

Exemples d'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement des Sciences physiques au lycée

Le lycée technique Jean-Bart à Grenoble est équipé, depuis 1975, d'un micro-ordinateur T-1600 et de huit consoles alpha-numériques (hélas, sans table traçante) regroupées à proximité du Service de Documentation.

Ce T-1600 a été fourni dans le cadre de l'expérience pédagogique nationale dite « des 58 lycées » et sera remplacé par huit micro-ordinateurs utilisables pratiquement de la même façon.

D'autre part, notre laboratoire de physique s'est doté, en 1979, d'un micro-ordinateur à cassettes PET Commodore.

Le T-1600 sert à l'enseignement dans toutes les disciplines et même à l'apprentissage de la programmation pour les volontaires (club). Nous nous restreindrons aux applications en Sciences physiques. Le PET est utilisé exclusivement dans les salles spécialisées de Physique-Chimie (cours et T.P., voir § 3).

Dans cet article, nous aborderons les aspects suivants : utilisation pédagogique, recherche didactique, instrumentation, prospectives.

L'annexe I décrira une expérience pédagogique d'introduction systématique de l'ordinateur dans l'enseignement : « l'expérimentation-classe ».

L'annexe II indique les références des programmes publiés par l'I.N.R.P. que cite l'article (dans la suite de l'article, les noms des programmes sont en majuscules).

1. UTILISATION PEDAGOGIQUE.

Elle peut se faire :

- soit en « libre-service » (l'élève peut accéder à l'ordinateur à certaines heures de permanence),
- soit intégrée dans les cours ou T.P. (l'éloignement relatif de la salle de l'ordinateur des salles de T.P. limite cette possibilité).

Voici quelques types de programmes utilisés :

1.1. Cours et compléments de cours.

1.1.1. PROGRAMMES « CS » (*).

Certaines notions ne sont pas explicitement au programme d'une classe ou d'une autre, mais sont supposées être connues des élèves à un certain niveau et sont utilisées en classe, déroutant parfois un certain nombre d'entre eux.

Les programmes CS définissent ces notions et proposent des petits exercices d'application ; ils traitent :

- des chiffres significatifs CS 1,
- de l'écriture correcte d'un résultat expérimental CS 2,
- de l'écriture d'un nombre en physique CS 3,
- d'exemples de calculs sur les puissances de 10 CS 4.

Ces petits programmes très courts sont souvent traités en début d'année.

1.1.2. PROGRAMME URI (*).

En complément de T.P., après une séance sur le sujet « correction de l'erreur systématique dans la mesure d'une résistance par application de la loi d'Ohm en montage aval et en montage amont », le programme URI permet aux élèves de vérifier qu'ils savent faire la correction à partir de données obtenues expérimentalement par eux ou générées aléatoirement par l'ordinateur. Ce programme est une très bonne conclusion au T.P. : certains élèves réussissent à faire la correction à laquelle ils sont conduits pas à pas pendant la séance pratique, mais sont déroutés lorsque le programme demande la correction brutalement sur un autre résultat ; ils sont amenés à reprendre le raisonnement à cette occasion.

1.1.3. PROGRAMME FORCE (*).

Il est conçu comme un cours programmé sur la notion de « force » telle qu'elle est présentée dans les nouveaux programmes de seconde. Il est divisé en plusieurs petits chapitres qui s'enchaînent automatiquement, mais on peut aussi accéder directement au chapitre de son choix et l'utiliser indépendamment des autres.

En voici le plan :

- FORCE : définition des termes : « action mécanique », « système matériel », « auteur », « receveur ». Cette étude est faite à partir d'exemples des effets de déformation (statique), de variation de vitesse (dynamique).
- FOR21 : aspect vectoriel de la force ; effet de déformation ; mise en évidence que le repos nécessite au moins deux forces.

- FOR31 : aspect dynamique de la force : variation du vecteur-vitesse parallèle à la force et action du poids sur un corps lancé horizontalement.

Les trois chapitres suivants sont des exercices d'application du cours précédent :

- FOR41 : exercices sur les forces exercées sur un solide mobile sur un plan.
- FOR51 : exercices sur l'équilibre statique d'une masse soumise à trois forces (pendule électrostatique).
- FOR61 : exercices sur l'équilibre d'une règle mobile autour d'un axe.

Bien que ce programme ne suppose aucune connaissance préalable autre que l'expérience personnelle de chacun, il a été utilisé jusqu'ici comme complément au cours pour des élèves qui avaient préalablement abordé le sujet en classe : ils ont pu vérifier s'ils avaient ou non assimilé correctement les notions données en classe.

