

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

MISSION A L'INFORMATIQUE

-----

INTRODUCTION DE L'INFORMATIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

ETUDE EFFECTUEE PAR

MM. QUENIART et YOLIN

Ingénieurs-élèves des Mines

Ce rapport présente une étude qui a été réalisée d'octobre 1970 à juin 1971 à la demande du Ministère de l'Education nationale - plus précisément du Chargé de Mission à l'Informatique, Monsieur MERCOUROFF - dans un but extrêmement concret puisque les réalisations qui en découlent doivent être faites dans le cadre du VIe Plan. Cela suffit à faire comprendre la motivation profonde des différentes personnes que nous avons rencontrées pour mener à bien cette étude et que nous tenons à remercier : en tout premier lieu, Monsieur MECCOUROFF qui, malgré de nombreuses activités, nous a toujours guidés au cours des diverses étapes de l'étude ; puis Monsieur DUBOURDIEU qui, en tant qu'adjoint de Monsieur MERCOUROFF, a suivi de très près toutes nos démarches et nous a apporté de son côté, nombre de renseignements utiles. Nous tenons à remercier également Monsieur ALLEGRE, délégué à l'informatique, et ses collaborateurs - en particulier Monsieur FARGETTE - avec qui les contacts, bien que moins fréquents, furent toujours extrêmement fructueux. Nous adressons également nos plus vifs remerciements à Monsieur HEBENSTREIT, Maître de Conférences à l'Institut de Programmation de Paris et chef du centre de calcul de l'Ecole Supérieure d'Electricité, qui nous a particulièrement aidés tant sur le plan des idées que sur le plan technique pour le choix d'une solution. Nous remercions enfin tous les représentants des constructeurs que nous avons rencontrés et qui ont généralement accepté de nous présenter leurs projets encore inconnus du public ; les informations qu'ils nous ont fournies à ce sujet étant, bien entendu confidentielles, ne sont pas reproduites dans ce rapport destiné à une diffusion trop large, elles ont été transmises oralement aux représentants de l'Education nationale.

Il nous semble essentiel de bien définir ici ce que l'on entend par Informatique car, bien souvent, actuellement, on considère l'informatique comme la "science des ordinateurs". Or l'ordinateur n'est qu'un outil et il n'existe pas de science d'un outil. Par contre, en partant des propriétés de cet outil, on aboutit à un type de démarche intellectuelle qui est caractérisé de l'informatique. Nous adopterons donc la définition donnée par l'Académie Française selon laquelle l'Informatique est "la science du traitement rationnel de l'information considérée comme le support de nos connaissances et de leur transmission notamment à l'aide d'ordinateurs".

Cette définition appelle quelques commentaires. On notera tout d'abord que l'information est définie comme le support de nos connaissances et non pas comme nos connaissances elles-mêmes. Cette distinction est absolument essentielle. Au sens courant, une information est une "nouvelle" que l'on apprend par la presse, la radio, la télévision, etc... Mais, en fait, une information comporte trois aspects interdépendants, l'aspect sémantique, l'aspect syntaxique et l'aspect pragmatique. Au sens de la théorie de l'information de SHANNON, une information, c'est la suite finie de signes ou symboles qui permet dans un ensemble de désigner un sous-ensemble et on peut définir la quantité d'information par :

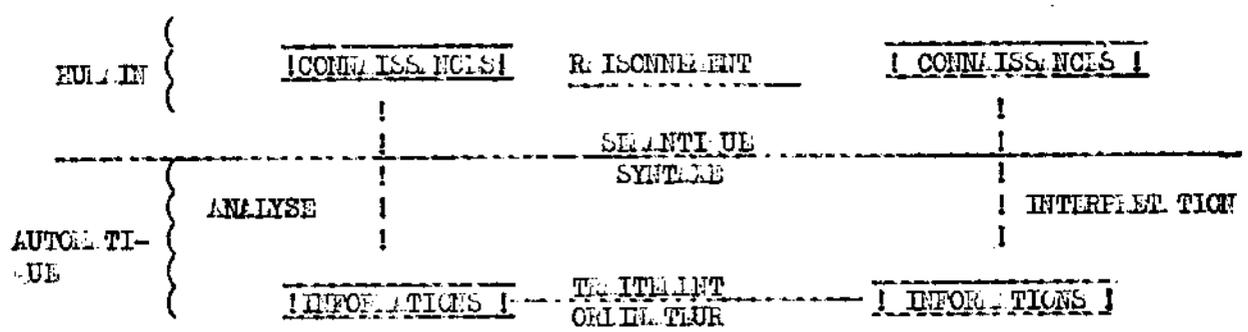
$$I = \log_2 \frac{\text{nombre d'éléments de l'ensemble}}{\text{nombre d'éléments du sous-ensemble}}$$

La quantité d'information ne dépend donc ni de la nature des éléments du sous-ensemble désigné (aspect sémantique) ni de la suite de signes qui désigne ce sous-ensemble (aspect pragmatique).

On est alors tout naturellement conduit à la notion de code, c'est-à-dire de représentation de l'information ; car, si la théorie de l'information au sens de SHANNON néglige totalement l'aspect sémantique de l'information pour ne s'attacher qu'à la suite de signes ou symboles qui sert à représenter cette information, elle ne saurait négliger les contraintes pragmatiques liées à cette représentation (il est plus simple d'utiliser un codage alphanumérique pour désigner chaque voiture plutôt qu'un non propre). La notion de code minimal s'introduit alors d'elle-même, liée à la notion d'efficacité d'un code.

Venons-en alors au traitement de l'information. Toute activité humaine est liée d'une manière ou d'une autre au traitement de l'information recueillie par nos sens divers. Mais ce type de traitement est sémantique et pragmatique. Il existe un autre type de démarche : en effet, devant un phénomène complexe, la démarche scientifique consistera à faire un modèle du phénomène ce qui permet d'extraire des aspects sémantiques de l'information une représentation susceptible d'un traitement purement syntaxique qui mettra en évidence de nouvelles propriétés du modèle, c'est-à-dire finalement du phénomène étudié. Dans le traitement de l'information, une part énorme est de type syntaxique. Le comptable qui fait la somme de colonnes de chiffres traite de l'information. Mais les opérations qu'il effectue ne dépendent pas du fait qu'il s'agisse de francs, de dollars ou de pommes (cas du troc). Un ordinateur n'est finalement qu'une machine capable d'effectuer ce traitement syntaxique. Elle manipule des suites de symboles et donne un résultat qui, convenablement interprété, donne la solution du problème posé. C'est pourquoi l'Informatique est la science du traitement rationnel de l'information car il ne s'agit pas de mettre n'importe quoi à l'entrée pour recueillir n'importe quoi à la sortie. L'informaticien ne sera donc pas finalement le spécialiste de l'ordinateur, mais le spécialiste de l'utilisation rationnelle de l'ordinateur dans le cadre d'un certain nombre de problèmes réels. Poser un problème, c'est en général, chercher à déduire d'un ensemble de concepts, d'idées, de connaissances, un nouvel ensemble de connaissances. Entre les deux, il y a ce que l'on appelle le raisonnement. Mais une autre démarche est possible et c'est la démarche fondamentale de l'Informatique : "un ensemble d'informations étant disponible dans un domaine déterminé

(aspect sémantique ou descriptif de l'information), on veut traiter ces informations en vue d'en extraire des résultats utiles (aspect pragmatique ou utilitaire du traitement considéré) et pour ce faire, on est amené à formaliser les relations des informations entre elles afin de définir les suites d'opérations à effectuer pour arriver au résultat cherché (aspect syntaxique ou formel du traitement) étant entendu que le traitement sera automatique (aspect algorithmique)". On peut traduire cette démarche sous forme d'un schéma :



On est alors amené à introduire la notion importante d'algorithme qui est liée à celle du traitement syntaxique ; celui-ci consiste en effet en la manipulation de symboles sans signification selon des règles données à l'avance : mais ces règles ne sont pas appliquées dans un ordre quelconque. Tout traitement syntaxique est donc décrit par une suite de règles à appliquer dans l'ordre où elles sont énoncées. Cette liste forme un algorithme à condition que chacune des règles puisse être exécutées par le dispositif chargé d'effectuer l'algorithme et que la liste des règles permette d'aboutir au résultat en un nombre fini d'étapes. La première restriction implique l'existence d'un langage approprié aux capacités de traitement du processeur, c'est-à-dire l'existence de langages de programmation ; la deuxième restriction conduit aux problèmes difficiles de décidabilité de la logique mathématique.

Remarquons alors que le traitement syntaxique n'est pas limité au domaine scientifique ; certes, en mathématiques, on manipule des symboles selon des règles déterminées et dans un but déterminé sans se préoccuper de leur signification pendant toute la durée du traitement et c'est bien en vue de mécaniser les calculs que l'on a construit les premiers ordinateurs. Mais on peut aussi confier à un ordinateur la gestion de dossiers, la commande automatique d'une centrale nucléaire, la surveillance des malades dans les hôpitaux. La grammaire offre également de nombreux exemples de traitements syntaxiques (déclinaisons, pluriel des noms, etc...). Mais il faut rester conscient des limites du traitement de type syntaxique. Un bon exemple sera fourni par la traduction automatique des langues. On sait actuellement faire des traductions automatiques. Il y a au C.N.R.S. un service qui marche très bien ; il suffit d'entrer le paquet de cartes perforées correspondant à un texte russe et l'ordinateur donne un texte qui a la prétention d'être en anglais. Mais les résultats ne sont corrects que dans la mesure où l'on peut réduire la sémantique d'un langage à une suite de mots et de règles de grammaire et où la traduction des mots représente la traduction de la sémantique de la phrase. Une poésie est intraduisible de façon automatique.

Plus généralement, dans la résolution d'un problème réel, l'aspect de traitement syntaxique qui peut être effectué par un ordinateur, ne représente qu'une partie du travail à faire. L'analyse des données du problème et l'interprétation des résultats restent l'apanage de l'homme.

Connaître l'informatique, c'est finalement savoir utiliser un outil et cette vue des choses va avoir de nombreuses conséquences sur la manière d'enseigner cette science nouvelle.

## CHAPITRE I - LA SENSIBILISATION A L'INFORMATIQUE

### DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE -

Le rôle de l'Education nationale est de fournir au pays les hommes dont il a besoin. Le développement de l'Informatique nécessite donc de mettre en place de nouvelles structures de formation. Aussi, avant de parler plus particulièrement de l'enseignement secondaire, voudrions-nous dresser un tableau des structures de la formation à l'Informatique en France en 1970. Ceci permettra de situer le cadre dans lequel s'insérera le problème relatif à l'enseignement secondaire.

#### I - Les structures de la formation à l'informatique en France

Nous distinguerons la formation des spécialistes et l'initiation à l'informatique.

1) La formation des spécialistes : au-dessous du baccalauréat, on trouve les classes préparant aux diplômes suivants (ces classes appartiennent essentiellement à l'enseignement technique) :

- le BPI (brevet professionnel informatique)
- le C.A.F.F.I dont la finalité la plus importante est de "moraliser" l'enseignement privé en permettant aux enseignés d'avoir un diplôme reconnu par l'Etat et obligeant les écoles à posséder le niveau et le sérieux requis pour la préparation d'un tel diplôme.
- le Bac H spécialisé dans la technique de l'informatique
- l'ancien C.P. mécanographe demeure également

Dans l'enseignement supérieur, la troisième année des Grandes Ecoles représente une année de spécialisation possible permettant d'accéder aux emplois de concepteur de systèmes mais aussi d'ingénieur informaticien de haut niveau. La Délégation à l'Informatique a exprimé sa volonté de débanaliser cette troisième année en spécialisant les Ecoles dans des domaines particuliers (matériels, logiciels, télécommunication) et de permettre un échange d'étudiants d'Ecole à Ecole compte tenu de la vocation de se spécialiser de chacun. Le projet d'ISI (Institut Spécialisé d'Informatique) correspond à la création d'une grande Ecole d'Informatique où la spécialisation serait plus grande dès la première année, ce qui permettrait aux étudiants de faire un stage d'un an dans l'industrie.

Le doctorat de docteur ingénieur garde sa place pour les ingénieurs désirant s'initier à la recherche avant d'entrer dans l'industrie.

Il existe par ailleurs une maîtrise d'Informatique : elle débouche sur l'emploi d'analyste de conception ; au-delà le D.E.R. et le doctorat débouchent sur celui de concepteur.

Le C.I.G. (Collège Informatique de Gestion) est une école spécialisée de troisième cycle destinée à fournir les compléments indispensables à des concepteurs de haut niveau. Il doit être ouvert en septembre 1971 à Rocquencourt.

Les I.U.T. (Institut Universitaire de Technologie) fournissent en deux ans des programmeurs d'études ou des analystes-programmeurs d'un niveau excellent. Les Instituts de Programmation au nombre de deux (Paris, Grenoble) produisent des programmeurs qualifiés à tous les niveaux.

2) L'initiation : dans presque toutes les Grandes Ecoles, l'initiation à l'Informatique est assurée (120 heures sur les deux premières années).

Pour l'enseignement supérieur universitaire, le quatrième certificat à option de chaque maîtrise peut être le certificat C4 d'informatique appliquée.

Enfin, il est prévu d'introduire l'Informatique dans l'enseignement secondaire.

Nous venons plus loin à quelle philosophie cette introduction correspond et quelles sont les structures déjà mises en place.

.../...

Pour l'instant, nous voudrions dire quelques mots sur les besoins en informaticiens au cours du VI<sup>e</sup> Plan. Dans le cadre des travaux de la Commission Permanente de l'Electronique du Plan, le Bureau d'Informations et de Prévisions Economiques (B.I.P.E.) a publié un rapport sur les besoins de la France en informaticiens pour la période 1970-1975. Il semble que les chiffres qu'il donne doivent être pris avec précautions : l'extrapolation n'est pas toujours facile dans ce domaine. Néanmoins, les chiffres que nous allons citer donnent une idée de ce que sera le développement de l'Informatique dans les cinq années à venir. Actuellement, le nombre d'ordinateurs en France est voisin de 5000 ; on prévoit qu'il sera de 18 500 à la fin de 1975 avec un développement tout particulier du nombre des petits ordinateurs. En admettant que le nombre d'hommes par machine reste sensiblement constant au cours de cette période, compte tenu des différents facteurs pouvant influencer sur ce rapport (augmentation de la charge des équipements développant des traitements complexes, développement des langages évolués), on aboutit à 220 000 informaticiens en 1975 contre environ 70 000 en 1970. Bien sûr, sous le même vocable d'informaticiens, on trouve ici des professions bien différentes depuis l'opérateur et le pupitreur jusqu'à l'analyste d'application ou de conception en passant par la perforation-vérification, les programmeurs d'application ou système et le personnel d'encadrement. Bien sûr il existe des glissements catégoriels entre les diverses professions. Néanmoins, les chiffres montrent l'importance de la formation à assurer, surtout si l'on tient compte de la brièveté des carrières des informaticiens et de leur relative mobilité. Entre 1970 et 1975, plus de 180 000 spécialistes devaient s'engager dans l'informatique. Il semble que, face à cette demande, l'offre pourra satisfaire les besoins au moins numériquement parlant. Une étude détaillée montre néanmoins que, sur le plan qualitatif la tendance de l'enseignement vers la gestion doit être renforcée à tous les niveaux. La création des I.U.T. d'Informatique, les projets de CIG, ISI et maîtrise I.I.A.G. (Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion) vise à réaliser cette orientation.

