte du professeur qui l'accompagne et des cours de sensibilisation générale, à prévoir en dehors de la salle ordinateur, on aboutit à un total de 37,5 heures supplémentaires de présence hebdomadaire à répartir entre les autres professeurs de l'établissement qui s'intéressent à l'Informatique.

Il est raisonnable de considérer que chaque professeur concerné y consacrerait 5 heures par semaine, auxquelles s'ajoutent les deux heures de formation permanente indispensable pour ne pas se laisser dépasser par les élèves les plus doués.

Avec un "assistant" à plein temps et seulement huit professeurs auxquels on ménage 7 heures par semaine pour se consacrer à l'enseignement de l'Informatique, il est donc concevable de faire fonctionner la petite configuration étudiée précédemment au bénéfice de 400 élèves.

Les calculs qui précèdent conduisent à une utilisation hebdomadaire de la machine de 25 heures par semaine. Comme ces heures doivent être en dehors de l'emploi du temps, que les groupes de 16 élèves risquent de contenir des individus provenant de classes différentes, et que, le système étant à base de volontariat, il est impossible de constituer les groupes avant la rentrée, il se pose un sérieux problème d'emploi du temps, qui ne se résoudra que par la bonne volonté conjuguée de la direction de l'établissement, des enseignants et des élèves, sans qu'on puisse pour autant éviter le recours à des horaires très excentrés.

Dans le cas où ce problème ne trouverait pas de solution, il ne resterait qu'à réduire proportionnellement le nombre d'élèves bénéficiaires et le nombre d'heures de présence des professeurs jusqu'à ce qu'une allocation d'horaire devienne possible. Le seul inconvénient est alors l'augmentation corrélative du coût de l'élève "sensibilisé".

4. 2. 2- Formation des professeurs -

Il est intellectuellement séduisant et économiquement rentable de supposer que les quelques professeurs d'un lycée donné qui auront eu l'occasion de recevoir une formation informatique propageront leurs connaissances fraîchement acquises parmi leurs collègues du même lycée.

Ce phénomène, qui a été assez fréquemment observé, peut cependant se heurter à deux types d'obstacles :

- des obstacles matériels : les professeurs ayant reçu une formation informatique doivent partager leur temps entre trois tâches essentielles :

- 1°) - poursuivre à temps partiel leur enseignement normal,
- 2°) - sensibiliser leurs élèves à l'Informatique,
- 3°) - continuer à se former eux-mêmes à l'Informatique ;

ceux qui accomplissent avec conscience ces trois tâches disposent de peu de temps pour initier leurs collègues.

- des obstacles psychologiques : l'écart de niveau des connaissances entre celui qui forme et ceux qui sont formés ne suffit pas toujours à compenser une différence d'âge, de sexe ou même de discipline. Peut-on imaginer une jeune femme, professeur de musique, qui initierait à l'Informatique ses collègues professeurs de mathématiques plus âgés ?

On ne peut pas raisonnablement compter sur ce genre de formation de proche en proche, essentiellement spontanée et trop aléatoire, pour organiser systématiquement et à grande échelle la formation complémentaire à l'Informatique de tous les professeurs.

Il sera préférable de recourir à des formateurs plus spécialisés, tels ceux qui encadrent les stages de formation approfondie, tout en organisant pour les stagiaires de nombreuses séances de travaux pratiques sur les mêmes matériels que les élèves, dans les heures laissées libres par ces derniers, et qui devraient logiquement, d'après ce qui a été développé plus haut, être les heures les plus commodes de la journée, celles où les élèves sont occupés par leur enseignement normal.

4.2.3 - Le club

La sensibilisation des élèves, prioritaire, occupera l'ordinateur pendant les heures creuses du déjeuner et de la fin de l'après-midi. Les heures pleines du matin et de l'après-midi seront attribuées, en seconde priorité, à la formation des enseignants, qu'ils appartiennent ou non au lycée.

Le soir, le mercredi, le week-end et l'été, l'ordinateur restera libre. Son accès pourra être autorisé aux élèves des classes de première, de terminales, ou même à des personnes extérieures qui en manifesteraient le désir.

Cette activité de "club informatique", qui a toutes chances de se développer spontanément ou à l'initiative du chef de l'établissement devra toutefois respecter les règles suivantes :

- ne pas interférer avec l'activité principale (pas de dégradation des fichiers des élèves, ni du matériel évidemment).

- être placée sous la responsabilité d'un adulte bénévole (probablement un professeur) choisi ou agréé par le chef de l'établissement.

C'est dans le cadre de ce club que pourront être éventuellement réalisés des produits-programmes expérimentaux destinés à l'enseignement programmé ou assisté, ou encore au contrôle des connaissances.