Mais, dès la rentrée 1981, les élèves venant des Collèges, auront suivi les cours de physique depuis la 6^e ; ils arriveront en seconde avec des notions sur la force, et ce cours pourra être utilisé sans préparation initiale. Il permettra ainsi, d'une part, de faire le point sur les notions acquises au Collège et, d'autre part, d'approfondir ce qui aura été vu.

Comme l'élève ne peut répondre aux questions posées par le programme que s'il lit attentivement le texte donné, il aura peut-être moins l'occasion de s'évader d'un cours dont il pensera *a priori* que « cela a déjà été appris ».

Dans le même esprit que FORCE, il existe depuis cette année, mais non testé par des élèves, le programme DIPOL, traitant des conventions de signes pour U et I, des caractéristiques de dipôles passifs et actifs, et de l'utilisation de ces caractéristiques pour déterminer le point de fonctionnement d'un circuit (dans le cas des dipôles linéaires).

1.1.4. PROGRAMME STIQ.

Il s'agit d'un programme de résolution de problèmes de statique (à deux dimensions), destiné à aider l'élève à analyser correctement un système mécanique : décomposition éventuelle en sous-systèmes, bilan des forces (connues et inconnues). Pour ce faire, le programme guide l'élève en lui posant des questions ; ce dernier est ensuite déchargé de toute la partie mathématique du problème : le programme pose les équations d'équilibre, les résout et affiche les résultats, c'est-à-dire toutes les forces (en

coordonnées rectangulaires et polaires) agissant sur tous les sous-systèmes.

1.2. Simulation.

La simulation a, dans de nombreux domaines, et de plus en plus, un rôle très important : formation des pilotes, exploration spatiale, réacteurs nucléaires, laboratoires de recherche...

Elle nécessite l'élaboration et la propagation d'un modèle du phénomène à étudier : modèle mathématique (décroissance radioactive) ou non (recherche d'ions, suite logique de réactions). L'élève manipule ce modèle avec un ou plusieurs objectifs :

- rechercher des paramètres pertinents,
- trouver le modèle,
- en étudier les limites,
- l'appliquer.

Citons quelques exemples :

1.2.1. PROGRAMME RADACT (*).

La simulation est irremplaçable dans le cas de phénomènes dont l'étude au laboratoire est impossible ou difficile. RADACT, relatif aux réactions nucléaires, propose la découverte de la nature d'un échantillon bombardé par un rayonnement choisi par l'utilisateur, découverte faite à partir de la décroissance radioactive.

1.2.2. PROGRAMME ANALY.

Cependant, la simulation a également un rôle important à jouer dans d'autres cas, avec des objectifs différents : sérier les difficultés, donner la possibilité de se centrer sur la méthodologie en oubliant, temporairement, les contraintes expérimentales. Dans cette optique est utilisé le programme ANALY (recherche d'ions dans une solution).

Bien que ce programme ne soit évidemment pas la seule simulation utilisée au lycée, son insertion dans le cours, son déroulement, et ses résultats vont être décrits plus longuement pour montrer qu'une simulation, même dans le cas où l'expérience réelle est réalisable par l'élève, peut se révéler très fructueuse. Après une séance de deux heures de laboratoire au cours de laquelle a lieu l'élaboration commune de l'organigramme de recherche des ions et l'analyse individuelle d'une solution, les élèves travaillent sur le programme ANALY, qui propose, à partir d'un tirage au sort parmi les solutions enregistrées, l'analyse de l'une d'entre elles.

L'élève choisit les réactifs parmi la liste proposée (réactifs disponibles au laboratoire, soit 57 pour l'instant) et fait autant

d'expériences simulées qu'il le désire. Le programme indique le résultat de chaque réaction. L'élève donne l'ion décelé. En cas d'erreur, le programme lui propose :

- de revoir les expériences faites (l'élève recherche lui-même ses oublis),
- de reprendre ses expériences.

En dernier recours, la correction est donnée avec la stratégie de recherches (réactifs de groupe, d'identification et de vérification).

Lors du retour en laboratoire, des remarques très intéressantes sont faites : recherche plus systématique, gain de temps. Il a été également remarqué des modifications plus profondes. Deux élèves, en particulier, avaient des difficultés de manipulation qui entraînaient un manque d'intérêt évident. Sans doute sécurisés par le travail « théorique » sur ordinateur, ils ont ensuite progressé de façon sensible au laboratoire.

