

ANNEXE 2

Fiches de lecture

Articles retenus pour l'analyse statistiques (deuxième phase). Les références des fiches font référence soit aux autres fiches de ce corpus, soit à la bibliographie générale.

AUTEURS	Titre	Année	Référence	Type d'article	Pays	Code
			<u>Code revues</u>	<u>Code articles</u>	<u>Code pays</u>	<u>Code domaines</u>
			Enseignement Public et Informatique EPI	Publication de recherche R	Allemagne : D Australie : AUS Autriche : AUT	Analyse A
			Educational Studies in Mathematics ESM	Publication de réflexion générale RG	Belgique : B Brésil : BR Canada : C	Algèbre AI
			International Derive Journal IDJ	Conception, description ou analyse de produits technologiques P	Costa Rica : CR Colombie : CL Danemark : DK	Calcul C
			International Federation for Information Processing IFIP	Compte-rendu d'expérimentation ou d'innovation EI	Espagne : E Finlande : FI France : F Grande-Bretagne : UK. Hollande : NL	Calcul formel F
			International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education IJCAME		Israël : IS Italie : I Japon : J	Formation des enseignants FE
			International Journal of Computer in Mathematics Education IJCME		Mexique : M Nouvelle-Guinée : NG Nouvelle Zélande : NZ	Géométrie G
			Psychology of Mathematics Education PME		Portugal : P Suisse : CH Turquie : T USA : US	Graphe fonctions GF
						Général GL
						Interaction homme-machine HM

GUIN D. & TROUCHE L.	Environnements « calculatrice symbolique » : nécessité d'une socialisation des processus d'instrumentation, évolution des comportements d'élèves au cours de ce processus	1999	IREM de Montpellier, pp. 61-78	R	F	A10
---------------------------------	--	-------------	---------------------------------------	----------	----------	------------

Raisons du choix

L'article, texte d'une conférence prononcée lors d'un colloque européen (Guin ed., 1999), réalise une synthèse des travaux de l'équipe ERES (Montpellier II) en ce qui concerne les problèmes posés par l'intégration des calculatrices symboliques. Il accorde une place particulière à la question des calculatrices graphiques et à celle de l'application graphique des calculatrices symboliques.

Cadre théorique

Partant de l'idée fondamentale d'une relation dialectique entre le geste et la pensée (Vigotski, 1930, Vergnaud 1990), les auteurs analysent le processus d'instrumentation (Rabardel 1995) en liaison avec les contraintes des dispositifs informatiques (Balacheff, 1994, Artigue 1995). Les réorganisations cognitives n'étant pas spontanées (Dorfler, 1995, Ruthven & Chaplin, 1997), ils soulignent l'importance de la différenciation et de la coordination des différents registres sémiotiques (Duval 1994 et 1996). Pour l'analyse des comportements des élèves, ils empruntent des résultats relatifs aux métaconnaissances dans le domaine de l'intelligence artificielle (Pitrat, 1990), dans celui de la didactique des mathématiques (Robert & Robinet, 1996) et de la psychologie cognitive (Houdé, 1995).

Problématique

Cet article se situe dans le cadre de projets de recherche impliquant le M.E.N. (Guin & Delgoulet, 1996), le CRDP et l'IREM de Montpellier (Trouche, 1996) visant à définir les conditions d'intégrations de calculatrices complexes dans le cours de mathématiques en lycée :

- quels sont les effets possibles d'un artefact sur les processus de conceptualisation ?
- comment réorganiser l'espace et le temps de l'étude pour permettre la socialisation des processus d'instrumentation ?
- comment analyser les comportements des élèves dans ce type d'environnement ?

Méthodologie/ dispositif

Durée . Les expériences relatées se sont déroulées dans une classe de seconde et une classe de terminale pendant un an ;

Interne

Présentation du dispositif: le dispositif d'enseignement est précisément décrit, quelques éléments d'information sont donnés sur le dispositif d'observation et de recueil de données ;

Données recueillies : recueil des réalisations des élèves dont la calculatrice est rétroprojetée sur l'écran de la classe, cahiers de recherche des élèves, opinions d'élèves représentatifs des divers comportements repérés ;

Modalités d'étude : étude d'une classe de 25 élèves de seconde (élèves de 15 ans) et d'une classe de 35 élèves de terminale (élèves de 18 ans) ;

Modalités de travail dans la classe : travail en classe entière et en binômes pour les travaux pratiques. Tous les élèves disposent d'une calculatrice TI-92 qui leur est prêtée pour l'année.

Statut de l'enseignant : un des auteurs est enseignant-chercheur, il a suivi l'une des expérimentations relatées de l'extérieur, le deuxième auteur était enseignant dans l'autre classe expérimentale ;

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : une carte des métaconnaissances permet de construire une typologie des comportements d'élèves (un comportement « théorique », « rationnel », « bricoleur », « scolaire », « expérimentateur »), de suivre les évolutions au cours de l'expérimentation, d'évaluer les effets du dispositif d'enseignement ;

Modes de validation : interprétation personnelle des données.

Résultats/ conclusions

Types de résultats :

- la prise en charge institutionnelle de l'apprentissage de l'instrument et de son utilisation dans le travail mathématique a permis de développer des structures de contrôle collectif des gestes de travail, de coordonner différents registres de représentation ;

- la typologie établie permet de réduire la dispersion des comportements en instituant des dispositifs de travail différenciés. À outil complexe, dispositif d'enseignement complexe.

Degré de généralité : la démarche est généralisable, les dispositifs eux-mêmes demandent une adaptation : toutes les classes ne sont pas dans les conditions des classes expérimentales décrites.

Dispositif non modifié : les auteurs évoquent en conclusion la nécessité de mettre en place en début d'année des dispositifs de tutelle ou de co-tutelle pour les élèves en difficulté (adaptation à un langage « machine » type « langue étrangère »).

Perspectives : passer d'une phase expérimentale à une phase d'intégration institutionnelle.

Observations du lecteur

Critique du lecteur :

- les résultats de cet article correspondent à ceux qui résultent des autres cadres expérimentaux en France (Artigue et al., 1997) ;

- il aurait été intéressant de confronter dans le cadre de cet article les dispositifs expérimentaux qui ont été construits dans les deux classes auxquelles il est fait allusion.

Commentaires grille

L'article relève tout à fait de la problématique de la recherche. D'où une bonne adéquation de la grille...

MONAGHAN J., SUN S. & TALL D.	Construction of the limit concept with a C.A.S.	1994	Actes de PME XVIII (Lisbon) Vol 3, pp. 279-286	R	UK	A14
--	--	-------------	---	----------	-----------	------------

Raisons du choix

L'article se situe dans des environnements à la jonction des calculatrices et des systèmes de calcul symbolique (exploitation des potentialités de calcul approché et de calcul formel, utilisation de petits ordinateurs portables à disposition des étudiants);

A la différence de la plupart des articles de ce type, l'auteur se propose d'évaluer les apports mais aussi les pertes dues à l'utilisation de ces outils.

Cadre théorique

L'auteur fait référence aux études relatives aux conceptions des limites (Cornu), à la problématique des « obstacles inévitables » (Davis et Vinner) et à la construction des notions mathématiques comme « procept » (Tall), résultant de la confrontation de l'aspect « processus » et de l'aspect « objet » de chaque notion.

Problématique

L'article s'inscrit dans une recherche plus générale (Sun, Monaghan) sur les effets de l'utilisation du logiciel Derive dans l'apprentissage du concept de limite. La première hypothèse est que, dans les environnements habituels (papier/crayon ou outils de calcul approché), l'apprentissage de la notion de limite passe nécessairement par une phase « processus » avant d'atteindre une phase « objet ». La deuxième hypothèse, que l'article se propose d'étudier, est que la disposition d'un système de calcul formel permet une autonomie des deux phases d'apprentissage, ce que l'auteur appelle, en reprenant une expression de Tall, « le principe de construction sélective » (principle of selective construction).

Méthodologie / dispositif

Durée : deux mois ;

Externe

Présentation du dispositif : sommaire ;

Données recueillies : un questionnaire et des entretiens d'explicitation de 20mn pour chaque élève du groupe expérimental et du groupe témoin ;

Modalités d'étude : étude d'un groupe de neuf étudiants travaillant avec Derive comparée à un groupe de 19 étudiants travaillant dans des environnements sans calcul formel (il s'agit d'étudiants de 16/17 ans, motivés et d'un bon niveau mathématique);

Modalités de travail dans la classe : on indique simplement que 50% des cours ont lieu dans des salles où Derive est disponible sur ordinateur et que pendant deux mois les 9 étudiants ont disposé de Derive sur petits ordinateurs portables;

Statut de l'enseignant : il n'est pas précisé. Il semble qu'il a simplement permis l'accès à sa classe pour les auteurs ;

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : trois questions

1. La disposition d'un CAS rend-elle plus facile le calcul formel d'une limite ?
 2. La disposition d'un CAS permet-elle de donner du sens à une limite comme processus « abouti » ?
 3. La disposition d'un CAS permet-elle de donner du sens à la notion même de limite ?
- Modes de validation* : interprétation personnelle des données en liaison avec les critères.

Résultats / conclusions

Types de résultats : conformes à l'analyse a priori : la disposition d'un CAS facilite les calculs, permet d'accéder, au delà d'un processus, à la notion d'objet défini, mais ne permet pas nécessairement de donner un sens global au concept ; les auteurs en déduisent l'existence d'une nouvelle conception de limite : en plus de la conception dynamique, de la conception fonctionnelle/numérique et de la conception formelle, ils proposent la conception « commande de logiciel » (*key stroke computer algebra paradigm*).

Degré de généralité : Assez grand ;

Dispositif modifié ou non : non évoqué ;

Perspectives : l'article conclut que le CAS ne rend pas plus facile l'apprentissage d'une notion profonde comme la notion de limite, mais élargit les possibilités de son apprentissage. C'est la responsabilité de l'organisateur de l'étude (*curriculum designer*) de construire et de faire interagir les différents niveaux de compréhension du concept.

Observations du lecteur

Critique du lecteur : les conclusions de l'article recourent les résultats de (Trouche, 2000) sur le possible délitement, dans les environnements de CAS, du sens d'une notion (la limite) qui n'a d'autre sens que d'être le produit de la machine. Il occupe une position charnière dans la littérature sur les CAS :

- il reprend une méthode ancienne (celle du groupe témoin) visant à faire ressortir les avantages des CAS ;
- en même temps il tranche avec la plupart de ce type de travaux en pointant les dangers de ces environnements, il annonce les travaux ultérieurs (Guin, A10) insistant sur l'importance de l'organisation de l'étude dans les environnements de calcul complexe.

Commentaires grille

L'article est centré sur l'impact de l'expérimentation sur les conceptions processus ou objet des élèves, plutôt que sur une analyse des problèmes posés par l'intégration des TIC qui ne sont absolument pas évoqués. Cet article est remarquable parmi les travaux anglo-saxons souvent optimistes parce qu'il émet l'idée que l'utilisation d'un CAS peut avoir un effet négatif sur l'acquisition du sens d'une notion.

TALL D.	Visual organisers for formal mathematics	1995	NATO ASI Series F, Vol 138, pp. 52-70	R	UK	A15
----------------	---	-------------	--	----------	-----------	------------

Raisons du choix

Très forte influence du chercheur dans le domaine de la recherche des potentialités de visualisation offertes par l'ordinateur pour l'enseignement des concepts fondamentaux de l'analyse. Dans cet article, contrairement à ses articles antérieurs, l'auteur affirme nettement sa prise de conscience progressive, au cours de ses années de recherche, des limites des possibilités de visualisation qu'offrent les graphes.

Article qui propose un environnement informatique spécifique offrant une visualisation de certains concepts fondamentaux de l'analyse (continuité, dérivabilité, intégrabilité) permettant de dépasser les limites des images finies des graphes.

Cadre théorique

Aucune référence à une théorie.

Problématique

Dans un premier temps, D. Tall souligne le fossé qui existe entre les mathématiques formelles (définitions, théorèmes...) et les images finies des ordinateurs qui ne permettent pas de motiver les étudiants à accéder aux mathématiques formelles. Il s'agit d'un constat dans son expérience personnelle sur plusieurs années, qui l'a conduit à prendre conscience de cette situation.

Partant du principe que la visualisation est importante pour accéder à la conceptualisation mathématique, D. Tall propose de créer un nouvel environnement pour stimuler l'imagination visuelle et fournir des bases intuitives aux idées qui se développeront au sein du formalisme.

Méthodologie

Non présentée.

Analyse

Non mentionnée.

Résultats / conclusions

Types de résultats : Il s'agit d'exemples concrets de graphes de fonctions permettant de visualiser certaines notions (ex : continuité) qui ne peuvent l'être usuellement avec un grapheur. L'auteur introduit la notion de pseudo-rationnel pour dépasser les limites des images finies et présente une combinaison de méthodes permettant de visualiser plutôt les points à abscisse pseudo-rationnelle ou pseudo-irrationnelle. En utilisant ces méthodes, D. Tall présente ensuite des exemples concrets de graphes de fonctions qui doivent permettre aux élèves de concevoir des fonctions réelles continues dérivables nulle part ou continues en un seul point, intégrables et non continues.

Degré de généralité : grand ;

Perspectives : non mentionnées.

Observations du lecteur

Cet environnement a été testé auprès de futurs enseignants. L'auteur affirme qu'il a suscité des discussions intéressantes car les idées visuelles sont plus faciles à discuter que les définitions formelles. Il mentionne également que le niveau de visualisation et de verbalisation est nettement plus élevé qu'en environnement traditionnel, mais aucune précision n'est donnée sur le contexte expérimental. C'est de la mise en présence devant la contradiction mathématique théorique/images finies des ordinateurs que les étudiants pourront se construire des fondements significatifs pour la théorie.

Commentaires grille

L'article est centré sur le fait que les graphes ne permettent pas la visualisation de certains concepts mathématiques. Il y a dans cet article une reconnaissance du fait que l'articulation P/C/ environnement technologique est problématique. Le problème est alors de concevoir un environnement qui aide à dépasser cet obstacle.

TROUCHE L. & 37 élèves d'une classe de TS	Expérimenter et prouver, faire des mathématiques avec des calculatrices symboliques, 38 variations sur un thème imposé	1998	IREM de Montpellier, 310 p.	EI	F	A23
--	---	-------------	--	-----------	----------	------------

Raisons du choix

Ce document est rédigé par un professeur et les 37 élèves de terminale engagés dans une expérience d'intégration de calculatrices symboliques dans le cadre « normal » de la classe ; il accorde une large place à l'application graphique des calculatrices symboliques.

Cadre théorique

Le travail de la classe donne une large place aux travaux de recherche, à une démarche de conjectures, preuves, réfutation (Lakatos, 1974). Dans le rapport avec l'outil de calcul, on insiste sur la distance nécessaire à établir avec l'observation première (Bachelard, 1938), plus particulièrement avec l'écran (Debray, 1992) et sur la coordination des différents registres de représentation (Duval, 1988).

Problématique

Cet article se situe dans le cadre d'un projet de recherche associant le CRDP et l'IREM de Montpellier. Il veut montrer que des dispositifs particuliers d'organisation de la classe (rétro projection permanente de la calculatrice d'un élève pendant le cours, coordination des différentes applications de la calculatrice, confrontation des résultats de la calculatrice et du calcul « papier-crayon », travaux pratiques organisés régulièrement en binômes sur des énoncés spécifiques) permettent d'instituer :

- un contrôle collectif sur l'outil de calcul ;
- une distinction d'un objet et de ses différentes représentations ;
- un réel investissement de toute une classe dans un processus de travail mathématique ;
- une modification des rapports à la connaissance mathématique.

Méthodologie / dispositif

Durée : L'expérience relatée s'est déroulée dans une classe pendant un an ;

Interne

Présentation du dispositif : le dispositif d'enseignement est précisément décrit, quelques éléments d'information sont donnés sur le dispositif d'observation et de recueil de données ;

Données recueillies : pour chacun des dix-huit travaux pratiques, des cinq problèmes posés par le maître, des cinq thèmes de recherche libre, des six devoirs surveillés, les différentes pistes proposées sont rédigées par des équipes d'élèves ou commentées par le maître. Des questionnaires identiques, donnés en début et en fin d'année, permettent d'évaluer les évolutions ;

Modalités d'étude : étude d'une classe de 37 élèves de terminale scientifique (élèves de 18 ans) ;

Modalités de travail dans la classe : travail en classe entière et en binômes pour les travaux pratiques. Tous les élèves disposent d'une calculatrice TI-92 qui leur est prêtée pour l'année.

Statut de l'enseignant : les auteurs sont le professeur et les élèves de la classe expérimentale.

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : acceptation du cadre expérimental par la classe, investissement dans les travaux de recherche et dans le travail de rédaction du document, maîtrise de l'outil de calcul, maîtrise des mathématiques ;

Modes de validation : jugement personnel de la pertinence et de l'intérêt des travaux réalisés, relevé statistique à travers les questionnaires, interprétation personnelle des données.

Résultats / conclusions

Types de résultats : conformes au projet annoncé. Plus particulièrement trois résultats sont dégagés :

- mettre les élèves en situation de recherche permet de gagner en profondeur de compréhension et constitue finalement un gain de temps ;
- les nouveaux environnements de calcul permettent un enseignement plus vivant, autour de la résolution de problèmes ;
- ce renouvellement ne concerne pas que les bons élèves. Cependant, si l'on veut qu'il profite à tous, il faut mettre en place des dispositifs particuliers de travail, permettant la socialisation des processus d'instrumentation.

Degré de généralité : la démarche est généralisable, les dispositifs eux-mêmes demandent une adaptation : la classe expérimentale était exceptionnellement « bonne » sur le plan scolaire, particulièrement motivée par tout défi de recherche.

Dispositif non modifié

Perspectives : passer d'une phase expérimentale à une phase d'intégration institutionnelle.

Observations du lecteur

Les résultats de cet article correspondent à ceux qui résultent d'autres cadres expérimentaux en France (Aldon 1994) ; ils peuvent être rapprochés utilement de travaux ne se situant pas nécessairement dans un cadre de nouvelles technologies, cf. en particulier la problématique des problèmes ouverts (Lyon) ou de la narration de recherche (Montpellier).

Commentaires grille

La brochure ne présente pas vraiment une séquence d'enseignement, difficile d'utiliser la grille pour prendre en compte le caractère hybride du document (production d'élèves et d'un professeur).

MAYES R., SCHMIDT L. , SWANDON T.	ACT in algebra : the function concept	1996	I. D. J. Vol. 3, n° 2, pp. 17-36.	R	US	A26
---	--	------	---	---	----	-----

Raisons du choix

Article qui repose sur une hypothèse claire d'amélioration du processus de conceptualisation de fonction grâce à DERIVE.

Cadre théorique

Théorie d'apprentissage du concept de fonction basée sur un travail interactif entre les différentes représentations de fonctions (Breidenbach 92, Moschkowich 93, Sfard 91 & 92, Vinner & Dreyfus 89).

Problématique

L'utilisation de DERIVE va permettre un enseignement sur les fonctions s'appuyant sur un travail multi-représentations et ainsi aura un effet positif sur le processus de conceptualisation. La technologie est vue comme un outil d'exploration des concepts mathématiques. Cette utilisation s'insère dans une nouvelle organisation pédagogique : travail en petits groupes, rapports écrits.

Méthodologie/ dispositif

Durée : non précisée ;

Présentation du dispositif : très succinct ;

Données recueillies : productions écrites à partir de tests papier/crayon ; rien n'est dit sur les rapports écrits ;

Modalités d'étude : deux sections expérimentales, niveau collège universitaire (américain) ;

Modalités de travail dans la classe ; travail en petits groupes, rapports écrits ;

Statut de l'enseignant : enseignants volontaires ;

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : classification des justifications des étudiants sur le test papier/crayon. Utilisation des critères de Breidenbach pour déterminer le niveau de conception *objet* et *process* dans les différents registres (table, graphique et analytique).

Modes de validation : comparaison interne sur le même test avant et après l'expérimentation à partir des critères définis.

Résultats / conclusions

Types de résultats : conformes à l'hypothèse, la conception *process* est du même niveau et la conception *objet* est meilleure. C'est la démonstration d'une meilleure conceptualisation grâce au projet ACT. Cette amélioration est due aux possibilités offertes par le CAS pour l'exploration et la validation du concept.

Degré de généralité : assez grand ;

Dispositif modifié ou non : non évoqué ;

Perspectives : trouver les moyens d'améliorer la conception. Il faut continuer à développer de nouveaux curricula et évaluer (comme ici) la compréhension des élèves : c'est ainsi que l'on pourra évaluer l'impact de l'utilisation du CAS pour améliorer encore le processus de conceptualisation.

Observations du lecteur

Aucune information n'est donnée sur le type d'activité menée dans les sections expérimentales. Dans ces conditions, il est difficile d'évaluer dans quelle proportion l'amélioration des résultats est due à la nouvelle organisation pédagogique, aux activités proposées et à la possibilité d'utiliser le CAS.

Croisement : si l'on se réfère à la typologie de Jean-Baptiste Lagrange (Lagrange, 2000), il s'agit d'un article avec hypothèse spécifique d'amélioration de l'enseignement et de l'apprentissage, mais ici la validation est interne.

Commentaires grille

Pour l'approche sémiotique, les réponses aux questions concernant l'articulation entre registres sont négatives, car il s'agit de problèmes d'articulation entre l'environnement papier/crayon et l'environnement technologique et de problèmes d'articulation entre registres dans l'environnement technologique. Cependant, les auteurs insistent sur le fait que les difficultés des élèves dans la compréhension du concept de fonction sont directement liés à leur inaptitude à changer de représentation. Un enseignement approprié intégrant le CAS peut provoquer une amélioration sensible dans la conceptualisation de la notion de fonction.

L'article est centré sur l'impact de l'expérimentation sur les conceptions process ou objet des élèves, plutôt que sur une analyse des problèmes posés par l'intégration des T.I.C. qui ne sont absolument pas évoqués.

CHACON P. R., SOTO- JOHNSON H.	The Effect of CAI in College Algebra incorporating both Drill and Exploration	1998	IJCME Vol. 5, n° 4 pp. 201-216	R	US	A27
---	--	-------------	---	----------	-----------	------------

Raisons du choix

L'article aborde un sujet important mais peu évoqué dans la littérature : l'effet d'un cours de mathématiques assisté par ordinateur sur l'attitude des étudiants vis-à-vis de la technologie.

Cadre théorique

L'article se réfère à des études sur l'effet des environnements informatiques sur les réalisations et les conceptions des élèves (Tilidetzke 1992 ; Mayes, 1995).

Problématique

Le recours à un environnement informatique peut susciter des réactions négatives des étudiants (travail supplémentaire, rupture avec le contrat didactique ordinaire).

Méthodologie/ dispositif

L'étude compare les effets d'un cours traditionnel (niveau « collège » américain, contenu « algebra ») à ceux d'un cours incorporant un module d'enseignement assisté par ordinateur (une heure par semaine en laboratoire, pour un travail comportant exercices d'entraînement et problèmes de recherche, autour de tâches d'associations de représentations graphiques et d'expressions algébriques).

Le dispositif repose sur huit sections (environ 20 étudiants chacune, tous les étudiants disposent d'une calculatrice graphique) :

- six sections constituent le groupe de contrôle (dans trois d'entre elles, les enseignants intègrent les calculatrices graphiques dans leur enseignement, dans les trois autres les enseignants n'en parlent pas) ;
- deux sections constituent le groupe expérimental (dans lequel les enseignants utilisent les calculatrices graphiques en plus de l'heure hebdomadaire de laboratoire informatique).

Un pré-test et un post-test ainsi que des interviews video-enregistrées tentent de mesurer l'évolution du point de vue des étudiants sur la technologie, sur les mathématiques et sur leurs propres compétences construites à travers l'enseignement.

Analyse

Interprétation des données (contrôlée par le test statistique ANOVA) appuyée par des extraits de discussions ou entretiens.

