

Pour faire suite au texte de M. E. Hui sur l'enseignement de l'informatique au niveau secondaire, le présent article s'arrêtera un peu plus longuement sur quelques utilisations de l'ordinateur dans l'enseignement.

1. L'ordinateur va-t-il remplacer l'enseignant ?

Tout d'abord il faut constater l'échec retentissant vers les années soixante aux Etats-Unis, puis en Europe, d'une des premières utilisations de l'ordinateur pour l'enseignement, plus connue sous le sigle C.A.I. (Computer Aided Instruction) ou E.A.O. (Enseignement Assisté par Ordinateur). Cette expérience était venue surtout des constructeurs d'ordinateurs et des informaticiens, qui avaient compris bien schématiquement que l'enseignement n'était qu'un transfert d'information entre un enseignant imparfait et un enseigné plus ou moins doué; aussi ils avaient imaginé de remplacer l'enseignant par un ordinateur (plus généralement un terminal) et de placer sur de gigantesques systèmes informatiques des cours programmés. Avec des machines qui ne sont qu'essentiellement des manipulateurs de symboles et où toute sémantique est totalement absente, l'échec ne pouvait à brève échéance qu'être complet.

Après une certaine période de réflexion, une deuxième génération de C.A.I. est née avec toujours comme principaux thèmes l'enseignement programmé, le développement encore plus poussé d'une machine à enseigner nécessitant un ordinateur énorme pour des fonctions hautement spécialisées avec une utilisation qui restera assurément beaucoup trop coûteuse pour les écoles dans les années à venir. Ces systèmes, très souvent multi-media, prennent même maintenant en charge la gestion de l'apprentissage et se retrouvent également dans la littérature sous les sigles C.A.L. (Computer Aided Learning) et C.M.I. (Computer Managed Instruction).

2. Utilisation didactique de l'ordinateur - notion de "package"

Parallèlement, depuis plusieurs années, une approche plus modeste de l'utilisation de l'ordinateur cherche à exploiter ses capacités pour réaliser ce qui ne peut l'être par d'autres méthodes, pour simuler et modéliser, comme banque de données facilement accessibles, comme outil de calcul dans le cas où les mathématiques sont soit trop complexes pour le niveau de l'élève, soit trop fastidieuses.

Très souvent appelée utilisation didactique de l'ordinateur, cette nouvelle voie de la recherche pédagogique concrétise un courant d'idées autour de la démarche modélisante préconisée par le prof. J. Hebenstreit [1] et débouche sur la notion de "package" : ensemble de matériel nécessaire pour une utilisation didactique cohérente de l'ordinateur. Il ne se compose pas d'un programme seulement, mais de

a) un fascicule explicatif pour le professeur

avec présentation du modèle choisi, ses limites, des exemples, des conseils d'ordre pédagogique et méthodologique, des questions à suggérer à l'élève, des recherches futures à poursuivre, le mode d'emploi, le matériel nécessaire, les connaissances préala-

bles, les objectifs et les avantages, une bibliographie et éventuellement le matériel audio-visuel complémentaire disponible.

b) un fascicule explicatif pour l'élève

avec rappel des différentes notions indispensables, des exemples, un certain nombre de questions, des problèmes à résoudre, un mode d'emploi.

c) un programme

rédigé, en général, dans un langage évolué pour un système conversationnel, disponible sous forme de bande magnétique, cartes perforées, ruban papier, cassette, etc.

L'exploitation d'un "package" commence par une introduction (rappel de certaines notions, exposé de problème à traiter) d'une durée moyenne d'environ deux heures, puis par le travail à la console, soit pour l'ensemble de la classe, soit par petits groupes d'élèves (durée moyenne : une heure) pour se terminer par une séance commune de discussion sur l'ensemble des difficultés, découvertes ou autres problèmes soulevés.

3. Exemples de "packages"

Afin de mieux illustrer ce qui précède, trois exemples d'un récent congrès international (Edimbourg, décembre 1973) sur l'utilisation didactique de l'ordinateur sont résumés et donnés ci-dessous.

Exemple 1 : "package" POLLUT, étude sur la pollution de l'eau (biologie), projet Huntington, U.S.A.

Les études sur la pollution impliquent souvent des techniques chimiques et des laps de temps dont on ne dispose pas dans le cadre d'un cours de biologie générale. En rappelant l'importance de l'eau, ses propriétés physico-chimiques, le rôle de l'eau chez les poissons, la pollution de l'eau (déchets organiques, industriels, agricoles qui sont soit dégradables soit non dégradables), les traitements mécaniques ou biologiques pour lutter contre la pollution, l'élève est en mesure d'étudier avec le "package" POLLUT un modèle de pollution de l'eau lors de l'implantation d'une usine. Les principaux paramètres envisagés sont :

- la nature de l'eau (étang, lac, rivière à courant lent ou rapide)
- la température de l'eau
- le genre de déchets
- le taux de concentration des déchets
- le type de traitement subi par les déchets.

