

8 Ordinateurs

Des circuits informatiques qui, dans les années soixante, coûtaient des centaines de milliers de dollars, et remplissaient des salles entières, peuvent être maintenant produits pour moins d'un dollar et ils ont été miniaturisés de manière à tenir sur moins d'un centimètre carré. En liaison avec ces progrès, les micro-ordinateurs sont devenus beaucoup plus accessibles pour le grand public. Les enfants semblent particulièrement attirés par cette technologie. Les jeux vidéo sont devenus une activité de masse (très controversée). Bien qu'on ait été à une époque où les budgets étaient limités, les écoles se sont ruées pour acheter des ordinateurs; plus de la moitié des écoles des Etats-Unis en possèdent maintenant (Center for Social Organization of Schools, 1983). Des camps informatiques se sont multipliés à travers tout le pays, et de nombreux enfants (18% en Californie, selon une estimation du Département de l'Education, rapportée par le Los Angeles Times du 28.6.83) ont accès à un ordinateur à la maison - pas des consoles de jeu, mais de vrais ordinateurs programmables. Ainsi l'ordinateur est devenu un média important dans la vie des enfants.

Liens avec la télévision

Tout comme pour les jeux vidéo, une partie de la popularité des ordinateurs auprès des enfants peut provenir de leur expérience de la télévision.

Il semble que les enfants eux-mêmes ont remarqué le lien entre la télévision et l'ordinateur. Dans une série d'entretiens réalisés pour un film sur les ordinateurs et l'enfant, un des enfants interrogés a déclaré au sujet des ordinateurs: «C'est comme apprendre, et regarder la télévision en même temps.» D'autres ont mentionné des différences entre ordinateur et télévision étroitement liées aux différences entre la télévision et les jeux vidéo mentionnées au chapitre précédent. Par exemple un garçon a dit: «La TV, elle fait ce qu'elle veut faire. Un ordinateur fait ce que tu veux qu'il fasse.» Le commentaire d'un autre enfant fut similaire: «C'est chouette parce qu'on peut en prendre le contrôle. La TV se contrôle elle-même.» La télévision a été accusée de tuer l'imagination; un garçon a exprimé la différence entre les ordinateurs et la télévision à

cet égard: «Avec la TV tu n'as pas besoin de parler; tu n'as pas besoin de représenter quoi que ce soit dans ta tête.» («Don't Bother Me», 1982).

Les enfants interrogés pour ce film, ont été unanimes à préférer les ordinateurs à la télévision, tout comme les enfants que j'ai interrogés et qui disaient préférer les jeux vidéo à la télévision. (Les enfants interrogés dans le film avaient utilisé les ordinateurs, en classe, pour pratiquer des jeux, aussi bien que pour d'autres activités).

J'ai découvert la relation étroite entre la télévision et les ordinateurs à la maison. Quand nous avons acheté un ordinateur, le temps passé par mon fils à regarder la télévision a sensiblement diminué. Une étude de cas menée par Yaakov Kareev avec deux autres enfants a confirmé mon observation (Levin, 1982). Une interprétation possible de ce fait est que les enfants aiment le dynamisme visuel de la télévision, mais qu'ils préfèrent un rôle de participation interactive à un rôle passif. Cette interprétation est simplement une extension de mon argument du chapitre précédent, concernant les jeux vidéo, aux ordinateurs en général.

Dean Brown, un pionnier du développement de la technologie informatique, a estimé que l'ordinateur était l'invention la plus stupéfiante, en raison de sa combinaison unique de qualités: il est (1) dynamique, (2) interactif, et (3) programmable (Brown, 1982). A la différence de l'écrit, la radio a un dynamisme auditif; elle peut présenter le son en temps réel avec toutes ses qualités dynamiques. La télévision et le film ajoutent le dynamisme visuel. En revanche, ils ne sont ni interactifs, ni programmables. L'ordinateur se base sur le dynamisme de la télévision, mais il y ajoute ces deux qualités.

La qualité interactive de l'ordinateur peut être illustrée très simplement avec les jeux vidéo: le joueur influence ce qui se passe sur l'écran et les développements sur l'écran contraignent à leur tour les possibilités pour l'action suivante du joueur. Ainsi, le contrôle et l'influence sur le jeu vont dans les deux directions, à partir du joueur, et à partir de l'ordinateur. Il en est de même pour l'enseignement assisté par ordinateur, où, au niveau le plus élémentaire, l'ordinateur pose le problème, l'apprenant répond, et l'ordinateur donne un feedback spécifique pour cette réponse. Dans un programme d'apprentissage légèrement plus complexe, la réponse de l'apprenant peut influencer le choix du problème suivant. Comme dans les jeux vidéo, l'ordinateur procure une voie de communication qui peut être parcourue dans les deux sens.

La troisième qualité des ordinateurs, le fait d'être programmable, entre en jeu principalement avec l'activité de programmation. A nouveau, l'attrait des enfants peut provenir de leur expérience avec la télévision. Herbert Kohl a fait le commentaire suivant au sujet de ce que les enfants choisissent de programmer: «J'ai trouvé que la capacité de composer de la musique, de développer des images visuelles, d'animer des personnages et de contrôler les effets de couleur, sont les aspects les plus irrésistibles de la programmation pour les jeunes gens. De cette manière, ils inversent la relation, en comparaison avec la TV. Ils font leurs propres programmes au lieu de recevoir passivement ceux de quelqu'un d'autre.» (Kohl, 1982).

Les didacticiels, le traitement de texte et la programmation sont trois utilisations importantes de la technologie informatique avec les enfants. Tous les trois tirent parti de la qualité interactive de l'ordinateur. Toutefois ils diffèrent quant au degré de contrôle laissé au jeune utilisateur. Avec les didacticiels, c'est clairement l'ordinateur, qui, bien que sensible aux réactions de l'enfant, dirige l'activité: l'ordinateur programme l'enfant (bien que le degré avec lequel il le fait puisse varier d'un programme à l'autre). Dans le cas du traitement de texte, l'ordinateur fournit un outil (Kurland, 1983), et l'enfant, d'une part, crée le matériel - le texte - sur lequel l'outil travaille, et, d'autre part, décide comment utiliser l'outil pour mettre en forme le matériel. Dans l'activité de programmation, c'est l'enfant qui dit à l'ordinateur quoi faire, en utilisant un langage spécial que l'ordinateur peut comprendre.

Logiciels d'apprentissage

Enseignement assisté par ordinateur

La frontière entre les jeux vidéo et les didacticiels s'est progressivement estompée avec le temps; mais les premiers didacticiels étaient bien différents des jeux, et consistaient en programmes de «drill», sous le nom d'enseignement assisté par ordinateur (EAO). Ces programmes, développés avant l'apparition de la technologie actuelle d'animation graphique, sont essentiellement des programmes de questions et réponses dans lesquels l'ordinateur pose le problème, donne à l'élève une occasion de répondre, puis indique à l'élève si la réponse est correcte. Avec les enfants, ces programmes sont généralement efficaces comme compléments à l'enseignement traditionnel, en mathématiques et en langues, par exemple (Vinsonhaler & Bass, 1972).

