

Chapitre 9

Sens et instrumentation éducative. Quelques réflexions

9.1. Introduction : quel sens en éducation ?

La question du sens en matière d'éducation est certes essentielle, mais peu aisée à aborder. D'une manière un peu lapidaire, on peut dire que le sens se transmet, surtout en formation initiale où les jeunes générations sont censées intégrer l'héritage des plus anciens, et que le sens se construit, dans une vision constructiviste de l'apprentissage. L'enseignement met en tension ces deux pôles : la connaissance est écrite (elle « est » dans les programmes prescrits) et il faut faire en sorte que l'élève la réécrive, avec ou sans, pour certains, l'aide des passeurs que sont les enseignants. Mais, quand on se place au niveau des routines scolaires, le « sens » semble parfois manquer, les exercices jugés nécessaires par les enseignants peuvent être perçus comme étant sans signification et il faudrait aider l'élève à « donner du sens », face à une langue et des activités scolaires qui lui sont étrangères, auxquelles il ne peut rattacher ni son expérience quotidienne ni ses attentes de l'avenir.

Nous intéressant avant tout à la manière dont l'instrumentation change les activités humaines dans le champ de l'éducation, nous allons nous borner à proposer quelques éclairages sur les liens entre instrumentation et sens, considérant ce dernier comme un produit de l'interaction. Trois approches entrecroisées vont nous servir de fil conducteur : les idées et théories éducatives, de l'enseignement programmé à l'apprentissage collaboratif ; les machines éducatives, en nous focalisant sur les

dispositifs qui ont fleuri lors de l'apogée de l'enseignement programmé ; les textes éducatifs. En effet, regarder les activités, telles qu'elles sont pensées par des théories ou soutenues par des textes ou des dispositifs techniques, fournit un premier aperçu de la manière dont le sens et les modalités d'interprétation des apprenants sont censés intervenir. On s'aperçoit assez vite que les instruments, les machines et les textes éducatifs eux-mêmes ont une « vie » propre, relativement indépendante des théories dont ils se réclament. Ils donnent forme aux activités des apprenants et orientent fortement la façon dont ces derniers vont finalement apprendre.

Nous allons tout d'abord fournir quelques repères sur les théories s'intéressant à l'instrumentation de l'enseignement et de l'apprentissage (voir aussi [BRU 97]) ; théories que nous allons revisiter succinctement avec un point de vue particulier autour de la notion de sens.

9.2. Histoire des idées sur l'instrumentation de l'enseignement

Si de nombreux instruments ont été utilisés de tout temps dans l'éducation, c'est avec l'enseignement programmé que se pose véritablement la question d'une certaine forme d'automatisation de l'enseignement à l'aide de machines, donnant l'impulsion initiale à un mouvement qui s'est considérablement amplifié avec l'arrivée des ordinateurs puis avec le déploiement d'Internet.

9.2.1. L'enseignement programmé et l'EAO

A la fin des années quarante, la cybernétique introduit les notions de contrôle d'un processus et de rétroaction, attestant l'idée que le « mécanisme » d'instruction peut être au moins partiellement automatisé. Dès le début des années cinquante, Skinner cherche à fonder l'enseignement sur les savoirs scientifiques en introduisant les méthodes rigoureuses de la psychologie du comportement. La notion-clé qui s'impose est celle de programme. Il s'agit de créer une méthode pédagogique qui permette de transmettre des connaissances sans l'intermédiaire direct d'un professeur ou d'un moniteur, tout en respectant les caractéristiques de chaque élève pris individuellement. La situation d'enseignement prise pour modèle est la relation entre précepteur et élève, c'est-à-dire la leçon particulière pensée méthodiquement.

La notion de sens n'est pas vraiment convoquée, tout est question de comportements et de contingences de renforcement étudiées et contrôlées expérimentalement. Plusieurs grands principes sont mis en exergue :

- structuration de la matière à enseigner : fragmenter les difficultés, fournir des unités élémentaires ;
- adaptation : proposer des petites étapes, l'élève progressant à son rythme ;

- stimulation : faire participer activement l'élève, sollicité par des questions demandant une réponse effective, construite ou choisie ;
- contrôle et connaissance immédiate de la réponse (renforcement).

Selon Skinner, qui considère qu'enseigner c'est organiser des contingences de renforcement, l'apprentissage, pour être effectif, doit s'effectuer sans erreur : l'apprenant, s'il suit convenablement le cours, doit répondre correctement aux questions qui lui sont posées. Pour Crowder, en revanche, il faut prendre en compte la réponse de l'apprenant pour contrôler le déroulement du cours. L'erreur est ainsi utilisée pour contrôler le cheminement de l'élève. Cela conduit à distinguer deux principaux types de programmes d'enseignement : (1) les programmes linéaires, soit du type Skinner, uniséquentiel à réponse construite (la réponse n'est pas donnée, l'élève est censé la construire) soit du type Pressey (linéaire à choix multiples) ; (2) les programmes à branchements du type Crowder. Dans les deux cas, différents supports peuvent être utilisés comme les livres (manuel programmé ou livre brouillé), les fiches et les machines dont nous verrons divers exemples dans la section suivante.

Dès la fin des années 1960, les modèles utilisés ne paraissent plus satisfaisants. La contrainte très forte de se limiter à ce qui est observable et mesurable engage alors les chercheurs dans des voies nécessitant des modèles très complexes, pour assurer à la fois rigueur et optimisation. Les limitations sont autant théoriques que techniques – les « supports » étant encore insuffisants – et apparaissent dans les tâches les plus classiques de l'enseignement programmé : l'analyse de la structure du contenu à enseigner, les théories de l'apprentissage et la gestion de l'individualisation.

Aller plus loin implique d'une part de mieux étudier l'activité de l'élève, de se donner les moyens de l'observer et de la comprendre pour être à même de la guider, et d'autre part d'élaborer et d'expérimenter d'autres théories de l'apprentissage.