Résultats/ conclusions

Deux types de différences apparaissent entre les groupes "contrôle" et "expérimental" :

- le deuxième groupe a développé une meilleure aptitude d'analyse graphique ou symbolique ;
- il a développé aussi une attitude plus critique vis-à-vis de la technologie (les étudiants continuent à en voir les bénéfices mais en distinguent désormais les désavantages).

Sur le deuxième point, les auteurs évoquent quelques explications à partir des entretiens avec les étudiants :

- une certaine confusion (l'enseignement donné pendant les heures de laboratoire est différent de celui dispensé pendant les heures normales);
- une certaine frustration (les ordinateurs ne sont pas disponibles en dehors des heures de laboratoire).

Sur le premier point, les auteurs évoquent la difficulté d'évaluer, à partir des réalisations des étudiants, ce qu'ils ont vraiment appris en environnement informatique : ne jamais tracer de graphiques "à la main" a probablement des conséquences qu'il faut étudier.

Perspectives : les auteurs concluent sur la nécessité de penser d'autres indicateurs de la compréhension, par les étudiants, des concepts fondamentaux.

Observations du lecteur

Il aurait été utile de disposer d'une analyse plus fine des résultats des différents groupes (en particulier les deux groupes témoins, avec et sans calculatrices intégrées). En l'état, cet article, en rupture avec les appréciations naïves dominantes dans la littérature anglo-saxonne, présente plusieurs intérêts :

- il va dans le sens des expérimentations "TI-92" en France (Artigue & al, F10) : importance de la mise à disposition permanente des outils pour les élèves, de l'intégration dans le cours lui-même - et pas à l'extérieur ;
- en affirmant que "la méthode est plus importante que le résultat", il appelle à considérer les techniques dans leur rapport aux connaissances construites.

Commentaire grille

L'article décrit des procédures d'évaluation des résultats et des représentations des élèves quant aux mathématiques et à l'environnement de l'étude (QCM, entretiens). Cela ne rentre pas dans la rubrique « séance d'enseignement » et la grille, sous sa première version, ne permettait pas de rendre compte de la détérioration des rapports des élèves avec l'environnement informatique.

CAZES C.	Un dispositif d'apprentissage des suites en 1ère année d'enseignement supérieur, formation à distance et nouvelles technologies	1996	Thèse de 3ème cycle ; Paris VII	R	F	A28
---------------------	--	-------------	--	----------	----------	------------

Raison du choix

Recherche appliquée au domaine de l'enseignement à distance, peu représenté dans ce corpus, mais qui peut être appelé à se développer (ce qui est déjà le cas dans les pays anglo-saxons).

Cadre théorique

Didactique des mathématiques appliquée à l'enseignement à distance.

Problématique

Créer et évaluer une ingénierie pour un public spécifique d'étudiant à distance sur le domaine précis de l'enseignement des suites numériques.

Méthodologie

Pour répondre au problème posé, l'auteur s'appuie sur les travaux de recherche didactiques concernant l'enseignement des suites et sur son étude de la situation d'enseignement à distance pour construire un dispositif intégrant deux logiciels, élaboré en collaboration avec une équipe pluridisciplinaire et une brochure d'utilisation. Ce dispositif est expérimenté sur un groupe de 30 étudiants.

Analyse

L'analyse comporte une évaluation en termes d'évolution de compétences juste après l'utilisation du dispositif, puis quelques mois plus tard et en termes de comparaison des compétences avec celles d'un groupe témoin d'étudiants à distance également. L'analyse prend aussi en compte l'opinion des étudiants sur le confort d'utilisation ainsi que l'étude des différents types d'utilisations par l'enregistrement informatique de leur travail.

Résultats/ Conclusions

Les résultats font apparaître de meilleurs résultats à court terme des étudiants du groupe expérimental en particulier les erreurs traquées sont moins fréquentes à moyen terme, les différences entre les groupes s'estompent. Les étudiants sont très satisfaits en terme de confort d'utilisation. Il est apparu une utilisation extrêmement variée aussi bien en durée qu'en fréquence et différents profils d'utilisateurs ont été mis en évidence, depuis le "stakhanoviste" jusqu'au «zappeur». La conclusion globale est que les nouvelles technologies sont un média privilégié pour faire profiter les "étudiants à distance" des acquis obtenus par les recherches en didactiques.

Observation du lecteur

La perspective ici n'est pas exactement l'intégration des nouvelles technologies dans la classe mais l'utilisation des nouvelles technologies dans des dispositifs d'enseignement variés tels que l'enseignement à distance ou semi-présentiel. Le problème est alors de chercher à médiatiser les connaissances didactiques actuelles. Parallèlement, l'enseignement à distance est un terrain d'expérimentation intéressant pour la didactique, notamment parce qu'il nécessite d'explicitement le dispositif pédagogique.

BROWN R.	Using Computer Algebra Systems to Introduce Algebra	1998	IJCAME, n°5.3, pp. 147-160	EI	AUS	AI 5
-----------------	--	-------------	-----------------------------------	-----------	------------	-------------

Raisons du choix

R. Brown est le coordinateur pour l'Australie de travaux sur l'utilisation des environnements informatiques dans l'enseignement des mathématiques dans l'enseignement secondaire.

Cadre théorique

- De façon implicite, une approche constructiviste de la construction des connaissances (Piaget) ;
- Les travaux de didactique de l'algèbre (Kieran et al. et Mason) : promouvoir différentes approches pour l'enseignement de l'algèbre : généralisation, résolution de problèmes par mise en équation, modélisation et approche fonctionnelle et le concept de variable.

Problématique

Pour permettre aux enseignants d'organiser l'intégration des Computer Algebra System, ici les TI-92 pour l'algèbre, les chercheurs doivent étudier les effets de la technologie sur l'apprentissage et l'enseignement de l'algèbre et du calcul. Il est donc nécessaire de considérer les façons d'étudier l'algèbre à l'aide de cette nouvelle technologie et les thèmes qui sont plus importants et plus porteurs dans ce milieu d'apprentissage.

Brown pose la question : comment associer un CAS à l'introduction de l'algèbre en classe ? par l'introduction d'activités qui ne mettent pas l'accent sur le calcul et l'apprentissage des habiletés à manipuler mais sur l'apprentissage du concept de variable et sa signification. L'utilisation du calculateur TI 92 devra permettre aux étudiants de développer la pensée algébrique et de se focaliser sur l'utilisation des variables pour expliquer et décrire le monde mathématique et en même temps réduire le besoin de développer des habiletés pour manipuler des expressions, ceci étant laissé au calculateur.

Méthodologie / dispositif

Durée : 4 semaines

Interne

Présentation du dispositif : 4 situations les plus utilisées au cours de 3 ans.

- une situation concernant une approche de l'algèbre comme arithmétique généralisée : exploration d'exemples du type $(1/n) - (1/(n+1))$ pour développer une généralisation du modèle correspondant à la propriété numérique étudiée.
- une situation pour substituer et donner du sens aux symboles (conduit à la nécessité d'une seule variable pour exprimer dénominateurs consécutifs)
- une situation pour étudier l'équivalence d'expressions
- une situation fonctionnelle
- une situation pour "regarder" les variables

Données recueillies : non précisé

Modalités d'étude : une classe d'élève de 7^{ième} (élève de 13 à 14 ans)

Modalités de travail dans la classe : non précisé

Statut de l'enseignant

Public : non volontaire

Analyse

Critères : rapport à l'algèbre et réussite du projet à utiliser la TI-92 pour développer la pensée algébrique en développant l'usage des variables

Modes de validation : ils reposent la plupart du temps sur des observations personnelles, réactions d'élèves.

Résultats / conclusions

Types de résultats : Cet environnement permet des activités d'apprentissage qui n'étaient pas possibles autrement. C'est un milieu d'apprentissage. On ne doit pas percevoir la technologie comme une menace sur les curriculum mais une opportunité pour les enseignants et les élèves pour sentir le pouvoir de l'algèbre.

Degré de généralité :

Dispositif modifié ou non :

Perspectives :

Observations du lecteur

Cet article donne des exemples de situations utilisant la TI-92 pour introduire l'algèbre dans une approche multidimensionnelle.

Mais on peut regretter que le dispositif expérimental ne soit pas présenté. Il n'y a pas de critique des résultats et la question de l'intégration des TI-92 dans les classes n'est pas abordée. Le très grand optimisme de cette étude contraste avec les résultats de l'étude de M. Artigue et al (F10) sur l'intégration des TI-92 en Première S.

CEDILLO, TENOCH & AVALOS	Algebra as language in use a study with 11-12 years old using graphic calculators	1997	Actes de PME XXI Lahti (Finlande), Vol. 2, pp. 137-144	R	M	AI 7
-------------------------------------	--	-------------	---	----------	----------	-------------

Raisons du choix

L'article est intéressant du fait qu'il présente un courant de recherche portant sur l'introduction de l'algèbre en collège, prenant appui sur le langage symbolique d'un calculatrice .

Cadre théorique

Didactique de l'algèbre. Les auteurs font aussi référence aux travaux de Bruner sur l'acquisition du langage pour appuyer leur méthodologie de recherche.

Problématique

Il s'agit d'étudier en quoi l'usage du langage symbolique d'un calculatrice comme moyen d'exprimer des propriétés numériques générales peut aider les élèves à percevoir le langage algébrique comme un outil de résolution de problèmes.

Méthodologie / dispositif

Durée : non précisé

Interne

Présentation du dispositif :

- Rôle de la calculatrice : 3 modes de représentation : expression algébrique, tableau de nombres en donnant des valeurs aux variables et représentation graphique ; la calculatrice permet une activité de jeu : l'élève doit reconnaître un modèle numérique et le reproduire ; deux niveaux d'interaction élève/machine ou élève/professeur sont possibles ;
- On rencontre 6 types de tâches correspondant aux tâches « shaped a didactic route to algebra didactic problem solving » : expression de propriétés générales (type 1 et 2), équivalence d'expressions (type 3), recherche de l'inverse d'une fonction (type 4), recherche de fonctions linéaires décroissantes (type 5), résolution de problèmes (type 6).

Le contexte d'utilisation est présenté sommairement (sessions de 50 minutes)

Données recueillies : Ecrits des élèves, les interviews individuels (deux fois pendant l'étude, une fois à la fin), les notes des chercheurs prises lors de chaque session en classe durant la recherche conservant les interventions des élèves.

Modalités d'étude : étude de cas : 8 élèves d'une classe de 23 élèves de 11 à 12 ans qui n'avaient pas commencé l'apprentissage de l'algèbre. Ils ont été sélectionnés selon leur niveau mathématique.

Modalités de travail dans la classe :

Statut de l'enseignant

Public : des élèves d'une classe

Analyse

Critères : la capacité à utiliser le langage de la calculatrice pour résoudre les problèmes, les stratégies et les écritures, la capacité à gérer la notion d'équivalence d'expression, à prendre l'inverse d'une fonction linéaire.

Modes de validation : analyse des écrits des élèves et des interviews.

Résultats / conclusions

Types de résultats : rôle fondamental de l'environnement pour la réussite de l'étude : quel que soit leur niveau, les huit élèves ont été capables d'utiliser le langage de la calculatrice pour résoudre les problèmes algébriques.

Les auteurs insistent sur la différence de résultats avec des études proches mais ayant lieu dans un contexte papier/crayon. Les différences de résultats sont essentiellement liées :

1. Au fait que le langage utilisé pour les calculs est celui utilisé dans un environnement informatique, ce qui place les enfants à l'intérieur d'un milieu où la formulation algébrique devient une partie inhérente de la situation problème à résoudre. L'usage du langage de la calculatrice mène les enfants à décrire les relations de la situation problème, même s'ils font déjà cette description en langage naturel. Ils peuvent ignorer cette contrainte, si les règles sont trop sophistiquées. Il y a centration sur la structure opératoire des expressions calculées.
2. Au contenu mathématique et à la nature des tâches réalisées.

Perspectives :

Cette étude rejoint d'autres travaux (Graham, Thomas 1997) qui utilisent un module de travail avec calculatrice pour produire un environnement dans lequel l'élève peut commencer à comprendre la notion de variable.

Il reste de nombreux aspects que les élèves n'ont pas rencontrés lors de cette étude.

Questions : L'approche pragmatique de l'enseignement et de l'apprentissage de l'algèbre peut-elle aider ou rendre difficile plus difficile d'autres apprentissages en algèbre tels que :

- l'apprentissage de règles formelles de manipulation algébrique ?
- un apprentissage de méthodes plus formelles pour établir l'équivalence d'expressions ?
- etc.

Observations du lecteur

Critique du lecteur :

- une appréciation positive : le recours aux calculatrices entraîne un enrichissement certain de l'activité algébrique et place les enfants à l'intérieur d'un milieu où la formulation algébrique devient une partie inhérente de la situation problème à résoudre ;
- une première remarque négative : l'article ne montre pas le contexte d'utilisation de l'environnement informatique, ce qui réduit la portée de l'étude ;
- une deuxième remarque négative : les questions d'intégration d'instruments, de gestion du temps, d'institutionnalisation sont encore une fois évacuées ;

Croisement : Cette étude rejoint d'autres travaux (Graham, Thomas 1997) qui utilisent un module de travail avec calculatrice pour produire un environnement dans lequel l'élève puisse commencer à comprendre la notion de variable.

CLAROU P.	Réflexions à propos de l'utilisation des calculatrices dans l'enseignement (deuxième partie)	1996	Petit x n°39 pp. 55-78 n° 40 pp. 15-39	P	F	AI 9
------------------	---	-------------	---	----------	----------	-------------

Raisons du choix

L'article est intéressant du fait qu'il présente un état des lieux sur l'utilisation des calculatrices en collège - seconde en France.

Cadre théorique

Il n'est pas explicité.

Objectifs

Après quelques réflexions sur l'utilisation des calculatrices dans l'enseignement à l'école élémentaire, en collège et au lycée, l'auteur propose quelques activités pouvant répondre à trois objectifs : utilisation plus rationnelle des calculatrices, compréhension du principe général de fonctionnement et éclairage différent de certaines notions mathématiques.

Méthodologie / dispositif

Durée, Présentation du dispositif, Données recueillies, Modalités d'étude, Modalités de travail dans la classe, Statut de l'enseignant, Public.

Analyse

Critères :

Modes de validation :

Résultats / conclusions

Types de résultats : L'auteur propose :

- **une typologie des calculatrices**
- **un état des lieux sur l'utilisation des calculatrices :**
 - à l'école élémentaire : les calculatrices sont peu à peu délaissées par les maîtres, vu les problèmes de gestion des activités en classe,
 - en collège : il en est fait un usage intensif sans prise en compte par les maîtres de leur appropriation,
 - en seconde au lycée : elles sont utilisées en classe, mais il n'y a pas mention d'activités spécifiques incluant cet outil.
- **une nécessaire prise en compte des calculatrices dans l'enseignement avec**
 - quelques avantages : leur usage permet une plus grande activité et autonomie des élèves et un accès large à des résultats pour conjecturer, vérifier, aborder le traitement automatique d'informations
 - quelques difficultés :
 - la prise de conscience que l'usage de la calculatrice ne remet pas en cause la nécessité d'une maîtrise des algorithmes traditionnels (ce qui n'est pas le cas pour de nombreux élèves) et peut même y contribuer ;
 - l'organisation de la conduite de la classe : grande crainte de certains professeurs face à des élèves plus actifs et autonomes et qui semblent maîtriser le fonctionnement des machines (ce qui est une illusion) ;
 - la conception des nombres liée aux problèmes de représentation en machine.

- des objectifs visés par l'usage des calculatrices : maîtrise de "l'instrument de calcul", compréhension du fonctionnement et éclairage différent permettant une appréhension plus approfondie de notions mathématiques.
- Une aide à l'utilisation rationnelle
- Une démystification.
- Des contenus d'enseignements pour lesquels l'usage des calculatrices s'avère intéressant au collège et en seconde
- Des propositions d'activités dans les trois niveaux.

Observations du lecteur

Une réflexion sans expérimentation mais exploitable dans la définition d'une problématique de l'intégration

GRATRAM A. & THOMAS M.	Tapping into algebraic variables through the graphic calculator	1997	Actes de PME XXI Lahti (Finlande), Vol. 3, pp. 9-16	R	NZ UK	AI 14
-----------------------------------	--	-------------	--	----------	------------------	--------------

Raisons du choix

Cet article récent est dans la lignée d'un ensemble de travaux réalisés depuis une dizaine d'années autour de D. Tall et M. Thomas. Ils correspondent à un courant de recherche sur l'apport et l'utilisation d'environnements informatiques à la compréhension et à l'apprentissage de concepts mathématiques en algèbre, ici la notion de variable en début d'apprentissage de l'algèbre. Ces environnements permettent aux élèves de manipuler des exemples numériques, de faire des conjectures, de les tester et d'acquérir ainsi une expérience mathématique qui peut leur permettre de construire un plus haut niveau d'abstraction.

Dans le cadre de cet article, les auteurs insistent sur la lente entrée des environnements informatiques en classe de mathématiques : une des raisons évoquée est le manque de ressources aussi bien en termes de matériel informatique que de logiciel testé et ayant fait ses preuves. Ils espèrent un changement avec l'arrivée des calculatrices pour deux raisons :

1. comme l'ordinateur, la calculatrice utilise de façon intrinsèque les variables dans les opérations ;
2. la calculatrice permet des expérimentations et interactions multiples grâce aux entrées/sorties.

Ils posent la question de l'intégration de la calculatrice en cours de mathématiques.

Cadre théorique

Les travaux concernant la notion de procept (Gray et Tall, 1994) ;

Les travaux de didactique de l'algèbre (Kieran 1994, Sfard 1995) ;

Les travaux concernant l'utilisation de l'ordinateur pour introduire l'algèbre et des concepts mathématiques ("principe of selective construction") (Tall et Thomas, 1991).

Problématique

Dans cette recherche, les chercheurs essaient de combiner les avantages des calculatrices (présentés ci-dessus) avec les principes et techniques appris avec l'usage des ordinateurs lors des recherches précédentes concernant l'apprentissage de la notion de variable. Ils étudient comment la calculatrice peut être effectivement utilisée dans la classe pour favoriser l'apprentissage de la notion de variable en début d'apprentissage de l'algèbre.

Méthodologie / dispositif

Durée : 3 semaines

Interne : classe contrôle avec enseignement habituel d'algèbre et classes expérimentales avec utilisation de la TI-80 en cours d'algèbre.

Présentation du dispositif : assez sommaire.

Données recueillies : productions écrites [pré-test (28 questions) et post-test (68 questions) es correspondant à celles de la recherche de Kuchemann (1981)].

Modalités d'étude : classes d'élèves de 12 à 14 ans de niveau moyen ou bon.

Modalités de travail dans la classe :

1. Prise en main de la calculatrice par les élèves qui, pour la plupart, n'avaient aucune expérience pour les amener à manipuler des expressions et à faire des conjectures.

2. Expérimentation où une des tâches était de reproduire le tableau de données à l'aide de la calculatrice, en utilisant des variables.

Statut de l'enseignant : enseignants volontaires pour participer à la recherche et formés pendant un week end par les chercheurs à utiliser la TI-80.

Public : élèves de classes d'un projet accepté par professeur.

Analyse

Critères : la réussite de l'étude repose sur une meilleure compréhension des concepts d'inconnue, de nombre généralisé et de variable entre les pré-test et post-test ;

Modes de validation : analyse statistique et commentaires d'élèves et d'enseignants.

Résultats / conclusions

Types de résultats : meilleurs résultats statistiques dans les classes expérimentales : l'utilisation de la calculatrice a permis aux élèves d'améliorer leur compréhension des concepts d'inconnue, nombre généralisé et variable.

La plupart des élèves apprécient l'expérimentation et trouvèrent que l'utilisation de la calculatrice leur permettait d'améliorer leur compréhension et de faire un apprentissage de l'algèbre plus « palpable ».

Les enseignants font plusieurs remarques ; l'utilisation de la calculatrice :

- fait ressortir l'idée de variable comme moyen de stocker des nombres,
- favorise les échanges et le débat mathématique,
- motive les élèves pour faire de l'algèbre (cet intérêt ne diminua pas dans certaines classes), ce qui alla au-delà des attentes des chercheurs.

Un enseignant propose de donner aux élèves des exercices analogues à la maison pour que les élèves puissent continuer leur réflexion.

Perspectives : la plupart des enseignants veulent recommencer l'expérimentation en y apportant quelques modifications (lien avec le calcul algébrique, lien avec le curriculum habituel d'enseignement de l'algèbre, lien avec le travail personnel des élèves, etc.). Une recherche analogue est réalisée en Nouvelle-Zélande et montre des résultats proches.

Observations du lecteur

Critique du lecteur :

- une appréciation positive : le recours aux calculatrices entraîne un enrichissement certain de l'activité algébrique et permet d'engager les élèves dans un apprentissage de la notion de variable ;

- une première remarque négative : l'article ne permet pas suffisamment de connaître les activités algébriques réalisées en classe, le rôle effectif de la calculatrice dans les interactions dans les débats en classe, ce qui réduit la portée de l'étude.

Croisement : on peut faire un parallèle de l'expérimentation proposée avec celle de Cedillo et Tenoch (A1 7).

Remarques grille lecture phase 2

Cet article montre une expérimentation avec calculatrice incluant une phase de prise en main. Les résultats encourageants s'appuient sur une expérimentation avec groupe de contrôle. L'article ne permet pas d'analyser les processus d'instrumentation ou d'instrumentalisation.

ROUSSELET M.	Can DERIVE ease the learning of elementary algebra?	1996	IDJ n°3.3 pp. 5-12	EI	F	AI 28
---------------------	--	-------------	---------------------------	-----------	----------	--------------

Raisons du choix

L'auteur de cet article a une expérience importante de formation des enseignants à l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement des mathématiques et a écrit plusieurs livres sur ce sujet. Voici un article parmi tant d'autres qui propose des hypothèses sur les apports d'un logiciel, ici Dérive, aux premiers apprentissages en algèbre et en géométrie analytique. L'article se termine par des conclusions très générales et peu appuyées.

Cadre théorique

Celui-ci n'est pas explicité. On peut néanmoins repérer quelques grands cadres implicites : une approche constructiviste de la construction des connaissances (Piaget), une approche « expérimentale » des mathématiques (Lakatos).

Problématique

Ce travail s'inscrit dans un projet d'enseignement intégrant le logiciel dérive : il conduit à exhiber un ensemble de questions et d'hypothèses concernant l'intégration du logiciel DERIVE.

Méthodologie / dispositif

Durée : L'auteur a testé dans ses classes, sur une durée assez longue de 3 ans.

Validation interne

Présentation du dispositif : non

Données recueillies :

Modalités d'étude :

Modalités de travail dans la classe :

Statut de l'enseignant : expérimentateur

Public : non volontaire

Analyse

Critères et Modes de validation : pas d'analyse, les apports reposent la plupart du temps sur des observations personnelles et sont illustrés par un exemple. Les apports puis les hypothèses ne sont pas discutés.

Résultats / conclusions

Types de résultats : les hypothèses et les questions suivantes, évoquées, ne sont pas discutées :

Ce qu'apporte DERIVE aux premiers apprentissages en algèbre

- une meilleure compréhension des règles syntaxiques grâce à un travail d'articulation entre registres,
- un élargissement de la notion de nombre,
- une meilleure compréhension des actions mathématiques par analyse de la transformation proposée par DERIVE,

- une proposition d'intégration du logiciel DERIVE : recherche P/C, solution de DERIVE, explicitation du résultat proposé par le logiciel en construisant une preuve correcte P/C,
- la possibilité de focaliser l'enseignement sur l'apprentissage des méthodes de résolution d'un système de deux équations linéaires à deux inconnues.

Des questions:

- Jusqu'où doit-on enseigner les procédés de calcul à la main ?
- Quelles techniques les élèves doivent-ils connaître et avec quel degré de technicité ?
- Quels procédés de calcul doit-on déléguer à DERIVE ? Doit-on le réaliser ? Etc.