## II - La place de l'Informatique dans l'enseignement du second degré

On vient de voir que la formation des spécialistes de l'informatique était assurée par des moyens appropriés sensiblement qualitativement et quantitativement. Il ne s'agit pas pour l'enseignement du second degré général que nous étudions ici de former des spécialistes de l'Informatique. Néanmoins, on trouve parmi les informaticiens du monde entier un accord à peu près unanime pour l'introduction de l'informatique à l'école secondaire. Pourquoi ? Nombreuses sont en effet les matières que l'on peut envisager d'inclure dans les programmes scolaires. Il faut donc appliquer des critères extrêmement rigoureux avant d'introduire une nouvelle matière et ce d'autant plus que l'adjonction d'une nouvelle matière exige généralement l'amputation d'une autre. Ces critères sont évidemment fonction des objectifs assignés à l'ensemble de l'enseignement secondaire. Or, les principaux objectifs de l'enseignement secondaire général sont de préparer les élèves :

- 1) à vivre dans le monde de demain : les élèves doivent savoir comment fonctionne la société, comment elle évolue, sous le jeu de quelles forces. Les disciplines comme l'histoire et la géographie ont une grande importance à cet égard.
- 2) à travailler dans le monde de demain : toute profession exige des connaissances précises. L'enseignement secondaire général n'a pas à faire acquiescer cette spécialisation mais il doit préparer le terrain, donc faire acquiescer une aptitude générale et des connaissances spécifiques
- 3) à poursuivre leurs études : ceci peut demander des connaissances très particulières.

A une époque où les connaissances spécifiques perdent leur actualité à un rythme très rapide, l'aptitude générale revêt une importance particulière.

.../...

On désignera par "valeur formatrice" le pouvoir d'une matière à favoriser cette aptitude générale.

Compte-tenu des objectifs ainsi précisés, montrons que l'enseignement de l'Informatique apparaît comme nécessaire au niveau de l'enseignement secondaire général.

La structure de notre société subit une évolution très rapide dans laquelle l'ordinateur intervient en tant que force. Dans dix ou vingt ans, l'Informatique sera un constituant de notre société aussi important que le téléphone ou l'automobile. L'ordinateur entraîne une révolution sociale et culturelle dont l'importance se compare à celle de la "révolution industrielle" du XIX<sup>e</sup> siècle. Les machines ont d'abord remplacé l'effort physique de routine ; elles remplacent maintenant l'effort mental de routine. Les conditions de travail des hommes sont donc bouleversées. L'ordinateur intervient dans le domaine scientifique, dans l'industrie, dans l'administration jusqu'aux niveaux les plus élevés. Les élèves d'aujourd'hui auront donc pour la plupart un emploi les mettant en contact avec l'ordinateur. Prenons l'exemple de la gestion des stocks : l'ordinateur fournira le renseignement demandé bien plus vite que l'homme n'aurait pu le faire et surtout, le contrôle des stocks peut être beaucoup plus efficace. Ceci ne signifie pas que tout le monde devra être spécialiste de l'Informatique ; mais tout le monde ou presque, devra avoir une idée des fonctions qu'un ordinateur peut accomplir afin de savoir quand l'intervention d'un ordinateur devient utile : à ce moment, on fera appel à un spécialiste. De même, les étudiants des universités seront confrontés avec l'ordinateur : rares sont les disciplines où l'ordinateur n'interviendra pas ; un rapport officiel des Etats-Unis estime que la moitié des étudiants en droit ou en lettres auront à exécuter des travaux sur ordinateur.

Enfin, sur le plan de la "valeur formatrice", l'Informatique occupe une position privilégiée car son étude oblige l'élève à adopter très précisément une attitude constructive sur les plans opérationnel (il faut savoir très précisément ce dont on parle et comment utiliser une information), de l'établissement des algorithmes (l'attitude algorithmique traduit l'aptitude à discerner les aspects routiniers des processus de toutes sortes ; l'esprit peut alors se concentrer sur des problèmes plus profonds) et de l'organisation (ce terme étant presque synonyme de construction d'algorithmes).

### III - Comment enseigner l'Informatique dans l'enseignement secondaire ?

On retrouve aisément dans l'enseignement actuel un certain nombre d'activités de type informatique. Autant l'enseignement d'une langue vivante où l'on essaie d'habituer l'élève à penser directement dans la langue à assimiler, fait appel à un traitement purement sémantique, autant l'apprentissage du latin oblige à une démarche de type syntaxique : on consulte la suite de caractères formant la phrase pour y trouver, à sa terminaison, le mot qui peut être un verbe principal. Puis ayant reconnu son nombre, on cherche le nominatif qui peut en être le sujet. Quand la phrase est construite on peut remplacer, grâce au dictionnaire, les mots latins par des équivalents français et l'on forme une phrase de structure semblable en français. La sémantique n'intervient qu'à ce niveau pour interpréter la phrase ainsi formée.

De même en mathématiques, la géométrie euclidienne appartient au domaine des activités sémantiques (dans la mesure où l'on énonce des phrases du type "placez un point dans un triangle") tandis que l'algèbre est purement syntaxique la manipulation des symboles est formelle.

La démarche Informatique telle que nous l'avons définie dans l'introduction s'insère ainsi au carrefour des disciplines et des méthodes. L'élève doit apprendre qu'il existe deux univers : celui des mots et celui des choses et il doit apprendre à jouer sur les deux tableaux.

Néanmoins, les partisans d'un enseignement distinct de l'Informatique soutiennent qu'il serait mauvais de laisser cette discipline se développer par

bribes en la répartissant entre plusieurs autres. Les cours d'Informatique devraient avoir, selon eux, une structure propre et entrer en concurrence directe avec les autres disciplines. Beaucoup d'enseignants croient que les sujets importants, auxquels ils devraient consacrer une large part du temps mis à leur disposition, sont le système binaire, les dispositifs de base, les mémoires à voies magnétiques, les problèmes liés au système d'exploitation : temps partagé, représentation et mise en mémoire des données, compilations des langages de programmation.

Toutefois, les tenants de cette thèse formeront ainsi des spécialistes de l'Informatique et ce n'est pas le but que nous recherchons. Ce qui nous importe, c'est de sensibiliser les élèves à la démarche informatique. Ce qui est indispensable, c'est que l'élève soit initié à la construction d'algorithmes, qu'il soit capable de distinguer les principales utilisations d'un ordinateur, qu'il en connaisse les limites et qu'il puisse résoudre seul des problèmes simples. Et l'on peut enseigner la construction d'algorithmes à des élèves n'ayant aucune notion sur le matériel et le software (la plupart des téléspectateurs ignorent le principe de l'oscilloscope et du balayage électronique). Et l'élève n'a pas besoin de comprendre le fonctionnement d'un ordinateur pour s'intéresser aux applications de ces machines. Donc, le matériel et le software ne revêtent dans l'enseignement de l'Informatique qu'une place secondaire.

La généralité de la méthode informatique évite donc d'envisager la création d'une nouvelle discipline : l'informatique peut et doit être enseignée dans le cadre des autres disciplines. Comme l'écrit Marshall Mac Cuhan : "Dans le domaine de l'enseignement la division traditionnelle des programmes d'études par matières est d'ores et déjà aussi périmée que le trivium du Moyen-Âge et le quadrivium de la période qui a suivi la Renaissance. Toute matière, lorsqu'elle est étudiée de façon approfondie, révèle des prolongements vers les autres matières. Si les programmes scolaires continuent d'être conçus dans une optique fragmentaire et incohérente, ils formeront une jeunesse incapable de comprendre le monde cybernétique dans lequel elle est appelée à vivre". En intégrant l'enseignement de l'Informatique au contenu d'autres disciplines, on peut espérer rectifier cette notion erronée selon laquelle "un calculateur numérique est une machine qui peut additionner les chiffres et le faire rapidement".

On voit que l'on peut faire du traitement de l'information sans ordinateurs, avec simplement du papier et un crayon. Il est néanmoins essentiel que l'élève accomplisse réellement certaines tâches à l'aide d'un calculateur, donc au minimum qu'il écrive des programmes effectivement passés sur ordinateur. Cela lui donnera le sens de la relativité des résultats acquis à l'aide d'un ordinateur : les résultats ne sont valables que dans la mesure où le programme et les entrées sont correctes. Il nous semble important que l'élève se rende compte par lui-même combien il est fréquent d'oublier tel ou tel aspect d'un problème et qu'il puisse mesurer les conséquences -parfois catastrophiques- que peut entraîner une erreur de programmation. Le contact avec l'ordinateur est également essentiel du point de vue psychologique pour habituer l'élève à la machine : il faut démythifier l'ordinateur. C'est pourquoi nous préférons du point de vue pédagogique, le contact direct avec l'ordinateur installé dans la salle de classe plutôt que le contact avec simplement un terminal relié par exemple à un réseau de time-sharing.

Il est donc nécessaire d'apprendre à l'élève un langage de programmation qui devra être le plus simple possible. En effet, il ne s'agit pas de transformer l'enseignant de l'Informatique en une suite d'exercices de programmation. Il ne s'agit pas de faire transformer l'enseignement de l'Informatique en une suite d'exercices de programmation. Il ne s'agit pas de faire de l'élève un programmeur et les programmes qu'il écrit n'ont pas à être des exemples d'efficacité. FORTRAN ou ALGOL nous apparaissent comme trop raffinés ; un langage du type BASIC apparaît a priori mieux adapté.

L'apprentissage de l'Informatique doit donc utiliser un ordinateur et un langage de programmation comme moyens et non comme fins. L'essentiel reste de montrer aux élèves la démarche de pensée Informatique dans le cadre de toutes les disciplines. Nous écartons également ici l'enseignement programmé c'est à dire l'enseignement d'une matière à l'aide d'un ordinateur. De nombreuses expériences ont été faites à Palo Alto (Californie), Brooklyn (New-York), Toulouse, à la Faculté des Sciences de Paris. Elles ont donné des résultats forts intéressants, par exemple, à Paris, le professeur LE CORRE dirige une équipe d'enseignants - mathématiciens, physiciens, biologistes - qui se sont faits informaticiens ; en physique ou en biologie, on pratique "l'évaluation des connaissances" : une vingtaine d'étudiants peuvent simultanément venir se faire interroger sur les programmes du premier certificat de la maîtrise de physique ou sur la méiose. L'étudiant travaille en toute liberté, seul. Mais, pour préparer un questionnaire correspondant à chaque heure de cours, il faut 150 à 200 heures de travail en équipe. Et l'expérience n'est faite que sur des étudiants volontaires, ce qui limite la valeur des conclusions que l'on peut tirer. De même, à Toulouse où dans une salle de classe ordinaire, on a disposé seize machines à écrire IH: à boule connectées à un petit ordinateur C.ESIO de 16 K et où on peut effectuer un certain nombre de tests sur des enfants de dix à douze ans, l'échantillon testé jusqu'ici est trop restreint pour que l'on puisse tirer des conclusions définitives. Autrement dit, l'enseignement assisté par ordinateur n'en est encore qu'aux balbutiements ; les expériences doivent être poursuivies à plus grande échelle (ne serait-ce que par souci de rentabilité car, avec l'ordinateur, plus il y a d'utilisateurs, plus les coûts unitaires baissent). Mais le problème de l'enseignement de l'Informatique est beaucoup plus urgent et peut être abordé indépendamment du problème de l'enseignement assisté.

#### IV - Les expériences antérieures en matières d'enseignement de l'Informatique

De nombreux pays se sont lancés dans l'enseignement de l'Informatique avec une philosophie plus ou moins proche de celle que nous avons exposée ci-dessus. Ainsi, dans l'Ontario, le cours le plus couramment enseigné s'intitule "Principes du traitement des données", le cours retrace l'évolution du matériel de calcul électronique en remontant aussi loin que le moment où les hommes comptaient sur leurs doigts, pour aborder ensuite la mise au point des dispositifs de calcul tels que les osselets, le boulier, le matériel mécanique et électromécanique et aboutir au calcul électronique. Le cours s'achève sur un aperçu des conséquences sociologiques de l'utilisation des ordinateurs. Une seconde année peut être consacrée à la programmation des ordinateurs. Les élèves sont initiés par l'emploi d'un langage évolué. En fait, le manque d'installation de traitement a assez souvent empêché l'organisation de ce cours dans de nombreux cas. Mais ce cours n'a pas pour objet de former des programmeurs il ne s'agit pas de donner aux élèves des connaissances techniques mais simplement les concepts de la programmation.

En Ecosse, il existe un cours d'enseignement général sur les calculateurs destiné à la grande majorité des élèves des classes de seconde ou de troisième années des écoles secondaires et ce conformément aux recommandations du Comité Bellis. Dans un rapport intérimaire, publié en février 1969, le Comité estime qu'il faut réserver une place à l'instruction de base en informatique en la considérant comme un élément essentiel de l'instruction générale. Les membres du Comité sont persuadés qu'il faudra faire appel aux enseignants des diverses disciplines et pas seulement aux professeurs de mathématiques. Mais à l'heure actuelle, aucune école secondaire d'Ecosse ne dispose d'un ordinateur. Les écoles ont accès aux ordinateurs soit au moyen de dispositifs à distance soit en recourant aux services de la poste ou de coursiers.

.../...

En France, nous décrivons en détail l'expérience menée pendant l'année scolaire 1969-1970 au lycée d'Etat mixte de la Celle Saint Cloud. Cette année a été une année de "tâtonnement expérimental" suivant à acquérir un certain nombre de renseignements qui peuvent être confrontés à ceux obtenus par les expériences menées dans d'autres pays. Reprétons l'historique des faits :

- janvier et février 1969 : visites par des élèves de 1<sup>er</sup>C et quelques professeurs (histoire, mathématiques, sciences physiques) de la Compagnie Internationale pour l'Informatique

- 6 mars 1969 : conférence de vulgarisation pour des professeurs d'autres disciplines

- mars à juillet 1969 : stages à la CII et à l'IRIA (Institut de Recherche sur l'Informatique et l'Automatisme) par un groupe de professeurs de mathématiques et physique du lycée les jeudis après midi

En juin, stage intensif à l'IRIA, commencé par douze professeurs, terminé par sept d'entre eux.

- juillet : premier projet d'introduction d'un enseignement expérimental de l'Informatique. Réunion à l'Institut Pédagogique National le 8 juillet 1969

- septembre-octobre 1969 : mise au point du projet. Le Ministère accorde 18 heures pour cet enseignement. Formation rapide des trois professeurs désignés. Tests psychotechniques sur les 46 élèves volontaires des classes de 2<sup>nd</sup>C

- 24 novembre 1969 : début des cours aux élèves

- 15 décembre 1969 : mise en place de l'ordinateur 10010 (8 Koctets de mémoire) avec un terminal à clavier LSR 35 et un lecteur rapide de ruban prêtés par la CII

- janvier 1970 : début des travaux pratiques

Il y a en une heure de cours par semaine pour chacun des groupes de 23 élèves, 18 séances de travaux pratiques (deux heures par quinzaine par groupes de 7 à 8 élèves). La formation continue de l'équipe des professeurs a demandé une demi-journée par semaine.

Les thèmes développés ont été :

- l'Informatique, ses domaines
- Lénarches principales d'un ordinateur
- Exemples d'organigrammes de calcul et de classement, algorithmes, itération
- Représentation de l'information, codification fonctionnelle, codage technologique
- Systèmes de numération
- Etude sommaire d'un langage évolué : FORTRAN minimal
- Initiation au traitement d'un fichier
- Histoire des ordinateurs

Les travaux pratiques ont porté sur une étude expérimentale du code ASCII et l'établissement par chaque élève de petits programmes

Des compléments à cet enseignement ont été organisés sous forme de visites telle celle réalisée au groupe Drouot à Paris en mars 1970.

Pendant la même temps l'Informatique est sujet d'exposés en histoire en 4<sup>nd</sup>C et en anglais en 2<sup>nd</sup>C. Un stage de deux fois deux jours a été organisé en mai 1970 pour 48 professeurs du lycée. Enfin en mars 1970, a été créé un Club Informatique pour les élèves de terminale.

Cette expérience a montré la nécessité d'augmenter le nombre de terminaux et d'alléger la manipulation sur la machine (il fallait entrer l'autochargeur, l'exécuteur et le compilateur). Mais les difficultés sont surtout venues de la formation préalable insuffisante des professeurs. Ce sont des professeurs de mathématiques qui ont assuré les cours (on mettra que c'est le cas général pour toutes les expériences de ce genre.) Il faut donc initier les autres professeurs ce qui a commencé à être fait au cours de l'année scolaire 1969-1970.

Au niveau des actions, on constate donc que l'introduction de l'Informatique dans l'enseignement secondaire général implique :

.../...