4. 3 - Les perspectives à plus long terme

Alors que les perspectives immédiates ont pu être facilement étayées à partir des réalisations existantes, les perspectives à plus long terme relèvent plutôt de la prospective et sont liées aux tendances profondes de la pédagogie. Ce n'est pas le lieu ici de critiquer ces grandes tendances, qui ont d'ailleurs été développées et comparées dans un rapport du Centre pour la Recherche et l'Innovation dans l'Enseignement de l'OCDE.

Cependant, il semble que les quelques considérations qui suivent doivent s'imposer prochainement.

4. 3. 1 - Une phase d'intégration -

L'enseignement de l'Informatique à travers les diverses disciplines - ou ce qui les aura remplacés devra être généralisé, officialisé et rendu obligatoire. Cela signifie qu'il sera intégré dans l'emploi du temps, dans les programmes, dans les examens.

Cet enseignement sera accessible à tous - sans aller jusqu'à installer un ordinateur dans chaque établissement, on pourra utiliser conjointement plusieurs solutions parmi les suivantes :

- 1 - un ordinateur fixe dans l'établissement
- 2 - un ordinateur fixe utilisé par plusieurs établissements
- 3 - un ordinateur itinérant à bord d'un camion
- 4 - de simples terminaux raccordés à un ordinateur de regroupement.

L'existence de cet enseignement sera reconnue officiellement et aura un caractère obligatoire.

L'emploi du temps contiendra explicitement les heures réservées aux travaux pratiques sur machine. Les manuels contiendront des exemples d'applications de l'Informatique dans les divers domaines couverts par l'enseignement.

Enfin les examens, ou le contrôle des connaissances, pourront porter sur des sujets liés à l'Informatique, aux algorithmes, etc... Cette évolution sera d'autant plus facile que ces contrôles tendront eux-mêmes de plus en plus à être assurés par des ordinateurs.

4. 3. 2 - Des recherches pédagogiques systématiques.

Des progrès considérables devront être accomplis dans le domaine des recherches pédagogiques avant de pouvoir envisager la généralisation des techniques d'enseignement programmé ou assisté par ordinateur, ainsi que le contrôle des connaissances.

Les efforts, dans l'immédiat, devraient plutôt porter sur la concentration des recherches au sein d'un petit nombre d'organismes, pour éviter la dispersion. La rédaction de fiches pédagogiques, montrant sur des cas précis comment l'Informatique peut être naturellement introduite, a déjà été entreprise

par les équipes de l'INRDP. Elle gagnerait à être systématiquement encouragée et développée.

De même, la découverte des grandes lois de la physique sous forme d'un dialogue avec la machine, qui simule les phénomènes naturels, telle qu'elle est étudiée à l'Ecole Supérieure d'Electricité, pourrait être généralisée à l'ensemble des sciences expérimentales et déboucher sur une nouvelle forme d'enseignement assisté par ordinateur.

Enfin, les travaux du Professeur LE CORRE en matière de contrôle des connaissances permettent d'envisager l'automatisation progressive d'une partie des examens.

L'ensemble de tous ces efforts de recherche, coordonnés par l'INRDP devra être prêt, le moment venu, à apporter aux méthodes d'enseignement des prochaines années le soutien logistique à base d'informatique dont elles auront besoin.

4.3.3 - La formation de tous les enseignants -

L'Informatique devra être incorporée au plan de formation des enseignants. Pour compenser l'inévitable décalage, c'est surtout par le canal de la formation continue que les notions informatiques devront au départ être introduites dans le corps enseignant.

4.3.4. Les prolongements du langage LSE vers l'université.

La décision de l'Administration de choisir un langage unique sera sans nul doute un puissant facteur de développement et d'échanges pour cet enseignement du second cycle du second degré. Il est probable que le langage LSE entrera à l'université en même temps que les élèves qui l'auront découvert dans l'enseignement secondaire. Dans ce cas, beaucoup d'efforts actuellement dispensés dans les milieux universitaires pourront se cristalliser autour d'un langage véhiculaire et retrouver par là l'indispensable intercommunication.

D'ores et déjà, l'adaptation du langage LSE sous forme de compilateurs sur des machines plus puissantes comme IBM 360 ou IRIS 80 est à l'étude. Les petites installations équipant les établissements secondaires bénéficieront alors en retour des recherches effectuées à leur intention par les universités, puisque le langage de base sera le même.