Des convictions :

- Ce que DERIVE ne changera pas : le contenu des premiers apprentissages en algèbre (développement, factorisation, résolution d'équations, tout ce qui concerne l'apprentissage des manipulations) ;
- Ce que DERIVE changera : le style et le mode de travail. Les exercices et problèmes seront d'une plus grande envergure et plus complets.

Perspectives : continuer la réflexion.

Observations du lecteur

Critique du lecteur :

- une appréciation positive : Cet article montre que le recours à DERIVE entraîne un enrichissement certain de l'activité mathématique.
- une première remarque négative : l'ignorance de cadre théorique entraîne une certaine naïveté sur le rôle de DERIVE (cf. (Artigue et al, F10) sur l'utilisation de TI-92 et de DERIVE)
- une deuxième remarque négative : le fait de ne pas envisager l'apport et les contraintes spécifiques d'un logiciel comme Derive réduit la portée de l'étude. La non-présence d'une expérimentation réduit aussi la portée de l'étude.

Croisement : de ce point de vue, on peut opposer ce document à l'article (Trouche, A23).

Voir aussi (Klinger, 1996) : un exemple intéressant d'examen y est donné (calcul de l'aire d'un trapèze de quatre façons différentes et utilisation de DERIVE pour vérifier l'équivalence des quatre expressions).

TALL D.	Interrelationships, between mind and computer: processes, images, symbols.	1993	Advanced Educational Technologies for Mathematics and Science, Springer Verlag, NATO ASI series F, Vol 107 pp. 385-414	RG	UK	AI 29
----------------	---	-------------	---	-----------	-----------	--------------

Raisons du choix

L'article est un article de base présentant une réflexion sur l'apport des outils informatiques à l'apprentissage.

Cadre théorique

Théorie de la « selective construction of mathematical concepts » (Tall 1993) : l'enseignant peut fournir un environnement informatique capable de réaliser différentes méthodes pour l'apprentissage d'une notion donnée (algorithmes de calcul, représentations graphiques, etc.) : ce milieu rend possible une nouvelle forme d'apprentissage qui libère l'élève de certaines tâches et lui permet ainsi de se centrer sur un objectif d'apprentissage donné, soit la construction de relations mentales importantes pour la conceptualisation d'un concept, soit l'étude d'un algorithme de calcul implémenté dans le logiciel, soit une représentation, etc.

Problématique

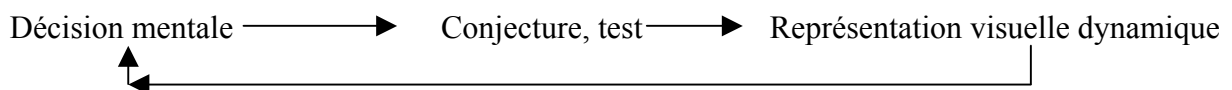
Cet article présente des résultats de recherches réalisées à la Warwick University Mathematics Education Research Center. Ces travaux ont permis :

- l'observation de difficultés conceptuelles des élèves,
- la définition et le test d'environnements informatiques proposant des méthodes de résolution sélectionnées en fonction d'objectifs d'apprentissage donnés, à faire expérimenter par des professeurs et à faire explorer aux élèves.

Champs présentés dans cet article : algèbre, trigonométrie, calcul différentiel.

C'est l'occasion de revenir sur plusieurs idées sur lesquelles s'appuient ces travaux :

- le mode de construction des connaissances proposé : les environnements informatiques permettent différents modes d'entrée dans l'apprentissage d'un concept, choisis dans le but de faire construire différents aspects d'une connaissance,
- le rôle des « generic organizer », micro-mondes qui permettent à l'apprenant de manipuler des exemples génériques et contre-exemples d'un concept mathématique ou d'un système de concepts (algebraic maths machine, trigonometric software).
- La définition des interfaces homme – machine (importance essentielle de l'implémentation) reposant sur le système de feed-back suivant :



- Le rôle des représentations graphiques et des images dans la construction des connaissances,
- La nécessité d'étudier les procédés internes de représentation des connaissances, implémentés dans les logiciels et la mise en évidence de la non-transparence des environnements informatiques (images définies par algorithmes de calcul)

Méthodologie / dispositif

Plusieurs travaux sont référencés mais non détaillés :

(1) Thomas (1988) : introduction du symbolisme algébrique à travers la programmation en basic ; algebraic maths machine permet plusieurs activités :

- instancier des variables pour comparer des expressions algébriques et permettre aux élèves d'étudier l'identité des expressions et non les calculs en jeu,
- jeu contre l'ordinateur dans des tâches de calcul numérique,
- tâches de conjecture et de test.

(2) Blackett (1990) : introduction de la trigonométrie ;

(3) Thomas et Tall (1990) : Graphic Calculus pour introduire des exemples de fonctions différentiables ;

(4) Tall (1989) : Solution Sketcher pour résoudre des équations différentielles (représentation graphique d'une solution approchée de l'équation différentielle).

Durée : plusieurs années

Résultats / conclusions

Types de résultats (en liaison avec le savoir algébrique) :

- (1) une amélioration significative des résultats pour surmonter les obstacles cognitifs et pour acquérir une meilleure signification du symbolisme algébrique, avec des aspects plus variés, en particulier dans la manipulation des expressions (en ce qui concerne l'équivalence d'expressions algébriques), des inégalités et la résolution des équations linéaires.

L'environnement informatique ne permet pas de manipulation formelle : mais les résultats des élèves concernant les calculs formels (calcul de dérivées) sont identiques à ceux obtenus dans le cadre d'un enseignement classique (les bases conceptuelles étant construites, il faut moins de temps pour atteindre un niveau formel donné).

- (2) les environnements informatiques de type «generic organizer» travaillent à un niveau générique plutôt qu'à un niveau abstrait (définition formelle). Ces environnements informatiques favorisent-ils une pensée générique ou abstraite ? D. Tall spécifie des limites dans ce stade de construction d'un concept, mais il pense qu'il y a un meilleur fondement conceptuel à partir d'exemples et contre-exemples qu'à partir de procédés routiniers. Après cette étape, une reconstruction cognitive est nécessaire pour atteindre le niveau abstrait.

Observations du lecteur

Croisement : six ans plus tard, les articles sont moins euphoriques (cf. article de Thomas et Gratam, PME 1997) : les environnements informatiques sont peu utilisés. Thomas reprend les mêmes idées en les développant pour des calculatrices.

Remarques grille lecture phase 2 : Cet article montre une recherche qui aborde la question de la transformation du savoir en jeu. Ces environnements informatiques favorisent une pensée générique et non une pensée abstraite. On propose un moyen de le dépasser : une reconstruction cognitive pour atteindre le niveau abstrait.

KIERAN C., BOILEAU A., GARANÇON M.	Introducing algebra by means of technology- supported, functional approach	1996	Approches to algebra, Perspectives for research and teaching pp. 257-293 Kluwer Academic Publishers	R	C	AI 32
---	---	-------------	--	----------	----------	--------------

Raisons du choix

L'article est représentatif d'un courant de réflexion sur la conception d'environnement informatique d'apprentissage pour introduire l'algèbre en collège.

Cadre théorique

La recherche s'appuie :

- implicitement, sur l'idée du caractère productif du graphique comme support du formalisme mathématique (Tall) ;
- sur les travaux de didactique de l'algèbre (Kieran, Sfard et Linchevski 1994, Schwartz et Yerushalmy 1992).

L'environnement informatique CARAPACE développé dans le projet de recherche s'appuie sur une approche fonctionnelle concernant l'introduction de l'algèbre. Les lettres sont considérées au début avec un statut de variable plutôt que d'inconnue.

Problématique

La recherche (six études) étudie différents aspects de l'introduction de l'algèbre auprès de différents groupes d'élèves de 12 à 15 à l'aide de moyens technologiques basés sur une approche fonctionnelle. Le logiciel sur lequel repose cette recherche est le logiciel CARAPACE, un environnement de résolution de problèmes fonctionnels qui inclut trois modes de représentation : « algorithmique », tableau de nombres et représentation graphique. La représentation « algorithmique » de CARAPACE n'est pas un symbolisme traditionnel mais plutôt une sorte de représentation en langage naturel (s'appuie sur les recherches concernant le développement historique du symbolisme algébrique). Six études :

Etude 1 (1987-1988) : conjecture et test de méthodes numériques de résolution ;

Etude 2 (1988-1989) : uénération de représentations algorithmique fonctionnelle ;

Etude 3 (1989-1990) : transition vers des représentations algébriques plus standard ;

Etude 4 (1990-1991) : utilisation des représentations graphiques pour résoudre les problèmes ;

Etude 5 (1991-1992) : produire, interpréter et modifier des représentations graphiques.

Méthodologie / dispositif

Durée : 7 ans de recherche

Interne

Présentation du dispositif : sommaire. Le logiciel CARAPACE est utilisé avec des versions évolutives

Données recueillies : productions d'élèves et comportements

Etude 1 (1987-1988)

Modalités d'étude : 2 élèves de sixth grade (12 ans) d'un bon niveau

Modalités de travail dans la classe : hors de la classe ; travail individuel avec chercheur pendant une session de 60-90 minutes par semaine pendant 10 semaines

Etude 2 (1988-1989)

Modalités d'étude : 12 élèves de seventh grade (13 ans) d'un niveau moyen ;

Modalités de travail dans la classe : Hors de la classe ; travail individuel avec chercheur pour certains ou par groupe de deux pour les autres élèves pendant 2 sessions de 1 heure par semaine pendant 4 mois.

Etude 3 (1989-1990)

Modalités d'étude : 8 élèves de eighth grade (14 ans) d'un niveau moyen ;

Modalités de travail dans la classe : hors de la classe ; travail par binôme pendant 2 sessions de 50 minutes par semaine pendant 4 mois (4 des élèves avaient participé à l'étude précédente, les 4 autres avaient travaillé à la fin de l'année scolaire pendant 3 mois avec les chercheurs).

Etude 4 (1990-1991)

Modalités d'étude : 4 élèves de ninth grade (15 ans) qui avaient participé aux 3 années de recherche précédente.

Modalités de travail dans la classe : hors de la classe ; travail par binôme pendant 14 sessions deux fois par semaine.

Etude 5 (1991-1992)

Modalités d'étude : 4 élèves de seventh grade (13 ans) ;

Modalités de travail dans la classe : hors de la classe ; travail par binôme pendant 13 sessions d'une heure deux fois par semaine

Etude 6 (1992-1993) :

Modalités d'étude : 1 élève de eighth grade (14 ans)

Modalités de travail dans la classe : hors de la classe; 12 sessions (2 par semaine) soit environ 20 h. Etude de l'évolution de la prise de conscience du sujet concernant les familles de fonctions linéaires et quadratiques et le rôle des paramètres.

Statut de l'enseignant : non présent.

Public : choisi.

Analyse

Critères : l'apprentissage des premières notions d'algèbre (statut des lettres, manipulation d'expressions, rôle des différents modes de représentation,)

Modes de validation : étude de cas ; étude de l'évolution des procédures de résolution de problèmes, de l'évolution du statut des lettres évoqués et mobilisés par les élèves lors des résolutions, des règles de manipulation dans cet environnement, rôle des différents modes de représentation.

Résultats / conclusions

Types de résultats :

1. Inconnue / variable : L'entrée dans la pensée algébrique à partir de la notion de variable (lettre prenant un ensemble de valeurs numériques) permet d'approcher la notion d'inconnue (lettre prenant une ou plusieurs valeurs vérifiant une condition donnée) dans un contexte plus large : cette approche ne semble pas confronter les élèves aux obstacles rencontrés dans l'approche usuelle.
2. Rôles des différentes représentations de fonctions : Le travail dans l'environnement CARAPACE montre que les élèves ne peuvent pas construire spontanément des connaissances concernant la manipulation algébrique et les différentes formes d'expressions des familles de fonctions. Les élèves privilégient les approches numériques et ont des difficultés à abstraire le rôle des paramètres des fonction linéaires et quadratiques. Mais le travail dans cet environnement ne provoque pas des obstacles.
3. Notre approche de la résolution de problème dans l'environnement CARAPACE : est-ce de l'algèbre ? Cette recherche met en évidence que l'approche fonctionnelle mise en jeu dans

CARAPACE mobilise quelques processus de pensée qui peuvent être considérés comme faisant partie de l'algèbre traditionnelle (représentation globale d'un problème, généralisation à partir d'exemples). Mais, ce partage de modes de pensée ne prend pas en compte ni les caractéristiques d'écriture, ni la manipulation d'écritures. L'algèbre est plus qu'un outil qui permet de résoudre des problèmes, c'est aussi un langage qui sous-tend des concepts tels que les inconnues, les variables, les fonctions les équations, etc., un ensemble de transformations, un moyen de mathématiser des situations; etc. L'environnement CARAPACE ne fournit qu'une partie des caractéristiques de l'algèbre.

4. Remarque sur les environnements d'apprentissage informatique : il est nécessaire d'utiliser les nouveaux environnements (calculateurs, tableurs, résolveurs, etc.). Ces environnements utilisent différents modes de représentation qui ne sont pas facilement accessibles aux élèves. Par conséquent, il y a une place pour des logiciels pédagogiques visant des apprentissages spécifiques (cf. CARAPACE).
5. Remarque sur l'utilisation pédagogique : les situations proposées dans CARAPACE correspondent à un savoir minimum algébrique. La manipulation algébrique doit peut-être être réservée à des étudiants scientifiques.

Dispositif modifié ou non : évolution du logiciel

Perspectives : continuer l'étude sur l'introduction de la manipulation symbolique à des étudiants qui ont découvert l'algèbre avec CARAPACE.

Observations du lecteur

Critique du lecteur :

- une appréciation positive : le recours à cet environnement entraîne un enrichissement certain de l'activité algébrique et permet d'engager les élèves dans un apprentissage de la notion de variable et dans une meilleure flexibilité entre registres de représentation
- une première remarque négative : l'article ne permet pas suffisamment de connaître le rôle effectif de l'environnement dans les interactions entre élèves, ce qui réduit la portée de l'étude. Il n'y a pas d'utilisation en classe.

Croisements : les résultats rejoignent ceux rencontrés dans l'article de Tall. Les environnements informatiques de type «generic organizer» travaillent à un niveau générique plutôt qu'à un niveau abstrait (définition formelle). Ces environnements informatiques favorisent-ils une pensée générique ou abstraite ? D. Tall spécifie des limites dans ce stade de construction d'un concept, mais il y a un meilleur fondement conceptuel à partir d'exemples et contre-exemples qu'à partir de procédés routiniers. Après cette étape, une reconstruction cognitive est nécessaire pour atteindre le niveau abstrait.

Remarques grille lecture phase 2

Concernant l'approche instrumentale, l'article insiste tout particulièrement sur les potentialités de l'outil liée à l'utilisation d'une sorte de représentation en langage naturel pour exprimer des relations. L'article ne permet pas d'analyser les processus d'instrumentation.

Concernant l'approche épistémologique, l'article aborde une question cruciale : les situations proposées selon l'approche fonctionnelle considérée permettent-elles à un enseignement de l'algèbre ? Les auteurs fournissent une réponse : l'algèbre est plus qu'un outil qui permet de résoudre des problèmes, c'est aussi un langage qui sous-tend des concepts tels que les inconnues, les variables, les fonctions, les équations pour mathématiser des situations, puis un ensemble de transformations pour résoudre les problèmes. L'environnement CARAPACE ne donne accès qu'à une partie des caractéristiques de l'algèbre.

GROVES S.	The effect of calculator use on third and fourth grader's computation and choice of calculating device	1994	Actes de PME XVIII (Lisbon), Vol. 3, pp. 33-40	R	AUS	C8
------------------	---	-------------	---	----------	------------	-----------

GROVES S.	The tension between curriculum goals and young children's construction of number. One teacher's experience in the calculators in Primary Mathematics Project	1995	Actes de PME 19 (Bresil), Vol. 3 pp. 288-295	R	AUS	C9
------------------	---	-------------	---	----------	------------	-----------

Raisons du choix

Cette étude semble représentative d'une investigation sur les effets à long terme de l'usage des calculatrices sur l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire dans un pays anglo-saxon.

Cadre théorique

Théorie socio-constructiviste de l'apprentissage.

Problématique

Cette étude, correspondant au projet « Calculators in Primary Mathematics », est une investigation à long terme sur les effets de l'introduction et de l'usage des calculatrices dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire en Australie : changements dans les attentes des professeurs concernant les performances mathématiques de leurs élèves et l'impact sur le curriculum, changements dans les croyances et les pratiques d'enseignement des professeurs. Elle fait suite à plusieurs études ayant eu lieu au Canada et aux USA indiquant la faiblesse des performances des élèves de « fourth to seventh grade » dans des tâches de calcul mental et leurs choix de calcul inappropriés, la plupart préférant le papier-crayon ou les calculatrices au calcul mental.

Cet article se centre sur les effets à long terme de l'usage des calculatrices sur le calcul des élèves et le choix des moyens et procédés de calcul.

Hypothèses : les élèves utilisant les calculatrices seront plus à l'aise avec les grands nombres et vont construire plus facilement certains concepts (nombres relatifs, compréhension de la notation décimale) à un âge plus précoce.

Méthodologie / dispositif

Durée : 3 ans

Interne : non. Groupe de contrôle, groupe expérimental

Présentation du dispositif : sommaire

Données recueillies : productions orales lors d'interview d'au moins 30 mn

Modalités d'étude : 110 élèves (52 en 1991 et 58 en 1993) des classes de grade 3 et 4 de six écoles (3 choisis au hasard, garçons et filles)

Modalités de travail dans la classe : non présentées

Statut de l'enseignant : enseignants des classes

Public : élèves choisis au hasard dans classes faisant partie du projet

Analyse

Critères : tester les élèves sur 24 items en fonction des critères suivants :

- compréhension du système décimal.
- les stratégies de calcul pour des types de tâches données
- leur capacité à résoudre des problèmes arithmétiques des champ multiplicatif avec ou sans calculatrice, le choix du moyen de calcul étant laissé à l'élève. Plusieurs types de matériels sont disponibles : matériel multibase, P/C, calculatrice

Moyens de validation : étude statistique, analyse des interviews (procédures et choix du moyen de calcul).

Résultats / conclusions

Types de résultats : les élèves ayant une longue expérience des calculatrices réussissent significativement mieux à la plupart des 24 items mobilisant connaissances concernant les grands nombres, la soustraction avec un nombre négatif comme réponse, division avec reste, multiplication et division de grandeurs (argent). De plus, ces élèves réalisent des choix de moyens de calcul plus appropriés et sont capables d'interpréter leurs réponses en utilisant les calculatrices, plus particulièrement pour les réponses décimales.

Dispositif modifié ou non : oui en ce qui concerne l'organisation des interviews.

Perspectives : Comme moyen de calcul, la calculatrice semble être une aide à l'enseignement, très flexible, qui a la possibilité de transformer radicalement l'enseignement des mathématiques en permettant aux élèves d'expérimenter et de construire leurs représentations des nombres. Les enseignants intégrés depuis longtemps dans le projet ont adopté un style d'enseignement plus ouvert : la calculatrice facilite la discussion mathématique et le partage des procédures de résolution des enfants, ce qui permet au professeur de s'appuyer davantage sur leurs modes de pensée. Cela nécessite de la part de la majorité des professeurs une révolution conceptuelle de leur conception de l'enseignement qui demeure encore « transmissive ».

L'article «The tension between curriculum goals and young children's construction of number. One teacher's experience in the calculators in Primary Mathematics Projet » de Susie Groves dans PME 19 de 1995 complète l'analyse de l'évolution des représentations d'un professeur dans le cadre du projet présenté.

Observations du lecteur

Critique du lecteur : les scénarios d'usage de la calculatrice comme moyen de calcul dans la classe de mathématique ne sont pas du tout explicités, ce qui atténue la portée des résultats présentés. La question de l'intégration des calculatrices dans l'enseignement des mathématiques n'est donc pas encore abordée, ni celle concernant l'institutionnalisation de certaines connaissances liées à l'usage de ces instruments.

HATIVA N. & COHEN D.	Self learning of negative number concepts by lower division elementary students through solving computer-provided numerical problems	1995	ESM 28 pp. 401-431	R	IS	C 10
---------------------------------	---	-------------	---------------------------	----------	-----------	-------------

Raisons du choix

L'article montre les raisons du choix de chercheurs qui utilisent un environnement informatique pour introduire le concept de nombres négatifs et relatifs pour des élèves jeunes du "fourth grade".

Cadre théorique

- Les travaux de didactique concernant l'apprentissage du concept de nombre relatif (Janvier, 1985), (Murray, 1987), (Thompson et dreyfus, 1988) ;
- Les travaux sur l'apprentissage individuel à partir d'exemples (VanLehn 1986), Zhu et Simon 1987).

Problématique

Cette recherche examine la faisabilité d'un enseignement du concept de nombre négatif (ici entier) à des élèves plus jeunes que ceux auxquels on enseigne habituellement ce concept. La méthode suggérée utilise un environnement informatique pour favoriser des processus d'apprentissage autonomes à travers la résolution de problèmes adaptés aux aptitudes des élèves. Cet environnement s'appuie sur la droite numérique comme modèle intuitif des nombres relatifs .

Méthodologie / dispositif

Durée : 12 séances de 45 mn une fois par semaine.

Externe : une classe témoin et une classe utilisant l'environnement informatique.

Présentation du dispositif : un pré-test, deux semaines avant le début de l'expérimentation ; 2 sessions préliminaires pour prendre en main le logiciel (méthodes d'utilisation et environnement) avec des problèmes semblables à ceux à traiter pendant l'expérimentation mais sur des nombres entiers ; 12 séances de 45 mn une fois par semaine par demi-groupes ; post-test sur les mêmes exercices.

Données recueillies : pré-test et post-test dans la classe témoin et la classe expérimentale ; productions écrites et orales lors des séances (questions posées par élèves, leurs réponses), les sessions enregistrées sur ordinateur ; les interviews de 28 élèves des deux classes.

Modalités d'étude : étude de deux classes de fourth-grade.

Modalités de travail dans la classe : travail individuel sur ordinateur dans la classe expérimentale sur une classe de problèmes, mêmes exercices travaillés à la maison P/C et calculatrices.

Statut de l'enseignant : professeur de la classe

Public : classes choisies au hasard

Analyse

Critères : relatifs à quatre objectifs : placer un nombre relatif sur la droite numérique, comparer deux nombres relatifs, estimer la distance entre deux nombres relatifs, réaliser des additions et soustractions simples.

Modes de validation : étude statistique, analyse des interviews (conceptions des nombres négatifs, stratégies d'addition et de soustraction des entiers relatifs).

Résultats / conclusions

Types de résultats : L'étude montre la faisabilité du projet pour des élèves de fourh-grade : les élèves, quelques soient leurs aptitudes mathématiques, progressent plus que les élèves de la classe témoin pour trois des objectifs (placer un nombre relatif sur la droite numérique, comparer deux nombres relatifs, estimer la distance entre deux nombres relatifs). Pour le quatrième objectif, cela reste très difficile pour les plus faibles.

Cet environnement est un environnement qui favorise l'apprentissage des nombres relatifs : il peut être intégré parmi les dispositifs d'enseignement des nombres relatifs, et ceci très précocement.

Degré de généralité :

Dispositif modifié ou non : non

Perspectives : expérimentation sur une grande population.

Observations du lecteur

Pas de généralité : expérimentation sur une grande population nécessaire.

Approfondir la question de l'intégration de l'environnement logiciel et le rôle du professeur pour l'institutionnalisation du savoir qui reste ici absent (ce n'est pas l'enjeu).

HERSHKOVITZ S. & NESHER P.	The Role of Schemes in Designing Computerized Environments	1996	ESM 30 pp. 339-366	R	IS	C 11
---------------------------------------	---	-------------	---------------------------	----------	-----------	-------------

Raisons du choix

L'article est représentatif d'un courant d'analyse critique des outils de calcul, outils essentiellement graphiques à cette époque.