9.2.2. Les tuteurs intelligents

Si les travaux autour de l'EAO (enseignement assisté par ordinateur) vont poursuivre, dans une visée très applicative, les productions issues de l'enseignement programmé (notamment dans les problèmes linguistiques de l'analyse des réponses aux questions ouvertes), les recherches sur les tuteurs intelligents s'inscrivent également dans le prolongement des travaux sur l'enseignement programmé tout en consacrant une certaine rupture. L'intelligence artificielle vient au secours de l'enseignant programmé pour aller au delà des barrières dues à la rigidité des programmes (questions et réponses pré enregistrées), à une représentation de l'élève trop rudimentaire et à une représentation de la matière, beaucoup trop atomisée pour donner lieu à des stratégies réellement adaptatives. Mais, il y a aussi rupture avec la

psychologie béhavioriste puisqu'il ne s'agit plus seulement de comportement mais de représentation et de traitement de connaissances.

On considère qu'une machine doit « connaître » ce qu'elle est censée enseigner pour des raisons autant pragmatiques (pour s'adapter aux situations) que théoriques (pour jouer pleinement le rôle d'enseignant). Réaliser des tuteurs artificiels véritablement adaptatifs nécessite d'implanter des connaissances en machine relatives aux trois composantes qui interagissent dans la formation – le sujet, l'élève et le professeur – répondant aux questions : enseigner quoi, pour qui et comment. Un projet à long terme devient alors un modèle de conception.

Dans un premier temps, l'intelligence artificielle fournit des techniques permettant d'améliorer les systèmes d'EAO, notamment pour assurer une meilleure adaptation à l'apprenant. L'apport de capacités de raisonnement aux machines permet d'expérimenter de nouvelles stratégies d'enseignement, de modéliser les connaissances des élèves et de construire des résolveurs susceptibles de suivre le travail d'un élève et d'expliquer son raisonnement.

D'abord utilisée par les programmes dits adaptatifs (un branchement s'effectuant non seulement en fonction de la dernière réponse pas selon l'ensemble des réponses données) puis les programmes génératifs (c'est-à-dire générant automatiquement des exercices et leur solution, essentiellement dans le domaine arithmétique), la simple capacité à résoudre les problèmes posés à l'apprenant se révèle peu à peu insuffisante. Non seulement, la machine doit pouvoir résoudre, mais de plus cette résolution doit être présentée à l'apprenant, ce qui pose notamment des problèmes d'adéquation entre le raisonnement effectué par la machine et celui compréhensible par un expert ou un apprenant considéré comme un novice. On s'aperçoit alors que les connaissances qu'il faut fournir à la machine ne sont pas forcément celles utilisées par les experts. L'exemple de GUIDON [CLA 83], système d'enseignement conçu à partir du système expert MYCIN, consacré au diagnostic des maladies infectieuses, a ainsi montré que les débutants ont besoin de modèles (de type causal) expliquant les diverses règles d'expertise acquises par expérience [BAR 84] et n'arrivent pas à intégrer des listes de règles dont ils n'appréhendent pas le sens. On est loin de simples contingences de renforcement pour des apprentissages complexes.

De la même manière, construire dynamiquement des modèles de l'apprenant en s'appuyant sur son comportement observable se révèle beaucoup plus complexe qu'imaginé initialement. Concevoir un programme témoignant d'une triple expertise, celle du domaine à enseigner, celle de l'enseignement et celle de l'évaluation des compétences et connaissances, correctes et erronées, des élèves, apparaît comme un objectif lointain, très difficile à atteindre.

9.2.3. *Les micromondes et la découverte guidée*

Dès la fin des années 1960, parallèlement aux travaux autour des tuteurs intelligents, un courant s'écarte de l'idée consistant à faire de l'ordinateur un super-enseignant, en essayant de le promouvoir comme moyen d'expression et d'expérimentation pour les élèves. Il ne s'agit plus que l'ordinateur programme l'apprenant mais de donner à ce dernier la possibilité de programmer la machine. En effet, le fait de programmer peut conduire les apprenants à une réflexion plus explicite et mieux articulée sur leurs propres processus cognitifs et en cela affecter favorablement leur développement cognitif.

Poursuivant l'idée de donner aux apprenants des moyens d'exercer leur créativité et de construire, à l'aide de langages appropriés, en traduisant leurs intuitions sous la forme d'un programme testable et modifiable, les chercheurs inventent la notion de micromonde. Il s'agit d'environnements permettant d'établir un lien sémantique fort entre le formel (ou l'abstrait) et le réel (simulé ou de référence) en garantissant la conservation du sens grâce aux connaissances de l'apprenant sur le fonctionnement des objets réels.

Cette caractéristique permet à l'apprenant de progresser en contrôlant et en corrigeant ses erreurs. En effet, il est amené à confronter ses idées intuitives avec des représentations informatisées. Si ces idées sont fausses, les objets du micromonde ne vont pas avoir le comportement attendu. L'effet de rétroaction est théoriquement immédiat de par la familiarité de l'apprenant avec les objets réels similaires à ceux manipulés dans le micromonde. En outre, comme l'ont mis en évidence de nombreux travaux en intelligence artificielle, trouver une bonne représentation d'un problème est souvent un grand pas vers sa solution. En tant qu'outil d'expression, un micromonde fournit les outils pour se construire ses propres représentations pour traiter un problème.

Toutefois, aussi séduisante qu'elle soit, l'idée de micromonde s'est avérée difficile à mettre en œuvre dans les structures éducatives. Il faut assurer un certain soutien aux apprenants (d'où l'importance capitale des enseignants pour proposer activités et assistances adaptées) et, pour les chercheurs, le problème central reste d'arriver à combiner la résolution de problèmes et la motivation de l'apprentissage par la découverte avec un guidage effectif [SLE 82]. On passe ainsi de la découverte à la découverte guidée.

