

4^{ème} colloque international AECSE, 5-8 septembre 2001, Lille

Etudes de stratégies d'élèves lors d'une tâche de résolution de problèmes dans un environnement informatique

Fabien Fenouillet*, Dominique Lahanier-Reuter*, Pierre-André Caron**, Bruno Kostrezwa**, Emmanuel Ostenne**¹

* Laboratoire Théodile – équipe “ Lecture, écriture, apprentissages et TICE ”

Université Lille 3, EA 1764

UFR de Sciences de l'éducation, Université Lille 3

fenouillet@univ-lille3.fr

Dominiquereuter@aol.com

** *Enseignant, IUFM Nord Pas-de-Calais*

pa.caron@mail.ac-lille.fr

b.kostrzewa@mail.ac-lille.fr

eostemme@nordnet.fr

¹ Merci à Moïse Déro pour sa relecture et ses conseils avisés

Résumé

La problématique de notre travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche IUFM engagée depuis deux ans. Un des aspects de cette recherche est d'étudier comment des élèves de cinquième abordent la résolution d'une série de problèmes de proportionnalité lorsque cette série d'exercices leur est proposée par le logiciel “ Problème ” de la suite logicielle mathématiques LiliMath. L'étude a porté sur les différentes stratégies de déplacements dans une liste d'exercices. Nous avons choisi de diversifier les contraintes et les possibilités offertes par l'environnement informatique dans les situations que nous avons expérimentées, afin de mesurer leur effet sur le comportement des élèves.

Mots clefs : élève, feedback, exercices, eao

Introduction

L'utilisation de l'informatique en classes ne commence pas avec l'introduction de l'ordinateur à l'école. Cette utilisation repose sur de nombreux facteurs à commencer par l'émergence d'utilisateurs qui peuvent appartenir à de nombreuses catégories (Baron & Bruillard, 1996). En effet, l'ordinateur a cette faculté de pas proposer une utilisation unique mais qui se renouvelle à chaque chargement d'un nouveau logiciel en mémoire vive.

Une des entrées dans l'utilisation pédagogique de l'informatique peut se poser en terme de logiciel utilisé. En fonction des possibilités qu'offre tel ou tel logiciel, l'enseignant pourrait par exemple mettre en place une situation pédagogique adaptée. Certains auteurs ont proposé des classifications de ces logiciels dédiés à l'enseignement (Bruillard, 1997). A titre d'exemple non exhaustif, nous pouvons citer les "logiciels outils" pour rédiger des textes, réaliser des dessins ou effectuer des calculs au moyen d'un tableur ou encore les exercices qui reposent sur des QCM informatisés avec possibilité de correction immédiate. C'est à cette dernière catégorie de logiciels que nous allons nous intéresser dans le cadre de cette communication.

Au niveau pédagogique, les exercices peuvent se réclamer de deux courants pédagogiques (Pouts-Lajus & Riché-Magné, 1998).

La première conception s'insère dans le courant béhavioriste avec l'enseignement programmé Skinnérien. Cette conception repose sur la loi de l'effet qui postule que tout comportement renforcé positivement a tendance à se répéter alors que tout comportement renforcé négativement aura tendance à s'éteindre. L'enseignement programmé repose donc sur des séquences courtes qui sont faites de manière à ce que l'élève échoue le moins possible et qui suppose qu'il soit renforcé immédiatement après sa réponse.

La seconde conception repose sur l'apprentissage ramifié de Crowder qui est d'inspiration cognitive où l'objectif est de faire comprendre à l'apprenant la nature de ses erreurs de façon à combler ses lacunes.

Ces deux courants théoriques ont en commun de s'appuyer sur le retour d'informations que renvoie la machine à l'utilisateur quand ce dernier propose une réponse. Ce feedback, défini comme une information qui est fournie à l'apprenant après sa réponse pour l'aider à localiser ses erreurs et corriger ses fautes (Schimmel, 1988), est en effet indissociable de toute utilisation d'un exercice en classe. Pour les enseignants, le feedback doit permettre à l'élève de comprendre ou d'automatiser de nouvelles connaissances. Cependant, il existe autant de feedbacks possibles que d'exercices différents. Cette pluralité des feedbacks a-t-elle un sens au niveau pédagogique ? Cette question est trop vaste pour cette courte communication, aussi allons-nous chercher à comprendre comment les élèves utilisent ce retour d'informations.