Cadre théorique

Les auteurs font référence au concept de schème, qui sous-tend les processus cognitifs, dans deux principaux paradigmes théoriques :

- la théorie socio-constructiviste de l'apprentissage (Vergnaud 1992, Confere 1992, Dorfler 1991) ;
- les sciences cognitives avec les "frames" pour Minsky (1985), les "scripts" pour Schank & Abelson (1977), les schèmes pour (Anderson, 1980)

Problématique

Il s'agit de tester l'impact des schèmes dans la résolution de problèmes arithmétiques à deux pas en comparant deux environnements informatiques d'apprentissage, l'un mettant en jeu les schèmes dans le but d'analyser et de résoudre les problèmes et renvoyant un feedback, l'autre non. Il s'agit ainsi d'étudier quelles sont les caractéristiques des "bons" environnements d'apprentissage informatiques et parmi eux quels sont ceux qui permettent, voire facilitent, un apprentissage donné. En comparant les différences entre deux environnements, les auteurs espèrent donner un éclairage nouveau à des principes d'apprentissage généraux.

Méthodologie / dispositif

Durée : deux fois par semaine pendant quatre mois pendant l'apprentissage, puis tests dans des environnements informatiques puis papier-crayon.

Présentation du dispositif :

Objectif : comparaison de deux environnements logiciels (SPA et AP) d'apprentissage pour résoudre des problèmes arithmétiques (« word problems ») à deux pas de résolution. Dans l'analyse a priori, ils montrent 4 points communs et 2 différences de conception (construction des pas de résolution et mécanisme de feedback, nature de la représentation graphique qui s'appuie sur la notion de schème, seulement pour SPA) entre les logiciels SPA et AP. Ils formulent les hypothèses suivantes :

1. meilleure réussite des élèves travaillant avec SPA sur des problèmes difficiles (deux pas) ;
2. les élèves les plus faibles travaillant avec SPA réussissent mieux que les élèves les plus faibles travaillant avec AP ;
3. il faut moins de temps pour résoudre les problèmes avec SPA que PA ;
4. les élèves travaillant avec SPA utiliseront des stratégies différentes de ceux qui utilisent PA (temps différents pour lecture de l'énoncé, saisie des données et calcul).

Dispositif : L'expérimentation a lieu dans deux classes en deux parties distinctes :

- 1) Apprentissage d'un logiciel, SPA ou AP, dans chacune des classes deux fois par semaine pendant quatre mois ; les élèves apprennent à résoudre des problèmes d'un même ensemble avec un des deux logiciels (deux professeurs tournent sur les deux classes) ;

2) Test individuel des élèves dans environnement informatique puis avec papier / crayon.

Données recueillies : tests dans des environnements informatiques puis papier-crayon.

Modalités d'étude : 2 classes d'élèves de 6th graders of middle class, une de 26 élèves, une de 31.

Modalités de travail dans la classe : travail individuel sur ordinateur puis test individuel.

Statut de l'enseignant : non défini.

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : temps de résolution et stratégies de résolution

Modes de validation : Etude statistique : comparaison des pourcentages de réussite lors des tests dans un environnement informatique ou P/C

Résultats / conclusions

Types de résultats : analyse statistique partiellement conforme aux hypothèses, réponse affirmative pour les hypothèses 1, 2 et 4, négative pour 3. Cela permet de montrer effectivement que les deux logiciels conduisent à des stratégies de résolution différentes, (temps de saisie des données et ordre d'insertion linéaire pour AP, lié à la perception des relations et donc des schèmes mis en jeu pour SPA). SPA, environnement d'apprentissage qui prend en compte la notion de schème (pour des situations additives et multiplicatives) favorise ici la résolution en engageant les élèves dans une représentation de ces types de problèmes ; ce qui n'est pas le cas pour AP, conçu encore comme moyen pour « réaliser des entrées / sorties » et non pour représenter un problème.

Dispositif modifié ou non : non

Perspectives : Cette recherche montre la nécessité d'une prise en compte d'études didactiques et pédagogiques pour la conception des environnements informatiques d'apprentissage. Elle remet en cause les mécanismes habituels de saisie des données et d'interactions et insiste sur les enjeux d'apprentissage.

Observations du lecteur

Cette recherche ne permet pas une étude qualitative des procédures de résolution choisies par les élèves. De plus, le travail individuel des élèves empêche toute étude fine des interactions entre ordinateur et élève. Cette recherche met bien en évidence la nécessaire complémentarité des approches didactique et informatique pour la conception d'environnements informatiques d'apprentissage.

Il n'y a pas de réflexion sur la question de l'intégration des environnements informatiques d'apprentissage.

STEFFE L. P. et WIEGEL H. G.	Cognitive Play and Mathematical Learning in Computer Microworlds	1994	ESM 26 pp. 111-134	R	US	C27
---	---	-------------	-------------------------------	----------	-----------	------------

Raisons du choix

L'article est représentatif de travaux de recherche sur l'intégration de micro-mondes dans l'apprentissage des mathématiques à l'école élémentaire.

Cadre théorique

Cette recherche se situe dans le cadre de la théorie socio-constructiviste de l'apprentissage et de la théorie des jeux. Elle prend en compte certains résultats des travaux de Piaget. Elle reprend les idées de Papert concernant l'utilisation de micro-mondes dans lesquels les enfants peuvent apprendre des mathématiques.

Problématique

Dans cette recherche, il s'agit d'étudier la transformation d'une activité de jeu en une activité mathématique indépendante. Il s'agit d'analyser comment, dans ce processus de transformation, les enfants modifient leurs activités de jeu, les environnements d'apprentissage étant ici des micro-mondes informatiques, soit discrets, soit continus.

Méthodologie / dispositif

Durée : 6 protocoles courts sur 6 jours ;

Interne;

Présentation du dispositif : sommaire ;

Données recueillies : les enregistrements des interactions entre élèves et professeurs, productions orales d'élèves ;

Modalités d'étude : étude de deux binômes (et de leur professeur) ;

Modalités de travail dans la classe : dans une classe, interaction entre deux élèves et leur professeur.

Statut de l'enseignant : enseignant hors équipe de recherche ?

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : dans le micro-monde *Toys*, le rôle des interactions du professeur pour engager les élèves à passer d'une activité de jeu à une activité mathématique autonome (schème de comptage des objets d'un ensemble) ;

Dans le micro-monde *Sticks*, les processus cognitifs des enfants pour étendre les schèmes de comptage de situations discrètes à des situations continues (accommodation ou assimilation) et le rôle des interactions du professeur pour engager les élèves à passer d'une activité de jeu à une activité mathématique autonome.

Modes de validation : étude des processus de transformation pour passer d'une activité de jeu à une activité mathématique indépendante, voire au jeu mathématique.

Résultats / conclusions

Types de résultats :

- les relations entre quatre types d'activités d'élèves : le jeu, le jeu mathématique, l'activité mathématique dirigée par le maître, l'activité mathématique autonome et les processus de transformation de l'une à l'autre après intervention du professeur,
- le rôle essentiel de l'interaction entre le professeur et la paire d'élèves pour les engager dans une activité mathématique à partir de contraintes adéquates.

Dispositif modifié ou non : non

Perspectives : l'étude de la question de l'intégration des micro-mondes pour susciter l'activité mathématique.

Observations du lecteur

Pas de recherche sur l'intégration de micro-mondes dans un contexte de classe (i.e. l'ensemble de la classe).

ADJAGE R.	L'expression des nombres rationnels et leur enseignement initial	1999	Thèse, Université de Strasbourg	R	F	C32
------------------	---	-------------	--	----------	----------	------------

Raisons du choix

Il s'agit d'un travail de recherche dont la problématique et les cadres théoriques sont très clairement explicités. La conception des logiciels associés à l'enseignement des rationnels est basée sur l'approche théorique choisie. Des expérimentations sont réalisées sur la durée d'une année scolaire, soigneusement décrites et évaluées. Les résultats obtenus sont intéressants.

Cadre théorique

C'est essentiellement celui des registres sémiotiques dû à R.Duval qui induit une attention particulière au rôle joué par la construction de compétences de traitement intra-registres et d'articulations inter-registres dans les processus de conceptualisation. L'auteur se réfère également mais plus marginalement à la théorie des situations didactiques.

Problématique

Il s'agit pour l'auteur, dans le cadre théorique précisé ci-dessus, d'étudier les potentialités offertes par une introduction des rationnels accordant une place centrale à leur représentation sémiotique sur la droite graduée, c'est-à-dire en privilégiant une représentation géométrique en dimension 1.

Méthodologie / Dispositif

Durée : 3 ans ;

Evaluation : Interne et externe ;

Présentation du dispositif : dispositif expérimental présenté de façon détaillée et portant sur un enseignement d'environ quatre vingt séances intégrant l'usage de logiciels ;

Données recueillies : questionnaires élèves, compte-rendus d'observation, données enregistrées via les logiciels, évaluations nationales ;

Modalités d'étude : prise en charge d'une classe pendant les deux dernières années de l'école élémentaire ;

Modalité du travail en classe : diverses, travail en binômes sur les logiciels ;

Statut de l'enseignant : collaboration dans la mise au point des séances, responsable de la conduite des séances, choix des exercices d'accompagnement et des compléments papier-crayon.

Public : non volontaire, non sélectionné.

Analyse

Critères d'analyse : les critères issus de l'approche théorique qui a induit une analyse très fine des caractéristiques de chaque type de représentation sémiotique ainsi que des tâches proposées par le logiciel et des connaissances qu'elles mettent en jeu. L'analyse est, dans ce cadre, une analyse essentiellement cognitive. Les analyses des évaluations nationales de début et fin de cycle 3, où les performances des élèves de la classe sont comparées à celles d'un échantillon national, privilégie quatre types d'items : ceux recourant à un registre proche des droites graduées, celles mettant en jeu une représentation sémiotique complexe, ceux offrant

la possibilité d'une diversification des procédures de résolution, ceux demandant un traitement non routinier.

Modes de validation : Statistiques simples et coordination des différentes analyses, à la fois qualitatives et quantitatives

Résultats / Conclusions

Types de résultats : la recherche tend à confirmer que le registre des droites graduées est d'un coût didactique élevé, surtout lorsqu'il s'agit de l'articuler avec celui des écritures fractionnaires et décimales, mais efficace lorsqu'il est maîtrisé. En ceci il s'oppose au registre géométrique en dimension 2, souvent privilégié, facile d'accès mais doté de peu de potentialités cognitives. Les difficultés rencontrées par les élèves à certains items mettent par ailleurs en évidence une prise en compte insuffisante par la recherche du registre de la langue naturelle dans ses interactions avec les autres registres utilisés.

Degré de généralité : difficile à cerner, mais les phénomènes identifiés dépassent sans doute le seul cadre de l'expérimentation menée.

Dispositif modifié ou non : compte-tenu des résultats, l'auteur envisage des remaniements de son ingénierie avec plus de travail sur l'articulation avec la langue naturelle et un travail plus substantiel dans le cadre de situations physiques.

Conclusions et perspectives : revient sur les hypothèses initiales, pointe les questions ouvertes, notamment sur l'articulation avec la langue naturelle des registres d'expression sémiotique des rationnels, envisage une extension en direction du collège et un travail en formation d'enseignant avec les logiciels.

Observations du lecteur :

Une recherche bien construite, intéressante, sur le long terme, ayant conduit à des produits logiciels tout à fait originaux, par rapport à la production usuelle sur les fractions, et intéressants. Des analyses pertinentes et fouillées et des évaluations très honnêtes.

GELIS J.M., LENNE D.	Conception de fonctions spécialisées dans un système de calcul formel	1997	EPI n°87 pp. 165-176	R	F	EPI10
-------------------------------------	--	-------------	---------------------------------	----------	----------	--------------

Raisons du choix

Un article consistant. Lien entre la recherche sur le calcul formel et le développement de logiciels d'enseignement.

Cadre théorique

Références aux recherches sur l'intégration du calcul formel (Artigue & al F10), à la transposition informatique (Balacheff) et à l'EIAO (Nicaud, Rogalski).

Problématique

Les systèmes actuels présentent des interfaces qui rendent leur usage difficile en éducation. De plus, la représentation des concepts mathématiques qu'ils utilisent ne correspond pas toujours aux concepts enseignés. Les fonctions qu'ils proposent sont peu adaptées à l'enseignement secondaire et gagneraient à être remplacées par des fonctions plus adaptées.

Méthodologie / dispositif

Une analyse est faite des difficultés à utiliser Maple pour un étudiant de Terminale dans la mise en œuvre de différentes méthodes de passage d'une forme récurrente à une forme explicite.

Un module SUITES a été développé comme ensemble de fonctions Maple permettant de résoudre les problèmes de niveau Terminale dans le domaine des suites numériques. Ces fonctions sont présentées. Elles peuvent être vues comme des aides heuristiques et calculatoires à la mise en œuvre des méthodes.

Présentation du dispositif : expérimentation ponctuelle de quatre exercices.

Public : dix élèves volontaires de TS.

Analyse

Critères : peu d'éléments d'observation sont rapportés ;

Modes de validation : naturaliste (« aucune difficulté majeure », « initiative »....) ;

Résultats / conclusions: très généraux (« validation des différentes fonctions » « approfondissement de la réflexion mathématiques »...) ;

Perspectives : non développées dans l'article.

Observations du lecteur

Problématique originale qui prolonge bien les recherches sur l'intégration du calcul formel, tout en faisant le lien avec la « tradition » EIAO. C'est un article court, qui ne met pas assez en évidence le champ de recherche ouvert par cette problématique et les travaux qui vont pouvoir suivre.

ARTIGUE M., DEFOUAD B., DUPERRIER M., JUGE G. & LAGRANGE J.-B.	Intégration de calculatrices complexes dans l'enseignement des mathématiques au lycée	1999	Rapport de recherche DIDIREM, IREM -Paris 7	R	F	F10
---	--	-------------	--	----------	----------	------------

Raisons du choix

Rapport de recherche représentatif des travaux récents intégrant une problématique de l'instrumentation menés en France avec la TI92

Cadre théorique

Théorie des situations didactiques - Approche anthropologique - Transposition informatique - Ergonomie cognitive. Le cadre macro-didactique est celui de l'approche anthropologique, les autres cadres permettent de l'opérationnaliser.

Problématique

La recherche s'inscrit dans un projet national portant sur l'intégration de la TI92 dans l'enseignement des mathématiques au lycée. Dans cette problématique globale de l'intégration, une attention particulière est portée à l'analyse du fonctionnement mathématique avec de tels objets, au niveau considéré, aux connaissances qui le sous-tendent et à leur spécificité éventuelle, aux processus personnels d'instrumentation, et aux problèmes posés par la gestion institutionnelle de ces processus.

Méthodologie / Dispositif

Recherche sur 2 ans, menée dans 2 classes expérimentales. La méthodologie est qualitative et interne. Le dispositif est présenté.

Données recueillies : questionnaires, entretiens, productions d'élèves, observations de classes (enregistrements audio seulement)

Modalités d'étude : Etude de 2 classes plus suivi d'un petit nombre d'élèves

Modalités de travail dans la classe : toutes modalités proposées

Statut de l'enseignant : enseignant associé à la recherche

Public : non volontaire

Analyse

Critères d'analyse : différentes catégories de connaissances en jeu dans le travail avec la TI92 et leur articulation, types de tâches, techniques P:C et techniques instrumentées, profils d'élèves, niveaux et processus d'institutionnalisation...

Modes de validation : par triangulation entre les différentes analyses menées

Domaine de validité des résultats : il s'agit d'une recherche exploratoire servant principalement à mettre en évidence des régularités dont le domaine de validité est difficile à cerner au seul vu de ce travail.

Résultats / Conclusions

Les résultats sont synthétisés en conclusion suivant deux dimensions : les processus personnels d'instrumentation, l'intégration de la calculatrice dans le quotidien des classes. Des régularités sont dégagées selon la première dimension : acquisition facile d'un premier niveau d'instrumentation de la calculatrice, personnalisation limitée de la machine qui devient très vite un instrument quotidien et banalisé, complexité de la genèse instrumentale en analyse

et identification de certaines de ses caractéristiques à travers l'évolution des stratégies d'études de variations de fonctions (intégration progressive de l'application HOME, phénomènes d'éclatement et de zapping...), changement d'économie des modes de validation, faible institutionnalisation et routinisation des techniques instrumentées, dépendance de la genèse des profils d'élèves, identification de besoins mathématiques spécifiques à l'instrumentation et gestion institutionnelle de ces besoins. Dans la seconde dimension, les différences constatées avec une recherche préalable portant sur le logiciel DERIVE, comme celles observées entre les deux années d'expérimentation sont soulignées et interprétées. L'accent est mis sur les différences induites par la disponibilité permanente de l'outil, avec les changements positifs que cela induit mais aussi l'illusion de transparence et les pratiques d'assimilation que la quotidienneté peut renforcer. Sont pointés également les changements constatés dans la gestion institutionnelle de l'instrumentation entre les deux années et leurs effets. La conclusion place les résultats obtenus dans une perspective plus large que les classes où l'expérimentation a eu lieu, tout en soulignant la prudence qu'impose une telle décontextualisation.

Observations du lecteur

Une recherche de nature exploratoire mais exploitable dans la définition d'une problématique de l'intégration.

ASPETSBERGER K.	Investigations on the Use of DERIVE for Students at the Age of 17 and 18	1996	IDJ n°3.1 pp. 57-72	EI	AUT	F11
----------------------------	---	-------------	--------------------------------	-----------	------------	------------

Raisons du choix

Examen de questions posées par l'utilisation du logiciel DERIVE.

Cadre théorique

Non (en dehors de littérature spécialisée sur DERIVE)

Problématique

Discussion sur les différentes façons d'utiliser DERIVE comme aide aux calculs et pour l'expérimentation. L'utilisation de modules pré-programmés et l'utilisation à l'examen sont les sujets particulièrement discutés.

Méthodologie / dispositif

Modalités d'étude : il s'agit d'une présentation du travail réalisé dans des classes autrichiennes et des éléments d'évaluation, sans dispositif à proprement parler.

Public : élèves des deux dernières années du secondaire.

Résultats / conclusions

L'auteur propose que les modules soient créés avec les élèves. Il s'agit d'un type de "formalisation constructive". Il considère que les bons élèves, ceux qui ont une expérience de l'informatique vont prendre des initiatives. Par contre des difficultés sont prévisibles de la part des étudiants "moins capables", car ils utilisent les modules sans compréhension détaillée du problème. En Autriche, les professeurs définissent les modalités de l'examen final, d'où la possibilité de textes adaptés à l'usage de DERIVE. L'auteur donne quelques indications sur la façon dont les élèves peuvent s'y préparer et sur les nécessités organisationnelles.

Observations du lecteur

Il ne s'agit pas d'un article de recherche, mais d'un témoignage sur le travail mené en Autriche sur le calcul formel.

BEILBY M.H. & BISHOP P.	The use of technology in the learning and teaching of mathematics : how does DERIVE fit in?	1994	IDJ n°1.3 pp. 3-18	R	UK	F 17
--	--	-------------	-------------------------------	----------	-----------	-------------

Raisons du choix

Une approche réflexive du calcul formel dans les premières années d'université.

Cadre théorique

Le style de l'article est plutôt réflexif. Il n'y a pas cependant de cadre théorique spécifié. Il est fait référence à une expérience générale de l'enseignement et au travail du CTI de Birmingham.

Problématique

Des questions sont posées sur l'utilisation du calcul formel en première et deuxième année d'enseignement supérieur. L'hypothèse est qu'il est nécessaire d'enseigner les règles de calcul et que les étudiants les appliquent, mais qu'ils n'ont plus besoin d'être entraînés. La conséquence serait que l'utilisation du calcul formel est plus appropriée en seconde année.

Faut-il développer l'apprentissage de l'identification des formes et l'expérimentation ? L'hypothèse est que les étudiants peuvent et doivent faire des investigations au-delà des limites de leur capacités 'analytiques'. Pour cela, il faudrait montrer aux étudiants des familles de solutions, plutôt que la résolution d'un petit nombre de problèmes.

Méthodologie / dispositif

Présentation du dispositif : pas de dispositif particulier.

Observations des enseignants.

Public : première et deuxième année d'université, plutôt orienté "ingénieurs".

Analyse

Critères et modes de validation : "expérience des enseignants".

Résultats / conclusions

Types de résultats :

1. le calcul formel est utile au professeur (préparation, démonstration) ;
2. les étudiants préfèrent "pêcher" parmi les fonctions du logiciel plutôt que de réfléchir ;
3. il est difficile de trouver des exercices intéressants et utiles ;
4. le passage au calcul formel peut être un traumatisme pour certains étudiants ;
5. Il faut des petits groupes (12 étudiants), ce qui nécessite des moyens ;

Questions:

1. la validité des réponses données par le logiciel (danger de mis-conceptions non mises en évidence) ;
2. l'accent plus important sur l'expérimentation conduit à minimiser la preuve. Cela est accentué par le fonctionnement du calcul formel, différent des règles habituellement enseignées.

Degré de généralité : limité par la méthodologie ;

Dispositif modifié ou non : non.

Perspectives : l'enseignement va devenir plus modulaire et donc des perspectives intéressantes se dessinent pour le calcul formel.

Observations du lecteur

L'intérêt de l'article est dans les observations représentatives de difficultés rencontrées dans une expérience d'intégration, et ce, bien que les auteurs aient un a-priori très positif, que l'expérience ne remet pas en cause.

Croisements

On notera que ces observations "naturalistes" apparaîtront aussi dans des études plus systématiques telles que celle de DIDIREM (Lagrange IDJ 3.3).

BERRY J. GRAHAM T. & WATKINS A.	Integrating the DERIVE Program into the Teaching of Mathematics	1994	IDJ, n°1.1 pp. 83-96	RG	UK	F21
--	--	-------------	---------------------------------	-----------	-----------	------------

Raisons du choix

Représentatif d'approches enseignantes du Calcul Formel

Cadre théorique

Non

Problématique

Les auteurs souhaitent donner des idées d'utilisation en fonction de leur expérience d'intégration de DERIVE. Ils proposent cinq approches de l'intégration de DERIVE dans un cours de mathématiques :

- comme outil mathématique ;
- comme assistant de résolution de problèmes ;
- comme environnement d'exploration ;
- comme tuteur interactif ;
- comme aide à la visualisation et à l'interprétation.

Méthodologie / dispositif

Pas de dispositif à proprement parler. Les auteurs s'appuient sur leur expérience d'enseignement avec DERIVE, principalement au niveau universitaire.

Résultats / conclusions

Les auteurs font une distinction entre la 'révolution' apportée par DERIVE dans les formes d'enseignement et celle qui changerait les contenus. La première pourrait être effective à court terme, la seconde à plus long terme.

Degré de généralité : On ne voit pas les élèves, leurs procédures, leurs connaissances

Observations du lecteur

Ces "idées d'utilisation" qui ont paru novatrices à l'époque sont en fait assez peu utiles car trop générales, trop indépendantes d'un contexte d'apprentissage.

DRIJVERS P.	The Use of Graphics Calculators and Computer Algebra Systems: Differences and Similarities	1994	IDJ, n°1.1 pp. 71-82	R. EI	NL	F41
--------------------	---	-------------	-----------------------------	--------------	-----------	------------

Raisons du choix

Comparaison de procédures originale

Cadre théorique

Théorie "realistic mathematics education" (due à Freudenthal, mais pas de référence) et "developmental research design". Référence à une problématique "privé-public" (Hunter et al. Using a computer algebra system with year 10 students. (TMT, 95)).

Problématique

Sur des tâches de recherche de racines de polynômes, comparaison de procédures observées avec DERIVE et avec la Calculatrice Graphique TI-81.

La recherche de différences et de similarités peut contribuer à la compréhension de la relation entre technologie et éducation mathématique.