Les travaux sur les micromondes ont certainement contribué à la simplification des interfaces personne-machine, préfigurant la notion de métaphore qui va abondamment être utilisée. Ils ont aussi mis en évidence le rôle essentiel de l'interface qui détermine l'environnement constituant en grande partie le « lieu » de l'activité de l'apprenant. Cet environnement intègre peu à peu des outils « intelligents » et des représentations exécutables, sur lesquelles on peut opérer par

manipulation directe. Intervenant aussi bien dans des tuteurs que des micromondes, il fournit une base commune pouvant constituer une ébauche de synthèse entre ces deux conceptions. Peu à peu, une vision d'une panoplie d'outils et d'instruments destinée à faciliter l'enseignement et l'apprentissage, dans une approche à la fois éclectique et pragmatique, se développe.

9.2.4. Hypertextes, outils logiciels et réseaux

Dans ce contexte, l'émergence des hypertextes dans le champ éducatif consacre le fait de rendre le contrôle des environnements à l'apprenant, le déclin des modélisations de l'élève et le retour aux travaux relatifs l'organisation des corpus de connaissances. En accord avec les idées développées par Ted Nelson [NEL 70], le recours à l'hypertexte permet de rétablir les domaines de connaissance dans leur complexité intrinsèque, sans les découper d'une manière destructive, en proposant de parcourir de multiples façons des réseaux de relations.

Pour l'enseignement programmé, la structuration du contenu à enseigner devait être faite *a priori*. L'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle a permis d'effectuer cette organisation, au moins en partie, dynamiquement. Sans apporter de solutions définitives à ce problème encore largement non résolu, les hypertextes introduisent de nouvelles approches en rendant à l'apprenant une part du contrôle du parcours des ressources voire en lui confiant cette tâche de structuration. Cette dernière peut s'effectuer de manière inductive et constructive à partir d'une base d'information initialement faiblement organisée.

Mais cette charge n'est pas forcément facile à assumer pour les apprenants. D'une part, il faut leur confier des tâches structurantes afin de maintenir une certaine motivation et pour éviter des errances sans grande intentionnalité favorisant les risques de désorientation. D'autre part, il faut qu'ils aient les capacités à comprendre les éléments d'un domaine qui leur est souvent étranger. Le matériel brut, suffisant pour les experts, est le plus souvent inadéquat pour les néophytes. C'est au lecteur qu'incombe la responsabilité de donner du sens à son parcours ou de le maintenir au cours de ses pérégrinations dans l'enchevêtrement des liens de l'hypertexte. L'acte d'interprétation est essentiel. Il y a un risque certain que l'utilisateur se contente de rester à la surface et n'intègre rien de ce qu'il parcourt.

Peu à peu, l'hypertexte va s'utiliser de manière plus « légère », dans la conception générale des interfaces qui s'opèrent sur la base de boutons et de liens, et dans des formes d'exposition limitant les invitations à l'exploration. Mais au-delà de l'hypertexte, la convergence récente vers le tout numérique renouvelle les questions de recherche. Les nouvelles possibilités de communication, entre les humains ou entre les humains et les machines, prolongent les environnements d'apprentissage, ajoutant une dimension sensorielle à une perspective auparavant essentiellement

cognitive. La prise en compte de modalités sensorielles multiples, grâce aux interfaces multimodales (voir chapitre 7) l'apport des techniques de réalité virtuelle, qui prolongent les techniques de simulation, et des techniques de réalité augmentée, adjoignant aux objets réels des fonctionnalités issues de dispositifs informatiques, peuvent modifier assez profondément les environnements d'apprentissage.

9.2.5. Vers l'apprentissage collaboratif

De l'apprentissage individualisé, l'intérêt s'est déplacé vers l'apprentissage coopératif ou collaboratif et à des systèmes cherchant à établir un dialogue avec l'apprenant se sont substitués des environnements favorisant l'action et la production de l'élève, ce dernier gardant une grande marge de contrôle.

La question du sens, dans le travail collectif, d'autant plus s'il est distant, se pose de manière renouvelée. En effet, l'un des problèmes majeurs est de s'assurer que les personnes collaborant se construisent une base commune de compréhension et maintiennent, tout au long d'une activité, un sens partagé. Les instruments nécessaires sont d'une part des outils de communication, pour faciliter les échanges essentiellement verbaux, et d'autre part des instruments de représentation permettant d'élaborer des productions concrétisant les « significations » communes et facilitant leur évolution.

9.2.6. Les pérégrinations du sens

L'introduction des méthodes scientifiques prônées par l'enseignement programmé a mis de côté la question du sens : l'apprenant n'avait pas à manifester de capacités d'interprétation propres, en dehors de ce qui était prévu par les programmes et soigneusement contrôlé dans les étapes proposées. En voulant prendre en compte les caractéristiques individuelles des apprenants, en leur rendant peu à peu le contrôle jusqu'à leur confier la tâche de gérer leur propre parcours d'apprentissage, en faisant de l'apprentissage un effet induit par la résolution d'un problème ou la construction d'un artefact, la question de l'engagement et du sens a pris une importance primordiale.

L'instrumentation s'est trouvée investie d'une partie du sens, le qualificatif « cognitif » associé à certains outils (voir par exemple [LAJ 93, MAY 93]) attestant de leur rôle dans les processus complexes liés à l'apprentissage. Toutefois, une vision naïve et utilitaire des instruments apparaît encore dominante dans l'éducation. L'ordinateur, intégrant de nombreux instruments, allant de « simples » outils de traitement de textes à des environnements hautement interactifs, donnant accès *via* Internet à d'abondantes ressources, offrant de multiples possibilités d'action et d'exploration, n'est perçu que comme un outil sophistiqué. On ne prend pas encore

véritablement en compte la manière dont cet instrument, que l'on peut qualifier d'artefact sémiotique [NIC 02], influe voire détermine les processus d'interprétation [BRU 97].