- 1) l'implantation d'ordinateurs en milieu scolaire
- 2) la formation des professeurs et ce point est particulièrement crucial : aussi allons-nous nous attarder quelques instants sur ce problème.

#### V - La formation des enseignants

L'Informatique étant chose nouvelle, les besoins d'enseignement concernent autant les professeurs que les élèves. On remarquera que cet enseignement concerne les professeurs de toutes les disciplines. Le nombre de personnes à toucher est donc considérable et une action à grande échelle doit être déclenchée de façon urgente.

Il s'agit de montrer aux professeurs que l'information est une désignation et non une signification ; que le traitement par ordinateur impose un mode de représentation tel que la forme implique le sens ; que le but de l'analyse est de reconnaître les renseignements à traiter, de les mettre en forme et d'élaborer une méthode formelle de traitement. Il faut également leur montrer les applications de l'Informatique dans leur propre discipline (méthodes statistiques dans les sciences naturelles, en géographie, en histoire, simulations en économie).

D'autres pays se sont penchés sur le problème de la formation de leurs enseignants. En Ecosse dès 1965, avant donc la publication du rapport Bellis, l'introduction de l'Informatique à l'école a donné lieu à des activités sporadiques qui ont conduit à organiser des cours spécialement conçus à l'intention des enseignants attachés à des écoles secondaires (et à des centres d'études complémentaires). Les professeurs de mathématiques étaient les plus nombreux mais on pourrait relever la présence d'une minorité de professeurs de commerce, d'anglais, de langues vivantes et de géographie. Ces cours insistaient surtout sur la programmation. Depuis la publication du rapport Bellis, trois écoles normales offrent aux élèves-professeurs des cours facultatifs d'Informatique. Les chargés de cours des écoles normales ont expérimentés le programme préconisé par le rapport Bellis dans les classes de troisième des écoles secondaires et ils communiquent ainsi leur expérience aux élèves-professeurs. Quant aux cours destinés aux enseignants en cours de carrière, on les organise au moment et à l'endroit où ils sont demandés.

Dans le Royaume-Uni, on pense qu'il faut d'abord secouer l'apathie des enseignants en les motivant et qu'il faut former dans les deux années qui viennent les professeurs des classes terminales et ce localement. On considère qu'à partir de 1973 sous les maîtres devraient suivre un cycle d'études sur l'incidence sociale des calculateurs.

En France, on envisage des séminaires réunissant les professeurs du secondaire par discipline et animés par des professeurs d'informatique détachés de l'enseignement supérieur, l'utilisation d'aider à l'enseignement, l'utilisation de cours par correspondance ainsi que des stages chez les constructeurs d'ordinateurs. Ceci, pour l'enseignement secondaire général car, dans l'enseignement technique, on a commencé depuis longtemps une politique d'enseignement de l'emploi des petits ordinateurs et pour la formation des professeurs, le Centre de Recherches Pédagogiques de l'Enseignement Technique a organisé des séminaires interacadémiques : 1 200 professeurs ont reçu une initiation légère et ils sont capables d'intégrer l'Informatique à l'enseignement d'une autre discipline.

Pour l'enseignement supérieur, il faut s'interroger sur la nature de l'encadrement. Faut-il créer des postes supplémentaires d'informaticiens ou dispenser une formation à l'informatique à des professeurs d'autres disciplines ? Il faut également se soucier de la formation des informaticiens spécialisés : quel sera le devenir des programmes et l'encadrement de cette formation ?

.../...

Pour en revenir à l'enseignement secondaire qui est le sujet de ce rapport, la Délégation à l'Informatique envisage la création d'un centre national pour la formation à l'Informatique des professeurs. En attendant les actions à entreprendre sont chronologiquement :

- 1) actions spécifiques immédiates (séminaires, scientifiques du contingent, stager
- 2) actions d'aide à la formation des professeurs : production de films et de programmes pédagogiques.

La formation des professeurs doit comporter une partie pratique importante qui pourrait être orientée vers l'enrichissement du stock d'exercices et de modèles de simulation propre à chaque discipline.

On voit donc que la formation des professeurs à l'Informatique et l'utilisation d'ordinateurs sont choses liées. L'introduction de l'Informatique correspond à une évolution de la "mentalité" de l'enseignement. L'action au niveau du secondaire est importante car c'est le dernier stage permettant de toucher l'ensemble de la population. L'enseignement actuel doit s'adapter à une société "riche en informations". Les élèves doivent finalement être conduits à des actions productives leur donnant le sens des responsabilités et à développer des stratégies pour utiliser les richesses de l'information.

## Chapitre II - IMPLANTATION DU MATERIEL INFORMATIQUE

### DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

Compte tenu de la philosophie de l'enseignement de l'Informatique dans le secondaire, nous allons examiner ici les données physiques de l'implantation du matériel. Nous aurons à tenir compte de contraintes physiques, de données financières, des préférences pédagogiques.

#### I - LES RESEAUX DE L'EDUCATION NATIONALE

L'Informatique à l'Education Nationale revêt deux aspects :

- la formation à l'Informatique : le gros obstacle au développement actuel de l'Informatique est la formation des hommes, ce qui relève évidemment de la mission de l'Education Nationale. Elle doit donc assurer la sensibilisation, l'initiation et la spécialisation.

- L'Informatique comme moyen d'apporter une amélioration décisive au fonctionnement de cette énorme entreprise. Elle peut améliorer en particulier la qualité du service rendu et donner une dimension nouvelle permettant d'aborder des problèmes nouveaux. Elle doit améliorer la gestion de l'appareil éducatif (plus de 100 000 personnes à gérer, 12 000 000 d'élèves et d'étudiants).

Dans la suite, nous appellerons réseau un ensemble cohérent de moyens informatiques destinés à un but déterminé. L'importance et la spécificité des tâches de l'Education Nationale appelle l'existence d'un équipement distinct de celui des autres ministères. Ce point admis, on peut songer à installer un réseau unique pour les diverses tâches de l'Education Nationale : Ceci permettrait une meilleure utilisation des centres de traitement de l'information. En fait il semble que la somme des tâches à accomplir conduirait à des centres de traitement trop importants de gestion difficile ou à des centres nombreux spécialisés. De plus, les contraintes des priorités des tâches de gestion sont parfois contradictoires avec celles des autres tâches. Enfin les configurations de périphériques sont de plus en plus spécialisées. L'option a donc été prise de prévoir des réseaux distincts pour l'enseignement et la gestion. Bien entendu, il faut maintenir des liaisons entre les différents réseaux. Ces liaisons permettent d'étaler les pointes et donc de limiter les matériels aux besoins moyens. Ces liaisons permettent une certaine sécurité en cas de défaillances techniques ; elle peuvent être étendues à des réseaux extérieurs à l'Education Nationale.

On distinguera donc :

- 1) Le réseau administratif, indépendant de l'enseignement et de la recherche
- 2) Le réseau de la recherche spécialisée : certaines recherches, par leur spécialisation (conduite de processus en temps réel, par exemple) ou par le volume des traitements à effectuer (travaux de physique nucléaire par exemple) nécessitent des moyens spéciaux entièrement réservés à leur usage.

- 3) Le réseau universitaire : celui-ci se justifie par l'autonomie des universités conforme à la loi d'orientation de l'enseignement supérieur. Il doit couvrir les besoins de la recherche universitaire et ceux de l'enseignement supérieur en matière d'initiation et d'enseignement spécialisé en informatique en même temps que les tâches de gestion universitaire. Pour des raisons de rentabilité, il ne semble pas possible de concevoir un centre par université ; on est donc amené à prévoir un réseau de centres de travail polyvalents interuniversitaires académiques. Dans la mesure où un essai en vraie grandeur d'enseignement programmé sera tenté au cours du VI. Plan, il paraît raisonnable de lier le réseau d'enseignement

.../...

programmé au réseau universitaire. Plus tard, le réseau d'enseignement programmé pourra évidemment devenir indépendant.

4. Le réseau de l'enseignement secondaire : il y a dans l'enseignement secondaire deux sortes de besoins; ceux de l'enseignement technique et commercial, analogues à ceux de l'enseignement supérieur et ceux de l'enseignement général dont les besoins sont modestes en taille unitaire, mais importants en nombre. L'équipement de l'enseignement technique peut d'ailleurs contribuer à cette initiation.

Cherchons alors à évaluer les différents réseaux dans le cadre du VI<sup>e</sup> Plan. Remarquons d'abord qu'il n'est pas indispensable ni même souhaitable d'uniformiser les types de matériels implantés dans l'Éducation Nationale même pour un réseau homogène. Certes une telle uniformisation présenterait de nombreux avantages : unicité des procédures, transposition immédiate des programmes, avantage de prix due à l'importance des marchés ; mais elle présente des inconvénients assez graves : difficulté d'adaptation au progrès technique, position de monopole d'un constructeur. En moins il apparaît que des normes communes devront être imposées.

1) Le réseau administratif : le réseau nécessaire est difficilement évaluable car l'expérience est limitée dans ce domaine ; de nouvelles tâches pourront apparaître à l'usage. Si l'équipement de ce réseau est urgent. On distingue trois niveaux national, académique et local. Il apparaît impossible d'équiper le niveau local au cours du VI<sup>e</sup> Plan : quelques expériences de télétraitement pourront être tentées. Au niveau national (administration centrale et expérience de télétraitement au niveau local), on estime les besoins à 25 MF (dont 5 MF pour la télégestion. Au niveau académique, on distingue 10 grandes académies et 15 académies moyennes ce qui porte les besoins à 175 MF.

2) Le réseau recherche spécialisée : les équipements correspondants sont pris en charge par le Plan Recherche par les disciplines auxquels ils sont destinés.

3) Le réseau universitaire : On cherche à avoir à la fin du VI<sup>e</sup> Plan, un équipement réparti sur l'ensemble du territoire, proportionnellement aux besoins d'enseignement et de recherche soit en première approximation au nombre d'étudiants par académie. On distingue alors 12 académies moyennes équipées d'un petit centre pouvant se raccorder à un très grand centre national, 10 grandes académies dotées d'un grand centre autonome et 5 grands centres parisiens. En ajoutant les besoins de la recherche spécialisée en Informatique, on aboutit à une évaluation de 400 MF que l'on peut répartir en 250 MF sur le Plan Recherche et 150 MF sur le plan Éducation.

Pour l'enseignement programmé, on estime les besoins à 20 MF.

4) Le réseau de l'enseignement secondaire : il faut prévoir le matériel nécessaire à la sensibilisation dans l'enseignement secondaire général et à la formation des spécialistes dans l'enseignement technique, économique et commercial. Compte-tenu du manque d'expérience en matière de sensibilisation à l'Informatique on estime une enveloppe raisonnable à 150 MF en valeur d'équipement à la fin du VI<sup>e</sup> Plan. (250 F par élève environ). Sur ce total, on peut préciser les besoins de l'enseignement technique: on obtient une évaluation de 50 MF (1 000 calculateurs de bureau programmables, 500 ordinateurs de bureau, 24 petits ordinateurs connectables sur des centres de calcul universitaires). Une partie de cet équipement pourra servir à la sensibilisation dans l'enseignement général.

En récapitulant, on voit que la valeur du matériel implanté dans l'Éducation Nationale devrait être en fin de VI<sup>e</sup> Plan de 770 MF (520 MF sur le Plan Éducation et 250 MF sur le Plan Recherche.). Au début de l'année 1970, la valeur du matériel informatique installé à l'Éducation Nationale était évalué à 320 MF par la Délégation à l'Informatique. La croissance envisagée correspond donc à une multiplication par 2,5 en six ans soit 6,3 % par an en moyenne.

.../...

Sur le financement du VI<sup>e</sup> P.L.N., on pourra donc estimer à 100 MF le budget, prévu pour la sensibilisation à l'informatique dans l'enseignement secondaire général (en valeur d'équipement) : ceci nous fixe la première contrainte du problème étudié.

POSES

II - LES PROBLEMES DE COUTS / P. R. LA SENSIBILISATION A L'INFORMATIQUE

Trois éléments interviennent dans la détermination du coût

- 1) le coût d'initiation des professeurs de toutes les disciplines à l'informatique.
- 2) le coût complémentaire de formation des professeurs spécialisés
- 3) le coût de possession et de maintenance du matériel

Voyons successivement ces trois éléments :

1) le coût d'initiation des professeurs de toutes les disciplines : il y a environ 150 000 professeurs dans le secondaire dont 60 000 pour le second cycle. On peut pour la durée du VI<sup>e</sup> P.L.N. se limiter au second cycle quitte à prolonger l'action entreprise au premier cycle au cours du VII<sup>e</sup> P.L.N. Plusieurs modes de formation sont envisagés. Le mode le mieux semble être un cours par correspondance accompagné d'un stage de durée très limitée (de l'ordre d'une semaine). Si on estime le coût du cours par correspondance à 500 F par professeur initié, le coût global d'initiation revient à  $60\ 000 \times 500 + 60\ 000 \times 30 \times 5 = 39\ 000\ 000\ F$  (il faut tenir compte des frais de déplacement).

2) Le coût complémentaire de formation des professeurs spécialisés : il semble souhaitable d'avoir un professeur spécialisé par établissement. En se limitant au second cycle long, on trouve environ 1 000 lycées. La formation de ces professeurs peut être envisagée de diverses manières : on peut leur faire suivre un stage d'un an chez un constructeur en partant de zéro ; on peut également leur faire suivre un stage à plein temps de deux mois, faisant suite au cours par correspondance. Dans ce dernier cas le coût comprend le salaire des professeurs de remplacement soit  $1\ 000 \times 3\ 000 \times 2 = 6\ 000\ 000\ F$ , les indemnités de séjour versées aux stagiaires soit  $1\ 000 \times 30 \times 45 = 1\ 350\ 000\ F$ , le coût du stage proprement dit qui comprend la préparation et son exécution soit 2 400 000 F. Pour les professeurs spécialistes se pose le problème de l'appréciation de leur charge en face des normes habituellement employées dans l'enseignement secondaire. Sans peine de perdre ses qualités d'enseignant, un tel professeur spécialiste devrait consacrer au moins 50 % de son temps à l'enseignement, le reste de son activité devant être évalué en "équivalent heure d'enseignement" selon des règles administratives précises. Le coût de cette activité nouvelle liée à la présence de centres d'informatique peut donc être évalué à  $1\ 000 \times 60\ 000 = 30\ 000\ 000\ F/n.$

On notera :

- 1) l'importance de ce poste : les frais dus aux professeurs d' "informatique" sont du même ordre de grandeur que ceux d'équipement pour la durée du VI<sup>e</sup> P.L.N.
- 3) Le coût de possession et de maintenance du matériel : il est évident qu'au stade de l'initiation, bien des solutions sont possibles et nous en discuterons ultérieurement. Prenons quelques hypothèses plausibles à partir des données suivantes : 600 000 élèves, 30 semaines par an à raison de 6 heures par jour, cinq jours par semaine, les élèves travaillent par groupes de 3. Il en va il sur consoles à raison de 5 lignes par groupe et par an, il faut environ 1 000 consoles en France ; on trouve alors en ramenant en investissements sur cinq ans un coût de 300 millions de francs pour des consoles time-sharing. Le travail en batch processing à raison de 6 passages de 5 minutes par an et par groupe, chaque centre pouvant absorber les passages de 13 000 élèves (12 heures six jours par semaine), on voit qu'il faut une cinquantaine de centres pour le second cycle long soit une dépense ramenée en investissement de départ de 50 MF.

A ces frais s'ajoutent les dépenses de maintenance qui devront évidemment être aussi réduites que possible : on s'attachera donc à choisir un matériel particulièrement fiable. Ces dépenses sont évaluées à 5% de la valeur du parc installé. On voit donc que les coûts de premier équipement ne représentent qu'une partie des frais de sensibilisation à l'Informatique au cours du VI<sup>e</sup> Plan ; en particulier l'introduction de l'Informatique nécessitera la création de postes de professeurs supplémentaires d'où un coût très important.