La principale limitation de ces programmes réside dans le fait qu'ils conviennent mieux pour exercer des savoir-faire qui sont déjà présents, que pour enseigner quelque chose de nouveau. Par conséquent, ils ont tendance à marcher le mieux avec les élèves qui possèdent déjà les connaissances en question. Un exemple en est fourni par une étude dans laquelle on a essayé, de manière systématique, un ensemble de programmes de mathématiques, de lecture et de langue dans des écoles primaires de Los Angeles (Ragosta, Holland & Jameson, 1982). Les exercices de mathématiques, branche pour laquelle les élèves avaient déjà les concepts de base, se sont révélés considérablement plus efficaces que les exercices de lecture: certains élèves ne savaient pas assez bien lire pour profiter grandement du programme de lecture. Les exercices informatisés ont pu les aider à exercer la lecture, mais ils n'ont pas pu leur apprendre à lire. Cette distinction n'est pas absolue. Ce type d'exercices peut être utilisé avec efficacité pour enseigner certaines catégories de connaissances, comme le vocabulaire, qui se prêtent à un format à choix multiples.

L'étude de Los Angeles a été menée auprès d'un groupe d'enfants économiquement désavantagés, et, bien que les programmes de drill aient été plus efficaces pour certains sujets que pour d'autres, les enfants qui utilisaient l'ordinateur pour les exercices, ont fait mieux dans certains domaines de toutes les matières, que ceux du groupe témoin, les autres enfants de la même école qui n'utilisaient pas l'ordinateur. Cela illustre un point important qui émerge encore et encore: comme dans le cas de la télévision, l'apprentissage avec l'ordinateur n'est pas seulement efficace dans les milieux aisés; il marche aussi pour des enfants de milieux socio-culturellement désavantagés. Comme les médias électroniques plus anciens, les ordinateurs semblent convenir à des gens d'origines très variées. Les ordinateurs sont aussi des outils efficaces pour enseigner à des enfants ayant divers handicaps d'apprentissage (Sandals, 1979; Winters, 1978). Il semble établi que les ordinateurs peuvent avoir un impact sur des enfants pour qui des méthodes éducatives plus anciennes et plus traditionnelles s'étaient révélées inefficaces.

Les programmes de drill utilisent relativement peu les spécificités de l'ordinateur. En fait, ils ne font que simuler une situation similaire à l'utilisation d'un livre d'exercices. Mais ils ont deux avantages directement attribuables à l'ordinateur: l'individualisation des questions en fonction du niveau de compétence de l'apprenant, et un feed-back instantané.

Le feed-back de l'ordinateur n'est pas seulement instantané; il est aussi totalement impersonnel. C'est un avantage d'un point de vue psychologique: l'erreur devient une occasion d'apprendre plutôt que quelque chose à redouter. Comme l'indiquait un enfant de 7 ans: «L'ordinateur ne crie pas». Il n'a pas non plus de chouchous. En fait la technologie informatique diminue à la fois le coût réel et le coût psychologique de l'erreur, dans tous les domaines qu'elle touche, pas seulement dans les programmes de drill. C'est un aspect important car beaucoup de types de comportements négatifs en classe proviennent de la crainte de l'erreur ou de la crainte d'échouer (Golden, 1982; Covington & Beery, 1976).

Enseigner avec des modèles

Une autre catégorie de programmes d'apprentissage utilise davantage les spécificités de l'ordinateur. Cette catégorie implique la construction de modèles, d'une manière ou d'une autre. Un exemple très simple de l'utilisation d'un modèle pour enseigner, est le jeu HARPOON, conçu par James Levin, dans lequel le but est de spécifier la position d'un requin par l'estimation de points sur deux axes, un horizontal et un vertical. «Le programme demande aux joueurs de spécifier la position du requin sur l'axe horizontal (gauche-droite) puis sur l'axe vertical (bas-haut). Lorsqu'ils ont entré les deux nombres, un «harpon» vole à travers l'écran jusqu'à la position spécifiée. Si ce point est assez près du requin, le harpon touche le requin et celui-ci disparaît de l'écran. Si le harpon manque le requin, un «splash» apparaît à l'écran pour marquer l'endroit et les

joueurs peuvent essayer à nouveau, en utilisant ces marques comme feed-back.» (Levin, 1981, p. 426).

Ce logiciel repose sur une représentation de la chasse au requin dans un espace océanique modélisé en deux dimensions. Le jeu utilise un modèle spatial pour enseigner les capacités d'estimation impliquées dans la mise en correspondance entre la position et les nombres. Dans une version plus simple du jeu, le requin se déplace dans un espace unidimensionnel et les enfants doivent estimer la position sur une seule ligne de nombres.

Levin a testé ce jeu avec des enfants de 10 ans, qui l'ont trouvé intéressant et motivant. Pour ce qui est de l'apprentissage, des résultats ne sont disponibles que pour la version unidimensionnelle du jeu. Levin rapporte qu'en une dizaine de parties, les enfants progressent depuis une performance aléatoire jusqu'à une grande précision.

Le processus d'apprentissage

Ce qui est peut-être encore plus intéressant que cet apprentissage rapide, ce sont les processus, tant cognitifs que sociaux, qui se déroulent pendant que les enfants acquièrent cette compétence. D'un point de vue cognitif, les enfants démarrent souvent avec leur propre conception de la tâche. Par exemple, certains enfants commencent par agir comme s'ils pensaient que la tâche est de trouver le chemin que le harpon doit parcourir, pour croiser le trajet du requin, plutôt que de l'atteindre exactement. Ainsi un modèle thématique (ici la chasse au requin), tout en pouvant motiver et favoriser l'apprentissage, peut aussi interférer avec le principal objectif d'apprentissage (ici l'estimation de la position sur des lignes numériques coordonnées). Par la même occasion, ce type de situation permet aux enfants de tester différentes hypothèses sur la nature de la tâche telle qu'elle est définie par le programme. Ce processus consistant à tester des hypothèses est en soi une activité d'apprentissage valable.

Du point de vue social, Levin et Kareev ont observé ce qui suit, dans un club d'informatique extra-scolaire: «Au début, un enfant travaille avec d'autres enfants, et il a recours spontanément à l'aide de l'adulte pour apprendre les rudiments d'un nouveau programme. Par la suite, les enfants travaillent ensemble sans participation directe de l'adulte, et n'appellent un adulte à l'aide que s'ils sont bloqués d'une certaine manière. Finalement, un enfant travaille soit avec un ami, soit seul, rendant la tâche graduellement plus exigeante, si le programme le permet» (Levin & Kareev, 1980, p. 49).

Cette progression montre à quel point l'activité coopérative peut être bénéfique pour l'apprentissage, et comment l'ordinateur peut favoriser la coopération. Celle-ci semble se produire principalement lorsqu'il y a moins d'ordinateurs que d'enfants désireux de les utiliser, et qu'il faut donc partager les machines (Kane, 1983; Sheingold, communication personnelle, 1983). Ainsi, sous certaines conditions, le stéréotype

très répandu, selon lequel les ordinateurs sont une technologie essentiellement asociale ne se vérifie pas.