D'une façon générale, on constate que la simulation vient enrichir l'enseignement des sciences physiques à condition qu'elle ne remplace pas mais complète le travail de laboratoire indispensable au Physicien.

1.2.3. PROGRAMME SOC.

C'est un programme de calcul des trajectoires des rayons lumineux dans un système optique centré réfracteur quelconque, la loi de réfraction utilisée étant celle de Descartes et non l'approximation de Gauss. Il permet la mise en évidence de la formation des images, des limites de l'approximation de Gauss, des aberrations géométriques et chromatiques, l'étude de systèmes compliqués, etc., montrant ainsi aux élèves que la loi de réfraction de Descartes rend compte des phénomènes observés.

1.3. Exercices et contrôle.

En sciences physiques, comme ailleurs, on a besoin périodiquement de faire le point concernant les acquis et les lacunes des élèves. L'ordinateur se prête bien au contrôle des connaissances et à l'étude des erreurs. D'une part, il peut permettre des interrogations individuelles dans un laps de temps court : huit élèves (un par console) peuvent être interrogés simultanément sur des sujets différents. D'autre part, l'enregistrement éventuel des réponses rend possible une étude *a posteriori* (mise en évidence des erreurs les plus fréquentes, des lacunes), cette étude pouvant être faite « manuellement » ou par programme. L'examen des statistiques ainsi obtenues peut induire des compléments, voire une orientation différente du cours traditionnel. Pendant le déroulement même du programme, une aide peut être apportée en fonction des erreurs.

1.3.1. PROGRAMMES VOCAB (*), TESTE ET REVIS.

VOCAB est un contrôle de vocabulaire scientifique ou général portant sur un lexique créé par les professeurs et complété selon les besoins.

TESTE : tests composés de questions à choix multiples.

REVIS : contrôle de connaissances comportant aide et correction.

TESTE et REVIS enregistrent les réponses et donnent à chaque utilisateur un score qui peut être stocké comme note. Ils comprennent des utilitaires grâce auxquels le professeur crée ses contrôles et étudie la trace du travail des élèves.

Pour l'élève, ces trois programmes permettent de faire un bilan personnel rapide. L'intérêt qu'ils ressentent pour cet aspect d'auto-contrôle se traduit nettement dans leur fréquentation du libre-service (en dehors du cours) comme l'a montré une étude systématique faite durant l'expérimentation-classe (Annexe I).

1.3.2. PROGRAMME EXAL.

Il s'agit d'un programme-« cadre » permettant aux professeurs même non programmeurs de proposer aux élèves des exercices corrigés. Une fois l'énoncé donné par la machine, l'élève a le choix soit de proposer une réponse immédiatement, soit de demander un commentaire d'aide. L'élève a droit à plusieurs réponses ; après trois réponses fausses et un commentaire d'aide, la machine donne une réponse assez détaillée. Dans la mesure où les exercices sont assez nombreux pour recouvrir une grande partie du programme scolaire et que les élèves font ces exercices régulièrement, ils sont très intéressés par cette utilisation.

Ces exercices ont de gros avantages par rapport aux exercices du livre :

- on est moins tenté de regarder la solution avant d'avoir soi-même essayé de résoudre l'exercice,
- la vérification de la réponse étant faite par la machine, n'entraîne pas la connaissance du résultat et n'influence pas le raisonnement.

Par ailleurs, la machine est neutre, et l'élève n'a pas honte de demander une aide, une explication à l'ordinateur.

Nous avons constaté que, quel que soit le niveau de l'élève, l'intérêt reste très fort pour ce type d'exercices, au point que de nombreux élèves reviennent refaire ou terminer des exercices en « libre-service ». Il est souhaitable d'augmenter le nombre d'exercices, en mélangeant des énoncés de sources différentes : chaque professeur a souvent une façon qui lui est propre de présenter les énoncés, et il est bon que les élèves puissent accéder à des logiques différentes.

1.3.3. PROGRAMME NOMEN.

Il permet un entraînement à la nomenclature systématique des alcanes et des alcools (substitués ou non). Les formules proposées sont composées à partir du tirage aléatoire du nombre d'atomes de carbone, du nombre, de la nature et de la position des substituants, ce qui offre une multitude de combinaisons, donc d'exemples.

1.3.4. PROGRAMME PHC1.

Il apporte une aide au calcul du pH des solutions de monoacides, de monobases et de leurs dérivés. Le programme demande les données nécessaires à la résolution de l'exercice, ce qui habitue à lire correctement le texte et à en extraire les notions indispensables. Le programme calcule alors le pH et demande sa valeur à l'élève. La première réponse inexacte provoque l'affichage d'un commentaire d'aide. A la deuxième erreur, une correction détaillée est donnée.