Rôle de l'initiation technique (attendue comme plus critique dans le cas de DERIVE).

Rôle du fonctionnement de l'outil (exact pour DERIVE, approché pour la TI-81).

Influence sur la coopération dans les groupes (ordinateur, calculatrice).

Convivialité différente.

Influence sur le temps consacré à la résolution.

Méthodologie / dispositif

Durée : 3h.

Présentation du dispositif : 1,5 h d'initiation à l'outil, 1,5h de résolution

Données recueillies : enregistrement de la recherche des élèves, fichiers DERIVE, réponses et justifications des élèves sur papier.

Modalités d'étude : comparaison entre groupes DERIVE et TI-81

Modalités de travail dans la classe : recherche d'exercices. Dans les deux premiers, une fonction est donnée, et on demande certaines propriétés du graphe. Dans le troisième, c'est le graphe qui est donné.

Statut de l'enseignant :

Public : première année d'école normale (20 ans), une classe niveau Première (17 ans).

Analyse

Modes de validation : expérimentation à petite échelle.

Résultats / conclusions :

Les sujets profitent du logiciel malgré le peu d'initiation. C'est vrai davantage pour la TI-81 et pour les sujets les plus âgés.

Les sujets "DERIVE" trouvent davantage de réponses exactes, mais la différence n'est pas très grande, car les sujets "TI" compensent à cause du contrat qui privilégie les valeurs exactes.

Davantage de coopération sur ordinateur.

Plus de facilité pour les étudiants les plus âgés grâce à leur familiarité avec l'ordinateur.

Conformément aux attentes, les étudiants TI vont plus vite sur les graphes et les étudiants DERIVE vont plus vite sur les calculs algébriques.

Degré de généralité : limité par le caractère ponctuel de l'utilisation des outils par les élèves.

Perspectives : importance du travail sur les graphiques pour motiver le travail algébrique. Nécessité de penser l'usage des technologies en termes de fonctionnalités générales, plutôt que d'outil particulier.

Observations du lecteur

Intéressant par son ambition d'apprécier un logiciel de calcul formel par comparaison avec un autre moyen technologique.

DRIJVERS P.	White Box/Black Box revisited	1995	IDJ n°2.1 pp. 3-14	R.	NI	F42
--------------------	--------------------------------------	-------------	-------------------------------	-----------	-----------	------------

Raisons du choix

Intéressante réfutation des théories "ad-hoc" du calcul formel.

Cadre théorique

Théories "didactiques" de l'utilisation du calcul formel opposées à des théories plus générales (constructivisme, réinvention guidée : Freudenstahl ; théorie des niveaux: Van Hiele).

Problématique

Une théorie didactique de l'utilisation du calcul formel est nécessaire (pour repérer les changements curriculaires à effectuer, pour savoir comment intégrer les nouveaux outils, pour connaître les rapports entre la compréhension conceptuelle, le travail en papier-crayon et l'utilisation de la technologie). Il s'agit ici de présenter les théories "ad-hoc" du calcul formel (boîte blanche-boîte noire et réciproque) et de les soumettre à la critique.

Méthodologie / dispositif

Ces théories sont étudiées et critiquées à l'aide de trois exemples tirés de la littérature. Dans le premier exemple, le logiciel est utilisé pour l'exposition d'une méthode pas-à-pas. Le calcul formel paraît en fait jouer un rôle mineur, dans un processus d'enseignement traditionnel. Le second exemple utilise le calcul formel pour la découverte de la différentiation. Les élèves devraient alors tenter de prévoir et d'expliquer les résultats donnés par DERIVE. Le calcul formel est "le maître" de la situation. L'auteur examine alors un problème de modélisation avec DERIVE et note qu'il ne s'inscrit pas dans les théories proposées.

Analyse

L'auteur donne un certain nombre de critiques parmi lesquelles :

- le concept de boîte noire, pas toujours bien spécifié (pour qui ? décidé par qui ?) ;
- la modélisation "orientée -enseignant". En effet, les théories ne disent rien sur l'élève ;
- le modèle ne rend pas compte des démarches les plus intéressantes qui supposent une certaine flexibilité dans l'utilisation du calcul formel ;
- les théories n'établissent pas de lien avec des théories plus générales, ce qui ne permet pas de considérer vraiment leur validité.

L'auteur propose de plutôt considérer les théories générales de "l'Education mathématique" (voir plus haut)

Observations du lecteur

L'article a le mérite de souligner les points faibles de théories alors assez répandues parmi les auteurs sur le calcul formel et contribuant à donner une vision idyllique de leur intégration. La conclusion sur les théories générales (plus fiables, car établies sur des situations plus larges) est intéressante, mais pose la question de la fonction des théories dans les études didactiques. Dans l'étude mise en avant (Repo) le constructivisme est utilisé, non comme cadre d'analyse, mais comme justification à l'utilisation du logiciel.

A croiser avec J. Berry (IDJ 1.1).

KUTZLER B.	The Future of Teaching Mathematics	1994	IDJ n°1.1 pp. 37-48	RG	AUS	F85
-------------------	---	-------------	--------------------------------	-----------	------------	------------

Critères de sélection

Apologie représentative

Cadre théorique

Pas de références classiques. Une distinction entre la « maison mathématique », avec ses étages successifs (arithmétique, algèbre élémentaire...) qui sert de modèle à l'organisation de l'enseignement et la maison mathématique personnelle des étudiants moyens ou faibles pour lesquels la construction d'un étage se fait sur un précédent encore fragmentaire. Emprunte l'idée d'échafaudage à Buchberger (1989), les calculatrices et logiciels servant, tels des échafaudages, à rétablir une base convenable pour démarrer la construction de l'étage suivant, en prenant en charge ce qui est insuffisamment maîtrisé, par exemple les calculs algébriques élémentaires quand on enseigne la résolution des équations. Il voit ceci comme une extension de la méthode « boîte blanche-boîte noire » (Buchberger, 1980), la mise en place de l'échafaudage correspondant à la phase boîte noire.

Problématique

Montrer comment DERIVE permet d'enseigner les mathématiques plus efficacement et de conduire les étudiants à aimer les mathématiques.

Moyens mis en oeuvre

Discours argumenté, illustré d'exemples théoriques et de références non détaillées à des travaux existant.

Argumentation / Analyse

Montre d'abord comment, grâce à la notion d'échafaudage, DERIVE peut aider l'apprentissage des contenus traditionnels (les affirmations sont illustrées par un exemple : la détermination par essais et erreurs des transformations conservant l'équivalence à appliquer à une équation pour la résoudre, DERIVE assurant l'exécution des transformations demandées). Montre ensuite comment DERIVE peut aider à fixer de nouveaux objectifs à un enseignement présenté actuellement comme essentiellement algorithmique, centré sur l'apprentissage d'automatismes réalisables par la machine. Ces nouveaux objectifs sont les suivants : estimation de résultats, équivalence d'expressions, approximations numériques, modélisation / traduction / interprétation, logique et preuve, les trois premières étant justifiées par les nécessités d'un usage contrôlé de la machine, les deux dernières par leur intérêt mathématique intrinsèque.

Observations du lecteur

Un article qui se veut argumenté et essaie d'élaborer une construction théorique pour soutenir les positions défendues. Une prise en compte de savoirs plus spécifiques dans la définition des nouveaux objectifs de l'enseignement, mais aussi une vision idyllique des potentialités de DERIVE et les stéréotypes de l'opposition technique-conceptuel.

KUTZLER B.	With the TI-92 towards computer age maths teaching	1997	IJCAME – 4.1 pp. 7-32	RG	AUS	F 86
-------------------	---	-------------	------------------------------	-----------	------------	-------------

Critères de sélection

Apologie caractéristique.

Cadre théorique

Rien n'est précisé mais l'auteur reprend la notion de « scaffolding » (Kutzler F85) ; de plus il cherche à conceptualiser la notion de « computer age maths curriculum ».

Problématique

Il s'agit de montrer quels rôles peut jouer la TI-92 dans l'enseignement mathématique traditionnel, puis de discuter l'impact que de tels outils peuvent avoir sur les contenus et les méthodes d'enseignement.

Moyens mis en œuvre

Un texte argumentatif, émaillé d'exemples détaillés dans la première partie, et citant en référence divers travaux expérimentaux contribuant selon l'auteur à soutenir les affirmations présentées, mais sans les analyser plus avant. Un panorama historico-philosophique pour la seconde partie, servant, pour l'auteur, à identifier les besoins d'un "curriculum à l'âge de l'ordinateur".

Argumentation / Analyse

Première partie. Quatre rôles sont identifiés : outil éducatif permettant d'enseigner certains sujets plus vite et plus efficacement, outil pour l'expérimentation permettant de respecter dans l'enseignement le principe de l'apprentissage par découverte et de retrouver le statut expérimental qu'ont longtemps eu les mathématiques, outil pour la visualisation de notions, concepts et méthodes, outil de calcul symbolique permettant de réaliser de façon sûre et rapide des calculs complexes pour se concentrer sur la réalité de la résolution de problèmes. Un exemple théorique, présenté de façon très détaillée, illustre chaque cas ; d'autres références sont généralement citées. Des suggestions pour l'utilisation dans l'enseignement sont aussi données. Les exemples sont respectivement : la centration sur le choix des transformations équivalentes dans la résolution d'équations (exemple déjà rencontré dans la F85) pour le pôle 1, entrée d'expressions algébriques et découverte du rôle des parenthèses, constructions géométriques équivalentes d'un cerf-volant (pôle 2), enveloppes de droites et paraboles (pôle 3), un problème d'optimisation d'aire (rectangle dans un triangle isocèle) pour le pôle 4.

Deuxième partie. L'auteur tire certaines conséquences induites par 250 ans de l'âge industriel (le travail manuel devient superflu, survie du plus fort économiquement, exercices physiques devenant un loisir, éducation physique devenant une discipline scolaire, les sciences et techniques mathématiques d'ingénierie entrent dans le curriculum, centration sur le pouvoir intellectuel)). Nous sommes maintenant dans l'âge de l'information qui va à son tour induire de nombreux changements (le travail intellectuel devient superflu, survie du mieux informé, entraînement intellectuel comme un loisir, éducation intellectuelle comme discipline scolaire, informatique et télécommunications, pensée et résolution de problèmes entrent dans le curriculum, centration sur le pouvoir créatif). Il développe ensuite le pôle éducation

intellectuelle comprenant une partie de compétences mathématiques manuelles (puzzles mentaux, arithmétique mentale, manipulation de symboles) pour garantir une forme intellectuelle minimale, servant de base pour la pensée et la résolution de problèmes. A son avis, les principaux thèmes sont en ce qui concerne la pensée : comprendre la langue naturelle, l'utiliser pour décrire, argumenter, être critique, comprendre les nombres et les ordres de grandeur. Tout ceci est une base nécessaire à la résolution de problèmes pour laquelle il insiste sur la modélisation dans ses différents aspects. L'auteur conclut en disant que les mathématiques, en tant que discipline d'enseignement, doivent s'adapter à ces nouveaux besoins si elle veulent survivre et que la TI-92 peut aider à cette adaptation.

Observations du lecteur

Mélange d'un discours apologétique classique, sans problématisation de l'intégration, et d'une réflexion sans doute très schématique mais intéressante cependant, qui pose la question de l'évolution des besoins de l'enseignement des mathématiques. Celle-ci est posée de façon très globale, l'intérêt de la TI-92 est affirmé mais l'articulation avec ce qui précède ne va pas de soi.

LAGRANGE J.-B.	Analyzing actual use of a computer algebra system in the teaching and learning of mathematics: an attitudinal survey of the use of DERIVE in French classrooms.	1996	IJD n°3.3 pp. 91-108	R	F	F 89
---------------------------	--	-------------	---------------------------------	----------	----------	-------------

Raisons du choix

Evaluation de l'intégration du calcul formel dans un projet national

Cadre théorique

Problématiques d'intégration (Artigue, 1997)

Problématique

Les changements que le calcul formel apporte à la pratique quotidienne de l'enseignement et de l'apprentissage (par opposition aux études comparatives)

Méthodologie / dispositif

Présentation du dispositif : oui

Données recueillies : questionnaires et observations de classe

Public : 3^{ème} et lycée

Analyse

Critères : comparaison entre les attentes des professeurs, les données recueillies auprès des élèves, les observations de classe.

Modes de validation : analyse statistique du questionnaire élève, confronté aux phénomènes observés dans les situations de classe, et aux attentes des professeurs.

Résultats / conclusions

Mise en évidence de phénomènes généraux dans l'intégration du calcul formel :

- pas de lien systématique entre « attitude positive » et « meilleure compréhension » ;
- quand le calcul formel est plus efficace que le travail papier-crayon pour une tâche, il demande aussi des connaissances mathématiques différentes à l'utilisateur. Ces connaissances ne sont pas nécessairement visibles pour le professeur ;
- les élèves ne voient pas toujours, dans l'observation des résultats donnés par le calcul formel, les phénomènes mathématiques que le professeur voudrait qu'ils observent.

Observations du lecteur (auteur).

Avec le recul, il semble que l'important dans cet article est la mise en évidence de ce que les phénomènes observés ne sont pas des difficultés locales liées à une mauvaise préparation ou à la conception du logiciel, mais sont bien inhérents à l'utilisation du calcul formel et aux hypothèses optimistes sur lesquelles les professeurs basent l'utilisation.

Croisements (Artigue & al, F10), (Monaghan, F107)

MAYES R.L.	Implications of Research on CAS in College Algebra	1994	IDJ n°1.2 pp. 21-38	R	US	F101
-----------------------	---	-------------	--------------------------------	----------	-----------	-------------

Raisons du choix

Représentatif d'études comparatives menées sérieusement.

Cadre théorique

Critique du 'rote learning'. Littérature classique sur les apports de la technologie (Fey, Heid).

Problématique

L'auteur a développé un curriculum en algèbre utilisant DERIVE avec cinq objectifs :

1. modélisation ;
 2. habiletés de résolution de problème ;
 3. compréhension conceptuelle ;
 4. utilisation de la technologie ;
 5. participation active des étudiants ;
- La question est l'efficacité d'un tel curriculum.

Méthodologie / dispositif

Durée : un semestre ;

Présentation du dispositif : oui ;

Données recueillies : pre- et post tests en algèbre; Questionnaire d'attitude 'Likert' basé sur "l'inventaire Sandman".

Modalités d'étude : Trois variables sont définies : l'habileté dans les calculs, les attitudes, les capacités en résolution de problèmes. Un groupe d'étudiants utilisant DERIVE est comparé à un groupe témoin sur l'évolution des trois variables ci-dessus ;

Modalités de travail dans la classe : le groupe expérimental utilise l'ordinateur en classe et dans des périodes de travaux dirigés. DERIVE est utilisé pour réduire le temps passé à faire des "manipulations fastidieuses".

Statut de l'enseignant : Enseignement expérimental assuré par des moniteurs de 3^{ème} cycle formés pour cela et munis des manuels nécessaires. Enseignement de contrôle assuré par des enseignants "expérimentés".

Public : 18-19 ans. 61 étudiants pour le groupe expérimental, 76 étudiants pour le groupe de contrôle.

Analyse

Critères : variables ci-dessus ;

Modes de validation : analyse de la variance.

Résultats / conclusions

Pas de différence constatée en ce qui concerne les habiletés calculatoires. Le groupe expérimental progresse 'marginale' en résolution de problèmes. La seule différence significative dans les attitudes est que les étudiants expérimentaux ont une confiance plus faible après l'enseignement dans l'utilisation de l'ordinateur comme outil d'enseignement.

Perspectives : faire attention à la charge cognitive de l'étudiant, repenser la résolution de problèmes avec la technologie.

Observations du lecteur

Etude comparative où l'on comprend bien ce qui se passe dans l'expérimentation. Un autre intérêt est de mesurer trois variables qui couvrent bien le champ des préoccupations liées à l'introduction de la technologie.

Croisements

Autres articles du même auteur dans la même revue. Voir aussi (Chacon A27).

MONAGHAN J.	On the Successful Use of DERIVE	1994	IDJ, n°1.1, pp. 57-70	R	UK	F 107
------------------------	--	-------------	----------------------------------	----------	-----------	------------------

Critères de sélection

Méta-étude et prospective.

Cadre théorique

Processus, objets et surtout procepts (Tall).

Problématique

Analyse rétrospective de cinq expériences menées avec DERIVE, aux résultats sensiblement divergents, pour déterminer des raisons possibles du succès et de l'échec de l'apprentissage mathématique dans l'environnement de CAS. Des besoins en recherche sont ainsi identifiés.

Méthodologie

Brève présentation de quelques traits saillants des cinq expériences réalisées puis, après l'identification de deux facteurs explicatifs importants (les rapports entre processus et objets, et la maturité algébrique), l'analyse est reprise suivant plusieurs questions : les étudiants apprennent-ils mieux dans le cadre d'un usage permanent du CAS ou non ? cela dépend-t-il des sujets ? Quel est le rôle de l'enseignant et les formes de travail les mieux appropriées (collectif, groupe, individuel) ?

Dispositifs des recherches support : Ils sont très brièvement présentés.

Données recueillies : diverses suivant les recherches mais elles incluent : pré-tests et post-tests, entretiens, productions d'étudiants incluant les fichiers informatiques, enregistrements audio et vidéo.

Modalités d'études : La plupart des expériences portent sur des groupes restreints, une ou deux classes, la plus importante concerne quatre classes dans deux établissements, deux de niveau moyen et deux de bon niveau.

Modalités de travail : diverses avec du travail individuel des étudiants disposant d'un palmtop, du travail en groupes en laboratoire (de deux à quatre élèves par machine), du travail collectif.

Statut de l'enseignant : enseignants experts co-initiateurs des projets de recherche.

Public volontaire ou non : non précisé, mais plutôt non volontaire.

Analyse

Critères d'analyse : caractéristiques processus / objet des notions favorisées par l'utilisation de DERIVE, maturité algébrique requise, place du travail avec DERIVE dans le processus d'apprentissage, interaction du travail avec DERIVE et en papier-crayon, rôle de l'enseignant, formes d'organisation de la classe.

Modes de validation : interprétation personnelle de données et résultats qualitatifs et quantitatifs, croisement des résultats des cinq expériences (les expériences ont généralement eu recours à des comparaisons groupe expérimental / groupe témoin).

Domaine de validité des résultats : difficile à cerner.

Résultats / conclusions

- L'usage de DERIVE favorise le passage aux objets, ce qui est positif, mais peut aussi, de façon négative occulter certains points de vue "processus" nécessaires, donc déséquilibrer les rapports entre ces deux facettes (exemples en intégration, itération) ;
- Une maturité algébrique suffisante est nécessaire à un usage efficace de DERIVE (exemples avec fonctions du second degré, soulignant les compétences nécessaires en algèbre généralisée et sur la notion de variable) ;
- un usage non permanent de DERIVE semble plus efficace pour l'apprentissage – dans certains cas, DERIVE prend trop des maths à sa charge pour que son utilisation soit intéressante au début ;
- – l'usage de palmtops a limité les communications entre élèves, rendu plus difficile à l'enseignant l'accès au travail de l'élève, ceci ayant des effets négatifs ;
- la familiarisation avec DERIVE prend du temps et on observe beaucoup de perturbations techniques dans le travail des élèves.

En conclusion, sont proposées des pistes de recherche : chercher à construire une théorie locale des rapports entre :

- procepts et travail avec les CAS ;
- les compétences algébriques nécessaires à l'usage de CAS et les conceptions des objets induites par les CAS ;
- le travail papier-crayon et le travail avec les CAS, les différentes formes d'utilisation des CAS et leur intérêt respectif ;
- les problèmes techniques induit par la conception du CAS et la maturité des étudiants.

Observation du lecteur

Une analyse s'appuyant sur plusieurs expériences, bien argumentée, se traduisant par des conclusions et des pistes de recherche intéressantes.

MONAGHAN J.	What Are They Doing?!	1997	IJCAME n°4.2 pp. 117-128	RG	UK	F110
------------------------	----------------------------------	-------------	-------------------------------------	-----------	-----------	-------------

Raisons du choix :

Hypothèses sur les procédures avec la TI-92.

Problématique

Fait-on les mêmes mathématiques avec et sans la TI-92 ?

Méthodologie / dispositif

Article non expérimental.

Analyse

Critères : analyse de trois problèmes géométrique, algébrique, fonctionnel, sans et avec technologie.

Résultats / conclusions: On regarde les actions (...ing), les « gestes » . Certains sont spécifiques de la main (deviner, rejeter), certains sont communs (rappeler, calculer, substituer, réarranger), d'autres sont spécifiques à la technologie (sélectionner, entrer, lire, reconnaître, interpréter).

Perspectives : il faut examiner les gestes spécifiques de la main, voir si on perd à les éliminer, regarder ceux qui sont communs et voir en quoi ils diffèrent. Faire le rapport avec « les formes de compréhension » (Bruner).

Observations du lecteur

Les questions posées paraissent importantes et on ne sait pas bien comment les prendre. La classification proposée paraît intéressante. Il faudrait voir si une approche sémiotique mieux outillée (Chevallard, Duval) ou une approche instrumentale permettrait de poursuivre.

MOUNIER G. & ALDON G.	A Problem Story: Factonsations of x''- 1	1996	IDJ n°3.3 pp. 51-62	R	F	F 111
--------------------------------------	--	-------------	--------------------------------	----------	----------	--------------

Raisons du choix

Analyse "longitudinale" d'un problème avec le calcul formel.

Cadre théorique

Tall et Vinner (Concept Image and concept definition).

Problématique

L'influence de la façon d'utiliser DERIVE dans l'évolution d'un problème. Lien entre les façons d'utiliser DERIVE, les buts de l'enseignant, les méthodes d'enseignement.

Méthodologie / dispositif

Trois modalités différentes sont présentées : « papier/crayon », « DERIVE courte », « DERIVE longue ».

Durée : « papier/crayon » et « DERIVE courte » : une séance de recherche et une séance de bilan. « DERIVE longue » une séance de recherche, puis trois mois de recherche « en dehors de la classe », bilans intermédiaires et communication finale.

Présentation du dispositif : oui.

Données recueillies : impressions des professeurs et productions des élèves.

Modalités de travail dans la classe : « papier/crayon » et « DERIVE courte » : recherche en binôme. « DERIVE longue » travail individuel sur « labtop ».

Statut de l'enseignant : professeur de la classe et observateur.

Public : première S.

Analyse

Modes de validation : analyse a priori des comportements des élèves, comparaison avec les observations.

Résultats / conclusions

Ils portent sur l'intérêt de la modalité longue, la modification du rôle du professeur, l'intérêt de DERIVE dans cette modalité.

Observations du lecteur

Un article passionnant. L'évolution de la situation à travers les trois modalités est bien vue à partir des attentes a priori des professeurs et de l'observation du comportement des élèves. La réflexion bénéficie de l'observation faite très précisément dans (Artigue et al., 1995). L'article ouvre des perspectives d'analyse sur les modifications de l'activité des élèves dans les différentes modalités, le rôle des techniques spécifiques à DERIVE, la modification du rôle du professeur...

Croisements

Artigue et al., 1995 (recherche DERIVE).

NOCKER R. J.	The Impact of DERIVE on Classroom Methodology	1996	IDJ n°3.1 pp. 73-96.	R	AUT	F 113
-------------------------	--	-------------	---------------------------------	----------	------------	--------------

Raisons du choix

Observation méthodique de leçons .

Cadre théorique

Une référence à une étude allemande très générale sur les méthodologies de conduite de classe.

Problématique

Quels changements le calcul formel apporte-t-il à la "structure didactique" des leçons ?

Méthodologie / dispositif:

Observation de 20 leçons avec DERIVE (11 professeurs) et 37 sans (18 professeurs).

Présentation du dispositif : oui

Données recueillies : chronologie de la structure de 5mn en 5mn par un (deux) observateur(s).
Cinq catégories de "situation" : instruction, discipline (rappel à l'ordre...), technique (ordinateur...), travail/maison, annonces (sans connexion directe avec la leçon).