La séquence évoquée ci-dessus illustre également l'attrait du défi. Dans le jeu HARPOON les joueurs experts réduisent la taille du requin, augmentant ainsi la difficulté de la tâche. Tout en travaillant avec des requins progressivement plus petits, ils développent des capacités d'estimation des nombres de plus en plus précises. Les enfants ne se contentent pas de travailler à un niveau qu'ils maîtrisent; ils cherchent un nouveau défi. HARPOON illustre comment cet attrait de nouveaux défis peut être utilisé dans des jeux informatisés conçus pour l'enseignement, comme il l'est dans les jeux conçus pour le plaisir. Cette capacité qu'a l'ordinateur de marcher du même pas que l'enfant qui acquiert des savoir-faire est l'un de ses avantages principaux en tant qu'outil éducatif.

Simulation avec l'ordinateur

Le modèle simple du jeu HARPOON n'est bien entendu pas destiné à enseigner la chasse au requin. Un autre type de modèles informatiques, généralement plus complexes que HARPOON, est conçu pour enseigner des situations ou des systèmes de la vie réelle. Ce type de modèle est appelé une simulation. Le «Guide des ordinateurs dans l'éducation» d'Atari donne une bonne vue d'ensemble des possibilités éducatives de la simulation:

«L'impact de différentes politiques énergétiques nationales sur l'économie, la survie d'un troupeau de caribous, une expérience scientifique de laboratoire, l'économie d'un petit commerce, l'établissement d'une station dans l'espace, l'écosystème d'un étang - virtuellement tout système peut être représenté par des formules qui ... représentent comment tous les composants du système interagissent. La simulation permet à l'élève de modifier la valeur d'un ou de plusieurs composants et de voir les conséquences de cette modification sur le reste du système. Comment l'élimination non contrôlée des ordures modifie-t-elle la qualité de l'eau et affecte-t-elle les formes de vie dans un lac? Quelles méthodes de traitement restaureront le plus efficacement la qualité de l'eau; et en combien de temps? L'ordinateur devient un laboratoire expérimental infiniment variable pour un apprentissage par exploration (Atari, 1982, p. 13).

Une des premières simulations développées pour les jeunes enfants portait le nom de LEMONADE STAND. Dans cette simulation, le joueur, démarre avec des produits pour faire de la limonade (fournis par sa mère). Le programme donne l'information pertinente pour déterminer la demande de limonade du consommateur (telle que les prévisions météorologiques), et le joueur doit décider quelle quantité de limonade il convient de faire, et à quel prix la vendre. L'ordinateur calcule alors le bénéfice qui sera fait dans ces conditions. Par la suite, la mère cesse d'approvisionner le joueur en sucre, et il doit aussi prendre en considération dans sa décision le prix fluctuant du sucre. Le but de LEMONADE STAND est de maximiser le bénéfice.

Cette simulation repose sur un modèle du monde réel familier à de nombreux enfants, le stand de fabrication de limonade. Cependant, il permet aux enfants d'aller

au-delà de leur connaissance du modèle, tirée de leur vécu, pour comprendre les relations entre des variables telles que le coût et le profit, l'approvisionnement et la demande. La simulation par ordinateur permet, à des enfants trop jeunes pour comprendre des discussions abstraites sur les notions de profit, de perte, etc., d'être capables d'apprendre par l'action comment fonctionnent les variables économiques.

Il se peut que cette connaissance concrète, orientée vers l'action, serve de base pour la compréhension ultérieure des concepts à un niveau plus abstrait. Un programme comme LEMONADE STAND permet peut-être non seulement aux enfants de commencer à apprendre les concepts plus tôt (ce qui n'est pas nécessairement un avantage), mais leur permet ultérieurement de les apprendre plus aisément et profondément, disons dans un cours d'économie du lycée ou de l'université, grâce à l'expérience de leur manipulation active dans une situation concrète. Cette séquence d'apprentissage est encore spéculative. Des recherches sont nécessaires pour déterminer quelle connaissance les enfants de différents âges retirent de simulations comme LEMONADE STAND, et si cette connaissance peut favoriser l'apprentissage ultérieur des mêmes concepts à un niveau plus abstrait.

LEMONADE STAND se base sur l'expérience quotidienne des enfants et la prolonge. Les simulations peuvent faire de même sur des sujets introduits à l'école. Un joli exemple en est fourni par le «Gompers Secondary Center» de San Diego, où une simulation par ordinateur de la migration de la baleine grise de Californie est employée en classe après l'excursion annuelle d'observation des baleines. L'ordinateur fournit un autre média dans ce qui est déjà une expérience multimédia, combinant la discussion en classe avec l'observation réelle (Ebersole, 1982).

Quel est l'intérêt d'ajouter à l'observation la simulation par ordinateur? Cette question a été explorée systématiquement dans une étude sur le rôle de la simulation dans l'enseignement de la physique au lycée (Hughes, 1974). Des expériences ont été montées, qui pouvaient être réalisées soit en laboratoire, soit sur l'ordinateur. Un groupe d'étudiants faisait les expériences sur l'ordinateur seulement, un groupe dans le laboratoire seulement; le troisième groupe combinait l'ordinateur et le laboratoire, faisant par exemple un essai de chaque expérience au laboratoire, mais utilisant l'ordinateur pour enregistrer les données en vue de l'analyse. La combinaison de l'ordinateur et du laboratoire s'est révélée la plus efficace du point de vue de la quantité des mesures: ce groupe s'est montré capable de tirer plus efficacement des conclusions et il a obtenu les meilleures notes à l'examen. L'ordinateur seul était le plus efficace pour enseigner comment étudier les relations entre les variables. (C'est une version plus avancée de ce qui devrait résulter pour des enfants plus jeunes pratiquant LEMONADE STAND). Le groupe avec le laboratoire seulement, ne s'est révélé supérieur sur aucune mesure, à l'un des deux autres groupes. Ainsi, l'ordinateur n'est pas une exception au principe, que je développerai au chapitre suivant, qu'une approche multimédia d'un thème est souvent la plus efficace.

Le programme qui apprend

Les programmes qui apprennent sont spécifiques à l'ordinateur et proviennent directement de sa qualité d'être programmable. Un exemple d'un tel programme est un jeu appelé ANIMALS, qui illustre les potentialités de jeux d'apprentissage qui confient la responsabilité au joueur plutôt qu'à l'ordinateur. Le jeu est conçu sur le modèle du jeu des 20 questions. La différence est que l'ordinateur débute en ne connaissant que deux animaux et le joueur doit enseigner à l'ordinateur les noms et caractéristiques d'autres animaux qu'il veut introduire dans le jeu. En fait, ce jeu enseigne la logique des relations de classes tout en exigeant du joueur qu'il crée un domaine de connaissance structuré logiquement. Le joueur crée la connaissance que l'ordinateur utilise pour le jeu. ANIMALS est un bon exemple de la manière dont, à la différence de la lecture, la radio ou la télévision, la technologie informatique interactive peut donner à l'enfant le rôle actif qui est si crucial pour le processus d'apprentissage.