On a vu que l'on estimait la valeur de l'équipement installé en fin de VI<sup>e</sup> Plan à 770 MF. Examinons alors les modalités de financement du matériel. Du point de vue économique l'achat est plus avantageux à long terme surtout, à partir du moment où l'on envisage la gestion d'un parc important. Malgré leur vie courte (5 ans environ du point de vue obsolescence) les équipements informatiques sont des biens d'équipement mais dont le fonctionnement exige une maintenance qui constitue une partie importante des frais de location ; la procédure qui permet la location sur crédits d'équipement dissimule en fait ce virement de l'équipement en fonctionnement.

Si l'on suppose que le matériel est entièrement acheté, compte tenu du fait que le matériel en place est en général loué ou très ancien, il faut prévoir un investissement de 770 MF sur cinq ans et un budget de maintenance en fonctionnement de l'ordre de 5% par an de la valeur du parc installé (125,5 MF sur le VI<sup>e</sup> Plan).

Si l'on suppose que le matériel est loué sur des crédits de fonctionnement, l'évaluation est plus délicate car il faut tenir compte du matériel actuellement loué de la même façon. Pour 1971, la location correspondrait à 231 MF (de crédits de fonctionnement, maintenance comprise).

Dans le cas de la procédure actuelle de financement sur crédit d'équipement, avec option de location pour 40 mois, seul le quart environ du matériel est actuellement acheté. Dans cette hypothèse et en tenant compte du renouvellement du matériel loué les premières années, on trouve 962,5 MF à prévoir en crédits de fonctionnement ainsi que 28,825 MF en crédits de fonctionnement pour la maintenance.

Il faut encore ajouter les crédits de fonctionnement matériel (fluides, papier, bandes, etc;) qui sont de l'ordre de 10 % de la valeur du parc installé soit 135 MF sur l'ensemble du VI<sup>e</sup> Plan.

Il faut enfin ajouter les emplois budgétaires nécessaires : les emplois à créer au cours du VI<sup>e</sup> Plan sont estimés à 2 000 pour le réseau administratif et à 725 pour le réseau universitaire.

Le budget global informatique en fin de VI<sup>e</sup> Plan représente finalement 1,3 % du budget de l'Education Nationale ce qui est dans la moyenne des autres ministères.

### III - REPARTITION DES LYCEES EN FRANCE

On trouvera ci-dessous un tableau donnant la répartition des lycées par académie et par département pour l'ensemble de la France. Il y a en France 6322 établissements possédant des classes du second degré pour un effectif total de 3 284 594 élèves pour l'année scolaire 1969-1970. Là-dessus, on trouve 1203 lycées pour un effectif total de 1 209 121 élèves pour l'année scolaire 1969-1970. Comme par ailleurs il y a à peu près autant d'élèves dans le second cycle long que dans le premier cycle des lycées, on aboutit bien au chiffre de 600 000 élèves précédemment avancé.

.../...

## Année scolaire 1969-1970

Académie d'ALIX:		Académie de DIJON:	
Nombre d'établissements:	Effectifs	Nombre d'établissements:	Effectifs
Basses Alpes : 5	2584	Côte d'Or : 12	11136
Hautes Alpes : 4	1642	Nièvre : 7	6433
Bouches du Rhône : 31	41194	Saône et Loire : 13	11751
Rhône : :	:	Yonne : 7	4998
Vaucluse : 10	11713		
Académie d'AMIENS:		Académie de GRENOBLE:	
Lisne : 14	11571	Ardèche : 5	4830
Loise : 11	11516	Drôme : 11	12313
Somme : 8	10458	Isère : 27	29784
		Savoie : 10	11251
Académie de BESANCON:		Haute-savoie : 14	12234
Doubs : 9	10194		
Jura : 11	7008	Académie de LILLE:	
Haute Savoie : 5	3298	Nord : 49	51 622
Belfort : 3	1935	Pas de Calais : 27	28 214
Académie de BORDEAUX:		Académie de LIÉGES:	
Dordogne : 12	9955	Corrèze : 10	7897
Gironde : 18	20833	Creuze : 8	4279
Landes : 6	5742	Haute Vienne : 11	10867
Lot et Garonne : 8	9401		
		Académie de LYON:	
Pyrénées Atlantiques : 13	14 281	Ain : 10	6609
		Loire : 18	23876
		Rhône : 30	31805
Académie de CAEN:		Académie de MONTPELLIER:	
Calvados : 13	11 683	Aude : 7	7247
Manche : 10	4 754	Gard : 9	11400
Orne : 7	5 806	Hérault : 14	19597
Sarthe : 11	7 672	Lozère : 2	1539
		Pyrénées Orientales : 7	6697
Académie de CLERMONT:			
Allier : 12	11550		
Cantal : 6	2535		
Haute Loire : 4	2429		
Puy de Dôme : 14	13550		

.../...

Nombre :		:		Nombre de :		
de lycées Effectif :		:		lycées : Effectif :		
Académie de NANCY :		:		Académie de R.H.S.:		
Meurthe et Moselle :	14 :	16 406 :	Ardennes :	10 :	7663 :	
Meuse :	5 :	4 967 :	Lube :	6 :	5114 :	
Vosges :	12 :	8 081 :	Marne :	10 :	10735 :	
:		:		Haute Marne :	5 :	2609 :
Académie de NANTES :		:		:		
Loire Atlantique :	16 :	13 296 :	Académie de :	:	:	
Maine et Loire :	9 :	9 105 :	Rennes :	:	:	
Vendée :	7 :	3 891 :	Côtes du Nord :	11 :	9389 :	
:		:		Finistère :	19 :	15903 :
Académie de NICE:		:		Ille et Vilaine :	13 :	12152 :
Alpes Maritimes :	17 :	22 308 :	Mayenne :	5 :	3828 :	
Corse :	6 :	6 900 :	Morbihan :	5 :	5151 :	
Var :	13 :	19 297 :	:		:	
:		:		Académie de :	:	:
Académie d'Orléans :		:		ROUEN :	:	:
Cher :	7 :	7501 :	Eure :	7 :	6804 :	
Eure et Loir :	8 :	6712 :	Seine Maritime :	25 :	23194 :	
Indre :	8 :	6158 :	:		:	
Indre et Loire :	8 :	11141 :	Académie de :	:	:	
Loir et Cher :	4 :	4748 :	STRASBOURG :	:	:	
Loiret :	8 :	10861 :	Moselle :	23 :	25 464 :	
:		:		Bas-Rhin :	22 :	22 249 :
:		:		Haut-Rhin :	16 :	11 298 :
Académie de PARIS :		:		:		
Ville de Paris :	70 :	91127 :	Académie de :	:	:	
Seine et Marne :	25 :	14683 :	TOULOUSE :	:	:	
Yvelines :	26 :	27956 :	Ariège :	5 :	3 813 :	
Essonne :	12 :	13578 :	Aveyron :	7 :	6 003 :	
Hauts de Seine :	29 :	38534 :	Haute Garonne :	15 :	16 842 :	
Seine Saint-Denis :	23 :	21339 :	Gers :	14 :	4 273 :	
Val de Marne :	24 :	26122 :	Lot :	6 :	5 318 :	
Val d'Oise :	12 :	16952 :	Haute Pyrénées :	10 :	10 716 :	
:		:		Tarn :	9 :	10 575 :
Académie de :		:		Tarn et Garonne :	4 :	2 626 :
POITIERS :		:		:		
Charente :	8 :	8571 :	D.O.M. :	:	:	
Charente Maritime :	12 :	10804 :	Guadeloupe :	3 :	4 178 :	
Deux Sèvres :	8 :	7641 :	Guyane :	2 :	638 :	
Vienne :	12 :	9042 :	Martinique :	3 :	3 690 :	
:		:		Réunion :	3 :	2 892 :

Ce tableau permet d'avoir une vue globale de la répartition des lycées. On notera que tous les lycées ne possèdent pas des classes dans le second cycle long. Si on se limite aux lycées ayant des classes de seconde, première et terminale, le chiffre des établissements à considérer devient inférieur à 1000.

.../...



On voit par là que chaque classe contient en moyenne entre 25 et 30 élèves ce qui correspond à peu près à 10 groupes de trois élèves par division. Il aurait également été intéressant, dans le cadre de cette étude, de connaître l'évolution prévue du nombre des élèves dans le second cycle long pour les cinq années à venir ainsi que l'évolution prévue de la répartition des élèves (nombre moyen d'élèves par classe, nombre de classes, dispersion des élèves, créations de lycées prévues). Faute d'avoir pu trouver ces chiffres, on raisonnera sur le chiffre global de 500 000 à 700 000 élèves dans le secondaire (2e cycle long). Les seuls chiffres que nous ayons en notre possession donnent 1 190 881 élèves dans les lycées en 1970-1971 contre 1 202 713 en 1969-1970 soit - 1 % ; quant au second cycle long des lycées ses effectifs passent de 614 846 en 1969-1970 à 647 363 en 1970-1971 soit + 5,3 %. Les chiffres respectifs pour l'année scolaire 1968-1969 étaient de 1 124 499 et de 564 598. On note une tendance à l'augmentation du nombre des élèves du second cycle long mais compte tenu de la forme de la pyramide des âges, la progression pourrait être moins rapide dans les prochaines années qu'elle ne l'a été entre 1968 et 1970. (inférieure à 5 % par an d'après le service central des statistiques et sondages).

#### IV - POSITION DU PROBLEME

Le problème posé consiste donc à assurer au mieux, l'enseignement de l'informatique, au sens où nous l'avons défini au chapitre 1, dans l'enseignement secondaire et ce au cours du VIe Plan qui représente nécessairement une période de transition. La première contrainte est, nous l'avons vu budgétaire, de l'ordre de 100 millions de francs en frais d'équipement pour le VIe Plan. Par là même, on restreint considérablement le nombre d'élèves pouvant être réellement "touchés" par cet enseignement. Il n'est pas possible de "toucher" l'ensemble du secondaire et sans le dire expressément, nous nous sommes déjà limités plus haut au second cycle long, c'est à dire aux classes de seconde, première et terminale des lycées. Ceci représente nous l'avons vu 600 000 à 700 000 élèves. Il va de soi que l'introduction de l'informatique sera progressive et qu'en particulier, dans cette période de transition, toutes les possibilités offertes à l'échelon local devront être utilisées. Mais l'on cherchera néanmoins à équiper au maximum les lycées en matériel "définitif".

Bien d'autres contraintes vont surgir au cours de cette étude : elles peuvent être d'ordre financier, d'ordre pédagogique, d'ordre politique, d'ordre technique ou technologique.

Sur le plan politique, il est évident qu'on se limitera autant que faire se peut à du matériel français. Il va de soi que cette restriction ne saurait être valable que dans la mesure où les prix du matériel français sont compétitifs avec les prix pratiqués par les concurrents européens ou américains. On verra à cet égard que les prix pratiqués par Digital Equipment, spécialiste du petit ordinateur industriel en grande série, nous ont servi de référence pour les miniordinateurs français.

Sur le plan pédagogique, l'expérience est pour le moment fort limitée et il est très difficile de déterminer le matériel le plus adapté à l'enseignement de l'informatique. Parmi les divers problèmes qui se posent sur ce point, on peut citer : est-il nécessaire d'avoir un ordinateur dans chaque lycée ou peut-on se contenter de passages de programmes en batch? Quel est le matériel le plus adapté au point de vue des terminaux dans le cas des systèmes : télétypes bruyants, peu fiables mais laissant une trace sur le papier de tout ce qui a été fait ; ou bien, postes de visualisation fiables, silencieux mais ne gardant pas la mémoire des différentes opérations effectuées? Que faut-il comme périphériques : imprimante, lecteur-perforateur de bande? Quelle sera la dimension maximale des programmes écrits par les élèves? Faut-il utiliser un langage évolué simple du type BASIC ou comme le prétend L. LAMOC, un langage machine plus propice à la découverte du fonctionnement de la machine?

Les professeurs n'ont aucune expérience jusqu'à présent pour répondre à ces questions seuls les pionniers de lycées comme La Celle-Saint-Cloud peuvent fournir des réponses nécessaires <sup>de</sup> portée limitée : n'ont-ils pas pratiquement découvert l'Informatique au même temps que leurs élèves ; et ils ne disposaient que d'un matériel limité également (IRIS 10) C'est pour pallier cette carence dans la formation des professeurs que l'Éducation Nationale a entrepris une vaste campagne d'initiation : au cours de l'année scolaire 1971-1972, mille professeurs auront suivi un cours par correspondance ; par ailleurs 80 professeurs auront suivi pendant une année à temps complet un stage chez un constructeur d'ordinateurs 20 chez BULL, 20 chez CII et 40 chez IRI. Ces 80 professeurs ont été plus spécialement chargés de réfléchir à ces aspects pédagogiques du problème à partir du troisième trimestre de cette année scolaire.

La formation même des professeurs n'est pas sans poser de problèmes : comment former dans le temps voulu le nombre de professeurs nécessaires, c'est à dire compte tenu de notre optique, comment former à l'Informatique en cinq ans tous

les professeurs enseignant dans des classes du second cycle long ? On notera à cet égard que parmi les 80 professeurs choisis pour le stage d'un an, 54 appartiennent à l'Académie de Paris et 26 aux autres académies. Il y a parmi eux des professeurs de mathématiques de physique, de sciences naturelles, de lettres classiques, de grammaire, de philosophie, d'histoire-géographie, d'allemand, d'anglais, d'espagnol, d'économie. Ces professeurs pourront-ils jouer plus tard dans leurs lycées respectifs un rôle de diffuseur de la culture Informatique ?

Sur le plan technique, les possibilités sont diverses : on a déjà évoqué les passages de programmes en batch, envoyés si besoin est par la poste à un gros centre de calcul ; les petits systèmes associant un miniordinateur à un nombre limité de terminaux (télétypes ou postes de visualisation), les systèmes avec terminal relié à un réseau de time-sharing. L'ordinateur peut être, ou non, transportable. Il va nous falloir examiner ces différents types de solution. Et une fois une solution adoptée, comment choisir un ou plusieurs constructeurs. Faut-il admettre qu'un constructeur propose un matériel uniquement fabriqué pour les besoins de l'Éducation Nationale ? Indépendamment de ce contexte politique, il va falloir évaluer les différents matériels proposés au point de vue vitesse de calcul, possibilités de traitement, fiabilité. Il faut évidemment rechercher le matériel offrant le service demandé au coût minimal.

Mais qu'est-ce que le service demandé ? Les idées sur ce sujet ne sont pas encore absolument précises. On sait ce qu'on veut enseigner : mais comment l'enseigner. Il est probable que ce que l'on voudra faire en 1975 ne correspondra qu'imparfaitement à la vision que l'on peut en avoir actuellement. Or, il ne faut pas que le matériel soit périmé dans cinq ans, surtout s'il est acheté. La machine devra donc offrir plus que le service que l'on lui demande aujourd'hui.

Tout ceci montre combien la démarche visant à définir le matériel nécessaire est inséparable de celle visant à définir l'utilisation de ce matériel. Au cours de notre étude qui initialement posait le problème de la définition du matériel Informatique pour l'enseignement secondaire, nous avons donc été amenés à définir l'utilisation de ces machines qui entre comme paramètre dans le choix du matériel. Ce problème a suffisamment d'importance par l'importance du budget en jeu, par les conséquences pédagogiques sur plusieurs générations d'élèves pour que l'Éducation Nationale ait décidé de faire au moins une année expérimentale avec les matériels qu'elle aura choisis au cours de cette année scolaire et qui seront en nombre très limités (deux ou trois constructeurs vraisemblablement). Ces matériels pourront être des prototypes. Ils définiront des configurations du matériel possibles et raisonnables. Le choix définitif n'interviendra qu'un an plus tard quand ces configurations auront été soigneusement testées.