L'effet de rejets de l'activité humaine sur la teneur en oxygène dissous et les niveaux de déchets organiques dans une masse d'eau sont représentés sur une console d'ordinateur en quelques minutes, période en réalité de plusieurs semaines sans avoir recours à des méthodes ou à des calculs complexes, l'important étant de faire apparaître le rôle de chaque variable. (cf. annexe)

Exemple 2 : "package" USPOP, évolution démographique d'un pays (géographie humaine), projet Huntington, U.S.A.

Les études démographiques posent plusieurs problèmes. Une expérimentation réelle est manifestement impossible et l'autre solution, qui réside dans une analyse mathématique, est délicate car elle implique

d'importantes quantités de données et des calculs complexes. En passant en revue premièrement les principaux paramètres du modèle inclus dans USPOP, soit :

- le taux de fertilité
- la distribution des naissances
- le rapport des sexes à la naissance
- les taux de mortalité par classe d'âge et pour chaque sexe
- la pyramide des âges pour chaque sexe
- l'immigration

l'élève peut aborder les exercices pratiques avec l'ordinateur. Il devra être capable de comprendre l'importance de chacune des variables du modèle, modifier les paramètres pour faire des prédictions sur l'évolution démographique d'un pays, maintenir une croissance zéro d'une population, comparer plusieurs exécutions avec des hypothèses variées sur des pays ayant des systèmes économiques différents, ou reprendre des données de base anciennes pour discuter l'adéquation du modèle par rapport au déroulement historique connu.

Exemple 3 : "package" pour les lois de la réflexion (physique), groupe français d'enseignants de physique, projet de l'INRDP

Le physicien n'emploie pas que des modèles mathématiques d'où l'utilité d'insister sur la démarche modélisante de l'informaticien appliquée ici à la physique.

Le but de l'utilisation didactique de l'ordinateur est, au moyen d'un programme spécifique interactif, de mettre l'élève en situation pédagogique telle qu'il doive faire appel à un certain nombre d'approches à un problème, toutes typiques de la physique (série d'expériences convergentes, choix de paramètres pertinents, vérification d'une conjecture par l'expérimentation, définition du domaine de validité du modèle, etc.) et ceci à un haut niveau d'abstraction. Pendant une session de laboratoire, l'élève doit coordonner de nombreuses activités différentes (activités manuelles, lecture de compteurs, écriture des résultats, calculs, traçage de courbes, prévisions pour la suite, etc.) les plus insignifiantes lui apparaissant souvent comme les plus difficiles. La mise en route d'un programme interactif sur ordinateur ne doit ensuite être considérée comme complémentaire du travail de laboratoire, en tant que situation pédagogique demandant de la part de l'étudiant une concentration à un niveau élevé d'activité intellectuelle.

L'un des avantages de cette méthode est que l'élève doit révéler sa pensée sur une situation donnée. La façon dont il construit un modèle devient contrôlable et peut donc être débattue avec le professeur, le but fixé à l'élève n'étant pas tant de "résoudre un problème" que de "trouver une méthode" par laquelle il peut le résoudre.

Dans le "package" des lois de la réflexion, le mouvement d'un projectile élastique lancé sur un plan horizontal est simulé. L'élève n'a normalement aucune connaissance antérieure de la loi de la réflexion; le but est de l'aider à découvrir cette loi, soit sous la forme de l'égalité des angles d'incidence et de réflexion, soit sous la forme de l'image virtuelle. Un point défini par des coordonnées du plan est

donné comme cible à atteindre après réflexion du projectile sur le plan. L'élève peut choisir le point à partir duquel le projectile est lancé et son point d'impact sur le plan. Quand il a introduit ses choix dans l'ordinateur, le programme lui donne les renseignements sur le succès de son tir, indiquant, par exemple, à quelle distance à droite ou à gauche de la cible le projectile est passé. L'élève fait alors une nouvelle expérience basée sur le résultat de la première.

Le but pédagogique est de voir :

- si l'élève utilise les résultats de l'expérience précédente afin de prévoir la prochaine avec de meilleures chances de succès, autrement dit, l'élève fait-il un ensemble convergent d'expériences ou utilise-t-il une méthode basée sur le hasard ?
- si l'élève met au point une méthodologie adéquate, en ce sens qu'il ne change qu'un seul paramètre d'une expérience à l'autre.