Dans ce paradigme essentiellement utilitaire, il semble, à tort, que les instruments n'interviennent pas dans l'élaboration même du sens. Avant de reprendre ce point, il n'est pas inutile de revenir sur les liens entre les théories éducatives et les machines ou dispositifs qui s'en inspirent et sont censés les mettre en œuvre ou les soutenir. Un retour aux temps de l'enseignement programmé va nous permettre d'illustrer les relations complexes entre les idées pédagogiques et les machines qui s'y réfèrent.

9.3. Les machines

Les machines à enseigner, qui ont connu leur heure de gloire dans les années 1960, apparaissent souvent maintenant comme l'incarnation d'une forme de pédagogie « dépassée ». Un tour d'horizon de quelques dispositifs conçus dans les années soixante peut donner une vision plus contrastée.

Les machines à enseigner dont Skinner prône le développement ne sont en rien des substituts aux enseignants. Selon lui, « l'étude expérimentale de l'apprentissage a montré que les contingences de renforcement les plus efficaces ne peuvent être arrangées directement par l'expérimentateur... Un contrôle efficace des apprentissages exigera le recours à des dispositifs. En tant que simple mécanisme de renforcement, le maître est dépassé. » ([SKI 68], p. 31). Ainsi, les machines doivent avoir des caractéristiques très précises pour répondre aux principes qu'il a énoncés : présentation de la matière sous forme soigneusement organisée, production de la réponse, renforcement immédiat, enregistrement des réponses successives...



Figure 9.1. Machine pour l'enseignement de l'orthographe et de l'arithmétique, avec des glissières, des lettres et des chiffres pour la composition des réponses

Différents types de machines, souvent mécaniques et à faible coût, mettent en œuvre ces principes. Le matériel à présenter, découpé en fragments ou « cadres » peut être imprimé sur des disques, des cartes ou des rubans. Un seul cadre est présenté à la fois, les cadres voisins étant soustraits au regard du sujet. L'élève produit une réponse, elle est comparée avec une réponse prévue par la machine ou par l'élève lui-même, la réponse de l'élève est conservée sur une bande à part. Le cadre suivant apparaît.

La figure 9.1 présente une machine à enseigner respectant la programmation linéaire. Les réponses sont construites en déplaçant des glissières marquées de chiffres et de lettres. La machine compare la production avec une réponse codée :

*« La matière apparaît dans la fenêtre rectangulaire ; elle comporte des lacunes d'une ou de plusieurs lettres ou chiffres. Lorsque les glissières ont été déplacées pour compléter le matériel présenté, l'élève tourne une manivelle, comme l'indique le geste de l'enfant photographié sur cette figure. Si la réponse est correcte, un nouveau fragment de matière prend la place du précédent et les glissières reviennent à leur position de départ. Si la réponse est incorrecte, les glissières reviennent à leur position de départ, mais le « cadre » reste exposé et une nouvelle réponse doit être proposée » (Skinner, *ibid.*).*

Notons que l'interface est simple d'emploi et adaptée aux formes de réponses souhaitées, ce qui permet d'éviter les erreurs « syntaxiques » sur les réponses attendues, problème qui va se poser avec les machines électroniques.

Au cours des années, différents modèles de machines vont être construits, s'écartant plus ou moins du modèle prôné par Skinner. A titre d'illustration, certaines d'entre elles, issues de publicités parues à la fin des années 1960 dans le journal anglais *Programmed Learning*, sont rapidement présentées ci-dessous.

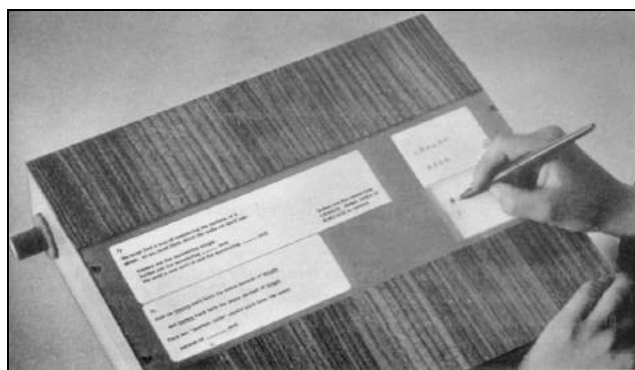


Figure 9.2. *The Bingley Tutor (Programmed Learning, vol. 3, n° 2, 1966, p. viii)*

La première, le Bingley Tutor est une machine à enseigner dans la droite ligne de Skinner. Sur la droite, l'élève doit inscrire ses propres réponses. Le programme se déroule sur la gauche. On garde trace des réponses successives.

Un dispositif plus simple (figure 9.3) est aussi proposé : un cache que l'on descend petit à petit permet de suivre un programme linéaire. Cela répond très imparfaitement aux critères exposés par Skinner (les cadres n'apparaissent pas un à un, pas de possibilité d'écrire et de mémoriser les réponses), il s'agit de l'aménagement particulier d'un livre ou d'un cahier que l'on peut transporter facilement. C'est le livre qui devient machine.