### I - LES CENAI'S DE CALCUL

Une première solution pour traiter un problème de l'ampleur du problème posé consiste à imaginer une série de gros centres de calcul répartis à travers la France. Ces gros centres permettraient de traiter en batch de nombreux programmes grâce à une vitesse de passage élevées. Dans cette hypothèse, les programmes écrits par les élèves seraient amenés par un moyen ou un autre (service de ramassage, poste) au centre de traitement ; la perforation et le passage en machine seraient assurés au centre de calcul qui enverrait les résultats aux intéressés. On voit par là que, entre le moment où l'élève envoie son programme et le moment où il reçoit les résultats, il s'écoulerait certainement plus de 24 heures même avec une gestion du centre de calcul très bien faite. Il s'ensuit que si le programme comporte une erreur mineure, il s'écoulera plus de 24 heures avant que la sanction ne soit connue. Ceci limite extraordinairement le nombre de programmes mis au point par un élève en un an, même en admettant qu'un professeur corrige les erreurs de syntaxe. A la limite, cette façon d'opérer est à l'opposé de la philosophie adoptée pour l'enseignement de l'Informatique dans le secondaire puisque tous les professeurs doivent pouvoir utiliser l'Informatique de façon relativement constante.

Il nous semble par ailleurs assez néfaste que l'élève n'ait aucun contact direct avec la machine. L'ordinateur restera pour lui quelque chose de lointain, d'inabordable même si l'on organise des visites du centre de calcul ; Or il faut démythifier l'ordinateur et une des méthodes pédagogiques consiste à mettre l'élève en contact direct avec l'ordinateur.

Pour assurer la cadence de traitement nécessaire, il faut un ordinateur récent ; même avec les derniers ordinateurs en admettant 10 programmes par élève et par an, chaque programme nécessitant 3 passages pour sa mise au point, on aboutit à une machine pour 35 lycées et à un prix de revient de 500F à 1000F par élève ce qui est trop élevé dans le cadre du VIe Plan.

Malgré l'importance du service rendu, il ne semble donc pas que la solution "gros ordinateurs utilisés en batch" puisse être retenue pour l'introduction de l'Informatique dans l'enseignement secondaire. Cette solution ayant en outre plusieurs inconvénients d'ordre tactique : elle nécessite une infrastructure lourde et par ailleurs l'installation d'une grosse machine représente un risque certain au point de vue investissement.

### II - LE TIME-SHARING

Une deuxième solution consiste à utiliser un réseau de time-sharing comme il en existe un certain nombre en France. Par exemple le réseau CIGOS TIME-SHARE utilise un XLS 940 associé à des VME-LN. Il fonctionne à Paris et sur Paris-Grenoble. Il doit être étendu à Paris-Lyon et au Sud-Ouest dans l'année 1971. Ce réseau permet de disposer d'une bibliothèque de 400 programmes et de plusieurs langages de programmation (Super Basic, Super Fortran IV H, analyseur syntaxique COBOL, ..). Chaque utilisateur peut disposer de 16 K mots de 24 bits et d'une capacité pratiquement illimitée sur disque.

Les prix sont de 70 F par heure connectée et 0,40 F par seconde d'utilisation. Le tarif est divisé par deux pour l'enseignement après six heures et pendant le week-end. La location du terminal coûte 800F/mois. Même avec une utilisation régulière de la machine (200 heures par mois), il ne faut guère espérer une diminution sensible des coûts (division au plus par deux ou trois). On conçoit dès lors que le prix de revient d'un tel réseau soit prohibitif au niveau de l'Education Nationale et il ne faut guère attendre de meilleurs résultats d'un réseau créé spécialement pour l'Education Nationale).

Du point de vue pédagogique, l'élève ne sera en contact avec l'ordinateur que par l'intermédiaire d'un terminal et nous pensons que ceci n'est pas favorable à la démythification de l'ordinateur. D'autre part, un réseau de time-sharing peut être saturé et les temps d'attente deviennent longs entre la demande de l'élève et la réponse de l'ordinateur.

Du point de vue technologique, un système à l'échelle de la France semble difficilement concevable ; on aurait pu alors prévoir un système de time-sharing par académie ; ceci est concevable techniquement parlant sans que les temps d'attente deviennent prohibitifs.

Le gros obstacle au développement de l'utilisation d'un réseau de time-sharing nous semble finalement être son coût : même avec un prix de revient de 20 F/l'heure tout compris on aboutit à une dépense de l'ordre de 500 MF par an absolument impossible à assumer (on a pris pour le calcul 200 heures par mois pendant 8 mois et un terminal par lycée). Et le prix de 20F/heure est purement prospectif dans le cas d'une utilisation intensive et régulière. Quant au calcul du coût de création d'un réseau, il doit inclure le prix des liaisons téléphoniques et le calcul du coût de revient doit inclure le prix des communications qui est particulièrement élevé à grande distance : il y a donc bien de compter des frais d'investissements et des coûts de fonctionnement.

Nous ne pensons donc pas que la connexion à un réseau de time-sharing constitue une solution valable pour le problème de l'introduction de l'Informatique dans l'enseignement secondaire. Nous retiendrons par contre l'intérêt d'une bibliothèque de programmes et l'importance de la capacité des traitements qui sont possibles avec un gros ordinateur, que ce soit en batch ou en time-sharing, la seconde solution ayant l'avantage du traitement pratiquement direct. Nous retiendrons donc pour les développements ultérieurs de l'Informatique dans le secondaire la nécessité de pouvoir utiliser les possibilités d'un gros ordinateur.

### III - L'ORLIGN T. UN I. DE LE LYCEE

En cherchant à réduire le prix des communications d'un réseau de time-sharing on aboutit à la solution de l'ordinateur dans le lycée, à la limite un ordinateur par lycée. Cette solution présente de nombreux avantages :

- sur le plan pédagogique, l'ordinateur est dans le lycée, donc à portée des élèves ; l'élève pourra être mis en contact direct avec l'ordinateur et les élèves les plus intéressés par l'Informatique pourront même en disposer en dehors des heures de cours sans augmentation sensible des frais de fonctionnement.
- sur le plan technique, les petits ordinateurs sont en plein développement ; plusieurs modèles nouveaux conçus par des constructeurs français apparaîtront sur le marché au cours de l'année 1971. Or dans un lycée, nous pensons qu'il suffira d'un petit ordinateur associé à un nombre relativement faible de terminaux utilisés en temps partagé : l'importance de l'ordinateur dépend évidemment du nombre de terminaux connectés (ainsi à l'Ecole Supérieure d'Electricité, on envisage d'utiliser un ordinateur CII 10070 avec une mémoire centrale de 256 K octets pour créer un réseau de time-sharing ayant 100 consoles). Les petits ordinateurs ont la capacité

On voit donc que l'on peut concevoir de mettre dans chaque lycée un petit ordinateur associé à une dizaine de terminaux. Ceci permet, en gros, l'instruction d'une classe à la fois si l'on admet que l'on regroupe à un instant donné autour d'un même terminal, deux ou trois élèves. En admettant que l'on puisse implanter un ordinateur dans chaque lycée, on aboutit à accorder en moyenne à chaque groupe d'élèves du second cycle long six heures de présence à un pupitre au cours d'une année scolaire soit 18 heures au cours du second cycle. Ceci nous semble suffisant pour l'apprentissage de la démarche Informatique de la mesure où l'élève prépare ses programmes à l'avance.

On verra par contre plus loin que le prix de l'équipement nécessaire pour un lycée dans des conditions de fonctionnement acceptables est voisin de 300 000 €. On ne pourra donc acheter au cours du VII<sup>e</sup> Plan que environ 100 ordinateurs, ce qui est nettement insuffisant pour les besoins de l'enseignement secondaire, même réduit au second cycle long. Là encore, le petit ordinateur possède le gros avantage d'être facilement transportable, même avec ses périphériques. En effet, le petit ordinateur a les dimensions d'un coffret d'électronique. Il est concevable d'installer l'ordinateur trois mois dans un lycée, puis trois mois dans un autre, puis trois mois dans un troisième. Bien sûr cela réduit d'autant le temps d'utilisation de l'ordinateur par les élèves. Mais les ordres de grandeur de prix des diverses solutions montrent que dans la période transitoire que constitue le VII<sup>e</sup> Plan, tous les moyens locaux doivent être utilisés au maximum pour assurer la formation à l'informatique ; l'éducation nationale ne peut assurer à elle seule tout l'équipement nécessaire. Mais l'avantage pédagogique d'installer de petits ordinateurs dans les lycées nous semble crucial. On notera à ce sujet que le coût du transport n'est pas totalement négligeable : il dépend bien entendu des déplacements envisagés. Dans le cas d'un petit ordinateur, il nous semble possible d'envisager un déplacement tous les trois mois ; il suffit d'une camionnette et il est vraisemblable que ces déplacements peuvent être couverts par les crédits de fonctionnement. Par contre la solution même provisoire d'un ordinateur embarqué à bord d'un camion et séjournant par exemple une semaine dans chaque lycée nous semble devoir être rejetée en raison du prix du camion et des frais de transport que cela entraînerait, et ceci bien que cette solution ait le bénéfice pédagogique de répartir bien davantage au cours de l'année scolaire les périodes où les élèves seraient en contact direct avec l'ordinateur.

Il semble tout aussi impossible de faire déplacer les élèves d'un lycée pour les amener à un ordinateur installé dans un autre lycée. Les déplacements seraient par trop fréquents et cela ne correspond d'ailleurs pas à des conditions de travail très favorables ; le coût de ces transports serait finalement prohibitif.

La seule solution qui nous paraisse viable pour la période transitoire est donc le transport mensuel (ou trimestriel) de l'ordinateur d'un lycée dans l'autre à l'aide d'une camionnette (ou d'un camion car en plus de l'ordinateur il faut transporter les équipements périphériques dont il sera question plus loin). Ceci étant, revenons plus précisément à la définition de notre système : l'unité centrale sera caractérisée par sa conception technique et la dimension de la mémoire centrale. Du point de vue technique, pour éviter l'obsolescence trop rapide du matériel, on prendra de préférence des matériels récents voire en cours d'élaboration. Toutefois les critères tels que la rapidité du cycle mémoire seront relativement secondaires car les programmes écrits par des élèves de l'enseignement secondaire ne seront pas d'une longueur telle que l'ordinateur un peu lent ne puisse assurer la tâche qui lui est assignée. Quant à la taille de la mémoire centrale, elle dépend du software nécessaire pour assurer la gestion du système et de la part de mémoire réservée à chaque utilisateur. Il semble qu'il faille pour chaque utilisateur un minimum de 1 K oct

Pour 8 utilisateurs, cela représente donc 4 K mots de 16 bits (les petits ordinateurs ont généralement des mots de 16 bits). Quant au système, il nécessite environ 4 K mots de 16 bits. Or les petits machines possèdent en général des mémoires centrales pouvant s'étendre jusqu'à 8 K mots de 16 bits. Mais le prix d'une configuration 8 K mots de 16 bits est pratiquement le même que celui d'une configuration 4 K + disque de 100 K octets. Or cette deuxième configuration 4 K + disque dispose de possibilités bien supérieures (par exemple création de fichier, création d'une bibliothèque de programmes) même si les temps de réponse peuvent être quelque peu plus longs en raison des échanges entre le disque et la mémoire.

La configuration optimale semble donc être un ordinateur de 4 K mots de 16 bits accompagné d'un certain nombre de terminaux. Il reste à choisir le nombre et la nature de ces terminaux. Pour le nombre, il s'agit d'un problème pédagogique et non d'un problème technique car il est possible de connecter à un petit ordinateur de ce type jusqu'à seize terminaux (le seul problème qui puisse se poser est d'ordre software pour le wrapping entre la mémoire et le disque). Il semble que le nombre le plus souvent retenu soit de 8 terminaux. Pour la comparaison entre les divers matériels, c'est ce nombre que nous avons adopté mais il n'y aurait aucune difficulté à envisager des systèmes ayant par exemple 10 terminaux. D'ailleurs il est vraisemblable que le mieux n'est pas d'avoir une configuration unique pour tous les lycées. Selon le nombre d'élèves dans ses classes de second cycle long, tel lycée pourra avoir avantage à posséder huit terminaux et tel autre douze. Quant à la nature des terminaux utilisés, c'est à la fois un problème pédagogique et un problème technique. Au début de notre étude, compte tenu de la contrainte financière, nous avons envisagé d'utiliser des télétypes qui ont l'avantage d'être bon marché ; par la suite nous nous sommes aperçus que la maintenance des télétypes était particulièrement coûteuse (système mécanique) et que leur durée de vie était faible (moins de cinq ans avec trois heures de fonctionnement par jour) ; ceci relevait considérablement le prix de la solution télétypes. De plus le télétype bon marché est un engin très bruyant et leur bruit de 8 à 10 fonctionnant simultanément risque d'être fort pénible. (Il existe des versions moins bruyantes du Télétype mais elles sont plus chères et pas davantage fiables) il existe d'autres machines à écrire telles que les machines à boule d'IBM, les machines Olivetti mais elles sont également plus chères). D'autre part, les postes de visualisation étaient au début de notre étude deux fois plus chers qu'un Télétype MK 30 : c'est pourquoi nous les avons d'emblée écartés ; mais la suite de notre enquête nous a permis d'apprendre que certains constructeurs s'approprièrent à présenter des visualisations simplifiées à un prix compétitif avec celui des télétypes. Les visualisations sont entièrement à base d'électronique donc beaucoup plus fiables et par ailleurs de fonctionnement pratiquement silencieux. Aussi notre conception a-t-elle évolué d'un système à 8 télétypes à un système mixte de 4 visualisations et 4 télétypes pour finalement aboutir à un système à 8 visualisations.

La seule objection que font certaines personnes à un tel système est l'absence de "trace papier". Mais, il n'est pas évident que, grâce d'ailleurs aux ordinateurs, le papier doit conserver dans l'avenir le rôle privilégié qui est actuellement le sien. Habituer les élèves à ne pas tout avoir sur du papier n'est peut-être pas finalement une mauvaise chose. Néanmoins il n'est peut-être inutile de pouvoir dans certains cas sortir un listing d'un programme corrigé ou des résultats dans le cas de programmes un peu élaborés. C'est pourquoi nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant d'adjoindre une petite imprimante plus rapide qu'un télétype sans atteindre la vitesse des imprimantes normales ; c'est à dire que la vitesse de cette petite imprimante serait de 50 à 60 caractères par seconde. Une telle imprimante coûte environ 15000 à 20 000 F.

Enfin, il nous semble indispensable de pouvoir recharger le software du système dans un temps suffisamment court et de pouvoir disposer de capacités de stockage de programmes ; les unités de ruban magnétique sont par trop coûteuses. Mais le développement récent des minicassettes et les efforts faits par plusieurs constructeurs en ce domaine nous autorisent à penser que d'ici peu, il y aura sur le marché des minicassettes suffisantes et fiables pour jouer ces deux rôles.

Notre configuration standard sera donc :

- un mini-ordinateur avec 4 K mots de 16 bits en mémoire centrale
- un disque de 100 K octets
- huit postes de visualisation
- une petite imprimante
- une minicassette

Dans le chapitre suivant, nous étudierons les propositions des divers constructeurs et nous verrons que le prix d'une telle configuration doit pouvoir être compris entre 250 000 F et 300 000 F TTC. Il y aura lieu d'ailleurs de distinguer entre le prix d'un tel système isolé (c'est le cas pour la période expérimentale) et le prix d'un système dans une série de l'ordre de cent unités.

En ce qui concerne l'acquisition proprement dite, plusieurs options ont été prises. La première est celle de l'achat du matériel (en général le prix d'achat correspond à environ 5 à 4 ans de location et nous pensons que le matériel de l'Éducation Nationale pourra servir une dizaine d'années ; par ailleurs les miniordinateurs sont de dépannage suffisamment simple pour qu'il ne semble pas utile d'avoir un contrat de maintenance avec le constructeur) ; la seconde concerne le nombre de constructeurs dont l'Éducation Nationale achètera le matériel : étant donné le nombre de systèmes à livrer dans la période du VI<sup>e</sup> Plan, il semble que l'on puisse disposer des avantages de quantités sans s'adresser à un seul constructeur et donc sans créer de situation monopolistique toujours gênante ; le nombre des constructeurs sera donc vraisemblablement deux ou trois (le nombre définitif dépendant bien entendu des propositions concrètes des constructeurs) ; enfin la préférence sera accordée à des constructeurs français dans la mesure où leurs prix sont compétitifs avec le marché international. Enfin, il y aura lieu de se soucier du software de la machine ; celui-ci doit permettre toutes les opérations correspondant à la philosophie de l'enseignement de l'Informatique adoptée et en particulier la manipulation de caractères. On verra dans le chapitre suivant que la définition de ce software a été une des principales difficultés avec les constructeurs.