Traitement de texte

Ce livre a été écrit à l'aide d'un programme de traitement de texte pour un ordinateur Apple II Plus. Ainsi, comme Seymour Papert l'a indiqué, le traitement de texte est un usage professionnel de l'ordinateur pour les adultes, qui est accessible aux enfants (Papert, 1981).

Le traitement de texte a été ma première implication personnelle avec les ordinateurs. J'ai été très impressionnée par les changements qu'il a apportés dans mes processus de pensée et ma capacité de production: je me suis sentie capable d'écrire plus rapidement et plus facilement; la révision est devenue un plaisir plutôt qu'une corvée. J'étais sûre que les effets devaient être au moins aussi importants pour des enfants, et je me mis à chercher des gens faisant de la recherche sur l'utilisation du traitement de texte par des enfants. Tout comme pour le domaine des enfants et de l'ordinateur en général, il n'y a pas encore eu beaucoup de recherches systématiques sur ce qui arrive quand des enfants ont accès au traitement de texte. Tous les chercheurs à qui j'ai parlé de cette question, sont d'avis que si les effets ne sont pas spectaculaires, ils sont positifs; parmi les thèmes que j'ai étudiés pour préparer ce livre, c'est le sujet sur lequel j'ai trouvé le plus d'accord entre les chercheurs.

Avec le traitement de texte on écrit sur le clavier de l'ordinateur, de manière très semblable à ce que l'on ferait avec une machine à écrire. La différence est qu'on voit le résultat sur l'écran, plutôt que sur le papier. Du fait que le texte que vous créez est dans la mémoire de l'ordinateur, tout comme sur l'écran, vous pouvez faire des changements électroniquement, sans avoir besoin d'effacer ou de biffer physiquement. Vous pouvez même «couper et coller» électroniquement, déplaçant des mots, des paragraphes, ou des pages d'une partie du texte à une autre, à l'aide de quelques commandes au clavier. Le coût de l'erreur devient insignifiant. Pour obtenir une copie écrite sur le

papier, il suffit de relier l'ordinateur à une imprimante, qui met le texte stocké en mémoire (et transféré ultérieurement sur cassette ou sur disquette) sous forme imprimée. Vous donnez des instructions électroniques, au moyen de l'ordinateur, pour le format de la page - marges, soulignement, etc. Vous pouvez imprimer une partie du texte dans un format différent sans le retaper, en changeant simplement les ordres de format. De la même manière vous pouvez réviser le texte sans le retaper, en revenant simplement à la version originale, sauvee sur la cassette ou la disquette, et la réviser électroniquement.

Ma première observation concrète concernant les enfants et le traitement de texte est venue de Jan Austin, institutrice dans le nord de la Californie. Elle avait donné à ses élèves de troisième et quatrième année, le projet d'écrire, avec l'ordinateur, un livre sur les premiers habitants de l'Amérique. La classe est arrivée à réaliser ce livre, qu'elle a ensuite distribué. Ce fait est remarquable en soi, car il s'agissait d'un projet d'écriture de beaucoup plus grande envergure que ce que la classe avait entrepris auparavant. Ce qui est encore plus important, c'est que ce fut meilleur texte que la classe ait écrit durant toute l'année. Il allait plus en profondeur parce que, comme Austin l'indiquait éloquentement: «les enfants avaient été libérés de leur travail de scribe».

Un facteur important de l'amélioration de la qualité de l'écriture des enfants a été qu'ils se sont volontiers consacrés à la révision du texte et qu'ils y ont même mis de l'empressement; ce changement d'attitude a été rendu possible par la facilité de la révision électronique sur l'ordinateur. Les enfants ont révisé le texte de leur livre de nombreuses fois. Ils ont développé un intérêt pour l'orthographe et pour l'expérimentation des divers formats d'impression. Ils ont essayé de nombreux formats différents, et l'institutrice a finalement dû insister pour qu'ils arrêtent d'expérimenter et produisent le texte final. Les enfants se sont alors plaints, disant que si elle leur avait donné un jour de plus ils auraient pu produire un bien meilleur livre. Et il est important de souligner qu'avec ces mêmes enfants, avant l'usage de l'ordinateur, il fallait insister pour obtenir les révisions même les plus minimes.

L'ordinateur eut aussi pour effet d'encourager la coopération entre les enfants dans ce projet de rédaction. Selon leur institutrice, cette classe avait eu des problèmes de cohésion, mais l'ordinateur a pu les rapprocher. Il y avait toujours trois ou quatre enfants autour de l'ordinateur, travaillant ensemble sur le livre. Nous avons déjà mentionné l'idée que les ordinateurs favorisent la coopération. Mais si chaque enfant a un ordinateur pour écrire, ils sont si impliqués dans l'écriture elle-même que ce genre d'activité coopérative ne peut pas s'installer (Kane, 1983). Il semble que c'est la nécessité de partager les ordinateurs qui incite les enfants à travailler ensemble.

Un biais par lequel les ordinateurs peuvent, dans des conditions favorables, favoriser le travail intellectuel en groupe est particulièrement évident dans le cas du traitement de texte. L'écran rend publics les processus de pensée d'un individu, ouverts à tous les autres qui peuvent aussi voir l'écran. Il fait de l'écriture un objet physique aisément observable, qui peut être manipulé de diverses manières par les autres gens. Ainsi,

l'ordinateur transforme l'activité privée d'écriture, en une activité potentiellement publique et sociale.

Il est possible que l'écriture en groupe, avec la stimulation des points de vue d'autres enfants, soit une condition nécessaire pour que le traitement de texte amène assez rapidement à la révision extensive. Des chercheurs du «Bank Street College of Education» de New York ont trouvé que des élèves de huitième année qui utilisaient le traitement de texte pour des compositions individuelles avaient tendance à traiter l'ordinateur comme un crayon électronique et du papier: ils passaient beaucoup de temps à planifier leur activité et ne faisaient pas beaucoup de révision. Toutefois, même dans ce cas, les enfants ont rapporté avoir fait plus de révision spontanée qu'ils ne le faisaient normalement sans traitement de texte. Ce qui est peut-être plus important, à long terme, que la révision spontanée, c'est le fait que, quand les élèves ont accès à un traitement de texte, l'enseignant peut demander plus de révision (Kane, 1983).

Un autre point intéressant qui est sorti de cette étude de Bank Street a été l'utilité du traitement de texte pour une fille présentant des problèmes de comportement. Elle avait suivi un cours d'introduction au traitement de texte, et avait eu tellement de plaisir qu'elle poursuivait cette activité après la fin du cours. Dans d'autres contextes, des élèves présentant des difficultés d'apprentissage ont amélioré de manière notable leur capacité de rédaction lorsqu'ils ont eu l'opportunité d'écrire sur un ordinateur (Hawkins, communication personnelle, 1982).