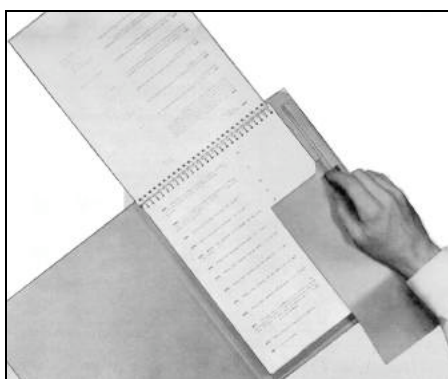


Figure 9.3. *Learn-Ease (Programmed Learning, vol. 5, n° 3, 1968, page iv)*

Peu à peu, les modèles issus de Crowder vont prendre une place prépondérante. D'une part, ils correspondent aux fonctions assurées par un précepteur humain : présenter des informations, exiger de l'élève qu'il utilise cette information en répondant à des questions, évaluer la réponse fournie par l'élève et prendre des décisions sur la base de ces réponses. D'autre part, cette manière d'envisager un programme se rapproche beaucoup plus des modèles de l'informatique et le recours à cette machine universelle qu'est l'ordinateur va s'avérer rapidement nécessaire, vu la complexité de conception des cours.

Notons une différence intéressante entre Skinner et Crowder. Si le premier a étendu à l'apprentissage humain ses expériences avec des pigeons, les idées du second se développent à partir de méthodes de recherche de pannes. Durant la deuxième guerre mondiale, Crowder avait la responsabilité de former des techniciens aptes à dépanner les radars destinés à la détection des avions ennemis. « Il fallait que ces hommes, devant un comportement defectueux de l'appareillage, déterminent rapidement les causes probables de la panne puis, par vérifications successives, localisent exactement l'organe détérioré ou déréglé. Norman Crowder eut alors l'idée de rédiger ses cours de telle sorte que les élèves prennent l'habitude

de se poser exactement les questions qu'ils devaient se poser et enchaînent dans un ordre logique les vérifications successives qui, par discrimination, devaient les conduire à un résultat positif. » ([PLA 67], page 141). Les modèles « universels » élaborés par Skinner et Crowder gardent la trace des contextes à partir desquels ils ont été forgés, leurs théories sont issues de pratiques finalisées.

Des machines simples ont été élaborées pour mettre en œuvre le type de programme inspiré par Crowder. On trouve par exemple (figure 9.4), un dispositif autocorrectif qui totalise les bonnes réponses et est qualifié de *cheat proof* (ne permettant pas de tricher). Chaque carte contient quatre réponses possibles à une question. Un dispositif de comptage enregistre chaque réponse sélectionnée et la carte passe du mode vue au mode réponse uniquement lorsque l'élève donne la réponse correcte. La nouvelle carte question apparaît alors automatiquement. Des cartes vierges sont également fournies à l'enseignant pour qu'il prépare ses propres questions.



Figure 9.4. *The Maked Tutor, a new multi-choice teaching machine*
(*Programmed Learning*, vol. 3, n° 2, july 1966, page ix)

Comme pour la programmation linéaire skinnérienne, des machines plus proches du livre sont proposées. La figure 9.5 correspond à un dispositif incluant un stylo permettant de sélectionner les réponses.

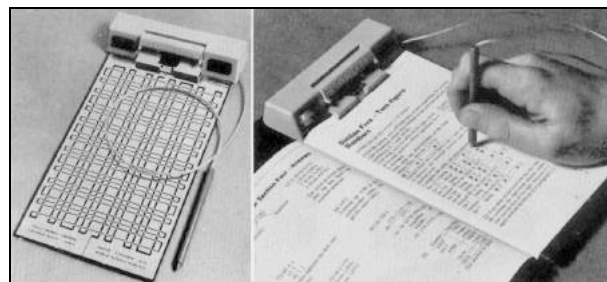


Figure 9.5. *The STILLITRON teaching aid*
(*Programmed Learning*, vol. 3, n° 2, 1966, page xi)

Ces différents exemples montrent une lignée de « machines » qui prennent en compte certains aspects des théories de référence, mais avec des compromis conservant la notion centrale de programme, les autres principes n'étant pas toujours conservés.

La figure 9.6 illustre le souci de mesurer la valeur d'un cours en fonction de l'élève. Les temps de réponse et les erreurs sont enregistrés par l'opératrice sur un appareil couplé à la machine à enseigner. Le programme sera modifié en fonction des résultats obtenus par l'élève après plusieurs dizaines de tests analogues (Planque, *op.cit.*).

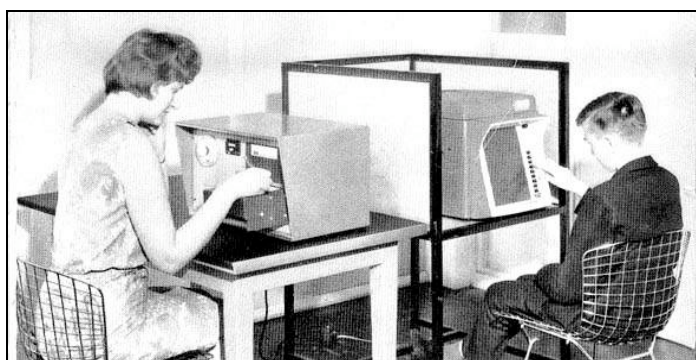


Figure 9.6. Validation d'un programme suivi par un élève sur l'Auto-tutor (US-industries)

Notons que l'AutoTutor de Crowder utilise des microfilms de 35 mm, d'autres dispositifs permettent de comparer des cartes et des photographies, d'agrandir l'image, d'effectuer des mesures, etc. Mais si certains dispositifs multi-médias (et pas multimédias, puisque les différents médias nécessitent chacun un dispositif matériel spécifique) ont été utilisés, les chercheurs vont buter sur la nécessité d'une certaine linéarité due à l'absence de flexibilité des médias employés. La volonté d'améliorer le contrôle sur les ressources d'enseignement et le découpage en petites étapes (ainsi que le coût nécessaire à l'intégration de plusieurs médias) rendent le recours à la combinaison de plusieurs médias très rare, à l'exception des formations professionnelles.