1.3.5. PROGRAMME KOLLE.

Ce programme imite une interrogation *orale*. Les questions sont posées dans un ordre imposé et différentes aides sont prévues comme dans EXAL. Les huit élèves interrogés simultanément sont notés automatiquement; la note tient compte des difficultés des questions, des aides apportées et évidemment de l'exactitude des réponses et des unités employées. Le temps est également limité automatiquement, ce qui est possible à l'aide de l'horloge interne de l'ordinateur. Différentes précautions sont prises pour que les élèves ne puissent tricher.

L'inconvénient de ce programme est que la constitution de fichiers « interrogations » est un lourd travail pour les professeurs et une utilisation systématique ne peut vraiment être faite que si un nombre assez important d'enseignants mettent leurs fichiers en commun.

1.4. Programmes de calcul.

Plusieurs catégories de calcul peuvent être distinguées.

1.4.1. Programmes qui prennent en charge la résolution mathématique des exercices.

Dans certains cas, les calculs sont fastidieux, longs et ne présentent pas beaucoup d'intérêt par eux-mêmes. L'ordinateur permet aux élèves de se servir des résultats sans pertes de temps; de ce fait, ils pourront centrer leur réflexion sur l'étude physique, traiter des exercices de niveau plus élevé. Par exemple, en classe de première, l'étude de la puissance débitée par un générateur (E, r) dans un circuit équivalent à une résistance R

ne peut se faire que par le tracé point par point de la courbe $P = f(R)$. Le calcul de P et le tableau des résultats est fourni par la machine : P est maximal si $R = r$ apparaît rapidement. Dans ce cas, certains élèves peuvent écrire eux-mêmes le programme.

Le programme SLAI effectue la résolution d'un système linéaire de N équations à N inconnues ; on peut l'utiliser, par exemple, pour déterminer la composition d'un mélange gazeux.

Le programme CALCO effectue les calculs relatifs aux circuits linéaires alimentés en courant alternatif (impédance complexe...) avec variation automatique éventuelle de la fréquence (courbe de réponse).

Il faut, bien évidemment, doser l'utilisation de programmes de ce genre afin que l'indispensable entraînement aux calculs mathématiques ne disparaisse pas, mais le fait qu'ils permettent de sérier les difficultés est très important.

1.4.2. Programmes qui sont un complément enrichissant du cours traditionnel.

PH, détermine le pH de solutions avec approximation préfixée ou sans approximation. Les limites dans lesquelles les approximations peuvent ou doivent être faites sont ainsi clairement visualisées.

DELTA (*), DOSAG constituent une aide à l'exploitation de résultats de Travaux Pratiques : tracé de diagrammes en bâtons, moyennes, écarts-types, intervalles de confiance, coefficient de variation. Utilisés régulièrement en dosages (1^{re} F_6), ils permettent de suivre l'évolution du travail de la classe, d'étudier la précision comparée de différentes méthodes,...

Certains de ces programmes peuvent, à l'heure actuelle, être réalisés sur des calculatrices programmables (régression linéaire, écart-type, etc.).

1.5. Jeux.

La notion de jeu est assez difficile à cerner. Nous regroupons sous ce terme un certain nombre de logiciels volontairement présentés par leurs auteurs sous une forme interactive et « amusante », et qui incitent le plus souvent les élèves à recommencer pour améliorer leur score. Nous pensons qu'utilisés convenablement, cette stratégie pourrait présenter un grand intérêt pédagogique.

Cette voie a été assez peu explorée dans notre lycée.

LEM (*) : il s'agit de faire se poser « en douceur » un véhicule spatial (LEM) sur la lune en agissant sur le débit de la rétrofusée ; la quantité de carburant est limitée. Le jeu est diffi-

cile mais passionne certains élèves, qui, par empirisme, parviennent à une grande maîtrise de leur LEM.

TIR (*) : le jeu propose d'atteindre une cible, dont la distance est donnée, avec un projectile dont on peut faire varier la norme de la vitesse initiale et l'angle de celle-ci avec l'horizontale. A chaque essai, la machine indique : « trop court », « trop long », « dans le mille ! » Moins difficile que LEM, ce jeu a beaucoup d'amateurs !