Les lycéens semblent être aussi enthousiastes pour le traitement de texte que les enfants plus jeunes. En fait selon Midian Kurland, les enfants aiment tellement le traitement de texte, que même leur manque d'habileté dactylographique ne les dissuade pas. Julie McGee, directrice du développement de l'enseignement informatique de la «Lyons Township High School», en Illinois, rapporte que les élèves sont fascinés par le traitement de texte et sont motivés pour apprendre à l'utiliser (McGee, 1982). Parce que l'ordinateur rend l'écriture moins pénible, ils ont envie d'écrire. Ils sont plus enclins à réviser et à corriger leurs erreurs. McGee a aussi trouvé le traitement de texte utile pour le travail en groupe: ses élèves l'utilisent pour produire leur traditionnel livre de souvenirs annuel. Comme les enfants plus jeunes, ils apprécient d'obtenir un produit imprimé et ils coopèrent pour ce travail.

J'ai éprouvé moi-même chacune de ces réactions vis-à-vis de l'écriture avec l'ordinateur, et il me surprendrait beaucoup que les autres adultes ne soient pas dans le même cas. A vrai dire, de nombreux écrivains professionnels se sont aussi mis au traitement de texte.

En juillet 1982, le Los Angeles Times a publié un article où il était question d'un centre, dans lequel les gens pouvaient louer à l'heure, des équipements de traitement de texte très puissants. Le titre était «Une idylle avec le traitement de texte: un centre propose une location horaire aux utilisateurs passionnés». Un client, Philip Friedman, auteur de scénarios à succès a déclaré:

«Je fais ici des choses que je ne ferais pas autrement... Vous pouvez déplacer les choses très facilement. Vous pouvez faire toutes sortes de petits changements qui demanderaient de retaper un manuscrit en entier. Vous arrivez à créer un effet très visuel et c'est très important. Tout ceci devient facile à ajuster finement d'une manière qui serait impossible à moins d'être prêt à employer tout une batterie de dactylos. Ça me permet de ne plus me gêner. Ça me rend plus enclin à essayer différentes choses. Ça me permet d'être plus sûr et d'avoir la certitude que tout va bien se passer.» (Krier, 1982b, p. 4).

Bien qu'on n'ait pas de résultats empiriques pour faire une comparaison directe, les effets du traitement de texte semblent être similaires à beaucoup d'égards, chez les enfants et les adultes.

La plupart des projets concernant des jeunes sont des études destinées à évaluer les effets du traitement de texte sur l'écriture, mais les résultats ne sont pas encore connus. Un projet de ce type, cependant, a déjà obtenu certains résultats importants. James Levin et ses collègues ont comparé deux classes de troisième et quatrième: une classe avait travaillé durant quatre mois avec un programme spécial de traitement de texte conçu pour des enfants; l'autre classe avait eu seulement l'expérience de la rédaction habituelle à l'école. Au début de l'expérience, on a donné à chaque classe un thème de rédaction, à effectuer sous la forme habituelle papier-crayon, sans traitement de texte et dans un temps limité; le même test a été utilisé de nouveau à la fin des quatre mois. Les échantillons d'écriture «avant» et «après» ont été analysés du point de vue de leur longueur (nombre de mots), et pour la qualité générale (avec un accent sur la pertinence par rapport au sujet traité et à l'organisation).

Les chercheurs ont trouvé une augmentation de 64 % du nombre de mots dans les textes produits par la classe qui avait travaillé avec l'ordinateur; les textes de l'autre classe n'ont montré aucune augmentation. En plus de la quantité, les résultats ont aussi montré un progrès dans la qualité, à la suite de l'utilisation de l'ordinateur: sur une échelle de qualité en cinq points, la classe ayant eu l'expérience du traitement de texte, a passé d'un score moyen de 2 à 3,09, tandis que l'autre classe ne montrait aucun changement dans le score de qualité (Levin, Boruta & Vasconcellos, 1983). (Nous ne savons pas dans quelle mesure ces résultats étaient dus au surplus d'expérience d'écriture dans la classe avec le traitement de texte, et dans quelle mesure ils étaient dus simplement à l'utilisation du traitement de texte. Toutefois, puisque le fait de disposer d'un traitement de texte a pour effet que les élèves consacrent plus de temps à l'écriture, les résultats constituent d'une manière ou d'une autre un effet du traitement de texte).

En fait, il est probable que ces résultats sous-estiment l'effet de l'ordinateur, puisqu'ils ont été obtenus dans une situation d'écriture sans ordinateur. Je pense que l'effet serait plus important si les enfants exercés avec l'ordinateur étaient évalués pour l'écriture avec ordinateur. La comparaison utilisée dans l'étude favorise plus les enfants qui n'avaient pas eu l'occasion d'utiliser des ordinateurs, mais elle ne révèle pas la puissance réelle de l'ordinateur comme outil pour l'écriture. J'ai subjectivement éprouvé une impression similaire aux résultats de cette étude. Après avoir écrit sur mon ordinateur

durant un certain temps, il me semblait être capable de rédiger mieux qu'avant, sur une machine à écrire conventionnelle. Mais je pouvais écrire beaucoup moins couramment, et réviser moins aisément, avec la machine à écrire qu'avec le traitement de texte lui-même. La puissance d'un outil peut être perçue le plus clairement dans le travail qu'on accomplit avec lui, et non dans le travail effectué sans lui.

Levin et ses collègues ont aussi étudié en détail la coopération durant le traitement de texte. Les enfants travaillaient par groupes de deux et cela s'est avéré très bénéfique: «Souvent quand un enfant est bloqué en écrivant, l'autre enfant, amenant un point de vue différent, peut résoudre le problème en suggérant une approche alternative. Non seulement le premier enfant bénéficie de la solution immédiate du problème, mais il est exposé à d'autres manières de penser à la tâche» (Levin, Boruta & Vasconcellos, 1983, p. 227). Le fait de travailler en groupe a aussi pour effet de réduire de beaucoup la demande vis-à-vis du maître. La plupart des problèmes qui surviennent pour un élève peuvent presque aussitôt être réglés par l'autre, de sorte que le maître n'a pas à intervenir. Cela libère le temps du maître pour un soutien plus adapté aux besoins individuels des élèves.

Cette étude démontre que l'ordinateur et la coopération qu'il provoque permettent au professeur d'individualiser l'enseignement davantage que les méthodes conventionnelles ne le permettent, en adaptant les tâches aux besoins et aux savoir-faire des différents enfants. A mesure qu'un élève acquiert de l'expérience, l'aide du professeur peut être réduite progressivement, fournissant ainsi un système de «soutien dynamique», une aide qui se modifie avec le changement des besoins de l'apprenant. L'ordinateur lui-même peut aussi fournir une aide variable et individualisée, sous forme de tâches de rédaction plus ou moins structurées. Par exemple, on donne aux débutants des histoires lacunaires à remplir, les élèves de niveau intermédiaire reçoivent des histoires inachevées à compléter, et les élèves avancés rédigent un texte entier. Cette individualisation de l'enseignement est un facteur important de la valeur éducative des ordinateurs.