.../...

ANNEE - DESCRIPTION DU SYSTEME CEGOS-TYLSHARE (CT)

Le système CT consiste en un ordinateur et des périphériques qui sont partagés entre différents utilisateurs en même temps et d'un software approprié au "Timesharing". Ce système permet de connecter jusqu'à 42 utilisateurs au même moment. Les utilisateurs communiquent avec le système pour résoudre leurs problèmes au moyen des terminaux légers tels que le télétype BR 99.

Le système est muni d'un tambour magnétique à têtes fixes : il y a échange constant (swapping) entre la mémoire centrale et le tambour de façon que tout le programme de l'utilisateur traité à un moment particulier soit en mémoire centrale.

L'utilisateur a en outre accès à une unité de stockage de masse sur laquelle il peut stocker programmes et fichiers de données.

L'unité centrale, un XDS 940, dispose d'à peu près 100 instructeurs machines distinctes ; la mémoire centrale comprend 4 modules de 16 K mots de 24 bits ; le cycle mémoire est de 1,5 µs ; l'accès est simultané à deux modules différents.

Le tambour magnétique d'un million de mots a un temps d'accès moyen de 17 ms et communique avec la mémoire centrale par l'intermédiaire d'un canal spécial indépendant de l'unité centrale. Les disques ont une capacité de 16 millions de mots (accès 325 µs maximum avec mouvement de bras, lecteur, 52 ms sans mouvement) ; ils sont utilisés pour le stockage des fichiers et des programmes système et utilisateurs.

L'organisation du système permet le stockage des fichiers de 5.000 caractères et l'accès direct ou séquentiel à un maximum de 4 fichiers à la fois dans un même programme. Les bandes magnétiques sont utilisées pour copier périodiquement les fichiers du disque et comme liaison avec des machines batch, les Varians 620 I (petit ordinateur programmé de 8 K mots de bits) font la gestion de la transmission des télétypes à l'ordinateur programmé : il y a un Varian de base connecté à un

plusieurs Varians identiques et lointains ; ils permettent la connection de terminaux à moyennes vitesses (30 caractères par seconde. Les télétypes opèrent en full-duplex, c'est à dire qu'ils peuvent transmettre et recevoir en même temps. Une imprimante peut être utilisée dans certains cas pour lister des fichiers qui sont sur le disque.

Ce software comprend un moniteur, fixe en mémoire, qui gère la mémoire (contrôle de la pagination) et les files d'attente : l'algorithme est destiné à minimiser le temps d'attente pour les problèmes courts (les plus fréquents). Toute tâche (ensemble du traitement qui sépare deux interventions humaines) se voit allouer un quantum de 60 millisecondes. Si elle ne se termine pas pendant ce quantum, elle est placée dans une file d'attente pour un quantum long de 2 secondes. Les programmes dans cette file d'attente ne sont traités que si aucune nouvelle tâche n'est en attente. Cet algorithme permet d'assurer un traitement rapide de toute tâche courte.

L'exécutif est un programme qui supervise certains aspects de la gestion du système : l'accès au système est rigoureusement contrôlé avec différents mots de passe. L'exécutif organise les fichiers sur le disque et tient à jour les comptes des utilisateurs.

Les sous-systèmes comprennent :

- l'éditeur, programme généralisé d'édition et de correction de n'importe quel texte,

- les compilateurs classiques : le FORTRAN B TOX qui produit un code efficace condensé et rapide, l'ALGOL qui est un macroassembleur

- les compilateurs incrémentaux SUPERSORT II et SULLI BASIC

La bibliothèque comprend plus de 400 programmes d'applications dans tous les domaines : finances (calcul d'annuités, programme de contrôle budgétaire), économie (simulation du modèle de L'ontief ...), statistiques (loi binomiale, calculs de moments, corrélations, analyse factorielle)... mathématiques (produit de matrices, fonctions de Bessel ...), électronique (analyse de circuits...), engineering (simulation).

CHAPITRE IV - LES PROPOSITIONS DES CONSTRUCTEURS

Nous allons, dans ce chapitre, décrire les propositions concrètes des constructeurs consultés au cours de cette enquête. Cette description contiendra à la fois les aspects techniques et les aspects financiers. Dans certains cas, ces propositions ont eu ou ont encore un caractère extrêmement confidentiel ; c'est pourquoi, une partie de ces propositions ne sont décrites que dans des annexes à diffusion restreinte.

I - DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION

Avant de disposer d'une référence sûre, nous nous sommes d'abord adressés au spécialiste américain des miniordinateurs. Celui-ci nous fait plusieurs propositions.

La première utilise un PDP 8 E, l'ordinateur pouvant avoir une mémoire centrale de 4 à 32 K mots de 12 bits. Dans la mesure où il n'y avait pas de disque, nous avons choisi lors de notre visite de prendre 12 K mots ce qui fixait les prix de la manière suivante.

1 PDP 8-E	4K 12 bits	3600	) 7800
	2x4K 12 bits	4200	
7 télétypes	à 11900 pièce	85300	
2 multiplexeurs	à 7000 pièce	14000	) 99050
1 horloge temps réel		1750	
soit un total			<u>177050 H.T. catalogue</u>

On notera que le cycle de base du PDP 8 E est de 1,2 ps et que pour des raisons techniques on ne peut connecter simplement que 7 terminaux. La connexion des terminaux se fait grâce à un canal universel interne appelé "omnibus". Les télétypes sont des LSK 23 ayant une vitesse de 10 caractères par seconde et garanti 12 mois (pour une garantie de 3 mois, leur prix descend à 10500 pièce). Le langage proposé était le FOCEL qui est d'un apprentissage simple, DEC nous signala également l'existence d'une imprimante L 30 à aiguille (vitesse 30 caractères par seconde) au prix de 17 500 F HT.

La seconde proposition de DEC utilisait un ordinateur PDP 11 à mots 16 bits et définissait une configuration pour 16 utilisateurs très riche en possibilités. Elle comprenait un PDP 11 avec 4 K mots et 16 K mots d'extension mémoire, un disque de 256 K mots, deux bandes DEC-TAPE et une horloge temps réel pour un prix de l'ordre de 350 000 F H.T. (sans terminaux). L'ordinateur est doté de 400 instructions et d'un bus de transfert unique, Bidirectionnel, appelé unibus qui permet de considérer l'unité centrale, la mémoire et les périphériques comme des sous-ensembles séparés et indépendants. Cette configuration a le mérite d'exister mais semble trop riche pour nos besoins. A partir des indications fournies par DEC nous sommes efforcés de définir le prix possible des configurations qui nous semblaient intéressantes pour l'Education Nationale. On aboutit (en prenant dans tous les cas 8 postes de visualisation à 10 000 F pièce) aux prix suivants :

- 8 K 16 bits sans disque 230 000 F TTC
- 8 K 16 bits avec disque 290 000 F TTC
- 4 K 16 bits avec disque 260 000 F TTC.

Dans sa dernière proposition (25 mars 1971), DEC propose un Basic Time-Sharing résidant en mémoire pour huit utilisateurs, avec la configuration suivante : 1 ordinateur PDP 11/20 avec 4K de mémoire et un télétype, trois mémoires DRAM de 4 K chacune, un multiplexeur L. 11 pour terminaux (1800 bauds) pour 180 000. Les terminaux ne sont pas inclus dans ce prix et le moniteur peut supporter un lecteur-perforateur rapide de ruban et une imprimante rapide. Il s'agit là encore d'une solution riche puisqu'elle comporte 16 K mots de 16 bits en mémoire centrale.

.../...

Néanmoins ces divers renseignements nous permettent de chiffrer à 300 000 F TTC environ (prix unitaire) le prix de notre configuration standard, c'est à dire à moins de 250 000 F TTC pour des quantités importantes de l'ordre de la centaine d'unités.

## II - ELECTRONIQUE DE CELL D. S. ULT

La maison Marcel Dassault a tenté de définir un matériel qu'elle créait spécialement pour les besoins de l'Education Nationale. Le système appelé ESOPB, comprend un ordinateur MID 7 000 possédant une mémoire de 8 K de 16 bits, trois postes de visualisation, un télétype et une minicassette. Il a été alors demandé que le système comporte au moins huit consoles et soit extensible à seize consoles ; d'autre part le problème s'est posé au niveau du langage ; pour ne pas augmenter de façon trop importante la mémoire centrale, la maison Marcel Dassault a tenté de définir un langage voisin de celui qui sera adopté pour les autres machines ; on comportant au maximum, il ne reste que 3 K pour les utilisateurs ce qui est fort peu. Finalement, devant les exigences financières et techniques présentées par l'Education Nationale, le projet ESOPB a été retiré de la compétition.

## III - COMPAGNIE INTERNATIONALE POUR L'INFORMATIQUE

Le premier système qui nous ait été proposé par la CII était un système analogue, à celui utilisé à la Collé Saint Cloud, c'est à dire un IRIS 10 construit autour d'une unité centrale 10010 comprenant une mémoire centrale pouvant aller jusqu'à 32 K octets, une téléscriptrice avec lecteur-perforateur de ruban, un minidisque 400 K octets., des terminaux ASR 33 (jusqu'à 16 télétypes), un lecteur de cartes, une imprimante. La programmation peut se faire en FORTRAN ou en ASTROL. Ce matériel relativement ancien ne paraissant pas très bien adapté aux besoins de l'Education Nationale, la CII a dévoilé son projet d'ordinateur, appelé alors Co, et qui a été présenté au mois de mai 1971 sous le nom de LITR. 15. Cet ordinateur est construit selon une structure modulaire et il est adapté au temps réel. Autour de la mémoire vive s'organisent une à quatre unités de traitement microprogrammées au moyen de mémoires mortes. Selon le type des microprogrammes intégrés aux unités de traitement, celles-ci deviennent des unités centrales, des unités d'échange ou des unités adaptées à des applications particulières. Chaque unité de traitement possède un minibus permettant la connexion d'une gamme de périphériques. Il existe deux modèles qui ne se distinguent que par leur puissance de traitement : le modèle 20 est construit autour d'une seule unité de traitement qui assure également les fonctions d'échange avec les périphériques de base ; le modèle 30 possède une puissance de traitement plus grande et permet la connexion d'une gamme plus étendue de périphériques. La mémoire comprend de 4 K à 32 K mots de 16 bits (un module de 1 K peut être fourni). La structure minibus autorise l'implantation des cartes compteurs de périphériques à des emplacements banalisés. La fiabilité de ce matériel doit être convenable compte tenu de ses caractéristiques techniques : suppression du câblage (fonds de panier sous forme de circuits imprimés), limitation du nombre des composants grâce à l'utilisation de circuits intégrés LSI, microprogrammation permettant une réduction de l'encombrement et de la complexité des compteurs ; LITR. 15 est prévu pour fonctionner entre 0°C et 50 C et une teneur en humidité allant jusqu'à 80 %.

Le cycle de lecture en mémoire vive est de 800 nanosecondes ; le temps d'accès à la mémoire morte est de 60 nanosecondes (circuits intégrés bipolaires) ; le temps d'accès aux registres est également de 60 nanosecondes. Ceci permet un temps d'addition de 2,1 ps, un temps de multiplication microprogrammée de 40 ps et un temps de division microprogrammée de 45 ps.

Trois classes d'interruptions sont prévues : l'interruption lente provoque un changement du contexte programme en 30 ps ; le niveau rapide provoque ce changement en 3 ps ; par ailleurs des suspensions sont affectées au microprogramme et permettent de l'interrompre leur temps de réponse est de 300 nanosecondes.

L'adressage permet d'utiliser l'octet ; il peut être immédiat, relatif au compteur programme ; direct, indirect, indexé par rapport à la base locale ; direct, indirect, indexé par rapport à la base générale.

Le software est organisé de façon modulaire. Le système résident (sans disque) peut et de disposer de deux moniteurs (moniteur de base IOB et moniteur temps réel ITR), des assembleurs LITHS et CP 15, des compilateurs BASIC et FORTH IV. Le système disque permet de disposer du moniteur temps réel disque ITRD, des processeurs du système résident, d'une bibliothèque et d'un module d'enchaînement, d'un macrogénérateur. Le software comprend en outre une bibliothèque de gestion de fichiers ; des simulateurs sur ordinateurs CII 1007C IRIS 50, ILS 80, IBI 360.

Venons-en aux propositions financières. Celles-ci ont été adressées par la CII par lettre du 8 février 1971., et donnent le prix global de quelques configurations types. La première configuration comporte un ordinateur à 4 K mots, une téléscriptrice, 4 téléimprimeurs avec lecteur perforateur de ruban et 4 postes de visualisation. La seconde configuration est identique avec 8 K mots de mémoire.

La troisième configuration comprend un ordinateur à 4 K mots, une téléscriptrice, un disque à têtes fixes de 100 K octets et quatre ou huit terminaux. La quatrième configuration comporte en outre un lecteur rapide de ruban (300 caractères par seconde). Dans les versions avec disque, la CII s'engage à fournir à partir du premier trimestre 1972, un langage conversationnel adapté à l'enseignement, fait avec l'École Supérieure d'Electricité et pouvant être utilisé en temps partagé (on verra plus loin que ce langage sera vraisemblablement retenu pour toute l'Éducation Nationale au niveau du second cycle long. Sur le disque il y a alors 32 K octets pour le système, 4 K octets par fichier élève, le reste étant réservé à la bibliothèque de sous-programmes. Le système permet une exploitation jusqu'à seize terminaux.

Les prix suivants s'entendent toutes taxes comprises ; ils sont actualisables et tiennent compte d'une remise de 10 % pour l'Éducation Nationale.

	! Système avec : ! 4 téléimpri- ! mœurs	! Système avec : ! 8 téléimpri- ! mœurs	! Système avec : ! 4 visualisa- ! tions	! Système avec : ! 8 visualisa- ! tions
! 1e configuration :	167 895	-	166050 à 175890	-
! 2e configuration :	199 875	-	198030 à 207870	-
! 3e configuration :	234 950	297 045	232 470 à 242 310	292 740 à 312 420
! 4e configuration :	253 380	315 495	250 920 à 315 495	311 190 à 330 870

La garantie est de douze mois .

Cette proposition appelle un certain nombre de remarques : la troisième configuration à laquelle on ajouterait une minicassette nous semble la plus intéressante avec 8 postes de visualisation. Dans ce cas, le constructeur pense que grâce aux nouvelles visualisations, il pourra tenir la limite basse de la fourchette de prix ci-dessus. Le prix d'une minicassette étant de l'ordre de 5000F, on doit pouvoir aboutir pour la solution proposée à un prix de 300 000 F TTC (prix unitaire).

La CII peut en outre proposer un contrat de maintenance. Quant au transport du matériel, il ne pose aucun problème particulier quant à la constance des caractéristiques techniques.

.../...

Il est de plus envisagé des réductions de prix par quantités : pour 10 systèmes, - 5 %, pour 50 systèmes, - 10 %, pour 100 systèmes, - 15 %.  
Compte tenu de ses prix et de sa technologie, la CII apparaît donc comme susceptible de fournir un matériel intéressant pour l'enseignement secondaire.

#### IV - TÉLÉMECANIQUE

La Télémécanique nous a d'abord présenté son calculateur T 2000, calculateur universel spécialement adapté aux applications industrielles. Les caractéristiques de ce matériel sont : mots de 20 bits dont un bit de parité, mémoire extensible de 4 K à 32 K, cycle mémoire de 1,5 ps, addition en 3,5 ps, multiplication et division câblées en 11 ps, le code d'ordres comprend 56 instructions de base ; il y a 15 niveaux d'interruption. En fait, ce calculateur, conçu pour un environnement industriel apparaît trop puissant pour les besoins réels de l'Éducation Nationale et d'autre part, ce matériel est relativement ancien (SIGOB 1969). Aussi avons-nous demandé à la Télémécanique quels étaient ses projets. Ceux-ci étant relativement confidentiels, sont exposés dans une annexe au présent chapitre. On retiendra qu'avec les nouveaux matériels qu'elle construit actuellement, la Télémécanique est en mesure de répondre aux besoins exprimés par l'Éducation Nationale.