Etude

L'étude que nous présentons est une recherche financée par l'IUFM du Nord Pas-de-Calais depuis 1998. Cette recherche a porté à la fois sur la didactique des mathématiques et sur l'utilisation pédagogique de l'informatique. Nous allons dans cette communication nous centrer sur l'utilisation pédagogique de l'informatique mais cette même recherche a fait l'objet d'une autre communication sur la didactique des mathématiques (Lahanier, 2001).

L'objectif des lignes qui vont suivre est de décrire les données quantitatives issues de l'étude effectuée sur un exerciceur (extrait de la suite logiciel Lilimath) de mathématiques destiné aux élèves de collège. Plus précisément, nous voulions savoir quel serait l'influence de l'absence d'un feedback sur la résolution d'exercices de proportionnalité. Au regard de certaines études (Azevedo & Bernard, 1996), le feedback semble avoir un effet important sur l'acquisition des connaissances même si cet effet dépend de nombreux paramètres comme le montrent certains travaux effectués avec des conditions quasi-expérimentales (Bates, 1996). L'étude que nous présentons se veut plus proche des conditions réelles d'utilisation puisqu'elle repose sur des données produites grâce aux concours des enseignants qui utilisent couramment ce type de logiciel ou du moins les logiciels de la suite Lilimath.

Description du dispositif

L'étude proprement dite s'est déroulée auprès de 7 classes et sur plusieurs séances. Lors de la première, les élèves étaient invités à créer sur papier des problèmes de proportionnalité. Lors de la deuxième, les élèves devaient taper sur ordinateur les problèmes posés au cours précédent dans une interface de saisie prévue à cet effet. A l'issue de cette séance, les enseignants de 6 classes sélectionnaient 5 exercices qui étaient ensuite mis en commun pour faire un pool de 30 exercices (une des classes n'a pas donné d'exercices pour des raisons techniques).

Lors des séances suivantes, les élèves travaillaient sur ce pool de 30 exercices. Au cours de la séance sur ordinateur les élèves devaient résoudre des séries de 10 exercices qui étaient tirés au hasard du pool de 30. Lors de la résolution de chaque exercice, l'élève pouvait effectuer des calculs directement sur ordinateur grâce à une feuille de brouillon interactive qui interprète et effectue les calculs posés.

L'exerciceur affiche également un score. Ce score est utilisé par les enseignants pour savoir si le concept sous-jacent aux exercices est atteint (ici la proportionnalité). Pour l'enseignant, si le score de 75 est atteint, cela permet de vérifier que l'élève a compris comment résoudre les exercices et donc dans notre cas, la proportionnalité. Cet objectif de 75 est posé par l'enseignant en début d'utilisation du logiciel, objectif également rappelé sous forme de message texte. Aucune hypothèse de notre étude ne repose sur cet objectif mais cette utilisation pédagogique du logiciel permet de comprendre comment les enseignants utilisent ce type de logiciel en cours.

Dans l'exerciceur, le score est donné à la fin d'une série de 10 exercices. Au terme de chaque exercice, l'élève sait si la réponse qu'il a donné est correcte ou non. L'élève a le droit de faire cinq tentatives de réponse au maximum. Un exercice résolu du premier coup lui permet de marquer 10 point alors que chaque mauvaise réponse lui enlève 2 points. L'élève peut à tout

moment interrompre une série de 10, c'est-à-dire ne faire qu'un ou deux exercices puis recommencer sans avoir de score. Comme nous le verrons par la suite, cette possibilité de recommencer à tout moment une série d'exercices sans avoir à terminer celle en cours est employée pour certains élèves.

Dans l'un des groupes de l'étude, les élèves n'avaient pas de feedback après chaque exercice mais le score pour une série de 10 exercices était affiché (ce qui correspond à un feedback différé).

Ces séances se déroulaient en classe d'où la possibilité pour l'élève de demander à son voisin comment résoudre son problème et de réfléchir avec lui à la solution à apporter. Cela amoindrit la portée des conclusions que nous donnerons par la suite puisque celles-ci partent du principe que l'élève résout seul son problème. De plus, les consignes que les élèves ont suivies ne sont pas forcément les mêmes. Dans certaines classes, les élèves avaient pour instruction de faire au moins deux séries de 10, dans d'autres, ils avaient pour instruction de ne rester que 20 minutes et enfin dans d'autres classes ils avaient pour instruction de ne faire qu'une seule série de 10.