Papert, dans son livre *Jaillissement de l'esprit*, met le doigt sur les raisons pour lesquelles le traitement de texte peut rendre les enfants tellement plus enthousiastes pour l'écriture:

«Écrire, pour moi, c'est d'abord rédiger un premier jet, pour le peaufiner ensuite en prenant mon temps. Dans l'image que je me fais de moi-même comme auteur, figure la production d'un premier jet «inacceptable», qui ne trouvera forme présentable qu'après une série de corrections successives. Mais si je n'étais qu'en troisième année d'école primaire, je ne pourrais pas me permettre ce luxe. L'acte matériel d'écrire serait lent et laborieux. Je n'aurais pas de secrétaire. Pour la majorité des enfants, récrire un texte est une corvée si pénible que le premier jet est aussi la version définitive; de sorte qu'ils n'apprennent jamais cet art de se relire d'un oeil critique. L'accès à un ordinateur capable du traitement des textes apporte là un changement spectaculaire. Le premier jet est composé sur clavier. Les corrections sont faciles à faire. La version en cours, premier deuxième, énième brouillon, est toujours propre et nette. J'ai vu un enfant qui détestait rédiger, au

point de refuser de le faire, y prendre intensément goût au bout de quelques semaines, une fois initié à l'écriture sur ordinateur; et la qualité de ses textes s'améliorait rapidement. On assiste à des transformations plus spectaculaires encore lorsque certains handicaps physiques rendent l'écriture manuelle plus pénible, quand ce n'est pas impossible» (Papert, 1981, pp. 43-44).

Traitement de texte et pensée

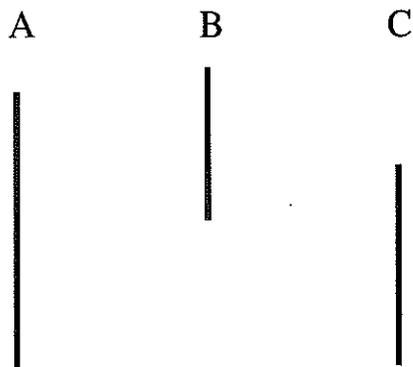
Les effets de traitement de texte sur la pensée sont encore beaucoup plus spéculatifs que ses effets sur l'écriture. En 1969, Sylvia Scribner a écrit un papier provocateur sur les effets cognitifs de l'alphabétisation, dans lequel elle défendait l'idée que l'alphabétisation est un facteur nécessaire pour le développement du stade le plus évolué du développement cognitif selon Piaget, le stade des opérations formelles (Scribner, 1969). Une des différences entre ce stade et le précédent est l'aptitude à réorganiser mentalement des propositions ou des affirmations. A un âge inférieur, les enfants peuvent réorganiser mentalement des objets concrets, mais pas des phrases abstraites. Pour les lecteurs non familiers avec la théorie de Piaget, la Figure 8 montre le même problème, présenté d'une part à un niveau opératoire concret, et d'autre part à un niveau opératoire formel.

Cette hypothèse concernant l'effet de l'alphabétisation sur les opérations formelles provient d'une idée centrale de Piaget: le développement cognitif est le résultat de la manipulation active du monde par l'enfant. C'est clairement possible pour les opérations concrètes, où l'enfant peut manipuler des objets concrets. Mais comment cela pourrait-il s'appliquer aux capacités abstraites qui sont l'essence des opérations formelles? La réponse de Scribner était l'écriture, un procédé dans lequel on donne aux propositions ou aux phrases une forme externe, qui permet alors de les réarranger au cours de la révision. Elle notait que les opérations formelles n'ont jamais été observées dans des cultures illettrées. Elle citait aussi certaines données indiquant qu'elles ne surviennent pas chez des gens avec un niveau d'éducation inférieur à celui du lycée. Il est clair que ni l'alphabétisation élémentaire ni un niveau d'éducation secondaire ne suffisent puisqu'une proportion substantielle d'étudiants américains du niveau «high school» n'ont pas encore atteint le niveau des opérations formelles, tel qu'il est mesuré par les épreuves piagésiennes.

Mon hypothèse est que les lycéens ou étudiants n'ont pas tous assez d'expérience de la révision, le processus de réarrangement d'un texte, pour être capable de résoudre des problèmes du genre illustré au bas de la Figure 8. Je crois que le traitement de texte peut justement fournir ce genre d'expérience à beaucoup plus de gens. Donc, je prédis que la diffusion de l'écriture par ordinateur amènera un meilleur niveau de performance par une proportion plus grande de la population sur le type de problème formel impliquant la manipulation mentale de propositions abstraites.

Rédiger avec un traitement de texte n'est pas suffisant en soi pour conduire à la pensée formelle; l'expérience de la révision est nécessaire. Même au huitième degré,

Problème opératoire concret



Laquelle des baguettes est la plus longue ?

Problème opératoire formel

Edith est plus petite que Lily
Edith est plus grande que Jeanne
Laquelle est la plus grande des trois ?

Figure 8. Un problème de sériation à deux niveaux de développement cognitif

seule une petite minorité des enfants réarrange activement le texte quand on leur a enseigné à employer un traitement de texte (Kane, 1983). La révision semble être plus fréquente chez les élèves plus âgés et lorsqu'ils travaillent en groupes. Une fois que les équipements de traitement de texte seront devenus plus largement disponibles, les maîtres pourront encourager les élèves à faire plus de révision. Mon hypothèse au sujet de l'effet du traitement de texte sur les opérations formelles n'est valable que dans le cas où le traitement de texte est réellement employé pour réarranger le texte lors de la rédaction, ou au cours du processus de révision.

Les exigences cognitives pour le traitement de texte

Comme je l'ai mentionné plus haut, les mécanismes fondamentaux du traitement de texte sont très faciles pour les enfants. Une étude avec des adultes a donné des indications sur les capacités des enfants qui font que le traitement de texte est aisé: on a trouvé que l'aptitude des adultes à apprendre à utiliser un traitement de texte était principalement fonction de leur mémoire spatiale, et en deuxième lieu de leur âge.

Avec l'augmentation des capacités de mémoire spatiale (pour l'arrangement d'objets), on a trouvé une plus grande capacité à apprendre l'usage du traitement de texte. De même, plus la personne était jeune et plus l'apprentissage était facile (Gomez, Bowers & Egan, 1982; Gomez, Egan, Wheeler, Sharma & Gruchacz, 1983).

Ainsi que cela a été indiqué dans les chapitres précédents, les enfants acquièrent des capacités spatiales en regardant la télévision. L'importance de la mémoire spatiale pour le traitement de texte suggère que les habiletés acquises grâce à la télévision peuvent faciliter le travail avec le traitement de texte en particulier, et les ordinateurs en général. Bien qu'il se soit agi d'une étude avec des adultes, le facteur d'âge suggère que les enfants peuvent avoir un avantage sur les adultes pour l'apprentissage de la technologie informatique, que cet avantage dérive de leur plus grande flexibilité, ou de leur expérience avec la télévision.

Dans le traitement de texte, le média de l'écrit est placé dans le contexte d'un nouveau média, l'ordinateur. Comme l'écrit diminue d'importance vis-à-vis des médias électroniques, on dit que les capacités d'écriture ont décliné. Il sera intéressant de voir, à mesure que les ordinateurs deviendront plus largement disponibles, si le traitement de texte, avec toute la liberté qu'il donne à celui qui écrit, renversera cette tendance.

Programmation

C'est la programmation des ordinateurs qui suscite les réflexions les plus optimistes en ce qui concerne le potentiel éducatif de l'ordinateur.