PESEE (*) : c'est une simulation de pesée simple. La masse inconnue est tirée au sort par la machine. L'élève dispose d'une boîte de masses marquées (dessinée sur l'écran) qu'il place ou enlève une à une sur le plateau ; à chaque mouvement de masse, le sens du déséquilibre (ou l'éventuel équilibre) est indiqué. Le programme compte le nombre de « coups » qu'il a fallu à l'élève pour trouver la masse inconnue et le compare à celui qu'aurait nécessité la démarche rationnelle. A la limite du jeu et de l'exercice de T.P., ce programme peut faire comprendre en quoi consiste une pesée systématique.

PANNE (*) - CIRCUIT (*) est une recherche, à partir des indications d'instruments de mesure de l'intensité du courant et de la tension, des résistances défectueuses d'un réseau électrique. Les questions deviennent de plus en plus complexes, et obligent les élèves à faire une recherche avec stratégie logique.

2. RECHERCHE DIDACTIQUE.

L'ordinateur est un outil privilégié d'enregistrement du cheminement des élèves, et de l'étude de ce cheminement *a posteriori*. En effet, il est possible pendant le travail sur ordinateur de mettre en mémoire les réponses des élèves dans l'ordre où elles ont été faites, les erreurs, les retours en arrière, les temps de réflexion... A l'aide de ce même ordinateur, ces éléments peuvent être ensuite analysés de façon individuelle et/ou statistique (statistiques portant éventuellement sur plusieurs classes, voire sur plusieurs années).

Ces tracés et analyses systématiques apportent une aide fondamentale à la recherche pédagogique générale et à la recherche didactique. Cette dernière expression est entendue comme étude de l'art d'enseigner une discipline déterminée.

Dans les programmes de contrôle cités au § 1.3., un exemple d'apport à la recherche didactique a déjà été montré. Nous n'y reviendrons donc pas.

Lors de la conception de ces programmes, cette application de recherche avait été prévue, mais n'en était pas le seul objet.

tif. Par contre, il a été réalisé (*) un programme de simulation graphique de chocs de palets sur table à coussin d'air ayant pour but exclusif l'étude de comportement d'élèves face à une expérimentation physique (article à paraître dans le B.U.P.).

3. UTILISATION DU MICRO-ORDINATEUR COMME INSTRUMENT DE MESURE (INSTRUMENTATION).

Le micro-ordinateur PET dispose :

- d'une horloge interne à quartz de fréquence 1 MHz,
- d'une sortie VIA,
- d'une sortie IEEE 488 (non encore utilisée, faute d'argent).

Nous avons donc pu réaliser quelques expériences dont voici des exemples :

3.1. Programme TACHYMETRE.

Il utilise le nombre de changements d'état (de 1 à 0) dans un temps donné de 8 capteurs indépendants fonctionnant en tout ou rien, pour déterminer les vitesses de rotation de 8 moteurs.

3.2. Programme CHRONOMETRE enregistreur et multivoies.

Il enregistre les dates de changements d'état de 7 capteurs ; le huitième commande l'arrêt du comptage. Après arrêt, les utilisateurs peuvent faire afficher les dates de changement d'état pour chaque capteur. La résolution est meilleure que 0,1 ms.

3.3. Vérification du théorème de l'énergie cinétique.

L'éclairement d'un capteur photodiode est modifié par le passage d'un disque crénelé solidaire d'un pendule de torsion. Le changement d'état du capteur est analysé par le programme CHRONOMETRE. Les résultats de ce programme sont, soit donnés aux élèves pour exploitation, soit intégrés à un programme de calcul annexe.

En pratique, les élèves vérifient d'abord sur un exemple le théorème, puis l'ordinateur fait la vérification plus systématique (50 dates environ enregistrées et traitées) et définit une valeur plus exacte de $\mathcal{J}/C$, en 2 ou 3 secondes.

Dans une seconde expérience, une modification connue de $\mathcal{J}$ (on ajoute des masses) permet, après analyse, de déterminer $\mathcal{J}$ et C .

(*) Recherche en E.A.O., Institut de Mathématiques appliquées en Sciences Sociales (Université I Grenoble), J. GAUCHE, J. FOUCHIER, S. PAINVIN, G. LAFFIOTTE.

La rapidité de traitement permet ce complément difficile à placer dans une séance de T.P. traditionnelle.

3.4. Les élèves utilisent le micro-ordinateur en T.P. de contrôle et régulation. Ils le programment pour commander un appareil : par exemple, faire tourner un moteur d'un nombre de tours décidé par eux.