Le logiciel permettait à l'élève de faire autant d'exercices qu'il le voulait. A chaque début d'une série, le logiciel tirait au hasard 10 exercices sur les 30 possibles.

Enfin, les sept classes de l'étude ont été classées en trois catégories (faible, moyen, bon) en fonction du niveau des élèves qui les composent. Cette classification a été effectuée par les enseignants participant à l'étude.

L'ensemble des résultats que nous présentons maintenant porte sur la séance où les exercices ont été utilisés. Les données (temps de résolution, nombre de bonnes réponses, etc.) sont recueillies directement à partir de l'exerciceur et sont stockées dans un fichier pour chaque élève.

Résultats

	N	Moyenne	Ecart-type	Maximum
Faible	N=15	26.43	11.59	53.75
Moyen 1	N=23	25.28	9.67	46.35
Moyen 2	N=24	17.45	6.20	30.02
Moyen 3	N=23	14.13	5.18	21.90
Bon 1	N=24	39.21	4.73	48.05
Bon - sans feedback	N=22	38.78	6.72	46.30
Bon 2	N=14	16.80	2.79	22.53

Tableau 1. Temps en minutes que les élèves ont passé à résoudre les exercices.

Le Tableau 1 nous permet de constater que les élèves ont passé plus ou moins de temps sur les exercices en fonction des classes. Les maxima nous renseignent sur le temps qui était imparti aux élèves pour résoudre les problèmes. Nous pouvons voir que la classe faible est celle qui semble avoir bénéficiée du plus de temps pour résoudre les exercices alors qu'une

des classes moyennes et une des classes fortes n'ont eu qu'un peu plus de 20 minutes pour les résoudre. Cette dissemblance entre les classes s'explique par les consignes différentes que les élèves ont reçu des enseignants comme exposé dans la partie précédente.

	N valide	Moyenne	Ecart-type	Maximum
Faible	N=15	18.00	12.60	51
Moyen 1	N=23	14.39	7.33	40
Moyen 2	N=24	10.13	5.69	28
Moyen 3	N=23	8.13	4.06	20
Bon 1	N=24	24.50	7.15	40
Bon – sans feedback	N=22	21.00	7.58	45
Bon 2	N=14	10.43	4.65	21

Tableau 2. Nombre total d'exercices effectués par les élèves

Le nombre total d'exercices que les élèves ont effectués (Tableau 2) est globalement en accord avec les données du Tableau 1: plus les élèves ont eu de temps et plus ils ont fait d'exercices. Certaines différences mineures apparaissent cependant au niveau du nombre moyen d'exercices effectués. Nous pouvons ainsi voir que ce sont les bons élèves qui ont fait le plus d'exercices en moyenne bien qu'ils n'aient pas eu le plus de temps.

	N valide	Moyenne	Ecart-type	Maximum
Faible	N=15	126.67	79.29	293.18
Moyen 1	N=23	119.41	59.30	278.10
Moyen 2	N=24	122.20	55.62	261.80
Moyen 3	N=23	119.26	53.58	230.00
Bon 1	N=24	103.94	33.21	189.53
Bon - sans feedback	N=22	120.95	42.82	255.80
Bon 2	N=14	113.38	48.74	196.40

Tableau 3. Temps en seconde que met l'élève pour faire un exercice que celui-ci soit résolu ou non en fonction des classes.

Le Tableau 3 permet de constater que le temps que met un élève à tenter de résoudre un exercice est d'environ 2 minutes. Ce temps est relativement stable dans les classes. Une ANOVA montre d'ailleurs qu'il n'existe aucune différence significative ($F(6,138) = 0.4$; NS). Cette durée de résolution est relativement courte sachant que l'élève doit lire l'exercice et ensuite le résoudre. Il semble donc que l'élève ne lit pas réellement le texte de l'exercice mais se contente simplement de prendre les données et de mettre en place de manière assez automatique une stratégie de résolution. Cette hypothèse serait à valider au travers d'une étude ultérieure. Nous pouvons également constater que même chez les élèves les plus "lents" la durée de résolution ne dépasse pas quatre minutes, augmentation du temps qui serait sans doute attribuable plus à une résolution plus longue qu'à une compréhension plus fine de l'énoncé (à moins que l'élève ne discute plus avec son voisin).