«En France, un rapport officiel sur la politique gouvernementale a appelé la programmation une «discipline-carrefour» comparable en importance à la maîtrise de la langue maternelle et des mathématiques. Il y était proposé que l'informatique devienne une branche obligatoire à l'école secondaire, avec 200 heures d'enseignement durant 4 ans. Beaucoup d'enseignants et de parents américains pourraient soutenir une telle proposition. Les raisons données vont au-delà de la valeur pragmatique des capacités en informatique dans la recherche d'un emploi. De même que les idées autrefois populaires concernant l'apprentissage des langues classiques, la programmation est souvent considérée comme une source de discipline mentale qui a des effets cognitifs importants. Elle nécessite la description précise et ordonnée des actions qui sont requises pour atteindre le but souhaité, parce que les ordinateurs n'ont pas les capacités inférentielles de compréhension qui permettent à l'imprécision de réussir dans la communication humaine de tous les jours» (Chipman, 1982, p. 2).

Selon l'expression-même de Papert, son but est de permettre à l'enfant de programmer l'ordinateur, plutôt que d'être programmé par l'ordinateur. Et il s'avère que certains enfants abordent la programmation avec enthousiasme. Les premiers articles dans la presse populaire ont présenté comme sensationnel le phénomène des enfants programmeurs. Par exemple, le magazine *Money* a publié en 1982 un article sur des adolescents gagnant bien leur vie comme programmeurs et concepteurs de logiciel à temps partiel. Les enfants les plus jeunes mentionnés dans l'article étaient deux garçons de 12 ans qui avaient conçu un programme d'acquisition et de gestion de données et avaient fondé une société pour le commercialiser (Harris, 1982). Cependant, tandis que la plupart des enfants se montrent capables d'apprendre à programmer des commandes simples, des observations menées à l'école «Bank Street», indiquent que seuls 25 % environ des élèves de troisième et sixième année sont hautement intéressés par l'apprentissage de la programmation. Un autre quart des enfants ne manifestent aucun intérêt et apprennent très peu. (Ces résultats se réfèrent à un langage particulier, LOGO. Bien qu'aucune recherche n'existe encore à ce sujet, Sherman Rosenfeld a indiqué que l'aspect non structuré de BASIC peut être plus facile que LOGO pour des jeunes enfants dont le développement cognitif ne leur permet pas encore de traiter certaines structures logiques complexes).

Quand des enfants font de la programmation complexe, les jeux vidéo sont leur sujet favori (Pea & Kurland, 1984). Ainsi, les jeux ont un avantage important, en plus de ceux mentionnés dans le chapitre précédent: ils fournissent la motivation pour apprendre à programmer. Au-delà de la motivation, l'expérience des jeux devrait fournir la connaissance sensori-motrice de ce qu'il faut programmer. Programmer des jeux est un bon début dans la conceptualisation symbolique et la manipulation de systèmes complexes. Du fait que les capacités plus abstraites sont construites sur l'expérience pratique, sensori-motrice, les jeux vidéo peuvent procurer une base solide pour la représentation symbolique de systèmes complexes, dynamiques, et interactifs.

Un programme informatique est essentiellement un ensemble systématique d'instructions pour l'ordinateur. Les instructions doivent être écrites dans un langage spécial que l'ordinateur comprend. LOGO est un de ces langages, conçu spécialement pour introduire les enfants à la programmation. Il a été développé par Papert et ses collègues au MIT. Du fait que l'ordinateur ne peut pas faire d'inférence, les instructions doivent être complètement explicites. Comme l'a dit un enfant de dix ans de l'école «Bank Street» au sujet de l'ordinateur: «Il est bête. Je dois tout lui dire.»

Cette particularité a aussi un important côté positif. Un effet potentiel du besoin d'explicitation de l'ordinateur, est de rendre explicites, et donc conscients, les détails procéduraux qui sont implicitement considérés comme évidents dans la vie quotidienne. Papert en donne un joli exemple à propos de la «géométrie tortue», un système d'apprentissage de la géométrie par la programmation du chemin visible d'une entité, appelée la tortue, à l'aide du langage LOGO. Disons qu'un enfant veut programmer sa tortue (visible sur l'écran de l'ordinateur comme un triangle lumineux) pour faire un cercle. On demande d'abord à l'enfant de «jouer la tortue», de déplacer son corps de la

manière dont la tortue doit se déplacer pour faire un cercle. Cela peut conduire à une description comme «Lorsque tu marches en cercle, tu fais un petit pas en avant et tu tournes un peu. Et tu recommences.» L'étape suivante est d'exprimer cette description dans le langage de programmation (Papert, 1981):

```
POUR CERCLE
REPETE [AVANCE 1 DROITE 1]
FIN
```

Ce programme, ou ensemble d'instructions dit à l'ordinateur de déplacer le triangle d'une unité en avant, de se tourner d'une unité sur le côté, et de répéter cette séquence. L'enfant qui arrive à ce point est devenu conscient d'une manière nouvelle de ce que signifie marcher en cercle. Une telle prise de conscience est nécessaire à l'enfant pour programmer l'ordinateur, bien qu'elle n'ait pas été nécessaire à l'enfant pour se programmer à marcher.

Une étude attentive d'enfants et d'enseignants utilisant LOGO indique que les étapes d'une telle séquence ne se produisent pas spontanément. Un contexte d'enseignement plus structuré que celui que Papert défend est nécessaire (Pea and Kurland, 1984). Comme avec l'écrit, l'exposition au média n'est pas suffisante pour que des capacités particulières se développent; de même que les enfants ont besoin d'enseignement pour apprendre à lire, ils ont besoin d'un enseignement pour l'apprentissage de la programmation.

L'exemple de Papert peut être utilisé pour illustrer un autre point important. Ce programme de génération d'un cercle est basé sur la géométrie différentielle, un type de géométrie qui fait partie du calcul différentiel. Il contraste par exemple avec un programme basé sur la géométrie euclidienne, où un cercle est défini en termes de distance constante de tous les points à partir du centre. La géométrie euclidienne est généralement enseignée sept ans avant le calcul différentiel. L'ordinateur rend possible une inversion de l'ordre d'apprentissage des deux géométries. Papert croit que la programmation peut rendre accessibles à des âges beaucoup plus précoces des capacités cognitives qui ont été considérées comme très avancées. Alors que des idées comme celle-ci sont provocantes et ont provoqué un grand intérêt, il y a jusqu'à présent très peu de preuves scientifiques pertinentes.

Les effets de la programmation

La même recherche avec les classes utilisant LOGO a montré que les élèves font des progrès dans leur connaissance générale de l'ordinateur, à la suite d'une année d'expérience avec LOGO. Ils en savaient plus au sujet des utilisations de l'ordinateur, par exemple, et ils comprenaient qu'un ordinateur a besoin d'instructions très littérales et explicites. Ils pouvaient aussi discuter les forces et les faiblesses relatives de deux ordinateurs différents pour des fonctions différentes de programmation.

Cette sorte de connaissance sera utile, à l'avenir, aux adultes qui auront des contacts fréquents avec les ordinateurs, qu'ils les programment eux-mêmes ou non.