#### V - PHILIPS

La maison Philips nous a présenté son système BIII à Appeldorn. Le BIII est un système pédagogique en temps partagé. Il constitue un ensemble complet de hardware, de software et de moyens d'enseignement. Il peut trouver sa place dans une salle de cours ou un véhicule et peut être déplacé au gré des besoins. La programmation se fait en BASIC le traitement de chaînes de caractères alphanumériques et les opérations de matrices sont possibles. Le BIII 8 peut satisfaire simultanément huit utilisateurs et comprend un ordinateur P 9205 de 16 K de 16 bits, les unités de contrôle et les huit terminaux ASR 33 ; le BIII s'exploite en mode conversationnel ; le système détecte et signale les erreurs de syntaxe au fur et à mesure de la transmission des instructions par le programmeur. Chaque utilisateur dispose d'une zone mémoire protégée pour le stockage et l'exécution de son programme. Le système permet une optimisation du découpage de la zone mémoire utilisateur en fonction du nombre de terminaux utilisés effectivement. Ce système BIII peut enfin être étendu facilement jusqu'à 15 utilisateurs.

Le prix de la configuration comprenant un P9205 avec 16 K de 16 bits (8K pour le système et 8 K pour les utilisateurs ce qui est suffisant), 8 terminaux ASR 33 Hoopman (isonorisés mais pas plus fiables que les télétypes habituels) devrait être voisin de 320 000 F TTC. Ce prix est légèrement supérieur aux prix de la CII ou de la Télémécanique pour un système analogue mais ce système a l'avantage de fonctionner dès aujourd'hui en BASIC. Néanmoins cette configuration paraît quelque peu dépouillée.

Signalons enfin que la maison PHILIPS annonce pour la rentrée 1972 un modèle PE 60 qui serait conçu et construit en France ; il serait sans doute comme le P850 construit à l'aide de circuits intégrés.

#### VI - IMI

La maison IMI ne nous a proposé que deux solutions : l'une bâtie autour d'un ordinateur récemment sorti l'IMI 370/155 (gros ordinateur utilisé en batch ; la rapidité de cet ordinateur lui permet de suffire aux besoins de 30 à 40 lycées) ; l'autre solution est conçue à partir d'un IMI 3 modèle 6 qui est en fait un ordinateur conçu pour la gestion et non pas pour un système en temps partagé. Aucune de ces solutions ne saurait, à notre avis, être retenue pour le réseau d'Informatique de l'enseignement secondaire général.

.../...

## VII - INTERTECHNIQUE

Les systèmes proposés par INTERTECHNIQUE sont bâtis autour de l'ordinateur Multi-8. Le Multi-8 est un ordinateur de 16 bits microprogrammé. La version II 304 est particulièrement orientée vers la transmission de données ; la mémoire peut être étendue jusqu'à 16 K. Il permet la gestion simultanée de 32 lignes asynchrones basse vitesse, possède un répertoire de 105 instructions, effectue la gestion de piles pour les interruptions et les sous-programmes réentrants. L'adressage peut se faire par octet. Quant aux prix, ils nous ont été donnés par Intertechnique sous une forme très analytique à partir de leur catalogue :

chassis + alimentation + processeur	19000
microprogrammation II 304	12000
panneau avant	1000
horloge temps réel ; protection parité	5000
module mémoire 4 K 16 bits	35000
accès direct mémoire	5000
coupleur du disque S.G.I.I.	10000
disque S.G.I.I.	37300
châssis extension + alimentation	10000
coupleur pour 24 télétypes	5000
répéteur bus entrée-sortie	3500

d'où l'on tire les prix de différentes configurations avec des postes de visualisations à 10000 F hors taxes :

( 8 K 16 bits sans disques	245 000 F TTC
( 8 K 16 bits avec disque 100 K octets	310 000 F TTC
( 4 K 16 bits avec disque	265 000 F TTC.

Ce matériel apparaît donc dans une gamme de prix correcte ; malheureusement il est de conception relativement ancienne et sa vitesse semble en être affectée. Par ailleurs INTERTECHNIQUE se propose d'utiliser des visualisations Syneloc qui sont plus chères que 10 000 F comme on le verra plus loin. Les réductions de prix sont par contre de 5 % pour 2 à 4 systèmes, 7 % pour 5 à 9 systèmes, 10 % pour 10 à 19 systèmes, 15 % pour 20 à 49 systèmes, 20 % pour 50 à 99 et 25 % au-delà de 100 (réductions non applicables aux périphériques achetés par Intertechnique ce qui réduit la portée de cette réduction).

Signalons qu'une version améliorée du Multi 8 est prévue. Mais la société INTERTECHNIQUE ne veut pour l'instant développer qu'un BASIC Time-Sharing ce qui pose des problèmes comme on le verra bientôt quand nous définirons un langage adapté aux besoins de l'enseignement secondaire.

## VIII - SYNELAC

La maison SYNELAC a proposé un système d'enseignement de l'Informatique baptisé MINTOR. Celui-ci s'articule sur l'ordinateur MULTI - 8 (accord entre INTERTECHNIQUE et SYNELAC) et utilise des postes de visualisation SYNELAC (pour l'instant ce sont des visualisations américaines INFORM dont on a changé l'étiquette). Le BASIC du système MINTOR sera disponible courant 1972. L'option minicassettes sera disponible fin 1971. Les prix proposés sont les suivants :

..L/...

1 console de service ASR 33	4 consoles de dialogue ASR 33	12 K octets	164 000 F HT
1 console de service ASR 33	4 consoles de dialogue ASR 33	16 K octets	183 000 F HT
1 console de service ASR 33	6 consoles de dialogue ASR 33	16 K octets	205 000 F HT
1 console de service ASR 33	8 consoles de dialogue ASR 33	16 K octets	228 000 F HT
1 console de service ASR 33	4 visualisations SYNECRAM 2	12 K octets	179 000 F HT.
1 console de service ASR 33	4 visualisations SYNECRAM 2	16 K octets	198 000 F HT.
1 console de service ASR 33	6 visualisations SYNECRAM 2	16 K octets	229 000 F HT.
1 console de service ASR 33	8 visualisations SYNECRAM 2	16 K octets	259 000 F HT.

Ceci correspond à un prix de 520 000 F TTC pour une configuration en fait peu intéressante (trop peu de mémoire centrale). Le système MENTOR ne saurait donc sous sa forme actuelle présenter beaucoup d'intérêt pour l'Education Nationale (Par ailleurs les réductions en quantité pour les systèmes à 8 visualisations sont de 15 % pour des commandes annuelles de 100 systèmes).

Les prix hors taxes des visualisations SYNECRAM sont pour le modèle à 10 lignes de 32 caractères de 12 750 F et pour le modèle à 20 lignes de 80 caractères de 23 960 F. Ces modèles sont comme on le verra relativement trop chers pour être utilisés à l'Education Nationale.

#### IX - SINTRA

La maison SINTRA fabrique de nombreux types de visualisations. En gros, on distingue les visualisations graphiques et les visualisations alphanumériques. Les visualisations graphiques sont à hautes performances comme le VU2 000 (prix 200 000 F), ou la VIII (prix 50 000 F). Dans les visualisations alphanumériques on trouve la TE 1000 (la procédure pour l'échange des informations est conforme à la norme ISO; ce terminal est autonome et comporte sa propre mémoire; l'échange des informations se fait en série sur ligne de transmissions de données, les informations sont transférées par messages de longueur quelconque) ou la 73 (le terminal 73 contient sa propre mémoire; il peut travailler suivant deux modes distincts: dans le mode "on-line" chaque caractère frappé au clavier est émis vers l'ordinateur qui le renvoie vers la partie visualisation du terminal; dans le mode "édition" les caractères frappés aux claviers sont directement mémorisés et visualisés; il peut avoir 12 ou 24 lignes de 72 ou 80 caractères). Le prix d'une TE 1000 est de 25000 F à 35000 F; le prix d'une 73 est de 1 800 F à 22 000 F. (selon le nombre de lignes). Sur ces prix, il ne faut guère attendre de baisse prochainement.

Plus intéressant nous a paru le TE 100, modèle qui sera prochainement sorti et qui est réalisé à l'aide d'un simple écran de télévision; s'y ajoutent une mémoire et un générateur de caractères. Le modèle existant en 12 ou 24 lignes de 40 ou 80 caractères. Toutes les autres fonctions sont reportées à l'intérieur de l'ordinateur. Ceci permet de descendre le prix unitaire du terminal nu à 8000 F; bien sûr, il faut ajouter quelque chose dans l'ordinateur que SINTRA estime coûter environ 20 000 F. Ainsi avec un système de 8 terminaux, on voit que l'on peut aboutir à un prix de revient pour chaque poste de visualisation de l'ordre de 10000 F HT.

Ces visualisations sont les plus intéressantes que nous ayons rencontrées; elles seront certainement utilisées à l'Education Nationale.

#### X - OMIYA

La maison OMIYA, filiale à 100 % de TET fabrique des visualisations relativement évoluées. Citons la machine L.E.SCOPE 800: le terminal DS820 constitue un ensemble complet d'affichage d'informations alphanumériques totalement autonome (il dispose de sa propre mémoire de caractères). Le système IS 900/T est un système périphérique d'entrées-sorties étudié pour le contrôle de la Navigation Méricenne; il permet le dialogue en temps réel avec l'ordinateur par désignation du doigt. Le L.E.SCOPE 500 est, quant à lui, un système constitué par une unité centrale IS-520 (générateur de caractères, mémoire d'entretien de l'image, logique de gestion, interface CEITT ou

transmission directe) et des terminaux IS-530 qui comprennent un ensemble cathodique un clavier alphanumérique, un clavier de fonction, une interface avec l'unité IS-520 et un interface vers une imprimante ou un perforateur de bande. L'unité IS-520 peut gérer 8 terminaux ayant 8 lignes de 16 caractères. Le système s'applique à la gestion industrielle.

La maison CII ne possède donc à l'heure actuelle aucun matériel adapté au problème de l'Éducation Nationale. Signalons néanmoins qu'elle compte développer pour 1973 une visualisation bon marché, à interface télétype. Le système VERUS 100 à 10 terminaux ne semble pas adapté à des extensions possibles du matériel.

## XI - DÉFINITION D'UN LANGAGE

La définition d'un matériel s'ajoute le problème du choix d'un (ou plusieurs) langages pour les ordinateurs de l'Éducation Nationale. Le langage choisi devra posséder un certain nombre de caractéristiques : il doit être simple (car l'apprentissage d'un langage n'est pas le but de l'enseignement de l'Informatique) ; il doit être conversationnel ; il doit permettre la manipulation de caractères et plus généralement des traitements évolués. C'est pourquoi nous rejetons le FORTRAN, inutilisable pour la manipulation des caractères. Nous nous sommes d'abord tourné vers le BASIC étendu qui est utilisable en time-sharing, précis, simple et facile à comprendre (après deux heures, une personne est capable de taper et d'exécuter des petits programmes en BASIC. Mais les possibilités du BASIC sont limitées. Aussi nous nous sommes tournés vers le ISL (Langage Symbolique Pédagogique) ce langage a été développé à l'École Supérieure d'Électricité dans le cadre d'un système en temps partagé. C'est, en gros, un sous-ensemble d'ALGOL. Il est orienté vers une utilisation conversationnelle : les programmes sont donc modifiables au fur et à mesure de leur entrée ; s'il y a erreur elle est signalée à la fin de la ligne. Un programme est exécuté dans l'ordre croissant des numéros de 1 à 255. L'utilisateur dispose de différentes commandes lui permettant de s'annoncer au système, de le quitter, de faire exécuter ou lister son programme, etc...

Dans la mesure où les professeurs seront amenés à changer de lycée, nous avons pensé qu'il était plus simple de n'avoir, au niveau de l'Éducation Nationale pour l'enseignement secondaire, qu'un seul langage. C'est le ISL qui a finalement été choisi et un contrat a été signé entre la Délégation à l'Informatique et l'École Supérieure d'Électricité en vue de la définition des spécifications de ce langage qui est imposé ainsi aux constructeurs de matériel. Si cela ne semble guère gêner la CII qui va travailler avec l'École Supérieure d'Électricité pour bâtir son système de time-sharing à l'aide de ce langage, il n'en est pas de même de la Télémécanique, hésitante devant l'investissement à faire, qui est important et qui comporte un risque non nul (cas où elle ne serait pas choisie à titre définitif) ; elle envisage néanmoins de travailler avec une maison de software, EG-Automation. Quant au groupe Intertechnique-Synelog, il ne propose encore qu'un BASIC Time-Sharing qui a l'avantage d'être prêt dès la fin de l'année 1971.

## XII - CONCLUSION

En définitive, seuls quelques constructeurs peuvent prétendre répondre au problème posé par l'enseignement de l'Informatique dans le second cycle long. Il nous semble que deux constructeurs se détachent à l'heure actuelle : la CII, avec MITA 15, sera prête à fournir dès le printemps 1972, un système complet (hardware et software) répondant aux exigences de l'Éducation Nationale, la Télémécanique avec le T 800, très semblable à MITA 15 fournira un peu plus tard, un matériel absolument analogue pour un prix très voisin : pour cette raison se pose encore le problème du financement du software (peut être pourra-t-elle obtenir une aide de la Délégation à l'Informatique). Dernière vient INTELLIGENT UL-SYNELIC avec le multi-8 et les visualisations SYMBOLIC ; mais ces systèmes sont plus chers, moins performants et surtout le langage proposé (BASIC) ne répond pas pour l'instant aux spécifications de l'Éducation Nationale. Il est possible qu'Intertechnique soit néanmoins retenu pour "l'année expérimentale" dont on parlera au chapitre V.

.../...

Par le jeu des prix imposés tous les autres constructeurs utilisent des visualisations SIVTR (les télétypes ayant été définitivement écartés). Il reste encore deux périphériques mal définis dans cette étude et pour lesquels les constructeurs n'ont fait aucune offre précise. Il s'agit d'abord de l'imprimante : Intertechnique cite la LOG B.X qui semble un peu chère ; un Télétype paraît insuffisant (et peu fiable) ; on peut penser à une imprimante à aiguille comme celle de PIF ou à la RIFCO qui, en fait, brûle le papier. Il s'agit ensuite de la minicassette : il a été question dans ce chapitre de minicassettes à 5 000 F ~~ce~~ sont alors des minicassettes du commerce complées à l'ordinateur ; il n'est pas sûr qu'elles soient aptes à remplir les rôles que nous leur avons fixés ; il existe sur le marché d'autres minicassettes plus sérieuses mais leur prix d'achat est de 4 500 F et le coupleur demande 2000 à 3000 F : c'est à dire qu'il faut compter environ 10 000 F par minicassette. Contrairement à ce qui se passe pour le reste du matériel, il ne semble pas que les problèmes de la minicassette et de l'imprimante soient nés chez aucun constructeur.

ANNEXE (au chapitre IV) :  
LES PROPOSITIONS DE LA TELÉMECANIQUE

Le T 1 000 et le T 800

Pour entrer en compétition avec la CII, la Télémeccanique nous a présenté ses projets qui doivent sortir au SIGOB 71. Ce sont le T 1000 et le T 800 (non de code utilisé pour l'instant). Le T 1000 est entièrement conçu pour constituer un bas de gamme du T 2 000. Il utilise la même technologie et possède la même gamme de périphériques ; il y a compatibilité de software.