	N valide	Moyenne	Ecart-type	Maximum
Faible	N=15	29.52 %	17.80	63.64 %
Moyen 1	N=23	65.09 %	28.91	100.00 %
Moyen 2	N=24	54.09 %	21.11	85.71 %
Moyen 3	N=23	49.55 %	22.17	90.00 %
Bon 1	N=24	80.79 %	16.48	100.00 %
Bon - sans feedback	N=22	53.10 %	24.61	100.00 %
Bon 2	N=14	57.37 %	20.70	80.00 %

Tableau 4. . Pourcentage d'exercices résolus (en fonction du nombre d'exercices effectués dans chaque classe).

Pour tenir compte du nombre total d'exercices, nous avons ramené en pourcentage le nombre d'exercices résolus dans le Tableau 4 pour comparer plus facilement les classes entre elles. Nous pouvons constater que cette proportion fluctue de manière significative ($F(6,138) = 9.49$; $p < .001$). Conformément à ce nous pouvions attendre, la classe étiquetée comme la plus faible réussit moins bien que les autres. Cependant, la proportion moyenne de résolution est quasi identique, entre 50 et 60% pour les autres classes qu'elles soient étiquetées comme moyenne ou bonne, à l'exception de la classe " Bon 1 " étiquetée comme moyenne où la réussite est au alentour de 80%. Ces résultats semblent indiquer qu'au-delà d'un certain seuil, qui reste à déterminer, le niveau préalable des élèves n'a plus d'impact sur le niveau de réussite. Par contre, un autre facteur semble avoir un impact positif sur le taux réussite et ceci indépendamment, semble-t-il, du niveau préalable des élèves.

	Moyenne	Ecart-type	Maximum
Faible	0.00 %	0.00	0 %
Moyen 1	39.49 %	44.40	100 %
Moyen 2	10.42 %	29.41	100 %
Moyen 3	4.35 %	20.85	100 %
Bon 1	71.32 %	32.46	100 %
Bon - sans feedback	25.00 %	40.09	100 %
Bon 2	15.48 %	32.33	100 %

Tableau 5. Pourcentage de séries de 10 supérieures à 75 points en fonction du nombre total de série de 10 effectuées

Comme nous avons pu le mentionner lors la présentation de notre étude, l'exerciceur que les élèves ont utilisé pose d'emblée l'objectif d'atteindre 75 points. Le Tableau 5 nous permet de connaître le nombre de fois où cet objectif a été atteint par les élèves mais en terme de pourcentage pour tenir compte du nombre de séries 10 effectuées par chaque élève qui fluctue fortement en fonction de la classe ou il se trouve.

Nous pouvons constater que cet objectif pédagogique n'est soit pas adapté soit non utilisé par l'enseignant pour la classe faible puisqu'aucun élève ne parvient à atteindre ce but. De même, la classe " moyen 3 " ne fait pas beaucoup mieux avec seulement 4% des séries de 10 qui atteignent l'objectif fixé. Ce chiffre est à mettre en relation avec ceux du Tableau 4 où

nous nous apercevons que les élèves de cette classe réussissent près de 50% des exercices, pourcentage de réussite qui est relativement proche des deux autres classes moyennes. Nous pouvons donc conclure que les enseignants des classes “ moyen 2 ” et “ 3 ” ne suivent pas l’objectif de 75 points, tout comme la classe “ bon 2 ”. En fait, seules les classes “ moyens 1 ” et “ bon 1 ” semble avoir poursuivi cet objectif avec des réussites diverses. Cette différence d’objectif poursuivi fait apparaître que si un logiciel est prévu pour une certaine utilisation pédagogique, l’enseignant reste le seul maître quant à son utilisation effective et se donne le droit de détourner cette utilisation selon d’autres objectifs qu’il s’est lui-même fixés.

	N valide	Moyenne	Ecart-type
Faible	15	7.56	1.95
Moyen 1	23	8.80	1.74
Moyen 2	24	7.48	2.55
Moyen 3	23	6.43	2.37
Bon 1	24	9.04	1.78
Bon - sans feedback	22	9.34	1.44
Bon 2	14	7.39	2.51

Tableau 6. Nombre moyen d'exercice par série de 10 en fonction des classes (Max=10).