Les élèves sont, bien sûr, intéressés par cet appareil moderne de plus en plus utilisé dans l'industrie. Etant donné le prix des chronomètres-tachymètres, le laboratoire a décidé de s'équiper d'un second PET qui pourra, entre autres possibilités, remplacer jusqu'à 8 appareils traditionnels.

4. PROSPECTIVES.

Actuellement, une équipe de professeurs de Physique-Chimie met en forme un ensemble de programmes qui sera traité sur un ordinateur à disquettes R2E. Il s'agit d'un projet ambitieux, qui devra permettre à l'élève simplement à partir du titre d'une manipulation de la réaliser pratiquement.

L'élève devra, pour ce faire, sélectionner une méthode :

- en fonction du matériel disponible au laboratoire,
- en fonction de son niveau,
- en fonction du temps dont il dispose, de la précision souhaitée, etc.

Rien n'a encore été fait en ce qui concerne le pilotage automatique de manipulations (par exemple, dosage automatique par tracé de la courbe de neutralisation), mais nous y pensons, et dans ce but, étudions la possibilité d'ajouter des sorties supplémentaires (2 PIA) à notre PET.

Janine GAUCHE, Thérèse MORIN,
Jean FOUCHIER, Gérard GAVET,
(Lycée Jean-Bart - Grenoble).

NOTE : Les programmes marqués d'un astérisque (*) ont été publiés par l'I.N.R.P. Ils ont été créés pour la plupart d'entre eux dans les « 58 lycées », dont le lycée Jean-Bart. Les références sont en Annexe II.

Les autres programmes sont des programmes « locaux » créés au lycée Jean-Bart, mais non répertoriés par l'I.N.R.P.

ANNEXE I

EXPERIMENTATION-CLASSE

Il s'agit d'une expérimentation organisée par l'I.N.R.P. dans huit classes de lycées de 1978 à 1980. Elle avait pour objectif une utilisation pluridisciplinaire de l'informatique et de l'ordinateur dans la classe et a fait l'objet d'un compte rendu détaillé inclus dans le rapport d'évaluation de l'I.N.R.P.

Au lycée Jean-Bart, cette expérimentation a eu lieu dans une classe de 2^e T3 (option laboratoire) en anglais, chimie, français, histoire-géographie et mathématiques. Elle a permis des constatations très intéressantes, tant sur le plan de l'utilisation de méthodes informatiques dans diverses disciplines que sur celui de l'ordinateur, « outil pédagogique » au service de l'enseignant et des enseignants.

— Les méthodes de travail systématique développées en informatique, telle l'analyse descendante,... ont apporté un soutien appréciable en particulier aux élèves moyens, un peu faibles ou doutant d'eux-mêmes. Des progrès ont été clairement mis en évidence et un suivi des élèves a prouvé que cette acquisition méthodologique est durable.

— L'observation des élèves travaillant sur ordinateur a montré qu'après une phase assez courte pendant laquelle l'aspect ludique prévalait, ils intègrent véritablement l'ordinateur dans leurs « outils » de travail. Cette constatation a été nettement mise en évidence par une étude systématique de la libre-utilisation de l'ordinateur en chimie : des programmes étaient régulièrement proposés en libre-service, en dehors des heures de cours. La fréquentation de la salle a varié entre 35 % et 50 % ce qui, pour un travail facultatif, représente une forte proportion. Une étude parallèle des programmes utilisés et des devoirs a donné des résultats intéressants :

— erreurs moins fréquentes,

— tendance à répondre à toutes les questions pour les élèves utilisant régulièrement les programmes, et ceci en particulier pour les élèves moyens, voire un peu faibles. Sécurisés par l'anonymat du travail avec la machine, aidés par la répétitivité de certaines activités, ils ont progressé de façon régulière.

Il faut ajouter à cet ensemble de résultats prometteurs, le travail interdisciplinaire entre enseignants permis et même induit, comme c'est souvent le cas, par le choix de méthodes communes liées à l'informatique et l'ordinateur.

ANNEXE II

LISTE DES PROGRAMMES I.N.R.P. CITES

Nom cité	Nom de la fiche	Référence	Nom cité	Nom de la fiche	Référence
CS	CS	SP 70	LEM	LEM	SS 6
URI	URI	SP 62	PES	PESEE	SP 13
FORCE	FORCE	SP 78	TIR	TIR	SS 29
RADACT	RADACT	SP 51	PANNE	PANNE	SP 83
VOCAB	VOCAB	IN 17	CICUI		
DELTA	DELTA	SP 41			