On peut remarquer que de tels dispositifs ne subsistent plus, ou alors dans des formes associées au ludo-éducatif. Les livres brouillés, exemple de mise en œuvre des programmes de Crowder, ont disparu de la sphère éducative pour ré-apparaître comme « livres dont vous êtes le héros ». De même, Skinner (*op.cit.*) donne l'exemple d'une machine destinée à enseigner ce qu'il appelle la « pensée musicale ». « La machine joue des notes simples, des accords, des mélodies, etc. On peut éclairer les touches pour indiquer à l'élève dans quel ensemble il doit choisir

celles qui lui permettront de reproduire le modèle fourni par la machine. Dans cet ensemble, seules les touches correctes produisent un son, les autres restant silencieuses. Pour les jeunes sujets, les réponses correctes peuvent, en outre, être renforcées par des récompenses diverses – bonbons, menue monnaie, etc. – à l'aide du distributeur automatique placé sur la machine. » Certains orgues électroniques actuels, hormis la distribution de friandises, offrent des fonctionnalités similaires.

Si les images de la modernité, dans les années 1960, apparaissent maintenant quelque peu surannées, elles illustrent une forme d'instrumentation conçue pour le contrôle de comportements, censé favoriser l'apprentissage. Mais les machines proposées ne répondent que très imparfaitement aux principes qu'elles sont supposées mettre en œuvre. Elles apparaissent comme des hybridations avec d'autres technologies, parfois comme des livres ou des cahiers arrangés de manière particulière. Légitimés par des discours scientifiques, des modèles forgés en réponse à des problèmes spécifiques (faire acquérir un comportement à un animal, établir une méthode de diagnostic...), ces dispositifs incarnent des idées qui sont dans l'air. Ils sont supposés faciliter l'apprentissage, sans qu'aucune contrainte sur leur mode de fonctionnement ne soit vraiment retenu, la preuve de leur efficacité, concept éminemment cybernétique, se transforme en un appel au bon sens et à l'imaginaire. Ce sont plus les modes de réception de l'innovation qui vont faire le succès ou l'échec de ces machines.



Figure 9.7. *Un exemple de boîte enseignante conçue par Célestin Freinet*

Une même machine peut d'ailleurs devenir le support d'une pédagogie complètement différente. Ainsi Freinet [FRE 64] a conçu des boîtes enseignantes, dans une perspective très opposée à la psychologie béhavioriste. Le fonctionnement est très simple : le papier est enroulé autour de deux cylindres et les deux boutons sur la droite permettent de le faire avancer ou reculer. Les situations d'usage installées, inspirées par les idées de tâtonnement expérimental, sont très éloignées de celles proposées par les tenants de la psychologie béhavioriste. Si les pages

apparaissant l'une après l'autre pour séquencer l'activité de l'élève, nul comportement n'est censé être renforcé, mais ce sont les consignes à donner aux apprenants et les réflexions qu'ils sont supposées suivre, qui apparaissent peu à peu. Freinet détournait encore plus le dispositif en demandant aux élèves de concevoir leurs propres bandes enseignantes pour d'autres apprenants.

La vague actuelle du *e-learning*, surtout dans sa déclinaison « enseignement à distance », redonne une seconde jeunesse à certains modèles issus de l'enseignement programmé. En effet, si la technologie offre des capacités de diffusion extraordinaires, ce qui se fait le plus couramment se limite à afficher du texte et des images et à insérer des questionnaires à choix multiples. C'est une nouvelle fois les potentialités techniques qui déterminent en grande partie les dispositifs conçus et utilisés. En outre, des machines portables (tenant dans la main), disposant d'un écran relativement petit, se généralisent. Elles peuvent facilement constituer le support de cours « programmés ». Vogue de quizz aidant, il apparaît vraisemblable de parier sur la résurgence de dispositifs somme toute assez proches de ceux qui fleurissaient aux beaux jours de l'enseignement programmé, dans une version électronique modernisée. Le caractère personnel de ces dispositifs (que ce soient des téléphones portables ou des assistants personnels) invite à l'intégration de nouveaux modules. Notons qu'avec la séparation de la structure du texte et de son affichage, se mettent en place des chaînes de traitement permettant d'afficher le même contenu sur des supports différents (voir par exemple Gendoc, David [DAV 03]), facilitant la production sur tout type de dispositif d'affichage.



Figure 9.8. Tunisie. Alphabétisation des adultes au moyen de machines à enseigner (*Discoverer*) utilisant des programmes linéaires du type Skinner (1967)

On peut noter un thème récurrent, celui de l'usage de ces technologies pour les pays en voie de développement, en fait de la technologie au secours des systèmes éducatifs en difficulté. Alors que l'on parle de plus en plus de fracture numérique (*digital divide*), les machines qui participent de l'industrialisation ont peut-être le pouvoir de combler le fossé qu'elles contribuent à créer (Planque, *op.cit.*) ! Face à la pénurie d'enseignants qualifiés, le recours à des machines permettant de pallier ce manque apparaît souvent comme un compromis raisonnable. Malheureusement, les résultats sont loin de répondre aux espérances initiales et les dispositifs diffusés sont souvent ceux qui sont passés de mode dans les pays très industrialisés.

On peut ne voir, dans les machines précédentes, que des dispositifs forçant à lire par petits morceaux, renforçant un contrôle sur un processus finalement toujours très mal connu. Mais si on passe aux textes « éducatifs », c'est-à-dire conçus pour être lus dans une visée d'enseignement ou d'apprentissage, qu'en est-il ?

9.4. Les livres et les textes pédagogiques

Les quelques machines qui viennent d'être présentées montrent la proximité de certaines d'entre elles avec le livre. Ce sont des extensions du livre, conçues afin de mieux contrôler l'acquisition de son contenu par des apprenants. Il faut pouvoir établir une forme d'interaction entre l'ouvrage et son lecteur ; le problème est de gérer le cheminement de ce dernier à travers les contenus imprimés alors qu'un livre donne directement accès à l'ensemble de son contenu. C'est ce que font les « machines à enseigner » : faire agir le lecteur afin qu'il oriente lui-même son parcours de lecture en comparant ses propres réponses à des questions avec celles proposées par l'auteur (et empêcher la « tricherie »). Un simple livre brouillé se transforme en précepteur et les auteurs n'hésitent pas à doter le livre (par procuration) de qualités « humaines » qu'il est bien évidemment incapable de posséder.