Si, après dix essais, il n'y a aucune réussite, l'ordinateur imprime "Allez voir votre professeur", car dans ce cas, l'approche de l'élève est certainement mauvaise et doit être analysée et corrigée.

Dans la seconde partie du programme, la cible est donnée; l'élève doit choisir le point d'impact et trouver tous les points de départ à partir desquels la cible sera atteinte, avec le même point d'impact. Cette partie du programme vise à la découverte de la notion de trajectoire.

Dans la dernière partie du programme, quatre cibles et un point de lancement sont donnés à l'élève qui doit trouver les points d'impact permettant d'atteindre les cibles. Le but ici est d'évoquer le modèle de l'image virtuelle par la convergence des trajectoires après réflexion sur le plan, et de vérifier si l'élève a pu construire un modèle opérationnel de la situation après les deux premières parties.

4. Domaines déjà étudiés avec des "packages"

Les trois exemples ci-dessus ne sont qu'un échantillonnage bien incomplet, car dans de nombreuses disciplines existent déjà des "packages" sur des sujets fort divers dont l'énumération ci-dessous n'est pas exhaustive [2] :

- Biologie :
- lutte antiparasitaire par pesticides et mouches stériles
 - détermination de la grandeur d'une population animale dans une région précise
 - contrôle d'une épidémie de malaria
 - expérience simple de génétique pour démontrer la nature statistique des lois de Mendel
 - compétition d'espèce et sélection naturelle, etc.
- Chimie :
- réaction cinétique
 - influence du pH sur l'activité des enzymes
 - enzymes dans un modèle "clé-serrure", etc.
- Mathématiques :
- structure de groupe, d'espace vectoriel, de sous-espace vectoriel géométrique
 - stabilité d'un sous-ensemble
 - lois de probabilités de variable aléatoire binomiale, normale ou de Poisson
 - files d'attente
 - propriétés des relations, etc.

- Géographie : - algorithme d'identification des climats
- décalage horaire
- carte topographique/isobarique , etc.
- Physique : - simulation du mouvement d'un satellite
- force de gravité et vitesse de libération
- l'effet photo-électrique
- dispersion de Rutherford
- expérience à double fente de Young
- expérience de Millikan, etc.

Sciences

- économiques : - équilibre d'une balance commerciale
- taux de réévaluation
- jeu d'entreprise pour l'étude du marketing, etc.

Dans les disciplines non scientifiques des recherches intéressantes sont en cours, mais il y a en premier lieu des problèmes de formation, point qui est abordé dans une des remarques ci-dessous.

5. Commentaires sur l'introduction de "packages" dans l'enseignement

Tout d'abord, un certain nombre de remarques s'imposent avec l'apparition des "packages" :

- L'utilisation didactique de l'ordinateur n'est pas uniquement un problème d'ordinateur, mais avant tout une question de remise en cause de l'enseignement, même si le fait de disposer d'un matériel judicieux a une certaine importance.
- Il est indispensable d'avoir des textes d'accompagnement pour les "packages", un programme seul n'étant pas d'une très grande utilité. L'ordinateur et la programmation sont ainsi remis à leur juste place : celle d'auxiliaire utile mais non d'objet essentiel (ce n'est surtout pas un trésor inépuisable de la bibliothèque de programme offerte par le constructeur de la machine).
- L'utilisation de "packages" ne signifie pas le remplacement des séances de travaux pratiques ou de laboratoire par un travail simulé sur un ordinateur ou la substitution constante de leçon entière à un terminal pour chaque discipline. Par un choix adéquat entre différents domaines d'une discipline, l'utilisation didactique de l'ordinateur peut être un complément utile aux politiques en vigueur dans le domaine de l'enseignement.
- Il convient d'insister encore énormément sur la nécessité d'une profonde réflexion tant pédagogique que méthodologique pour ne pas "mettre d'anciennes idées sur de nouveaux supports".
- Un critère des plus importants dans la conception des matériaux simulés est que l'élève devrait penser en termes de monde réel. Il est essentiel qu'il soit impliqué dans les mêmes expériences de prises de décisions que s'il faisait une expérience réelle.

Les difficultés pour concevoir et implanter ces nouvelles idées ont été mises en évidence rapidement :

- Le matériel et les installations indispensables (ordinateur, langage évolué très souvent conversationnel, etc.).
- La formation des enseignants: il convient de prévoir un recyclage important du corps enseignant pour que les enseignants dominent

la technologie et imposent aux constructeurs d'ordinateurs leur point de vue plutôt que le contraire (maison de teachware). D'autre part, la création et/ou l'utilisation d'un "package" ne peut avoir lieu que si l'enseignant de la discipline concernée a reçu une formation suffisante et qu'il a assimilé les possibilités énormes de l'informatique pour sa discipline.