Y a-t-il des données solides indiquant que ce que les enfants apprennent à partir de la programmation, est transféré à d'autres capacités cognitives ? De telles preuves seraient nécessaires pour soutenir les affirmations du rapport français sur la politique gouvernementale. Il y a des données indiquant que la programmation peut aider les enfants à apprendre les mathématiques. Par exemple, apprendre à écrire des programmes qui génèrent et impriment des séries numériques a aidé des élèves de onze ans à résoudre des problèmes impliquant le concept mathématique de variable (Pea and Kurland, 1984).

La programmation en LOGO a aussi été employée pour transmettre des connaissances sur des concepts de physique. Andrea DiSessa et Papert ont enseigné la physique au Laboratoire d'Intelligence Artificielle du MIT en utilisant une version modifiée de la tortue, appelée la «dynatortue». La dynatortue ressemble à la tortue employée en géométrie, mais son mouvement suit les lois de la physique plutôt que celles des mathématiques.

«Dans l'environnement de la dynatortue, les étudiants contrôlent le mouvement de la tortue en lui appliquant des forces de valeur et de direction spécifiées. La tortue se déplace alors sur l'écran selon les lois de physique newtonienne comme s'il s'agissait d'un objet sur une surface sans frottement.

Une des premières surprises qu'ont les étudiants dans cet environnement vient de ce que la tortue ne se déplace pas toujours dans la direction où ils la poussent. Par exemple, si la tortue se déplace vers le haut et que l'étudiant souhaite changer sa direction pour qu'elle se déplace latéralement, il ne peut pas juste lui donner une poussée latérale. Au lieu de cela, il doit lui donner une poussée avec une direction et une amplitude qui neutralisent le mouvement vers le haut et impulse en plus un mouvement latéral» (DiSessa, 1981).

La Figure 9 illustre la différence entre le mouvement de la tortue que peut anticiper un étudiant et le mouvement réel quand on donne une poussée latérale.

La dynatortue peut être employée pour communiquer une compréhension intuitive de la mécanique élémentaire, qui serait très difficile à obtenir dans des environnements d'apprentissage traditionnels. Une raison en est que des surfaces sans frottement ne sont généralement pas disponibles. L'inefficacité relative des méthodes plus traditionnelles d'enseignement de la physique pour transmettre cet ensemble de concepts est démontré par le fait que les étudiants de physique du MIT qui ont joué avec la dynatortue se sont comportés de manière aussi faible que les élèves d'école élémentaire (DiSessa, 1982).

Il n'y a qu'un seul véritable résultat démontrant un transfert de la programmation à une capacité cognitive générale sans aucun rapport direct avec la programmation: après une année de LOGO, des enfants de neuf à onze ans se sont montrés meilleurs pour un problème verbal et une tâche de permutations qu'un groupe contrôle sans expérience de programmation (Pea and Kurland, 1984). La tâche de permutations (dans laquelle on demande à l'enfant de réarranger un ensemble d'éléments d'autant de manières différentes que possible) a une signification spéciale parce que les permutations et les

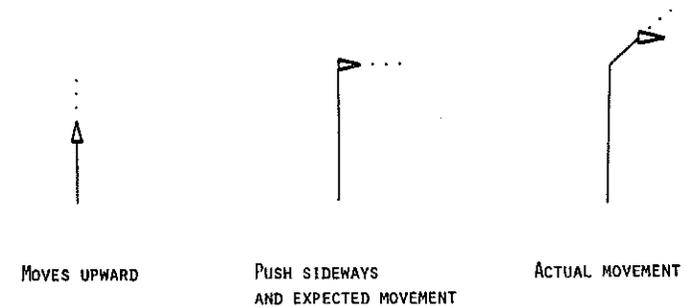


Figure 9. Une erreur dans la conception du mouvement chez un étudiant (Adapté de DiSessa, 1981)

combinaisons font partie de la pensée opératoire formelle. Pour cette raison, ce résultat apporte un soutien à la thèse de Papert selon laquelle, en concrétisant l'abstrait, la programmation développe des capacités opératoires formelles.

La programmation et l'interaction sociale

Le monde des tortues et des dynatortues peut sembler être un monde solitaire et mécaniste, dépourvu de contact humain, dans lequel les élèves sont assis seuls et font face à l'écran. Beaucoup de gens semblent considérer l'ordinateur de cette manière. Pour étudier l'impact de la programmation sur l'interaction et les contacts sociaux, les chercheurs de «Bank Street» ont observé des enfants de huit à onze ans dans des classes où ils apprenaient à programmer en LOGO. Les chercheurs ont observé les enfants, aussi bien quand ils travaillaient avec des ordinateurs, que quand ils étaient engagés dans des activités plus traditionnelles en classe. (Dans les deux types de situation les enfants avaient la possibilité d'interagir, puisque toutes les observations ont été faites dans des périodes de travail, qui n'étaient pas dirigées par le maître). Les enfants ont collaboré davantage les uns avec les autres, tant verbalement que de manière non verbale, quand ils travaillaient avec des ordinateurs que quand ils étaient engagés dans d'autres activités (Hawkins, Sheingold, Gearhart & Berger, 1982). La surprenante sociabilité des activités avec l'ordinateur, au moins dans la classe, est un thème qui est ressorti fréquemment dans mon enquête pour préparer ce livre. Il semble que les craintes habituelles concernant l'influence déshumanisante ou mécanisante de l'ordinateur soient au moins en partie infondées et que l'effet de l'ordinateur dans la classe puisse être généralement plutôt à l'opposé de ces craintes.

Perspectives

Selon les termes de O. K. Tikhomirov, «tout comme le développement des moteurs à essence a fourni un outil pour suppléer à l'activité physique de l'homme, le développement de l'ordinateur fournit un outil pour l'activité mentale de l'homme ... Les outils ne sont pas simplement ajoutés à l'activité humaine; ils la transforment» (Tikhomirov, 1974). L'ordinateur transformera-t-il vraiment l'activité mentale, comme le prétend Tikhomirov? Dans un domaine où les ordinateurs fonctionnent pleinement en tant qu'outils - le traitement de texte - ils semblent transformer la relation de l'enfant (et de l'adulte) à l'écriture. Peut-être qu'après avoir fait le tour de la question, on s'apercevra que la contribution majeure de l'ordinateur à l'enseignement sera de l'ordre de la motivation: les ordinateurs captent l'intérêt d'étudiants qui normalement auraient abandonné l'école. A la «Garfield High School», au milieu du quartier latino de Los Angeles, le taux d'absentéisme pour les classes avec l'ordinateur est inférieur à 5 %, alors qu'il est de 20 % en moyenne pour le reste des cours. Non seulement les élèves viennent en classe, mais ils restent après les heures et reviennent le samedi pour travailler avec l'ordinateur. Un hommage au pouvoir motivant de l'ordinateur a été exprimé par une élève, Margarita Vargas: «Les élèves sont plus intéressés à travailler avec l'ordinateur, en ce moment qu'à passer leur temps dans les rues.» (Montemayor, 1983, p. 1).