La présentation de l'enseignement de ce livre se rapproche dans la plus grande mesure possible, d'une conversation entre un précepteur et son élève. Cet ouvrage dispense ses connaissances par petites doses et il vérifie la compréhension du lecteur au moyen de questions à choix multiples ; questions auxquelles le lecteur doit répondre afin de pouvoir aller plus loin. Une mauvaise réponse conduit à un examen plus approfondi du point litigieux ; une bonne réponse conduit à l'unité d'information suivante et à la question afférente...
«... Le livre que nous vous présentons ici est destiné à jouer le rôle du précepteur. Tout comme un précepteur en chair et en os, il vous montrera la voie, vous apportera les connaissances nécessaires et, constamment vous posera des questions pour juger si vous avez bien compris... Ce livre enregistrera vos réponses, vous apportera quelques explications supplémentaires lorsque vous en aurez besoin et, dès qu'il se rendra compte que vous avez bien assimilé ce qu'il vous a enseigné, vous fera franchir un nouveau pas ».

Figure 9.9. Préface d'un livre de Crowder

La figure 9.9 fournit un extrait de l'introduction d'une collection de livres brouillés. Le deuxième paragraphe est caractéristique : le programme sous-jacent à la conception de ce livre particulier lui confère des pouvoirs étranges !

Si diverses formes d'interaction se sont multipliées, l'éducation demeure essentiellement basée sur les textes, accompagnés ou non d'illustrations. Comprendre quel sens ont les « textes pédagogiques », qu'ils apparaissent ou non dans des dispositifs « modernes », est instructif. Ainsi, l'histoire des manuels scolaires [CHO 92] et les recherches autour des manuels scolaires [JOH 93] offrent des réflexions intéressantes. L'évolution des manuels de mathématiques élémentaires est, à cet égard, remarquable.

DES AIRES

233. - *Mesurer une surface*, c'est chercher le rapport de cette surface à l'unité de surface, c'est-à-dire au mètre carré, ou, plus généralement, au carré construit sur la droite prise pour unité de longueur. On peut, en effet, suivant les cas, prendre pour unité de surface le décimètre carré, le centimètre carré, l'hectomètre carré, etc.

La mesure d'une surface se nomme une *aire*.

THÉORÈME.

234. - *L'aire d'un rectangle est égale au produit de sa base par sa hauteur.*
 $S = B \square H$

1° Soit le rectangle **ABCD** (fig. 159). Je suppose que la base contienne 5 mètres et la hauteur 3 mètres. Je partage **AB** en 5 parties égales, et **AD** en 3 parties égales ; puis, par les points de division, je mène des perpendiculaires à la base et à la hauteur. Ces perpendiculaires déterminent par leurs intersections des carrés de 1 mètre de côté. Ce sont des mètres carrés.

Or, il est évident que le rectangle est partagé en 3 bandes horizontales, qui contiennent chacune 5 mètres carrés. Donc il contient lui-même $5^{mq} \square 3 = 15^{mq}$.

REMARQUE. - Il faut bien se garder de prendre à la lettre cette tournure de phrase : 5 mètres multipliés par 3 mètres égalent 15 mètres carrés. On ne multiplie pas des mètres par des mètres. Dans toute multiplication, le multiplicateur est abstrait. En réalité, on a multiplié 5 mètres carrés par 3, et il est naturel qu'on ait pour résultat des mètres carrés.

Lorsqu'on dit que l'aire du rectangle est égale au produit de sa base par sa hauteur, on entend que le rectangle contient autant d'unités de surface qu'il y a d'unités dans le produit abstrait des deux nombres qui servent de mesure à la base et à la hauteur. On devrait écrire, à la rigueur, dans notre exemple :

$$S = 1^{mq} \square 5 \square 3 = 1^{mq} \square 15 = 15^{mq}.$$

2° Soit un rectangle dont la base aurait 5^m , 65 et la hauteur 3^m , 8. On réduit ces deux nombres en centimètres. On suppose la base divisée en 565 parties égales, et la hauteur en 380 parties égales. Le rectangle contiendra ainsi $565 \square 380$ ou 214700 centimètres carrés, ou 21^{mq} , 4700. Ce nombre est le produit de 5, 65 par 3, 80, auquel on fait exprimer des mètres carrés.

Donc, dans tous les cas, l'aire d'un rectangle est égale au produit de sa base par sa hauteur.

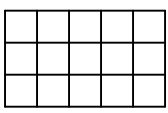


Fig. 159.

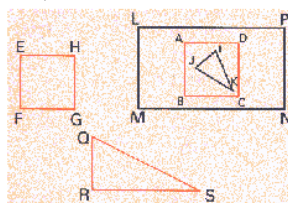
Figure 9.10. Manuel de mathématiques de Leyssenne (1896, La deuxième année d'arithmétique, Armand Colin)

50 AIRES

Tu pourras comparer cette leçon à la leçon 6.

I. SUPERFICIE D'UNE SURFACE

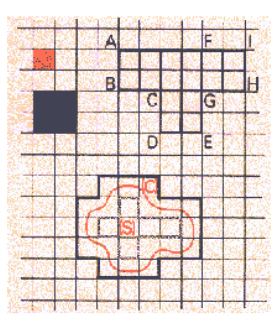
- Nous nous sommes intéressés jusqu'ici à la forme des surfaces. Nous allons étudier maintenant leur **superficie**. Pour deux terrains de même qualité, ensemencés de la même façon, la quantité de blé produite dépend de leur superficie ou **étendue**.