6 catégories de "Fonction didactique" : Introduction, Acquisition, Répétition, Entraînement, Application, Evaluation.

3 catégories de "but": acquisition de connaissance mathématiques, acquisition de connaissances ordinateur, acquisition de capacités générales.

5 catégories de "mode de travail" : activité du professeur, discussion, calculs, travail individuel, travail indépendant (professeur ressource).

Questionnaire aux enseignants

Modalités d'étude : comparaison des "structure" avec et sans DERIVE

Public : élèves de 15 à 17 ans.

Analyse

Critères : pourcentages globaux par catégorie avec test de significativité pour la structure, et corrélations entre appréciations du professeur sur la leçon à partir du questionnaire.

Résultats / conclusions

Dans les catégories "situation", le "technique" passe de 0 (sans DERIVE) à 6%. Dans les catégories Fonction didactique, "application" baisse (surprenant), "acquisition" augmente un peu. En fait la structure ne change pas significativement. De même pour le "but". Pour le mode de travail, le travail indépendant augmente significativement, au détriment des autres catégories.

Les liens significatifs dans les appréciations des professeurs sont entre "le stress" et "le nombre d'élèves" dans les classes avec DERIVE ; le climat de travail est meilleur avec DERIVE.

Observations du lecteur

Beaucoup de résultats tiennent plus au travail en salle d'ordinateurs qu'au calcul formel lui-même. Ils confirment ce qu'on peut penser a priori. Certains résultats "fins" (non-changement de la structure..) demanderaient à être regardés de plus près.

REPO S.	Understanding and Reflective Abstraction: Learning the Concept of Derivative in the Computer Environment	1994	IJD, n°1.1, pp. 97-114	R	FL	F124
----------------	---	-------------	-------------------------------	----------	-----------	-------------

Raisons du choix

Représentatif d'approches "constructiviste" du calcul formel.

Cadre théorique

Cognitif : 'Reflective abstraction' (Dubinsky, Piaget), didactique de l'analyse (Artigue, Tall & Vinner), technologie (Fey, Heid).

Problématique

La théorie de l'apprentissage constructiviste a des conséquences sur l'enseignement. Parmi celles-ci, l'auteur dégage la nécessité de mettre l'accent sur le processus de compréhension et d'acquisition des concepts, au lieu de pratiquer les habiletés calculatoires routinières. Elle oppose l'enseignement mathématique traditionnel à un processus de construction de structures logico-mathématiques (abstraction réfléchissante) inspiré par Piaget et développé par Dubinski en 5 étapes (internalisation, co-ordination, encapsulation, généralisation, réversibilité). Selon l'hypothèse de l'auteur, les systèmes de calcul formel seraient particulièrement adaptés à l'implémentation de ce processus. Un enseignement de la dérivation va permettre de vérifier cette hypothèse.

Méthodologie / dispositif

Durée : 50 séances.

Présentation du dispositif : oui

Données recueillies : post-test immédiatement après, visant à "repérer la structure cognitive des élèves" et 6 mois après, visant à connaître la compréhension du concept de dérivée et la rétention des habiletés calculatoires.

Modalités d'étude : groupe expérimental et groupe de contrôle.

Public : 17 élèves (groupe expérimental), 22 élèves (groupe de contrôle).

Analyse

Critères : les données recueillies permettent d'évaluer pour chaque élève "la compréhension conceptuelle", les "habiletés calculatoires" (à court et long terme) et chacun des modes d'abstraction réfléchissante : co-ordination, encapsulation, généralisation, réversibilité, niveau de mobilité cognitive. Le groupe expérimental est partout meilleur, particulièrement à long terme.

Modes de validation : traitements statistiques (tests d'égalité de moyenne, analyse classificatoire).

Résultats / conclusions

"Le niveau moyen de compréhension conceptuelle peut être amélioré en soumettant les élèves à des activités critiques et en améliorant la qualité des interactions", "les résultats sont très prometteurs".

Observations du lecteur

Plusieurs traits sont remarquables:

- L'utilisation directe de catégories cognitives à la fois comme éléments à intégrer dans l'enseignement et comme compétences vérifiables chez les élèves. Par exemple, la capacité à généraliser est vérifiée par une question sur la dérivée seconde. Comment cette capacité peut-elle être isolée des situations qui donneraient sens à la dérivée seconde ?
- L'application de traitements statistiques sur des données très peu discutées: la compréhension conceptuelle et les habiletés calculatoires.
- L'absence de discussion sur le rôle de la technologie. Il est très vite posé qu'un système de calcul formel est particulièrement adapté au type d'enseignement proposé, mais l'utilisation par les élèves de ce système n'est pas discutée, son rôle dans les améliorations constatées n'est pas mis en évidence.

Cet article est souvent cité à l'appui de présentations optimistes du calcul formel. Si on le regarde en détail, il ne supporte pas cet optimisme car les preuves statistiques montrent des différences entre le groupe expérimental et le groupe de contrôle, mais il est bien difficile de savoir ce que traduisent réellement ces différences, ni s'ils dépendent de l'usage d'un système de calcul formel.

KELLER B. & RUSSEL C.	Effects of the TI-92 on Calculus Students Solving Symbolic Problems	1997	IJCAME n°4.1 pp. 77-98	R	US	F 131
--------------------------------------	--	-------------	---------------------------------------	----------	-----------	--------------

Raisons du choix

Etude comparative externe.

Cadre théorique:

Heid, Palmiter (« reséquencement des habiletés et des concepts »), Selden, Selden, Mason (« Problèmes Routiniers et Non Routiniers »), Dubinski (« influence positive de l'utilisation de la technologie »).

Problématique

Etude comparative d'un groupe d'étudiant utilisant une TI-92 dans une approche centrée sur les significations avec un groupe standard.

Méthodologie / dispositif

Durée : un semestre.

Présentation du dispositif : oui.

Données recueillies : tests de fin d'enseignement.

Modalités d'étude : la section expérimentale utilise une TI-92 et le travail par groupes avec des discussions mettant l'accent sur le « sens » en analyse. La section de contrôle utilise le « syllabus standard » et une calculatrice graphique.

Public : 79 étudiants (groupe expérimental), plusieurs centaines (groupe de contrôle).

Analyse

Critères : les étudiants "expérimentaux" et "contrôle" sont évalués sur les mêmes items.

Modes de validation : comparaison expérimental/contrôle.

Résultats / conclusions : les "élèves TI-92" sont meilleurs aux items symboliques (calcul direct ou élaboration d'une solution).

Degré de généralité : ce n'est pas très facile à voir. Les questions sont écrites pour des étudiants n'utilisant pas le calcul formel. Les résultats sont discutés question par question, et les raisons pour lesquelles les « expérimentaux » réussissent mieux sont assez diverses. Dans certains cas, la « puissance de calcul » du calcul formel permet des solutions non accessibles aux élèves du groupe « contrôle ». Sans doute, les « expérimentaux » se servent assez bien de leur TI-92, il est difficile de dire qu'ils ont un « meilleur sens du symbole ». Bien sûr, aux items de calcul pur, ils sont meilleurs que les « contrôles », puisqu'ils ont la machine. Il n'est pas souligné dans l'étude qu'ils gagnent ainsi du temps, ce qui peut expliquer leur meilleur résultat aux items « conceptuels ».

Perspectives : « Des recherches ultérieures sont nécessaires pour trouver des moyens effectifs pour utiliser les représentations multiples afin de promouvoir le développement du sens du symbole »

Observations du lecteur

Abondance de données, mais la méthodologie n'est pas très convaincante.

Croisements

Heid, Palmiter.

STEVENSON I.	I can't... but I know a CAS that can!	1995	IDJ n°2.1 pp. 43-62	R	UK	F 143
---------------------	--	-------------	--------------------------------	----------	-----------	--------------

Raisons du choix

Comparaison originale d'attitudes tableur/calcul formel.

Cadre théorique

Littérature spécialisée sur le calcul formel (Monaghan, Pozzi, Mayes), sur les micro-mondes (Abelson, Hoyles.), l'analyse (Dubinski, Tall, Sfard), l'étayage (Bruner).

Problématique

Un groupe de 19 étudiants s'est montré très réservé sur l'utilisation d'un logiciel de calcul formel, et en revanche enthousiaste quant à l'utilisation d'un tableur. Il s'agit d'approfondir les raisons de cette différence d'appréciation.

Méthodologie / dispositif

Durée : 12 cours de 1h et 24 TD de 2 heures.

Présentation du dispositif : oui.

Données recueillies : questionnaire d'attitudes.

Modalités d'étude : comparaison d'attitudes entre un groupe travaillant avec Excel (tableur) et un groupe travaillant avec DERIVE sur une introduction aux équations différentielles.

Modalités de travail dans la classe : familiarisation avec le logiciel à partir d'une résolution guidée, puis résolution. Les activités sont différentes avec Excel (résolution par discrétisation et comparaison avec la solution analytique) et avec DERIVE ("monstration" d'un processus de résolution comme suite de commandes dans DERIVE).

Public : 13 étudiants dans chaque groupe.

Analyse

Critères : expérience préalable du logiciel, facilité d'utilisation, assurance et maîtrise dans l'utilisation du logiciel.

Modes de validation : comparaison d'attitudes entre un groupe travaillant avec Excel et un groupe travaillant avec DERIVE.

Résultats / conclusions

Les étudiants "Excel" avaient une expérience préalable du logiciel, les étudiants DERIVE n'en avaient pas. La facilité d'utilisation est la même. Les étudiants Excel sont très en confiance avec le logiciel, tandis que les étudiants DERIVE sont perdus.

L'analyse se base sur la conception des logiciels: le tableur est conçu pour une utilisation par des non-spécialistes, tandis que le calcul formel est un outil pour mathématicien, qui présuppose la compréhension de techniques comprises dans le logiciel. Puis la notion d'outil de calcul est discutée. L'opacité d'un outil comme DERIVE ne pose pas problème à un utilisateur expérimenté, tandis qu'elle est cruciale pour l'élève.

Types de résultats :

Degré de généralité : la discussion est intéressante, mais elle s'appuie sur un type d'utilisation de DERIVE assez particulier.

Dispositif modifié ou non :

Perspectives : nécessité d'une intégration du calcul formel, nécessité d'une structure d'apprentissage pour prendre en compte les connaissances et le niveau des élèves. Voir le calcul formel comme une "ressource" davantage que comme un outil.

Observations du lecteur

voir d° de généralité. Les différences constatées tiennent à l'activité demandée à l'élève(plutôt pauvre en ce qui concerne DERIVE, de mon point de vue) autant qu'au logiciel. Bien sûr, l'activité est liée au logiciel (on ne demande pas aux élèves de faire la même chose avec un tableur et le calcul formel). Mais la discussion prendrait tout son intérêt si elle s'appuyait sur d'autres utilisations.

Croisements

Etudes sur le calcul formel en tant qu'instrument (Trouche A23), (Guin & Trouche A10).

WAIN G.	Some Technical Problems in the Use of DERIVE with School Pupils	1994	IDJ, n°1.1 pp. 49-56	R-EI	UK	F151
----------------	--	-------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

Raisons du choix

Etude réflexive de l'utilisation de DERIVE par les élèves.

Cadre théorique

Pas de cadre. Référence à une présentation complète de l'expérimentation dans Hunter, Marshall, Monaghan, Roper, Wain "Using computer Algebra systems with younger students".

Problématique

Etude des difficultés d'élèves utilisant DERIVE : difficultés liées à l'implémentation et difficultés liées au manque de maturité mathématique des élèves.

Possibilité d'amélioration du logiciel. Acquisition d'habiletés dans l'utilisation du logiciel et leur usage pour l'apprentissage des mathématiques.

Méthodologie / dispositif

Durée : 3 semaines.

Présentation du dispositif : 2 classes "expérimentales" dans deux établissements. Groupes "contrôle". Enseignement des équations du second degré grâce à un "matériel d'enseignement spécifique qui demande l'utilisation de DERIVE".

Données recueillies : post-tests pour étudier le changement dans la compréhension et les habiletés à manipuler les équations. Interviews d'un échantillon. Interviews informels enregistrés pendant le travail en classe. "Chelsea diagnostic" pre et post-tests.

Public : 14/15 ans.

Analyse

Modes de validation : s'appuie essentiellement sur les observations en classe.

Résultats / conclusions

Deux type de difficultés:

- Problèmes liés au fonctionnement de DERIVE. Cette question est vue à travers l'utilisation du tracé graphique des fonctions par DERIVE. Grande différence entre élèves. Difficulté du professeur à interpréter les difficultés des élèves (tendance à les comprendre comme des difficultés mathématiques).

- Problèmes venant de l'absence de compréhension mathématique. La difficulté est illustrée par le passage des valeurs approchées décimales données dans la fenêtre graphique aux valeurs mathématiques exactes.

L'interprétation est que DERIVE suppose chez son utilisateur des compétences techniques à la fois mathématiques et dans l'utilisation des fonctions du logiciel.

Types de résultats :

Degré de généralité : l'observation porte essentiellement sur la fenêtre graphique, ce qui réduit un peu la généralité.

Dispositif modifié ou non : non

Perspectives : nécessité d'une initiation de structure différente. Nécessité d'une prise de conscience par le professeur des erreurs des élèves.

Observations du lecteur

Cet article montre bien que le fonctionnement mathématique n'est pas automatiquement assuré dans les environnements de type DERIVE et met bien l'accent sur la nécessité de prendre en compte les aspects techniques.

Croisements : A rapprocher des analyses françaises sur la dimension technique (Artigue 97, Lagrange 96)

DEMANA F., KUTZLER B., WAITS B.	Guest Editorial (numéro spécial sur la TI-92)	1997	IJCAME 4.1 p.4-6	RG	US AUS	F 152
--	--	-------------	-----------------------------	-----------	-------------------	------------------

Critères de sélection

Les hypothèses très optimistes nées de l'apparition d'une calculatrice à calcul formel.

Cadre théorique

Rien n'est précisé.

Problématique

Il s'agit d'introduire le premier numéro du journal IJCAME dédié à l'impact d'une TI-92 sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Moyens mis en œuvre

Un texte général essayant de pointer ce qu'apporte une TI92 par rapport aux calculatrices graphiques déjà bien implantées et aux CAS sur ordinateur, puis une brève présentation des articles du journal.

Argumentation / Analyse

Souligne les problèmes d'implémentation pratique posés par les CAS sur ordinateur et le fait que les calculatrices graphiques ont mis à la disposition régulière des étudiants les potentialités numériques et graphiques des CAS. Les TI-92 prolongent, selon les auteurs, ces possibilités d'utilisation régulière et conviviale à la composante essentielle des CAS qu'est le calcul formel. Les potentialités pour réformer l'enseignement des mathématiques avec calculatrices s'en trouvent radicalement accrues. Suit une description de l'enseignement actuel au lycée et à l'université comme exclusivement consacré à des apprentissages techniques et algorithmiques, qui ne sont plus ceux dont la société a besoin, vu l'existence de machines comme les TI-92. Ce qui est important aujourd'hui, c'est de comprendre pourquoi on va utiliser telle ou telle procédure (conceptual understanding - référence à Tall : « thinking about mathematics »).

Suit un énoncé de besoins : savoir comment les procédures CAS et papier-crayon doivent et peuvent coexister, ce qui reste nécessaire à apprendre en papier-crayon, comment apprendre à penser sur les mathématiques, ce qui est plus difficile que d'apprendre des algorithmes, comprendre les résistances au changement.

Puis les auteurs expriment leur conviction que l'intégration de CAS est inévitable et que la plupart des connaissances exigées aujourd'hui deviendront obsolètes et ils invitent le lecteur à se joindre à l'aventure.

Observations du lecteur

Un discours militant et assez simpliste, mais aussi l'explicitation de besoins en connaissances et la reconnaissance indirecte que l'intégration ne va pas de soi.

ZEHAVI N.	Challenging teachers to create mathematical projects with DERIVE	1995	IDJ n°3.2 pp. 1-16	EI	I	FE1 (F160)
-----------	--	------	-----------------------	----	---	---------------

Raisons du Choix

Compte-rendu d'un stage de formation continue des enseignants sur l'utilisation de DERIVE.

Cadre théorique

Non explicité. L'article commence par la description du projet de formation (ce n'est pas un travail de recherche).

Problématique

L'auteur part de l'idée suivante : mettre les enseignants eux-mêmes en position d'apprenants utilisant DERIVE les aidera et les encouragera à préparer des activités, intégrant DERIVE, pour leurs élèves. Autrement dit, interpeller les enseignants, en les mettant face à un problème mathématique "nouveau pour eux" et assez riche, va les encourager à se servir des potentialités de DERIVE pour explorer des champs mathématiques non familiers et, en même temps, se familiariser avec le fonctionnement en environnement informatisé.

Méthodologie/Dispositif

Durée : non spécifiée.

Public : 23 enseignants du secondaire.

Dispositif :

Une première phase visait à susciter la "curiosité mathématique" des enseignants et à leur permettre de se familiariser avec le logiciel. Le formateur soumet un "projet" aux stagiaires consistant à faire tracer, par DERIVE, les fonctions composées de couples de fonctions linéaires données et d'observer les résultats. Certains de ces résultats les ont amenés à se poser des questions et à essayer de faire des démonstrations théoriques pour valider les résultats.

Dans une deuxième phase, le formateur demande aux stagiaires de se mettre en groupes et de préparer des "projets" d'activités mathématiques utilisant DERIVE, puis de les adapter à une utilisation en classe avec leurs élèves.

Une troisième phase consistait à discuter, en grand groupe, les projets produits, à les améliorer puis à les rédiger pour constituer une base de données utilisables par d'autres enseignants.

Analyse

Étant donné que ce n'est pas un travail de recherche, il n'y a pas d'analyse proprement dite. On trouve plutôt des commentaires du formateur sur le travail des enseignants stagiaires, comme par exemple :

- Le souci des enseignants d'avoir le "contrôle technologique" du logiciel ; de savoir surmonter un "comportement inattendu" de DERIVE.
- Le souci de trouver des problèmes mathématiques riches et intéressants où l'on peut utiliser la possibilité de travailler dans plusieurs fenêtres DERIVE (graphique, numérique).
- Les projets construits par les stagiaires révélaient en quelque sorte " le style d'enseignement" de chacun d'eux.

Résultats / conclusion

La conception de scénarii d'enseignement utilisant DERIVE a des retombés bénéfiques sur :

- L'activité des élèves : résoudre des problèmes algébriques riches associant plusieurs représentations (graphique, numérique, symbolique) développera chez les élèves des compétences "flexibles".
- L'utilisation par les enseignants : faire des mathématiques en utilisant DERIVE aide les enseignants à évoluer dans leurs compétences professionnelles et à franchir le pas "du coût" d'une préparation d'activité en environnement informatisé (plus longue que celle d'une activité papier-crayon).

Le travail fait au cours du stage montre que l'enseignant essaye d'adapter (ou de personnaliser) le fonctionnement proposé en environnement informatisé à son propre style de fonctionnement professionnel.

Observations du lecteur

Cet article rejoint une lignée d'articles rendant compte d'activités de recherche-innovation où l'on montre l'intérêt (pour l'enseignant et l'élève) d'utiliser des logiciels éducatifs dans l'enseignement des mathématiques. Ici l'objectif de l'auteur-formateur était de montrer que l'enseignant, qui utilise DERIVE pour résoudre des problèmes mathématiques intéressants, sera encouragé à l'intégrer dans son enseignement et à surmonter les difficultés qui accompagnent cette intégration.

Encore une fois, on voit un essai de légitimer l'intégration d'un logiciel dans l'enseignement par les possibilités qu'il offre pour résoudre des problèmes riches et inhabituels.

Références : Schoenfeld AH. , 1990 - Corno L. & Snow RE. , 1986.

ABBOUD- BLANCHARD M. & LACHAMBRE B.	Training of mathematics teachers	1996	IDJ vol 3, n°3 pp 109-124	EI	F	FE2 (F88)
--	---	-------------	--	-----------	----------	----------------------

Raisons du Choix

L'article présente un planning de formation initiale-continue aux TIC (en particulier DERIVE) en mathématiques ainsi que des scénarii de séances de formation.

Cadre théorique

Didactique des mathématiques.

Problématique

L'article est composé de deux parties :

- La première est une réflexion sur les phases à mettre en place dans un stage-module de formation aux TIC ;
- La deuxième fait des propositions de séances de formation à DERIVE basées sur les résultats d'une recherche sur ce logiciel de calcul formel.

Analyse / Résultats / conclusion

Dans la première partie, les auteurs distinguent quatre types de formation :

- Une formation technique qui doit apporter les connaissances minimales sur un système de calcul formel ;
- Une formation scientifique qui doit apporter des éléments de connaissances sur le calcul symbolique et sur son implémentation dans un logiciel ;
- Une formation culturelle qui doit illustrer la différence des approches, des stratégies, des pratiques entre un contexte de CAS et un contexte papier-crayon ;
- Une formation professionnelle où l'enseignant doit apprendre à utiliser les CAS en classe.

Les auteurs proposent ensuite un planning possible de formation, divisé en différentes étapes. Chaque étape répond à un objectif différent dans une progression basée sur la distinction précédente. Ils marquent dans leurs propositions la différence entre les stratégies de formation initial (deuxième année d'IUFM), et la formation continue. Cette différence tient essentiellement aux différences de profils, expériences et représentations des stagiaires vis à vis des CAS.

Dans la deuxième partie, l'article présente deux scénarii de formations basées sur deux situations de classes observées par les chercheurs : une sur les parenthésages-fractions et l'autre sur la recherche de fonctions sous contraintes.

Pour chacune des deux situations, la présentation est structurée de la façon suivante :

1. Description rapide de la situation de classe observée ;
2. Intérêt de la situation pour la formation. : basé sur les résultats globaux révélés par la confrontation de l'analyse a priori et de l'analyse a posteriori ;
3. Scénario possible de formation concernant la situation. Trois éléments sont privilégiés : une place éventuelle de la situation par rapport à un projet de formation, une stratégie de formation utilisable, et des points sur lesquels insister, en rapport avec 2.

Observations du lecteur

Les propositions avancées par les auteurs sont fondées sur une recherche menée pendant deux ans sur l'utilisation en classe de DERIVE, ce qui donne à ces propositions une dimension analytique souvent manquante dans ce type d'article. **Références** : Zehavi N., 1996

VALERO P. & GOMEZ C.	Precalculus and Graphic Calculators : The Influence on Teacher's Beliefs	1996	Actes PME 20, vol.4, pp. 363-370	R	CL	FE3 (A25)
---------------------------------	---	-------------	---	----------	-----------	------------------

Raison du Choix

Cette étude essaye de ne pas avoir d'influence sur le contenu du cours de mathématiques et les changements qui peuvent être apportés lors de l'utilisation de calculatrices, elle se "contente" d'observer l'enseignant avant et pendant cette utilisation.

Cadre théorique

L'auteur se base sur des études portant sur le système des représentations de l'enseignant et son influence sur sa pratique professionnelle, ainsi que son comportement en classe (Robert, Thompson).

Problématique

Le but de la recherche est d'étudier l'influence de l'introduction des calculatrices graphiques dans le cours de mathématiques (première année d'université), sur les représentations d'un enseignant (les représentations concernant les mathématiques, leur enseignement et le rôle des outils dans cet enseignement).

Méthodologie/Dispositif

Durée : L'expérimentation a lieu au cours de deux semestres, le premier précédant l'introduction des calculatrices dans l'enseignement et le deuxième étant celui de cette introduction.

Public : étudiants non volontaires, enseignant volontaire.