En terme de stratégies poursuivies, le Tableau 6 peut nous donner quelques indications. Les moyennes indiquées dans ce tableau ont un maximum théorique de 10 exercices qui indiquent que les élèves ont tous été jusqu’au bout d’une série pour avoir le score de réussite (critère défini à 75 points comme nous avons pu le voir plus haut). Si nous avons moins de 10 exercices, ce qui est le cas ici pour toutes les classes, cela indique que certains élèves ont arrêté la série de 10 avant son terme pour en entamer une autre. Le Tableau 6 permet de distinguer les classes en 3 groupes. Dans le premier groupe se trouve les classes “ Moyen 1 ”, “ Bon 1 ” et “ Bon sans feedback ” qui vont le plus souvent au bout d’un ensemble de 10 exercices. Dans le deuxième groupe se trouve les classes “ Faible ”, “ Moyen 2 ” et “ Bon 2 ” qui visiblement recommencent plus souvent une série de 10 exercices. Enfin, la classe “ moyen 3 ” qui semble avoir été pénalisée par le nombre relativement faible d’exercice effectuée. En ce qui concerne les deux premiers groupes, nous sommes vraisemblablement face à deux stratégies différentes qui sont peut-être fonction de la possibilité d’atteindre ou non les 75 points. En effet, nous pouvons imaginer qu’un élève qui a déjà 3 exercices de faux sur les 5 premiers sera davantage tenter d’arrêter avant le 10^{ème} exercice s’il veut atteindre le seuil de 75 points. Il est donc vraisemblable que les classes du groupe 2 utilise cette stratégie alors que les classes du groupe 1 n’y sont pas sensibles.

Quand nous relient les données du Tableau 6 et celles du Tableau 5, nous nous apercevons que les élèves du premier groupe sont ceux qui atteignent le plus souvent l’objectif de 75 points. La stratégie d’abandonner au milieu d’une série semble donc être moins payante.

N valide Moyenne Ecart-type Maximum

Faible	N=15	1.67	2.06	7
Moyen 1	N=23	2.91	2.41	8
Moyen 2	N=24	2.25	2.75	12
Moyen 3	N=23	1.78	1.78	7
Bon 1	N=24	4.25	2.42	10
Bon - sans feedback	N=22	0.00	0.00	0
Bon 2	N=14	1.14	1.03	3

Tableau 7. Nombre de réponses fausses par élève sur l'ensemble des exercices résolus.

En terme stratégique, l'utilisation des feedbacks peut être d'une très grande efficacité lors de la résolution des exercices comme nous allons le voir maintenant. Le Tableau 7 comptabilise le nombre de fois où l'élève a donné une mauvaise réponse sur l'ensemble des exercices où il a finalement donné la bonne réponse. Les réponses fausses sont comprises ici comme des feedbacks puisqu'elles informent l'élève sur ses erreurs.

Les résultats moyens montrent que ceux qui utilisent moins fréquemment le feedback sont les élèves estimés comme les meilleurs et les élèves estimés comme les moins bons. Nous pouvons poser comme hypothèses qu'il y a deux façons d'arriver à ce même résultat. Pour les élèves faibles, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il s'agit d'un manque de connaissances pour résoudre l'exercice ou d'une utilisation non pertinente du feedback. En ce qui concerne les bons élèves, il est possible que ceux-ci jugent le fait de faire une erreur comme le signe d'un manque de maîtrise de l'exercice et n'y ont recours qu'en dernière extrémité. Dans les deux cas cependant, il est fait l'hypothèse que l'erreur est vécue ici comme la preuve d'un manque de compétence et donc anxigène, d'où une sous-utilisation (cf. Fenouillet et al, 1999), pour l'implication entre feedback et motivation). Nous pouvons également faire l'hypothèse que les élèves ne cherchaient absolument pas à atteindre l'objectif fixé d'où un abandon systématique dès la première réponse.

Il faut également remarquer les relatives importances des écarts-types qui, dans de nombreux cas, sont même supérieurs à la moyenne. Cette forte dispersion est sans doute le signe d'une utilisation très différente du feedback chez les élèves d'une même classe. Nous sommes sans doute ici en présence de stratégies variées utilisant le feedback chez différents élèves d'une même classe.

Enfin, la très grande utilisation du feedback de la classe " Bon 1 " indique que cet usage peut être un facteur de réussite indéniable. En parallèle, nous constatons une relative diminution de la dispersion, signe peut-être que les sujets ont tendance à tous utiliser cette stratégie. Ce dernier résultat dans la classe " Bon 1 " est à rapprocher avec les très bonnes performances que montre cette classe par rapport à l'ensemble des autres. Aussi, peut-on presque dire ou plutôt émettre l'hypothèse que cette classe a de meilleures performances que les autres classes grâce à l'utilisation des deux stratégies : d'une part, les élèves vont jusqu'au bout d'une série de 10 exercices, et d'autre part, ils se servent du feedback pour augmenter leurs chances d'obtenir la bonne réponse. Cette dernière stratégie serait, elle aussi, utilisée par certains élèves des autres classes mais de manière moins homogène.