Mais la Télémeccanique peut davantage répondre au problème de l'Education Nationale à l'aide du T 800 qui est un ordinateur cette fois à mots de 15 bits dont la gamme s'étend entre les possibilités d'un PDP 8 et celles d'un 10020. Alors que le T 1000 a une structure unibus analogue à celle du PDP 11, le T 800 a une structure à 2 bus et comprend plusieurs unités de traitement (le T 800/30 a deux processeurs et sa mémoire peut être étendue à 32 K).  
La proposition technique et financière comprend cinq postes :

- 1) Un ordinateur T 800 comprenant une unité de traitement en circuits intégrés, une mémoire vive de 8 K de 16 bits (temps de cycle 900 nanosecondes), une mémoire morte de 512 mots de 32 bits, un esclave d'interruption ; un pupitre, un bloc alimentation.
- 2) l'extension de la mémoire morte à 1024 mots qui permet d'améliorer les performances du moniteur disque.
- 3) un disque magnétique SIGMA DS 300 de 128 K octets (échanges sous contrôle du microprogramme).
- 4) une armoire où sont montés le ordinateur, le pupitre, le disque et les coupleurs de périphériques (il y aurait peut-être bien de revoir cette option en vue du transport possible de l'ordinateur).
- 5) le couplage au ordinateur de 8 à 16 visualisations : dans le cas où l'on peut généraliser en temps l'unité centrale, les fonctions de commande peuvent être assurées par microprogrammation et une seule carte coupleur peut assurer la gestion de 8 terminaux de visualisation ; dans le cas contraire, il faut reporter au niveau de la logique des coupleurs la gestion des procédures d'échanges d'où des prix plus élevés. C'est ce cas qui est donné dans la proposition financière (il nous semble que la première solution puisse être utilisée pour 8 visualisations).

La Télémeccanique donne alors comme prix :

1) pour un équipement postes 1 à 4	154 600 F
poste 5 pour 8	112 600 F
terminaux S.I.T.R.	<u>267 200 F HT</u> soit 325 000 F TTC
2) pour dix équipements identiques	
poste 1 à 4	143 000 F
poste 5	<u>103 800 F</u>
	246 800 F HT soit 305 000 F TTC.
3) pour cent équipements identiques	
poste 1 à 4	132 300 F
poste 5	<u>87 600 F</u>
	219 900 F HT soit 265 000 F TTC.

Ces prix se situent dans le haut des prix de la CII pour un matériel assez semblable (peut être un peu plus performant). Ils pourront peut-être être revus compte tenu du couplage des visualisations. Néanmoins, on peut dire que la Télémeccanique présente un matériel adapté aux besoins du secondaire.

## CHAPITRE 5 - CHOIX POUR L'AVENIR.

### I - CHOIX DU MATERIEL

Nous avons vu, dans le chapitre IV, quels étaient les matériels actuellement susceptibles d'être choisis par l'Education Nationale dans le cadre de la sensibilisation à l'Informatique dans le second cycle long du secondaire. Bien entendu, nous n'avons pu tenir <sup>compte</sup> que des matériels existants ou en projet ; aussi cette étude devra être reprise périodiquement ; la validité d'une telle étude ne peut excéder trois ou quatre ans.

Le problème du choix se pose en fait en deux temps : dans un premier temps quelques matériels seront pris en expérimentation pour une durée à définir. On se propose de consacrer au cours de l'année scolaire 1971-1972, une somme de 2 millions de francs à l'acquisition d'un maximum de six matériels. Pour cela, un appel d'offres a été lancé auprès de trois constructeurs pour 2 à 4 systèmes : la CII, la Télémécanique et Intertechnique. Le marché sera réparti selon le nombre de constructeurs qui répondront à cet appel, quatre systèmes si un seul constructeur fait des propositions, trois systèmes par constructeur si deux constructeurs répondent, deux systèmes par constructeur si les trois constructeurs contactés répondent.

En fait, le matériel comporte l'ordinateur et ses périphériques mais il a été choisi de prendre comme maître d'oeuvre le constructeur de l'unité centrale sans que ceci puisse constituer une règle générale.

Compte tenu de ce qui a été indiqué au chapitre IV, le matériel ne saurait être installé dans les lycées que dans le courant de l'année scolaire 1971-1972 et non dès octobre 1971 comme cela avait été précédemment envisagé. Ce retard dans le planning est pour une part dû au choix de matériels récents ou non encore officiellement annoncés. Quoi qu'il en soit, des équipements informatiques apparaîtront l'an prochain dans le second cycle long de l'enseignement secondaire et, selon les possibilités, plusieurs matériels distincts seront choisis : l'Education Nationale ne souhaite pas en effet qu'un constructeur puisse prendre dans cette affaire une position de monopole.

Dans un second temps, lorsque les différents matériels auront été testés - et ceci suppose au moins une année - les matériels "définitifs" seront implantés dans les lycées. Ceci ne pourra vraisemblablement pas intervenir avant le rentrée de l'année scolaire 1973-1974. Là encore, l'Education Nationale ne souhaite pas qu'un constructeur puisse prendre une position de monopole et par ailleurs, elle tient à profiter au maximum des réductions par quantités. Il est vraisemblable que le marché - qui est d'environ 300 systèmes dans le cadre du VI<sup>e</sup> Plan, ce qui devrait permettre d'équiper un lycée sur trois - sera alors partagé entre deux constructeurs.

Nous avons dit plus haut que la durée des tests devrait être au moins d'un an. En effet, l'expérience menée à la Collège Saint Cloud a bien montré que tout reste à faire dans le domaine de l'introduction de l'Informatique. Il faut définir une politique de formation des enseignants, une politique d'utilisation de l'ordinateur ; sur ce point, tout est pratiquement à faire du point de vue pédagogique puisque peu d'élèves jusqu'à présent ont été confrontés à l'ordinateur. Nous allons revenir sur ces différents points.

### II - LA FORMATION DES ENSEIGNANTS

Très logiquement, c'est ce problème que l'Education Nationale s'est posé en premier. Nous avons déjà eu l'occasion de dire que 1000 professeurs avaient suivi en 1970-1971 des cours par correspondance destinés à les familiariser à l'Informatique. Cette expérience s'étant avérée fructueuse, elle sera poursuivie l'année prochaine avec un cours quelque peu amélioré. Les mille professeurs peuvent commencer à former un noyau de diffusion de l'Informatique. Malheureusement, ils ne disposeront pas, sauf exception d'un ordinateur dans leur lycée avant deux ans. D'autre part, 80 professeurs ont été formés à temps plein pendant un an chez trois constructeurs de matériels : IRI, CII et HULL. Cette expérience a posé au Chargé de Mission à l'Informatique et aux professeurs d'énormes problèmes (indemnités

rapports avec les constructeurs). Mais ces stages se sont bien terminés et l'expérience sera également poursuivie l'an prochain dans des conditions quelque peu différentes : 20 professeurs à Toulouse, 20 professeurs à Grenoble, 20 professeurs à Nancy, 40 professeurs à Saint-Cloud, mais à mi-temps. Pour le choix des professeurs de province, on tiendra compte de leur origine de façon à pouvoir constituer ultérieurement dans un même lycée des groupes de professeurs formés à l'Informatique qui puissent constituer autant de noyaux de réflexion sur l'enseignement de cette discipline dans les lycées.

Il s'agit là en effet d'une tâche qui avait été confiée aux 80 professeurs formés cette année ; lors de leur dernier trimestre, ils devaient réfléchir sur les façons d'enseigner l'Informatique. Leurs projets n'étant pas remis à l'heure où ce rapport est écrit, il est difficile de savoir exactement quel partie l'on pourra tirer de leurs réflexions. Il semble toutefois que le résultat soit inférieur aux espérances, les professeurs ayant été quelque peu déçus par une tâche pour eux assez inhabituelle. Néanmoins nous continuons à penser que c'est des professeurs que doit venir la définition du mode d'enseignement de l'Informatique dans le cadre de leur discipline.

Ces professeurs regrettent par ailleurs de ne pas pouvoir disposer dès l'an prochain d'un ordinateur dans leur lycée contrairement à ce que beaucoup espéraient. Or il est évident que les six matériels implantés l'an prochain pourraient peut être suffire aux besoins des Parisiens (en procédant à un certain nombre de remaniements dans les postes qu'ils occupent), mais en aucun cas ils ne sauraient couvrir les besoins des provinciaux ; et la situation risque d'empirer l'année suivante. Néanmoins, pour leur permettre de compléter leur formation et de rester en contact avec l'informatique, ils se mettront l'année prochaine en relation avec un centre de calcul de l'Education Nationale (la liste des centres conseillés leur a été communiquée dès Pâques, mais cela n'est pas sans poser des problèmes délicats pour certains provinciaux pour lesquels il n'existe pas d'ordinateur dépendant de l'Education Nationale à moins de 100 kilomètres de leur point d'attache ; toute latitude a d'ailleurs été laissée aux professeurs pour qu'ils prennent eux-mêmes contact avec d'autres administrations ou d'autres industriels tels que la MAIF à NIORT). Pour faciliter leur tâche, des décharges d'horaires doivent leur être données.

Le but poursuivi est que ces professeurs puissent devenir dans leur lycée des spécialistes de l'Informatique effectuant, par exemple à mi-temps, tous les travaux spécialisés sur l'ordinateur de leur lycée. Ils doivent devenir des pionniers de l'Informatique dans leurs lycées respectifs.

### III -

### UTILISATION DE L'ORDINATEUR

Les professeurs ainsi formés auront à définir la manière d'utiliser l'ordinateur. Il n'est pas question de remettre en cause une certaine idée de l'enseignement de l'Informatique mais bien plutôt d'en fixer les modalités. De plus, leurs idées sur la question dépendent de leur formation même qu'il leur appartient de critiquer de façon à ce que cette formation puisse être améliorée.

Nous pensons que chacun des professeurs ayant une discipline propre qu'il connaît bien, doit être amené à réfléchir plus particulièrement sur l'introduction de l'Informatique dans le cadre de sa propre discipline, en particulier pour les disciplines non scientifiques : une expérience comme celle de la COLLE ST-CLOUD est par trop limitée aux mathématiques et à la physique. Il va de soi que les professeurs d'une même discipline auront à confronter leurs idées sur le problème posé et que leurs résolutions pourront être utilement appliquées dans tous les lycées. Ce n'est qu'à la suite d'un dialogue long et fructueux que l'enseignement de l'Informatique pourra sortir de l'empirisme.

Ils auront par exemple à tenter de définir un certain nombre d'exercices-typés : c'est relativement facile en mathématiques et en physique ; cela devient plus délicat dans d'autres disciplines et cela demande sans doute plus de préparation : conjugaison des verbes, traduction automatique, classification automatique. Il s'agit de savoir ce que l'on peut faire avec les ordinateurs implantés dans le secondaire et jusqu'où l'on peut aller dans la complexité avec des moyens limités. Cela demande bien des tâtonnements mais on peut aboutir en un an à la création d'une bibliothèque de programmes-typés pouvant être utilisés ensuite de façon généralisée. En même temps, la mise au point de ces programmes (tous écrits dans le même langage) permettra de tester les différentes machines expérimentées et à vérifier qu'elles répondent bien aux espoirs qui ont été mis en elles. Ainsi la mise au point des modalités de l'enseignement de l'Informatique et le test des différents matériels doivent, à notre avis, aller de pair. Et nous pensons que toute information ou idée à ce sujet doit être diffusée ; au siècle de l'ordinateur, la rapidité et l'efficacité de la formation donnée aux élèves du secondaire dépendra de la circulation de l'information. Il se peut que certains choix qui ont été faits dans le cadre de ce rapport soient à remettre en cause pour des raisons techniques ou pédagogiques (par exemple, tous les calculs ont été faits avec un nombre moyen de 8 terminaux par lycée ; il se peut que bien souvent, le nombre des terminaux doive être augmenté pour permettre d'assurer une formation décente à tous les élèves d'un lycée ; les matériels que nous avons retenus permettent d'utiliser 16 terminaux, ce qui a été considéré comme un maximum).

Nous pensons d'autre part que les professeurs spécialistes auront à animer des "clubs informatiques" tels que celui qui s'était formé spontanément à la CELLE ST-CLOUD. Il n'est pas douteux que nombre d'élèves du second cycle sont intéressés par l'Informatique bien au-delà d'une simple sensibilisation. Sans chercher à former des spécialistes, il y a moyen de satisfaire leur curiosité en leur permettant d'utiliser l'ordinateur en dehors des heures de cours pour la résolution de problèmes plus ardues. Pour cela, ils auront besoin de conseils et le professeur spécialisé devra bien connaître la machine (et éventuellement le langage-machine) pour les aider efficacement. Il devra lui-même trouver des sujets de programmes car bien souvent, on assiste à un manque d'idées à ce sujet de la part d'élèves désireux d'utiliser l'ordinateur.

Ces "clubs-informatique" doivent servir à propager, par l'intermédiaire des élèves les plus intéressés une culture Informatique à tout l'enseignement secondaire. Et pourquoi ne recueillerait-on pas auprès des élèves d'intéressantes suggestions sur la façon d'utiliser l'ordinateur dans les lycées ? Au stade d'empirisme où en est l'introduction de l'Informatique dans le secondaire, les idées doivent foisonner et il faut les recueillir partout où cela est possible.

Toutefois, il faut se garder de tomber dans l'excès de technicité que pourraient avoir certains exercices de programmation. Il ne s'agit pas de faire preuve de virtuosité, même si un peu d'astuce est souvent utile dans le métier de programmeur. Nous pensons que c'est là une tâche des responsables de l'Éducation nationale que de veiller à ce que la philosophie de l'introduction de l'Informatique dans le secondaire soit respectée. Pour cela, ils auront à orienter les recherches pédagogiques, à définir pour les années de tests un programme d'essai des matériels, à mettre en place les structures nécessaires pour la collection des informations, à définir le planning de mise en place des matériels selon les résultats acquis (il y a lieu de réfléchir également sur l'implantation territoriale de ces matériels).

Autant de tâches à réaliser avec des moyens limités ; des erreurs seront sans doute encore commises mais il nous semble que la voie tracée est la bonne et qu'elle doit être suivie.

Nous voici parvenus au terme de cette étude sur l'implantation du matériel informatique dans l'enseignement secondaire. Nous serions heureux si cette modeste contribution pouvait aider à faire prendre conscience de la nécessité impérieuse d'introduire de l'Informatique dans l'enseignement secondaire. Il nous semble que les moyens de la Mission à l'Informatique au Ministère de l'Education nationale sont par trop limités ; la tâche à accomplir est en effet immense : l'enseignement de l'Informatique à tous les niveaux (secondaire, supérieur, technique, écoles privées...), les recherches sur l'enseignement programmé mais aussi les problèmes de gestion par l'Informatique de cette immense entreprise que constitue l'Education nationale (une des plus importantes du monde). Il nous semble que les moyens de la Mission devraient donc être renforcés, en particulier sur le plan du personnel.

Quant à nous, nous sommes heureux d'avoir pu travailler dans le cadre de cette mission. Nous pensons que la voie suivie est bonne, même s'il y a quelques tâtonnements et nous ne pouvons que regretter la lenteur de certains processus administratifs car la tâche à accomplir est non seulement nécessaire mais aussi urgente. Puisse cette étude faire progresser la résolution du problème.

## BIBLIOGRAPHIE

- Les coûts de formation - Etude C.GOS
- Les besoins en informaticiens 1970-1975 - Rapport du BIPE
- Séminaire sur l'enseignement de l'Informatique à l'école secondaire
- BASIC : manuel de référence (BULL)
- Utilisation du système en temps partagé LSE (langage LSD)
- Notices techniques des constructeurs
  - DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION : PDP 8 et PDP 11
  - CII : IRIS 10 Enseignement MITRA 15
  - Télémécanique : T 2000
  - Intertechnique : MULTI 8
  - IBM : IBM 3 modèle 6
  - PHILIPS : système BAMI
  - SINTRA
  - SYNELEC
  - ONERA
  - DASSAULT : Spécifications du langage LIMPIDD
  - CEGOS TYMSHARE
- Propositions financières
  - DIGITAL EQUIPMENT
  - CII : correspondance à propos du Qo
  - Télémécanique : proposition concernant le T 800
  - Intertechnique : catalogue de prix
  - SYNELEC : proposition concernant le système MENTOR

---