Présentation du dispositif et données recueillies : trois techniques de recueil de données ont été mises en place :

- Observation (enregistrements vidéo) de classe prenant en compte 5 éléments : interventions de l'enseignant, interactions enseignant-étudiants, temps de parole de l'enseignant, types d'exercices et de questions posés par l'enseignant et le traitement par l'enseignant des erreurs des étudiants ;
- Test enseignant (1^{er} et 2^{ème} semestres) : sous forme de questionnaire visant à amener l'enseignant à expliciter sa position (et un changement éventuel de cette position) sur les mathématiques et sur leur enseignement ;
- Entretiens guidés de l'enseignant prenant en compte ses réactions aux : résultats des observations, résultats de la comparaison test 1-test 2 et la comparaison entre ce qu'il annonce dans les tests par rapport à son comportement effectif en classe.

Analyse

Critères d'analyse : se basant sur une grille de profils d'enseignants déjà existante (typologie d'Ernest, 1991), essayer de trouver le profil de l'enseignant avant et en cours d'expérimentation. Cette grille consiste à croiser cinq types de représentations et à dégager cinq profils d'enseignants. Les représentations concernent : les mathématiques, les objectifs de l'enseignement des mathématiques, l'enseignement, l'apprentissage & la matériel utilisé. Les profils sont les suivants : "Entraîneur industriel", "Pragmatique-technologique", "Ancien humaniste", "Éducateur public" et Éducateur "moderne".

Cette grille est complétée par un travail de comparaison sur : ce que l'enseignant dit / ce que l'enseignant fait, ceci pour cerner concrètement ses représentations.

Domaine de validité des résultats : étude d'un seul cas.

Résultats/conclusions

Les résultats montrent un changement réel du comportement, en classe, de l'enseignant pendant le semestre où les calculatrices ont été utilisées. Alors qu'au cours du premier semestre l'enseignant contrôlait la classe, prenait souvent la parole et insistait sur les aspects mécaniques des procédures et algorithmes, au cours du deuxième trimestre les étudiants contrôlaient l'avancement du cours par leurs interventions régulières sous forme d'interrogations sur les raisons d'utilisation de telle ou telle procédure et sur l'intérêt de cette utilisation par rapport aux concepts étudiés. Au cours du premier semestre, l'enseignant évitait l'apparition des erreurs en étant très directif, au cours du deuxième, il laissait apparaître des erreurs et faisait participer les étudiants à leur correction en en profitant pour construire de nouveaux savoirs.

Les données recueillies montrent qu'il n'y a pas eu de changement dans les représentations de l'enseignant sur les mathématiques et leur enseignement. Il est resté dans un profil d'"Entraîneur industriel". Par contre les quelques modifications remarquées dans ce qu'il dit et ce qu'il fait marquent une déstabilisation dans son système "inconscient" de représentations.

Observations du lecteur

Malgré un titre annonçant que l'étude est faite autour de l'introduction d'un environnement informatisé, le dispositif, les analyses et les résultats ne rendent compte que très sommairement des spécificités de cet environnement. L'étude aurait été exactement identique si l'innovation était autre qu'"informatique".

Il est clair que les résultats concernant un début de déstabilisation des représentations de l'enseignant et de sa volonté de changer ne relèvent pas du fait qu'il a utilisé des calculatrices dans son enseignement, mais plutôt de ses discussions avec les chercheurs pendant une année d'expérimentation et de ses lectures d'ouvrages didactiques liés à cette expérimentation.

Références : Ernest P., 1991 - Fernandes D. , 1995 - Thompson , 1984

BOTTINO R.M. & FURINGHETTI F.	Teaching mathematics and using computers : links between teachers' beliefs in two different domains	1994	Actes de PME 18, vol 3.	RG	I	FE4 (F26)
--	--	-------------	--	-----------	----------	----------------------

Raisons du choix

Une recherche intéressante visant à définir des profils d'enseignants avant de proposer des projets de formation des enseignants à l'introduction des outils informatiques.

Cadre théorique

Une recherche qui se veut dépassant l'aspect "militant" souvent lié à l'introduction des environnements informatisés dans les programmes de l'école. Elle rejoint plutôt les différentes recherches développées sur les liens entre les représentations des enseignants et l'utilisation effective dans les classes des outils informatiques (Hoyles, Moreira et Noss).

Problématique

Une réforme des programmes de l'école secondaire (élèves de 14-18 ans) introduisant l'utilisation des outils informatiques a engendré un plan national de formation des enseignants à cette utilisation. L'objectif des chercheurs est d'étudier les différentes représentations des enseignants concernant l'enseignement des mathématiques et leurs liens avec les représentations concernant les outils informatiques et leur utilisation dans l'enseignement.

Méthodologie/Dispositif

Dispositif : Étude de cas (cinq enseignants du secondaire).

A l'issue d'un questionnaire proposé à 120 enseignants de mathématiques, un échantillon significatif de cinq d'entre eux a été choisi.

L'étude consistait à faire des entretiens avec ces enseignants et à étudier des données recueillies dans leurs classes (matériel utilisé, types d'activités proposées aux élèves, etc...).

Analyse

Critères d'analyse :

Les entretiens et les données recueillies s'articulaient autour de 8 axes :

- 1- Particularités de l'enseignement des mathématiques.
- 2- Philosophie des mathématiques.
- 3- Modalités d'introduction des outils informatiques dans le cours de mathématiques.
- 4- Motivations pour introduire (ou non) les outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques.
- 5- Point de vue sur les outils informatiques.
- 6- Opinions sur les nouveaux modes de travail en classe induits par cette introduction.
- 7- Motivations pour utiliser (ou non) des "packages".
- 8- "Packages" utilisés.

Les items 1 & 2 visaient à caractériser le profil de l'enseignant quant à l'enseignement des mathématiques. Les items 3, 4 & 5 permettaient de savoir comment l'enseignant perçoit l'utilisation des outils informatiques dans l'enseignement (conceptuelle, instrumentale). L'item 6 visait à dégager l'opinion de l'enseignant sur l'innovation "informatique" comme innovation qui rejoint intimement d'autres innovations (travail en groupes, autonomie, etc...) ou reste marginale. Les items 7 & 8 permettaient de connaître les choix de logiciels que l'enseignant fait.

Résultats / conclusion

L'analyse des données a permis d'établir les caractéristiques, par rapport aux 8 items, de chacun des cinq cas-enseignants étudiés.

Les conclusions essentielles que les auteurs tirent de ces résultats sont :

- a) Il existe deux niveaux de perception, par les enseignants, du rôle de l'informatique dans leur enseignement :
 - 1- un "niveau superficiel" , où l'on considère l'informatique comme un outil permettant l'amélioration de la présentation des contenus ;
 - 2- un "niveau profond" , où l'on considère que l'informatique aide à la construction des savoirs.
- b) Les représentations des enseignants concernant le rôle des outils informatiques est essentiellement une projection de leurs représentations concernant l'enseignement des mathématiques.
- c) Les représentations sur la nature des mathématiques jouent un rôle essentiel dans le choix des logiciels utilisés.

Observations du lecteur

Recherche intéressante puisqu'elle met en évidence la diversité des représentations des enseignants quant à l'intégration des environnements informatisés dans leur enseignement. Cette diversité est rarement prise en compte dans la formation continue et initiale à cette intégration.

Références :Hoyles C. , 1993 - Moreira C. & Noss R. , 1993 - Ponte J. , 1990.

MONAGHAN J.	Les enseignants et la technologie	1999	Actes du colloque de la Grande-Motte pp. 159-163	RG	UK	FE5 (F109)
--------------------	--	-------------	---	-----------	-----------	-------------------

Raisons du choix

L'article traite les raisons des résistances de "l'enseignant moyen" de mathématiques à l'intégration des TIC dans son enseignement. Nous l'avons choisi parce qu'il prolonge l'article de M. Artigue (FE6(F6)) au-delà des frontières françaises.

Cadre théorique

Une réflexion générale qui ne se rattache pas à un cadre particulier. Cependant, on peut relever plutôt des analyses en termes de représentations des enseignants.

Problématique

Pour expliquer le fait que les TIC n'arrivent pas à s'intégrer à l'enseignement des mathématiques, l'auteur avance l'hypothèse de la résistance de l'enseignant à cette intégration. Pour illustrer cela, il s'appuie sur les résultats de différentes recherches internationales sur les représentations et la formation des enseignants.

Analyse / Résultats / conclusion

L'auteur montre, à travers les résultats de plusieurs recherches, que l'enseignant de mathématiques qui utilise les TIC dans son enseignement et qui réussit cette utilisation est un enseignant qui a des représentations particulières des mathématiques et de leur enseignement. C'est un enseignant qui accepte que son rôle dans la classe soit complètement changé. Il peut devenir un assistant technique, un facilitateur, un catalyseur alors que la plupart des enseignants ont peur d'un tel changement. Dans des séances de classe intégrant les TIC, l'enseignant peut percevoir la technologie comme une menace sur sa maîtrise du savoir. Il peut se sentir menacé dans son image professionnelle. L'introduction de l'informatique dans l'enseignement des mathématiques fonctionne seulement si elle est perçue comme une réponse à des questions que se pose déjà l'enseignant.

L'auteur souligne l'importance de la formation continue de l'enseignant qui peut être organisée en plusieurs modules : pour utiliser dans sa propre activité mathématique, pour prendre conscience de sa culture d'enseignant et offrir l'occasion d'étendre ses méthodes d'enseignement, etc.

Il note également que les changements d'attitude d'enseignants après une formation continue sont complexes. Ils sont fonction des activités, des situations, des cultures et la durée joue un rôle important.

Observations du lecteur

L'analyse synthétique que l'auteur fait paraît un peu sommaire et s'adresse à un public "d'initiés". Ceci peut être expliqué par le fait qu'il voulait développer des résultats concernant des pôles autres que celui de l'enseignant, mais qu'il a restreint sa prestation orale lors du colloque, et donc son article, à ce pôle.

Références : Thompson AG., 1992 - Moreira C. & Noss R., 1995 - Laborde C., 1995 - Bottino R. & Furinghetti F., 1996 - Abboud Blanchard M. & Lachambre B., 1996.

ARTIGUE M.	Teacher training as a key issue for the integration of computer technologies	1998	IFIP pp. 121-129	RG	F	FE6 (F6)
-------------------	---	-------------	-------------------------	-----------	----------	-----------------

Raisons du Choix

L'article dresse un panorama des obstacles à l'intégration des TIC dans l'enseignement des mathématiques en France.

Cadre théorique

Plusieurs cadres théoriques sont survolés. Ce sont essentiellement les différents cadres de didactique des mathématiques en France.

Problématique

Un article de réflexion générale qui s'articule autour du constat suivant : malgré les efforts de l'Institution et l'enthousiasme des militants, l'intégration des outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques reste marginale et se développe très lentement. L'auteur essaye de faire une synthèse des différents obstacles à cette intégration, synthèse basée sur les résultats de plusieurs recherches.

Analyse / Résultats / conclusion

L'auteur rend compte des obstacles à l'intégration des TIC, mis en évidence par la recherche dans ce domaine, qui ne sont pas pris en compte par la formation des enseignants :

- La légitimité des TIC dans l'enseignement : Les enseignants ont besoin d'être convaincus, indépendamment de la dimension scientifico-culturelle, de l'apport des TIC dans leur enseignement. Les promoteurs des TIC tiennent un discours où ils surestiment les potentialités de ces outils et minimisent les réelles difficultés auxquelles seront confrontés les enseignants. Ce qui crée un cercle vicieux gardant ainsi l'intégration dans une phase de non maturité.
- La sous-estimation des effets dus à la transposition informatique des connaissances mathématiques : souvent ces effets sont considérés comme des phénomènes parasites à éviter par un choix judicieux des situations. Cependant les recherches montrent que si ces phénomènes sont compris et dépassés, ils fournissent parfois un apport considérable dans la compréhension de certaines notions mathématiques
- L'opposition entre les dimensions techniques et conceptuelles de l'activité mathématique : Les TIC sont souvent présentées comme des outils qui déchargent l'apprenant de la "lourde" dimension technique de la résolution et favorisent ainsi une résolution axée sur la dimension conceptuelle. Les recherches montrent que ces outils favorisent en plus de cette tendance une autre qui lui est opposée. Cette dernière est fondée sur des actions aveugles et des stratégies de résolution automatisées. Un équilibre entre ces deux tendances est important à installer lors de séances utilisant les TIC pour permettre de contrôler et d'améliorer l'activité mathématique de l'élève.
- La dimension instrumentale : l'enseignement des mathématiques est habitué à fonctionner dans des environnements "technologiquement pauvres". L'intégration des TIC introduit un changement radical et oblige à prendre en compte dans l'enseignement les phénomènes d'instrumentation et d'instrumentalisation résultants de la transformation d'outils technologiques en des instruments mathématiques.

Tous ces obstacles à l'intégration des TIC ne pourraient pas être surmontés si la formation des enseignants n'intègre pas l'analyse didactique comme composante primordiale. Une analyse

utilisant des outils didactiques qui permettraient aux enseignants d'identifier les variables des situations, d'agir sur elles et d'analyser leurs techniques professionnelles et les changements qu'elles vont subir à travers l'intégration des TIC.

Observations du lecteur

Cet article nous semble important par le regard critique qu'il développe sur la formation des enseignants, en France, à l'intégration des TIC. A travers la synthèse des résultats des différentes recherches sur ces environnements, il met en évidence les obstacles réels à cette intégration qui doivent être pris en compte dans la formation.

Références : Abboud M., 1994 - Rabardel P., 1995 - Trouche L., 1996 - Artigue M., 1997.

CLAROU P.	The integration of IT and teacher training : supporting teachers in their use of hardware and software tools in the school mathematics classroom	1998	IFIP pp. 141-150	EI	F	FE7 (G29)
------------------	---	-------------	-----------------------------	-----------	----------	----------------------

Raisons du Choix

Un compte rendu de formations initiales à l'utilisation de Cabri.

Cadre théorique

Didactique des mathématiques.

Problématique

L'auteur montre, à travers un modèle de formation initiale, la possibilité de prise en compte dans la formation des résultats de différentes recherches sur les environnements de géométrie dynamique. La formation présentée est celle que l'auteur assure en tant que formateur IUFM.

Analyse / Résultats / conclusion

L'auteur commence par dresser un état des lieux de l'utilisation des TIC dans l'enseignement des mathématiques, axé autour du rôle de l'enseignant. Il souligne une inertie de la majorité des enseignants face aux TIC et ceci pour diverses raisons, comme par exemple :

- la non maîtrise des différents aspects des situations qu'ils pourraient proposer aux élèves ;
- le coût élevé de l'investissement dans cette direction (TIC), et le manque de temps pour le faire.

Il passe ensuite à l'intérêt d'habituer les futurs enseignants à l'utilisation des TIC pendant la formation initiale en IUFM. En partant de l'hypothèse que Cabri est un logiciel facile d'accès et présentant des potentialités importantes pour l'enseignement de la géométrie, il présente deux types de formation d'enseignants :

- La première s'adresse aux élèves-professeurs des écoles (première année PE1). Elle leur permet de raviver leurs connaissances de la géométrie euclidienne, non dans un sens scolastique mais en leur ouvrant de nouvelles perspectives.
- La deuxième s'adresse aux élèves-professeurs des lycées-collèges (deuxième année PLC2).

La formation est organisée en trois phases : première approche de Cabri, approfondissement des connaissances sur les outils Cabri, présentation d'une variété d'utilisations possibles de Cabri en classe. Cette dernière est suivie d'une réflexion et un débat sur l'enseignement de la géométrie dans le secondaire et sur l'utilité de l'usage d'un logiciel de géométrie dynamique.

Tout au long de l'article, l'auteur donne des modèles d'activités de géométrie utilisant les potentialités de Cabri utilisables dans la formation.

Observations du lecteur

Un article qui est à cheval entre la réflexion générale et la présentation d'une innovation dans la formation.

Références : la littérature sur Cabri , Laborde & Laborde.

MOREIRA C & NOSS R.	Understanding teacher's attitudes to change in a logomathematics environment	1995	ESM 28 pp.155-176	EI	UK / P	FE8 (G106)
--------------------------------	---	-------------	--------------------------	-----------	---------------	-------------------

Cadre théorique

Les auteurs s'appuient sur l'hypothèse développée par Hoyles et Noss que Logo offre une possibilité au chercheur d'analyser l'enseignant, car c'est un terrain où celui-ci peut articuler ses conceptions des mathématiques et de l'enseignement.

Problématique

Point de départ : souci que l'innovation technologique soit une collaboration entre les professeurs et les chercheurs, que ce ne soit pas une directive hiérarchique, ce qui conduirait inévitablement à un échec.

L'environnement informatique utilisé : LOGO.

Population : enseignantes en poste en primaire au Portugal, volontaires.

Formateur : C. Moreira.

Ils mettent en place une formation dans ce sens : *Teaching and learning Mathematics with LOGO in the primary school*, et étudient les participants à cette formation. L'article porte sur ce dernier point, il n'y a pas de détail sur la construction de la formation.

Objectifs de la recherche:

- décrire et analyser les conceptions des enseignantes, à l'entrée dans la formation, relatives aux mathématiques et à l'enseignement des mathématiques ;
- examiner les échanges qui se produisent entre les participantes et suivre leur évolution au cours de la formation ;
- étudier quelle influence la formation a eue sur leur vision des mathématiques et de leur enseignement.

Méthodologie / Dispositif

La formation se déroule en 12 séances d'environ trois heures, et concerne 10 enseignantes du primaire, toutes volontaires.

Données recueillies : questionnaires (un avant la formation et un après), interviews (avant et après la formation), notes des enseignantes prises pendant les séances, sessions de leurs travaux sur l'ordinateur.

Analyse

Les analyses présentées ici ne concernent que deux enseignantes. Des résultats complets sont disponibles ailleurs. L'une d'elles illustre comment la formation et l'utilisation de l'ordinateur peut changer la façon de voir les mathématiques et leur enseignement, alors que l'autre illustre à quel point il peut être difficile pour certaines personnes de remettre en cause leurs conceptions de l'enseignement. Mais, dans les deux cas, il faut noter que le transfert de ce que les enseignantes ont appris durant la formation vers leurs classes est très difficile.

Résultats / Conclusions

Les deux enseignantes considérées sont non mathématiciennes, même assez fâchées avec cette discipline :

- Alice, attirée par l'ordinateur en tant qu'outil, le conçoit d'abord comme tout à fait indépendant des mathématiques. Du coup, malgré une peur farouche des mathématiques, elle s'investit facilement dans la formation. Elle arrive au fil des séances à établir d'elle-même un lien entre les activités qu'elle fait sur Logo et les mathématiques, et acquiert ainsi une certaine autonomie par rapport aux contenus à enseigner (« *she could rely on herself as a source of inspiration and creativity* »). Mais ces progrès se situent à un niveau personnel, et elle n'effectue pas de transfert vers la classe. Les auteurs soulignent ici la différence qu'il est important de faire entre les croyances (beliefs) et les pratiques des enseignants.
- Quant à Diana, elle conçoit l'ordinateur comme une fin en soi, un nouvel enseignement à faire, parce qu'il est inévitable que les enfants y soient confrontés. Mais, durant la formation, elle n'arrive pas à faire de lien entre l'enseignement des mathématiques dans son école et ce qu'elle a rencontré en formation.

Observations du lecteur

Les auteurs montrent dans cet article à quel point il est délicat d'introduire de nouvelles technologies dans les classes. Ils soulignent le fait qu'il faut que cette introduction soit aussi le fait des enseignants, pour qu'elle ait une chance d'être efficace. Mais, en analysant leurs comportements, ils notent une distinction entre leurs pratiques et ce qu'ils en disent (leurs croyances). C'est une difficulté de plus vers l'utilisation des nouvelles technologies en classe : même un professeur enthousiaste peut en fait être très réfractaire au moindre changement dans ses pratiques.

KYNIOS C. & PREEN Y.	Teacher strategies and beliefs in a computer-based inovatory classroom situation : a case study	1995	Actes de PME 19th, Brésil, pp. 296-303	R	D	FE9 (G84)
---------------------------------	--	-------------	---	----------	----------	------------------

Cadre théorique

Les auteurs se réfèrent à Vigotsky (1978), pour la composante sociale de la construction des connaissances.

Ils citent aussi Hoyles (1992) pour une distinction entre les pratiques effectives du professeur et ses croyances vis-à-vis de ces pratiques.

Problématique

Un projet de recherche a été mis en place en Grèce pour introduire le travail collaboratif dans les classes, où il était inexistant jusqu'alors.

Le micromonde **LOGO** est le support des activités que vont effectuer les élèves par petits groupes. Ce projet concerne les 24 enseignants d'une école et 500 élèves âgés de 8 à 12 ans (de la troisième à la sixième année du primaire).

Dans ce cadre, les auteurs s'interrogent sur le rôle du professeur. Ils vont observer ces pratiques d'une manière extérieure (vidéos), mais aussi ses propres impressions par rapport à ce nouvel enseignement, en particulier à propos du rôle de l'ordinateur dans la classe (interviews). Ils chercheront à déterminer quelle place le professeur fait aux contenus mathématiques durant ces séances.

Méthodologie / Dispositif

Les séances sur Logo durent environ une heure par semaine, toute l'année, pendant 4 ans. Le contenu est dans un premier temps (les trois premières années) relatif à Logo, puis les chercheurs incitent progressivement les professeurs à faire des liens plus fréquents avec les contenus mathématiques classiques.

Neuf professeurs parmi les 24 sont observés de près, c'est-à-dire filmés en classe puis interviewés. Un compte rendu fait par les élèves est aussi recueilli à chaque séance (un par groupe).

Analyse

Les films des séances sont retranscrits et analysés du point de vue du discours. Chaque intervention du professeur est classée selon deux critères :

- le sujet sur lequel elle porte : sur l'interaction du groupe (A), sur le déroulement de la séance (B), sur un contenu mathématique qui fait partie du curriculum classique (C), sur un fait technique (D), sur un contenu relatif à Logo (E).
- sa nature : directive et dans ce cas elle peut être disciplinaire (DD), motivationnelle (DM), un « coup de pouce » (DN) ou factuelle (DF), ou bien elle peut être de nature réflexive, et concerner alors une action qui vient de se produire (Rpre), ou qui va se produire (Rpost).

Par ailleurs un déroulement global de la séance tenant compte des interventions du professeur est rédigé aussi à partir du film et enfin le professeur est invité dans une interview semi-ouverte à raconter cette même séance, de son point de vue.

Résultats / Conclusions

Les analyses sont présentées pour un professeur et une séance. Elles font ressortir une différence assez nette entre l'analyse du discours et la perception du professeur de son propre rôle. Dans cet exemple, l'analyse montre qu'une majorité d'interventions sont de l'initiative du professeur, alors que son discours laisse entendre explicitement qu'elle juge ne pas être interventionniste dans le travail des élèves.

Les auteurs montrent que cet enseignant essaie de relier le travail sur Logo et les contenus mathématiques, mais que cette tâche est difficile et pas toujours réussie.

Observations du lecteur

Cette recherche porte plus sur l'analyse du rôle du professeur en classe que sur l'introduction des nouvelles technologies, quoique ces dernières, avec Logo, soient le moyen d'amener en classe des séances de travail en groupes.

FLORES A.	The Kinematics Method and the Geometer Sketchpad in Geometrical Problems	1998	IJCML Vol.3.1 pp. 1-12	EI	US	G3
------------------	---	-------------	-------------------------------	-----------	-----------	-----------

Critères de choix de l'article

Trop peu de littérature en langue non française est prise en compte sur ce thème en France.

Cadre théorique

Il s'agit d'un article décrivant une innovation pour laquelle il est difficile de distinguer nettement un cadre théorique, une problématique et une méthodologie est peu adaptée.

Idee à la base de l'innovation

Il s'agit d'utiliser une méthode mathématique peu connue (développée en particulier par des soviétiques) pour démontrer des relations géométriques invariantes en exprimant des relations entre vitesses et en les intégrant. Le mode Trace d'un logiciel de géométrie dynamique (ici Geometer Sketchpad) permet de visualiser la vitesse des différents éléments mobiles de la figure quand un de ses éléments est déplacé. Ce mode Trace respecte le rapport entre deux vitesses.