A l'appui d'une stratégie d'utilisation du feedback pour améliorer les performances, il est constaté que les élèves des classes " Bon- sans feedback " et " Bon 2 " ont un pourcentage

d'exercice réussi relativement similaire (Tableau 4). Or, les élèves de la classe " Bon 2 " utilisent très peu le feedback. Si les élèves de cette dernière classe avaient davantage de feedback comme les élèves de la classe " Bon 1 ", nous pouvons penser qu'ils auraient également obtenu de meilleures performances.

	N valide	Moyenne	Ecart-type	Maximum
Faible	N=15	18.33	9.56	45
Moyen 1	N=23	9.04	5.68	21
Moyen 2	N=24	10.58	8.78	38
Moyen 3	N=23	7.83	6.47	26
Bon 1	N=24	12.88	9.19	38
Bon - sans feedback	N=22	7.05	5.02	21
Bon 2	N=14	8.00	4.69	17

Tableau 8. Nombre de réponses fausses totales par élève en fonction des classes.

Le Tableau 8 qui comptabilise le nombre de mauvaises réponses sur l'ensemble de l'exercice met en exergue la moyenne assez importante de mauvaises réponses pour la classe " Faible " alors que dans le tableau précédent cette classe avait une des moyennes les plus basse. Les autres classe, mis à part la fameuse " Bon 1 ", ont des moyennes équivalentes. En effet, les élèves de cette classe font davantage d'erreurs que les élèves des autres. Les erreurs dans les deux cas n'ont pas la même origine comme nous avons pu essayer de le démontrer précédemment. Cette surabondance d'erreur de la classe " Faible " n'est pas liée au nombre d'essais mais au nombre d'exercices non résolus et montre encore une fois le faible niveau de ces élèves.

Conclusion

Les résultats de cette étude font donc apparaître l'influence de plusieurs facteurs dans la réussite aux exercices. Le premier facteur semble être la pédagogie que l'enseignant met en place lors de l'utilisation de l'informatique. Dans notre étude, cette différence pédagogique était axée sur l'utilisation ou non d'un score à atteindre. Le fait de fixer un score influence les stratégies que les élèves mettent en place pour atteindre ce but. Nous avons pu clairement identifier la stratégie gagnante du feedback qui permet aux élèves les meilleurs d'atteindre l'objectif.

Le niveau des élèves est également un facteur de premier ordre. Lorsque les élèves sont trop faibles, il paraît indispensable d'adapter l'utilisation pédagogique de l'informatique. Dans ce cas, le feedback semble avoir plutôt un impact négatif que positif. En d'autres termes, l'impact motivationnel du feedback pourrait cette fois jouer contre la pleine utilisation de l'exerciceur en induisant une conduite d'évitement de l'erreur qui peut être source d'anxiété.

Références bibliographiques

Azevedo, R., & Bernard, R. M. (1995). A meta-analysis of the effects of feedback in computer-based instruction. *Journal of Educational Computing Research*, 13, 111-127.

Baron G.-L., Bruillard E. (1996), L'informatique et ses usagers dans l'éducation, Paris : **P.U.F**

Bates, R. A., & Seyler, D. L. (1996) Principles of CBI and the adult learner: The need for further research, *Performance Improvement Quarterly*, 9, 3-24.

Bruillard E., 1997, "Les machines à enseigner", Paris : Hermès.

Lahanier-Reuter, D. (2001) Analyse d'une tâche de classification d'énoncés de proportionnalité par des élèves de collège, Communication lors du colloque AECSE.

Fenouillet, F., Tomeh, B., & Godquin, I. (1999) Motivation et informatique en contexte scolaire , *Pratiques Psychologiques*, 3, 81-91.

Pouts-Lajus S., Riché-Magné M., 1998,) *L'école à l'heure d'Internet*, Nathan

Schimmel, B. J. (1988). Providing meaningful feedback in courseware. In D. H. Jonassen (Ed.), *Instructional designs for microcomputer courseware* (pp. 183-195). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.