4.3.5. Les améliorations techniques.

La configuration de matériels retenue par l'Administration aux termes du présent rapport reflète une sorte de photo de ce qu'il a été possible d'acquérir à une certaine date compte tenu d'une enveloppe financière limitée. Des progrès technologiques pourraient bouleverser prochainement les options retenues ; citons-en quelques exemples, parmi les plus probables :

- apparition d'un nouveau téléimprimeur, du type ASR 33, beaucoup plus fiable et silencieux, pour un prix nettement inférieur : ce terminal deviendrait plus avantageux que les consoles de visualisation.
- lancement d'un système lecteur-enregistreur de cassettes magnétiques : ce périphérique nouveau augmenterait considérablement les capacités de stockage en bibliothèque, permettrait l'exploitation de systèmes différents de LSE, par exemple des systèmes de gestion, en alternance avec les applications d'enseignement.

Le progrès technique est intimement lié au progrès pédagogique. Le premier permet le second, qui en retour l'oriente et l'aiguillonne.

4.4. Les coûts.

Les considérations de coût pèsent très lourdement sur les choix pour cette opération de sensibilisation. Il serait un peu illusoire, en l'état actuel des informations disponibles sur des installations qui n'existent pas encore et sur des moyens pédagogiques qui ne sont pas encore définis de vouloir établir dès maintenant un prix de revient global précis et détaillé. Par contre, il est possible de dégager, sous la forme d'équations simplifiées, les trois principales contraintes de coût, qui restreignent très sévèrement le domaine des solutions possibles et qui se traduisent par les considérations suivantes :

- il n'est pas financièrement possible d'équiper immédiatement tous les lycées.

- le coût de sensibilisation d'un élève doit rester dans des limites raisonnables.

- toute dépense consacrée à l'équipement entraîne inévitablement une dépense du même ordre en personnels et en fonctionnement.

Chacune de ces considérations peut être illustrée par une équation simplifiée, mais suggestive.

4.4.1.

Coût d'équipement = coût d'une installation X nombre d'installations

Il existe en France 1 200 lycées ayant un second cycle long, et qui pourraient donc prétendre à bénéficier d'une installation.

Le coût unitaire d'une installation sommaire est élevé, même si la commande porte sur un nombre appréciable d'exemplaires. En réalité, les considérations du coût ont primé quasiment toute autre considération dans les choix fondamentaux concernant le matériel et le prix de la configuration définie plus haut doit être considéré comme un minimum en dessous duquel on ne peut espérer descendre. Ce plancher peut être estimé à 300 000 F toutes taxes incluses.

Le coût minimum d'équipement serait alors de :

$$300\ 000\ \text{F} \times 1\ 200 = 360\ \text{MF}$$

Or, sur le financement du VIe Plan, on a pu estimer à 100 MF le budget prévu pour la sensibilisation à l'Informatique dans l'enseignement secondaire général (en valeur d'équipement). En outre, les sommes prévues par le Plan ne sont qu'indicatives, et le plus souvent, les crédits qui peuvent être obtenus par le ministère lors des négociations budgétaires avec le Ministère des Finances se situent largement en dessous.

L'équipement complet de tous les lycées déborde donc largement le cadre du VIe Plan. Il faudra cependant attendre qu'il soit réalisé avant de songer à introduire officiellement l'Informatique dans les programmes et les examens (cf : les épreuves de notation au baccalauréat).

4.4.2.

Coût total de l'opération = coût moyen par élève X nombre d'élèves concernés.

Compte-tenu de la relative pénurie de crédits qui existe dans l'Enseignement Secondaire, il importe que le prix de revient d'un élève sensibilisé n'atteigne pas une valeur trop élevée.

Un premier calcul de ce prix de revient peut être obtenu en se référant à la solution-type décrite précédemment:

- un lycée avec installation propre
- 400 élèves à sensibiliser
- 25 groupes de 16 élèves
- L'encadrement est assuré par un maître à temps plein assisté de 8 collègues à mi-temps.

Pour calculer la part d'amortissement du matériel correspondant à une année scolaire, il suffit d'utiliser la formule usuelle de location qui donne un coût annuel égal à $12/40$ de la valeur d'achat (formule qui inclut le coût de la maintenance). Quant au traitement annuel d'un enseignant moyen du 2^e cycle long, il est très voisin de 30 000 F.

Coût annuel du matériel pour un élève sensibilisé.

$$\frac{300\ 000\ \text{F} \times 12/40}{400} = 225\ \text{F/élève.}$$

Coût annuel du personnel enseignant pour un élève sensibilisé :

$$\frac{30\ 000\ \text{F} \times (8 \times 1/2 + 1)}{400} = 375\ \text{F/élève.}$$

Soit un coût moyen par élève de

$$225 + 375 = 600\ \text{F/élève.}$$

Sans tenir compte des coûts de formation, initiale et permanente, des enseignants, sur lesquels les informations chiffrées sont trop imprécises.