- Les moyens matériels et un cadre favorable pour des travaux de recherches.
- La diffusion et l'échange de "packages". Avec la création d'un centre international de documentation pour l'introduction de l'informatique dans l'enseignement secondaire à Edimbourg, projet du CERI/OCDE [3], il est désormais possible de recevoir des informations précieuses sur les réalisations dans d'autres pays (projet Huntington, projet du Chelsea College, INRDP à Paris, etc.). En Suisse, un début de collaboration s'organise lentement.

Les avantages offerts par les "packages" sont nombreux :

- Apport énorme du point de vue pédagogique et méthodologique (les "packages" facilitent des activités journalières de l'enseignant dans sa classe : illustration, motivation, simulation, etc.).
- Grâce à la construction de modèles et à leur exploitation lors de simulation, on rend possible l'expérimentation de situations irréalisables dans un établissement scolaire. Les auteurs des "packages" lors du séminaire d'Edimbourg ont insisté sur les difficultés réelles pour des expériences pratiques dans diverses disciplines; il faut mentionner les coûts de l'équipement ou des matières premières, les questions de danger, les problèmes de temps (phénomènes saisonniers ou séculaires), le volume d'informations à traiter (statistiques), l'échelle du temps utilisé (trop rapide, souvent trop lente), les techniques expérimentales d'un maniement difficile, etc.
- Le dialogue avec l'ordinateur peut faciliter, à bien des égards, l'acquisition par l'élève de connaissances. Il lui donne l'occasion de "jouer" intelligemment avec une partie du monde simulé par la machine, ce qui élargit considérablement le champ de son expérience et l'aide à mieux comprendre.
- L'élève est très actif; contrairement à ce qu'on pourrait supposer, son esprit de créativité est fortement stimulé. Dans bien des disciplines, l'utilisation de "packages" a même une valeur formative (la démarche du scientifique n'est-elle pas basée énormément sur l'expérimentation ?).
- Confirmant les recommandations du congrès de Sèvres [4], l'emploi et surtout la création de "packages" favorisent l'interdisciplinarité tant au niveau des élèves que des enseignants. Les discussions sur l'adéquation du modèle final montre qu'il n'existe pas de modèle unique pour une situation donnée, mais qu'il existe en réalité de très nombreux modèles possibles, parmi lesquels on effectue un choix dicté par des raisons pragmatiques (simplicité, efficacité, étendue du domaine de validité, etc.).

6. Conclusions

Une des qualités nécessaires et souhaitables des êtres humains de la fin de ce siècle est sans doute une haute faculté d'adaptation à toute nouvelle situation. En effet, nous ne vivons plus dans un milieu aux changements lents et où les décisions peuvent être hâsardeuses, mais dans un système aux variations rapides et où il n'est plus possible de prendre des décisions et de "voir venir", car les conséquences sont trop souvent dramatiques. C'est ces mêmes notions de modèle et de simulation, un peu plus sophistiquées il est vrai, qui sont à la base du deuxième rapport du Club de Rome dont on connaît l'importance pour l'ensemble de la planète [5]. L'utilisation didactique de l'ordinateur, qui est certainement une des tendances actuelles de la recherche pédagogique, peut développer chez nos élèves cette adaptabilité indispensable à vivre dans un monde dynamique. Cette démarche modélisante se trouve également être une aide précieuse qui facilitera en plus le renouvellement de la méthodologie de chaque discipline concernée en introduisant d'intéressantes modifications tant en ce qui concerne le modèle que la matière à enseigner.

- 1 L'informatique dans l'enseignement secondaire par J. Hebenstreit (OCDE-DAS/SP.R/73-25 - février 1973)
- 2 Une liste des "packages" disponibles a été dressée et peut être obtenue au centre de calcul du Collège Calvin à Genève (2, rue Théodore-de-Bèze).
- 3 La revue du centre d'Edimbourg (Le Monde international de l'enseignement de l'informatique) est gratuite et est distribuée pour la Suisse par le centre de calcul du Collège Calvin.
- 4 L'enseignement de l'informatique à l'école secondaire (1971) (rapport OCDE/CERI du séminaire de mars 1970 à Sèvres).
- 5 Deuxième rapport du Club de Rome : stratégie pour demain par M. Mesarovic et E. Pestel aux Editions du Seuil (1974).

R. Morel
Collège Calvin, Genève
Janvier 1976

Texte à paraître dans la revue Gymnasium Helveticum (1er semestre 1976).