Le carré EFGH est aussi étendu que le carré ABCD (un calque de ABCD se superpose à EFGH).
Le triangle IJK est **moins étendu** que le carré ABCD. Le rectangle LMNP est **plus étendu** que le carré ABCD. Il est difficile de comparer le carré ABCD et le triangle ORS. En fait, ces deux surfaces sont aussi étendues. En général, il n'y a pas de moyen physique commode pour vérifier que 2 surfaces ont la même superficie (contrairement à la leçon 6 où le compas permettait de comparer les segments).

On admettra que les surfaces peuvent être classées. Chaque classe est une superficie.
Deux surfaces aussi étendues sont éléments de la même superficie.
Deux surfaces éléments de la même superficie sont aussi étendues.

II MESURE DES SUPERFICIES



- Essayons de faire correspondre un nombre à chaque superficie dans le cas particulier où le plan est quadrillé : les cases sont des carrés isométriques. On appelle U la superficie dont le carré rouge est élément et on lui fait correspondre le nombre 1. Le polygone ABCDEF est la réunion de 12 carrés qui n'ont en commun que des points de leurs frontières ou qui n'ont aucun point commun. On dit que, l'unité de superficie étant U, 12 est l'**aire** du polygone ABCDEF. Peux-tu imaginer un découpage du quadrilatère ABHI qui permette de le comparer au polygone ABCDEF ? Ces deux polygones sont-ils aussi étendus ? Quelle est l'aire du polygone ABHI ? L'unité de superficie étant U, la superficie dont ABCDEF et ABHI sont éléments a pour mesure 12.

Une unité de superficie est choisie.
Le nombre correspondant à chaque surface est l'aire de cette surface.
Deux surfaces éléments de la même superficie ont la même aire.
Deux surfaces ayant la même aire sont éléments de la même superficie.
La mesure d'une superficie est l'aire de toutes les surfaces de cette superficie.

Figure 9.11. *Mathématique contemporaine, 1977/78, p. 224, chapitre Aires*

Les manuels qui constituaient en quelque sorte le « texte du savoir » se sont peu à peu transformés. D'un modèle dit juridique (numérotation en continu), intégrant parfois des aspects qualifiés de catéchétiques (des exercices oraux précisant questions du maître et réponse des élèves), on aboutit à des catalogues organisés de situations à mettre en place avec les élèves et d'exercices progressifs. La part du cours proprement dit se rétrécit peu à peu jusqu'à se réduire à la sacro-sainte double-page actuelle. La matérialité du livre et les règles qu'on ajoute impose des

contraintes des plus en plus fortes. Une mode d'emploi est maintenant systématiquement présent, le livre étant doté d'un « fonctionnement » qui doit être expliqué à son lecteur. D'une certaine manière, le manuel est devenu une sorte de machine.

La comparaison de deux manuels (figures 9.10 et 9.11) illustre la différence de style (voir [BRU 03] pour d'autres exemples). Le plus récent, paru en pleine période de diffusion des mathématiques dites modernes, destiné à la classe de sixième, a de quoi intriguer le lecteur actuel. Le mot « superficie » désigne une classe de surfaces, loin de son acception agraire usuelle.

La dernière proposition : « La mesure d'une superficie est l'aire de toutes les surfaces de cette superficie » apparaît, pour le moins, difficile à comprendre pour un élève de sixième. Le manuel ne peut plus aider l'élève et c'est le discours de l'enseignant qui, seul, va lui permettre de construire un sens. Peut-être l'élève peut-il se contenter de faire plus ou moins automatiquement les exercices qui lui sont proposés, les seuls qui comptent et qui sont censés attester de sa compréhension ?

9.5. Perspectives

La question du sens est complexe dans l'éducation. Des théories sur l'éducation tentent de mieux comprendre ce qui permet d'apprendre, voire de garantir l'existence d'apprentissages, en fondant la conception de dispositifs spécifiques. Toutefois, comme on a pu le constater, tant les instruments que les textes répondent à des contraintes propres et leur rapport aux théories éducatives est beaucoup plus lâche qu'on a tendance à le croire. Hors, si l'on adhère aux théories constructivistes, ce sont avant tout les activités des apprenants qui conduisent à la construction d'un sens, plus ou moins partagé. En gros, le sens est produit de l'interaction. Pour cela, textes et instruments jouent un rôle essentiel.

L'instrumentation contraint les formes possibles d'exercitation, ce qui a des effets importants sur ce qui est appris. Mais la nature et le rôle de l'instrumentation dorénavant disponible ont changé. L'instrumentation s'impose comme technologie intellectuelle. Si elle est une aide, si elle n'enseigne pas directement, elle fait partie intégrante de ce qu'il faut apprendre, ce n'est pas uniquement un outillage au service d'une transmission, mais un cadre de construction. Mais peut-on créer du sens sans comprendre les instruments dont on se sert ?

Voulant confier des tâches sans cesse plus complexes aux apprenants, on les dote d'instruments que l'on cherche à simplifier à l'extrême. Cette simplification ne garantit en rien l'efficacité ou la compréhension et la contribution de Bernard André (chapitre 11) montre que, même pour le traitement de texte, les utilisateurs font face à des obstacles qu'ils ont du mal à surmonter. On veut engager les apprenants dans des activités signifiantes, sans leur donner le moyen de comprendre et de contrôler

les moyens avec lesquels ils vont les conduire. A cet égard, les technologies sont censées être ou devenir transparentes. Mais alors qu'auparavant, on rendait transparent pour donner à voir (regarder à l'intérieur, rendre visible un processus), on le fait maintenant pour que les processus ne soient plus vus et que l'utilisateur n'ait pas à s'en préoccuper. Une telle forme de transparence risque de faire obstacle à la compréhension et il n'est pas raisonnable de la promouvoir quand on vise à former des citoyens.