Ce coût moyen par élève sensibilisé de 600 F est à rapprocher du coût annuel budgétaire moyen d'un élève du second cycle long, qui s'élève, en y incorporant les dépenses d'équipement, à 430 F.

4.4.3. Coût total de l'opération = Coût d'équipement + frais de personnel

Trop souvent encore, de grandes entreprises ou même des administrations qui ont acquis pour une certaine somme de matériels informatiques découvrent après coup avec étonnement qu'il leur en coûte une somme encore plus grande pour les faire fonctionner à plein rendement.

Ce phénomène pourtant tout à fait naturel et prévisible, est bien connu au ministère de l'Education nationale, qui constate couramment une décomposition empirique du prix de revient de ses équipements informatiques (de gestion) du type :

- 50 % pour l'ordinateur
- 40 % pour le personnel (y compris les frais de formation)
- 10 % pour le fonctionnement et le petit matériel.

Pour les équipements de l'enseignement secondaire, cette "loi" est encore approximativement vérifiée, avec les restrictions suivantes :

- L'utilisation du ruban perforé, support très économique, et l'économie de papier due à l'utilisation des consoles de visualisation rendent les frais de fournitures négligeables.

- L'effort particulier d'économie sur les matériels, conjugué avec la nécessité d'un fort taux d'encadrement (1 adulte pour huit élèves), et avec le fait que les professeurs ont des obligations de service assez réduites par

rapport aux autres branches, entraîne que les coûts dus au matériel seront inférieurs (voir plus haut) aux coûts de personnel.

CONCLUSION

Arrivés au terme de ce rapport sur la sensibilisation à l'Informatique des élèves du second degré, nous constatons que nous n'avons fait qu'une petite partie du chemin et que beaucoup de points restent encore dans l'ombre, tant sur le plan des matériels que sur celui des méthodes pédagogiques, de la formation des enseignants ou le financement de l'ensemble de l'opération. Il semble cependant que le processus, soutenu par une très ferme volonté, ait d'ores et déjà franchi le seuil d'irréversibilité.

Tous les efforts développés dans la voie de l'insertion pédagogique de l'Informatique vont maintenant pouvoir se coordonner et se cristalliser autour de ces premières installations prévues pour la rentrée 1972 et qui ne font que préfigurer la phase suivante, qui verra la généralisation de l'expérience à tout le territoire, jusqu'à ce que la "salle d'Informatique" devienne aussi familière dans les lycées que la salle de musique, de dessin ou de gymnastique.

Bien sûr, on pourra regretter la lenteur de l'Administration à appliquer concrètement des idées qui se sont développées depuis un certain temps. On déplorera aussi le poids des structures et des habitudes qui ne favorisent pas l'évolution. Mais on reconnaîtra que cette sage lenteur la met à l'abri des modes et des sautes d'humeur et lui permet, avec le recul et la sérénité qui conviennent, de choisir parmi les multiples sollicitations celles qui sont les plus porteuses d'avenir.

Bien plus que la création d'une simple discipline supplémentaire, l'introduction de l'Informatique dans l'Enseignement Secondaire représente en effet l'amorce d'une nouvelle conception pédagogique, ouvrant la voie vers un système d'enseignement interdisciplinaire moins cloisonné et plus fécond.

Il reste à souhaiter que des crédits suffisants puissent être dégagés pour assurer une transition satisfaisante au niveau national et pour permettre en particulier à la Mission à l'Informatique de jouer le rôle d'organisation et d'appui technique qui lui revient.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) Introduction de l'Informatique dans l'Enseignement Secondaire,
par MM. QUENIART et YOLIN.
- 2) Regards sur l'Informatique administrative
par R. FRANCOIS (M/E/N.)
- 3) L'enseignement de l'Informatique à l'Ecole Secondaire
(projet commun CERI XXIII) O. C. D. E .
- 3) Bulletin de liaison "l'Informatique dans l'enseignement secondaire
I. N. R. D. P. (numéros 1 et 2)
- 5) Utilisation du système en temps partagé E. S.E.
(Langage LSD) Ecole Supérieure d'Electricité.
- 6) Langage Symbolique d'Enseignement LSE
Manuel de Référence et Langage de Commande (E.S.E.)
- 7) Utilisation du langage LSE sur calculateur T 1600.
TELEMECANIQUE – Informatique industrielle
- 8) MITRA 5 – Manuel de présentation 4029 P/FR
Compagnie Internationale pour l'Informatique.
- 9) Terminal TTE - Manuel de référence
SINTRA - Division Informatique