Apports de l'idée à la formation d'enseignants

La méthode mathématique est originale et peu connue y compris des enseignants qui sont alors placés en position d'élèves. Le logiciel est ici utilisé pour « faciliter » l'appropriation de la méthode. Mais on ne dit pas comment et pourquoi cette facilitation s'opère.

Sont seulement indiqués, comme facteurs de facilitation, la visualisation et le caractère dynamique, la possibilité de faire varier les données, d'expérimenter et d'interagir avec le logiciel (dans une seule phrase à la fin de l'article).

Mise en œuvre

Observation d'enseignants en formation initiale et continue (20 enseignants de collège et de lycée) en été 97. Les formés recevaient les fiches de travail et une disquette avec les figures correspondantes. Ils étaient observés pendant leur travail (par paires ou individuel). L'instructeur répondait aux questions et en posait lui-même (on ne précise pas les questions dans l'article). Tous les étudiants ont écrit une réaction brève sur la méthode cinématique. De plus 5 étudiants ont choisi de faire une rédaction de découverte plus détaillée sur la méthode.

Analyse des observations

Les formés ont trouvé les activités intrigantes et stimulantes. Le logiciel a été de grande aide pour eux. Ils pouvaient conjecturer la réponse avant de la chercher. Certains avaient de mauvais souvenirs des vecteurs en physique et cela les a aidés à surmonter ce blocage. Certains étudiants ont cherché des solutions alternatives aux solutions cinématiques. Une difficulté pour les étudiants : trouver la bonne position pour montrer que la constante d'intégration était nulle dans un des problèmes cités.

Résultats

La méthode cinématique n'est pas nouvelle, mais son appropriation est facilitée par le logiciel. Sont seulement indiqués, comme facteurs de facilitation, la visualisation et le

caractère dynamique, la possibilité de faire varier les données, d'expérimenter et d'interagir avec le logiciel (dans une seule phrase à la fin de l'article).

Références : Polya & Schoenfeld.

ASSUDE T., CAPPONI B., BERTNIEU P. & BONNET J.-F.	De l'économie et de l'écologie du travail avec le logiciel Cabri-géomètre	1997	Petit x n° 44 pp. 53-79	R	F	G7
--	---	------	----------------------------	---	---	----

Choix de l'article

Il porte sur les changements curriculaires que peut impliquer un environnement informatique.

Cadre théorique

Ecologie didactique des savoirs.

Problématique

L'article propose de montrer l'articulation entre l'économie et l'écologie du travail dans l'environnement Cabri-géomètre.

Méthodologie / Dispositif

Durée : 1 an

Interne / Externe : interne

Présentation du dispositif : partielle

Données recueillies : journal de bord (où l'élève écrit, à la fin de chaque séance, ses impressions sur le travail effectué), cahiers d'élèves, préparation du professeur, notes d'observateur et interview.

Modalités d'étude : une classe.

Analyse

Critères d'analyse : à partir d'une analyse écologique du logiciel et des observations d'élèves.

Modes de validation : confrontation entre cadre théorique et les observables.

Domaine de validité des résultats .

Résultats / Conclusions

Types de résultats : conformes. Le travail met en évidence que l'économie du logiciel introduit un ensemble de contraintes qui permettent l'émergence de nouveaux objets et et/ou des nouvelles interrelations. Les auteurs montrent que de nouveaux types de problèmes émergent sous la contrainte de l'économie.

Degré de généralité: le travail peut être généralisé à d'autres environnements informatiques.

Perspectives : on propose un cadre de travail et un cadre d'analyse de certains environnements informatiques.

Observations du lecteur

Le travail s'inscrit dans une approche théorique, celle de l'articulation entre l'économie et l'écologie des savoirs. Il propose un exemple de cette articulation dans le cas de l'utilisation d'un environnement informatique : Cabri-Géomètre.

L'article fournit un cadre théorique et des outils d'analyse d'un environnement informatique.

BERNAT P.	Evaluation et évolution d'un logiciel de géométrie dynamique	1997	Repères-IREM, n° 28 pp. 9-36	P	F	G15
------------------	---	-------------	-------------------------------------	----------	----------	------------

Raison du choix

Discussion des choix des différents concepteurs de logiciels de géométrie dynamique.

Cadre théorique

Le cadre théorique n'est pas explicite. Cependant, on peut repérer des cadres théoriques implicites : la transposition informatique (Balacheff 97), la géométrie dynamique (Goldenberg & Cuoco 96), les micro-mondes (Pappert 81), l'articulation dessin-figure (Parzysz 88), la dimension expérimentale d'une tâche mathématique (Laborde 96).

Problématique

L'auteur expose des problèmes didactiques, épistémologiques et informatiques que soulèvent ces logiciels mais aussi qui sont à l'origine de leur évolution.

Méthodologie /Dispositif

Dans un premier temps, il décrit l'évolution du logiciel "Calques Géométriques" en exposant les motifs de son évolution. Parallèlement, l'auteur fait une analyse comparative avec d'autres logiciels de géométrie dynamique : Cabri-géomètre, Géoplan et Geometer's Sketchpad.

Analyse

L'évaluation d'un logiciel se fait non seulement par rapport aux performances informatiques mais surtout par rapport à l'adéquation du logiciel à l'enseignement. Cette analyse est faite selon les critères suivants :

- le logiciel est-il utile dans une situation d'enseignement ?
- le logiciel permet-il de réaliser toutes les constructions réalisables à la règle et au compas ?
- le logiciel permet-il de réaliser d'autres constructions ?
- en cas de réponse positive à la deuxième question :
- y a-t-il risque de conséquences néfastes pour l'apprentissage visé ?
- y a-t-il conformité de la réalisation informatique avec la théorie enseignée ?
- le logiciel est-il complet pour un enseignement de la géométrie ?

Cette grille est utilisée pour évaluer la version initiale du logiciel "Calques Géométriques". Sur certains points, l'auteur met en évidence et analyse des différences de comportements entre les interfaces des logiciels étudiés. Ensuite, il explique les (quelques) raisons qui sont à l'origine de l'évolution du produit : didactiques, épistémologiques, informatiques, compétitions entre produits.

Résultats / Conclusion

Critères qui sont à l'origine de l'évolution du logiciel (Calques)

- Un critère fondamental est le concept de micro-monde. En particulier, la possibilité qu'aura l'utilisateur à construire son "propre" micro-monde en définissant de nouveaux objets : macro-construction (Cabri-géomètre, scripts (Sketchpad), greffer (Calques). L'auteur fait une analyse comparative de ces trois choix.

- Evolution de l'apprentissage. L'auteur part de l'hypothèse selon laquelle l'élève doit prendre conscience de la nature des objets qu'il manipule. En prenant comme exemple la gestion des implicites des intersections, il pense qu'au début de l'apprentissage l'élève doit expliciter les différentes actions en désignant les objets et la commande "intersection". Ainsi, le choix qui a été retenu pour Calques est de laisser à l'utilisateur (enseignant) "le choix du mode d'interaction le mieux adapté à la situation didactique à mettre en œuvre". *Autrement dit, les différents modes d'interaction constituent des variables de commandes pour l'enseignant.*
- Vers d'autres domaines : géométrie fractale, géométrie analytique, analyse, ... Cette "extension" soulève de nouvelles questions : quel est le statut du nombre qu'on manipule ? qu'est ce qu'un lieu géométrique ? Quels sont les effets de changement de cadre ? ...

À travers cette analyse, l'auteur met l'accent sur deux points pour une "bonne" utilisation d'un logiciel pédagogique :

- l'enseignant doit pouvoir supprimer certaines fonctions et choisir entre différents modes d'interaction ;
- l'enseignant doit avoir conscience de la situation créée par l'introduction d'un tel environnement et être capable d'identifier les choix didactiques à effectuer afin d'adapter l'environnement.

Enfin, pour l'auteur, l'apport de la géométrie dynamique est essentiellement la réalisation plus rapide et plus précise (par rapport au papier-crayon) de chaque construction.

Observations du lecteur

L'article propose un cadre d'évaluation d'un logiciel en comparaison avec d'autres. Ce point de vue nous semble important et permet de dégager une (ou des) problématique (s) sur les logiciels de géométrie dynamique.

Cependant l'analyse qui est faite est souvent réductrice. L'auteur présente les choix de Calques comme étant les plus judicieux en se basant sur une analyse comparative qui reste superficielle. En particulier, on ne peut pas réduire l'apport de la géométrie dynamique à un question de rapidité et simplicité d'exécution.

BITTAR M.	Les vecteurs dans l'enseignement secondaire	1997	Séminaire Didatech n°181 pp. 71-108	R	F	G17
------------------	--	-------------	--	----------	----------	------------

Critères de choix de l'article

Utilisation de l'outil informatique (Cabri-géomètre) comme moyen de modéliser les difficultés des élèves.

Cadre théorique

L'article étudie les vecteurs en tant qu'objet d'enseignement en dégagant la fonction du vecteur en tant qu'outil de résolution de problème, et en tant qu'objet. L'auteur utilise le cadre théorique de la dialectique "outil-objet" (Douady 86) pour l'analyse. Une des hypothèses de travail se place du côté des registres sémiotiques au sens de Duval.

Problématique

Partant d'une constatation de rupture entre la notion de vecteur enseignée dans l'enseignement secondaire et celle enseignée à l'université, l'auteur cherche à étudier les aspects de l'enseignement pouvant provoquer des difficultés chez les élèves lors du passage du géométrique à l'algébrique.

L'analyse des programmes permet de cerner l'objet d'étude sous forme de questions :

- sous l'étiquette "vecteur" quel objet est transposé dans le secondaire ?
- quels problèmes propose-t-on de résoudre avec les vecteurs ?
- quels types de difficultés peuvent avoir les élèves dans l'apprentissage de la notion de vecteur et lors de son utilisation pour résoudre un problème ?
- quels sont les registres de représentation sémiotiques présents dans l'enseignement pour les vecteurs ?
- quel est le rôle des différents registres lors de la résolution des problèmes ?
- les élèves pratiquent-ils d'eux-mêmes les changements de registre.

L'étude se place à la fois du côté de l'enseignement et du côté de l'élève et elle concerne les vecteurs en tant qu'objet et en tant qu'outil.

L'environnement informatique Cabri-géomètre joue un rôle d'outil d'analyse pour aider à modéliser les difficultés rencontrées par les élèves dans la construction du concept de vecteur. De même, l'environnement informatique, par son caractère dynamique, permet aux élèves de vérifier des propriétés que l'environnement papier crayon ne permettait pas de vérifier, apportant ainsi aux élèves un moyen de contrôle de leurs actions (du fait des rétroactions).

L'environnement permet de faire travailler les élèves sur d'autres aspects du vecteur qui ne sont pas mis en avant dans un enseignement habituel.

Méthodologie / Dispositif

La méthodologie s'appuie d'abord sur l'analyse des programmes et des manuels et ensuite sur des observations et entretiens d'élèves.

Durée: 1 an

Interne

Présentation du dispositif : Oui

Données recueillies : productions d'élèves / entretiens.

Modalités d'étude : Etude de cas (des étudiants de DEUG) / d'une classe(de seconde).

Modalités de travail dans la classe : individuel / groupe de 2 élèves.

Statut de l'enseignant : enseignant de la classe.

Public : volontaire

Analyse

Critères d'analyse :

Modes de validation: confrontation entre l'analyse a priori et l'analyse a posteriori. Ces deux analyses ne sont pas explicitées dans l'article.

Domaine de validité des résultats

Résultats / Conclusions

Types de résultats : Conformes : le dispositif expérimental (classe de seconde) a permis de confirmer la présence chez les élèves des invariants formulés à partir de l'analyse de l'enseignement.

Degré de généralité

Dispositif modifié ou non: non

Perspectives

Observations du lecteur

Cet article présente quelques éléments d'une recherche menée dans le cadre d'une thèse qui a été soutenue en 1998 (G18). La méthodologie de ce travail croise l'analyse des programmes, des manuels, des observations d'élèves (travaillant dans deux environnements papier-crayon et informatique) et des entretiens d'élèves (de niveau seconde et DEUG) : les observations réalisées viennent confirmer l'analyse de l'enseignement (à partir des programmes et des manuels).

CARRAL M. & CUPPENS R.	De d'ALEMBERT à CABRI-GÉOMÈTRE : le constructeur universel d'équations	1995	Repères-IREM n° 18 pp. 105-124	P	F	G23
-----------------------------------	---	-------------	---------------------------------------	----------	----------	------------

Raisons du choix

L'article traite de possibilités apportées par les TIC, et qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon, la simulation de systèmes articulés en géométrie dynamique. Au-delà de la suggestion d'utilisation et de l'intérêt historique, l'article est également intéressant par les conséquences qu'il dégage sur l'enseignement comparé, dans les deux environnements papier-crayon et TICE, de la notion de courbe représentative de fonction.

Cadre théorique

Du point de vue didactique, transparaissent, bien que ni termes ni références ne soient explicités : importance des changements de registres, transposition didactique, problèmes et apports d'une transposition informatique. Certaines différences entre un enseignement traditionnel en papier-crayon et un environnement de géométrie dynamique sont analysées en termes de conséquences sur les conceptions des enseignants.

Problématique

L'article s'insère dans une recherche plus générale sur les fondements informatiques et géométriques du logiciel Cabri-géomètre. Un exemple de simulation de système articulé est détaillé, reproduisant une machine traçant des courbes, conçue par D'Alembert pour la résolution d'équations algébriques. Cette simulation permet de rapprocher géométrie et analyse, de renouer avec des problèmes mathématiques et des méthodes de résolution, actuellement ignorés dans l'enseignement, bien qu'ils aient été à la source des concepts enseignés.

Analyse

L'article explique le fonctionnement de la machine d'un point de vue algébrique, d'un point de vue géométrique, enfin d'un point de vue constructif, en réalisant une construction géométrique avec Cabri-géomètre. Des applications sont données, dans un cadre graphique, puis numérique, au-delà du domaine imaginé par D'Alembert.

Résultats/conclusion

L'approche des auteurs permet de revenir à l'approche historique des courbes comme lieux géométriques. Dans une discussion sur les apports de cette démarche, les auteurs mettent en évidence certaines insuffisances de la présentation en cours dans l'enseignement actuel, en environnement papier/crayon, déficiences qui leur semblent conduire à des conceptions erronées quant au passage discret-continu.

Observations du lecteur

L'article ne fait pas référence à une expérimentation à caractère didactique, il présente une réflexion sur les conceptions des enseignants utilisant les TICE, précisément il renvoie aux relations entre courbes, machines à construire ces courbes, lieux géométriques et construction du concept de fonction.

CLAROU P. & JAHN A.-P.	La notion de transformation géométrique en classe de seconde avec Cabri-géomètre et la TI-92.	1998	Actes du colloque francophone européen (Guin ed) pp. 97-113	R	F	G30
---	--	-------------	--	----------	----------	------------

Raison du choix

Conception de situation d'enseignement s'appuyant sur une étude didactique.

Cadre théorique

Ingénierie didactique et conceptions

Problématique

L'analyse des programmes met en évidence un changement dans la transition collège – lycée. Il s'agit de passer d'une transformation qui opère sur des figures (aspect global) à une application du plan sur lui même (aspect ponctuel). Ce passage marque une rupture, car il met en jeu des conceptions différentes du plan. Ensuite, l'étude montre que les situations proposées dans les manuels ne contribuent pas à ce passage.

L'objectif général est la conception et la réalisation d'un processus d'enseignement en utilisant Cabri-géomètre II qui puisse faire évoluer les conceptions des élèves vers la notion d'application ponctuelle. Il s'agit de déterminer les conditions qui favorisent l'installation de l'aspect dual global/ponctuel des transformations géométriques.

Cette recherche s'appuie sur les travaux de thèse de Jahn A. P. et sur le projet "Scénarios" (Clarou, 1998) en classe de Seconde visant l'intégration de la calculatrice TI-92.

Méthodologie / Dispositif

Durée : 2 ans

Interne

Présentation du dispositif : Oui

Données recueillies : productions d'élèves

Modalités d'étude : Etude d'une classe

Modalités de travail dans la classe : binômes.

Statut de l'enseignant : enseignant

Public : non volontaire.

Analyse

Critères d'analyse : non explicités

Modes de validation : confrontation entre l'analyse a priori et l'analyse a posteriori. Ces deux analyses ne sont pas explicitées dans l'article.

Domaine de validité des résultats

Résultats / Conclusions

Type de résultats : conformes par rapport à l'objectif affiché : aborder la notion de transformation ponctuelle du plan grâce à certains outils spécifiques de l'environnement Cabri comme boîte noire (Trace et Lieu principalement).

Degré de généralité : un bilan provisoire est fait sur l'utilisation et l'intégration des calculatrices et des logiciels dans une classe de mathématiques.

Perspectives : intégration des nouvelles technologies. L'article soulève la question de la mise en œuvre d'une telle ingénierie, et propose quelques conditions écologiques pour une telle organisation didactique. En particulier, la pratique banalisée du logiciel tout au long de l'année, la possibilité pour les élèves de disposer de cet environnement informatique.

Observations du lecteur

L'article présente une problématique et des éléments d'un long dispositif expérimental. Les conditions d'expérimentation, l'analyse du dispositif ne sont pas détaillées (les auteurs renvoient à leurs travaux pour plus de détails).

Les auteurs ont mis l'accent sur :

- L'élaboration d'une problématique sur l'enseignement des transformations qui débouche sur des choix didactiques pour la conception d'une séquence d'enseignement où l'outil informatique s'avère être un outil adapté.
- La présentation des situations avec quelques résultats.
- L'évocation des moyens utilisés pour l'intégration des calculatrices et du logiciel Cabri.

CLEMENTS D., BATTISTA M, SARAMA J. & SWAMINATHAN S.	Development of turn and turn measurement concepts in a computer- based instructional unit	1996	ESM 30 pp.313-337	R	US	G31
--	--	-------------	------------------------------	----------	-----------	------------

Critères de choix de l'article

Auteurs (Clements et Battista) représentatifs du domaine de la recherche autour de Logo.

Problématique

Cette recherche porte sur l'apprentissage des notions de "turn" et de "turn measurement", ce qui est original par rapport aux autres recherches sur Logo, qui s'intéressent plus à un diagnostic de l'état des connaissances des élèves sur ces sujets.

Les auteurs vont regarder le développement de ces notions chez les élèves dans le cadre d'un module d'instruction intitulé "turtle paths", spécifique à l'environnement Logo.

Le cadre constructiviste les amène à formuler les hypothèses suivantes :

- Les activités relatives à la trace des chemins est favorable à l'apprentissage des notions de "turn" et de "turn measurement" ;
- Logo est un environnement adapté au développement de ces notions.

Différentes recherches mettent à jour des schèmes relatifs aux angles et à leur mesure (taille de ses côtés ; aire du triangle délimité par sa représentation ; longueur entre les extrémités des côtés). Spécifiquement à Logo sont repérés deux schèmes opératoires :

- "**45-90**" : toute oblique est associée à un angle de 45°, toute verticale à un angle de 90°
- "**protractor scheme**" : l'élève a une image mentale d'un rapporteur en position prototypique, et il évalue la taille d'un angle en fonction de cette image sans tenir compte, encore une fois, de la direction initiale (de l'autre côté de l'angle, donc)

Objectif de la recherche : regarder le développement des notions de "turn" (quantité de rotation le long d'un chemin, i.e correspondant à l'angle supplémentaire de l'angle intérieur de la figure, comme toujours sur Logo) et de "turn measurement" dans un module d'enseignement portant sur les chemins géométriques, en tenant compte des effets de l'ordinateur.

Non objectif de la recherche : les auteurs précisent qu'ils ne s'intéressent pas aux liens qu'il peut y avoir entre l'angle intérieur de la figure et l'angle considéré dans ce travail (son supplémentaire).

Méthodologie

Population : l'enseignement du module est fait à 2 classes (élèves de 9 ans), des interviews et des tests sur papier-crayon sont menés avant et après enseignement, les classes sont observées dans leur ensemble et deux élèves y sont étudiés de plus près. Le rôle de l'ordinateur est évalué en fonction des comparaisons avant et après l'enseignement, il n'y a pas d'observation d'élève n'ayant pas travaillé sur Logo.

Présentation du module : les objectifs du module sont de

- permettre à l'élève de se construire une image du "turn" comme rotation physique (changement d'orientation) ;
- savoir faire des comparaisons grossières entre différents virages (plus grand, plus petit) ;
- estimer la mesure des turns en fonction de quelques valeurs clés (benchmarks) ;
- reconnaître que différentes rotations peuvent produire le même effet.

L'environnement informatique utilisé : **GéoLogo**. Ils utilisent l'environnement Logo auquel ils ont apporté quelques modifications (certaines sont présentes dans la dernière version,

SuperLogo, disponible en démo sur le web) : le lien entre la fenêtre des commandes et la fenêtre de dessin est simultané ; la rotation de la tortue est effectuée lentement (idée d'un mouvement continu plutôt que d'un passage brusque de l'état initial à l'état final) ; il existe deux commandes supplémentaires, RTF et LTF (right et left face) qui sont des raccourcis pour les rotations de 90° ; il existe un outil de manipulation directe de la rotation de la tortue, sorte de boussole graduée en degrés dont on peut "attraper" l'aiguille, et qui est orientée en fonction de l'état actuel de la tortue ; les manipulations effectuées sur cette boussole sont traduites simultanément en termes de commandes.

Analyse et résultats

Pas d'analyse a priori de la situation. Les auteurs repèrent a posteriori les thèmes qu'ils vont regarder.

Concept of turn : les commandes de rotation sont moins saillantes chez les élèves que celles d'avancées rectilignes. Une raison est que l'angle est une relation entre deux objets et non un objet repéré en tant que tel sur la figure. La situation arrive finalement à faire que les élèves considèrent la rotation de la tortue et la commande attachée comme des actions au même titre que la translation.

Orientation : la direction de rotation semble très difficile à comprendre et à prévoir pour effectuer un trajet donné. Les élèves observés connaissent tous leur droite et leur gauche, mais seul un mouvement du corps leur permet de donner la bonne réponse (mais ceux qui n'ont pas acquis cette stratégie kinesthésique finissent le module en ayant toujours de grandes difficultés dans ce choix de RT ou LT)

Mesure : beaucoup d'élèves ont besoin d'un objet concret (physique ou graphique) pour donner une mesure. La stratégie d'essais erreurs qui consiste à incrémenter de petites valeurs (10°) après avoir rentré une valeur prégnante (45° ou 90°) est très répandue. Certains élèves évoluent ensuite vers une stratégie plus kinesthésique pour évaluer les mesures.

Combinaisons : le fait de combiner différentes rotations montre une bonne compréhension de la notion. Il y a toutefois le risque (c'est le cas d'un élève) d'un travail sur les nombres et non sur les propriétés (ce qui peut donner par exemple $RT90LT30 = RT120$)

Rôle de l'ordinateur : Logo est spécifique de la notion de rotation et de sa mesure. GeoLogo permet aux élèves de construire une image mentale de la rotation (mouvement lent de la tortue et "boussole"). Le caractère non évaluatif des feedbacks rendus par le logiciel joue un rôle positif dans l'engagement des élèves. C'est un terrain d'exploration de différentes rotations, il encourage l'essai-erreur et augmente ainsi le champ d'expériences de l'élève par rapport à cette notion.

Observations du lecteur

Les auteurs repèrent à la suite de ce travail des étapes nécessaires à la construction de la notion de "turn" et de "turn measurement" :

- interioriser la rotation physique ;
- connecter cette image visuelle et kinesthésique à la mesure par l'intermédiaire de valeurs privilégiées (benchmarks) ;
- arriver à imposer cette vision dynamique et quantitative aux figures statiques, en cordonnant une vision interne et externe.

L'environnement GeoLogo leur semble être favorable à la réalisation de ces différentes étapes. Les auteurs relèvent enfin qu'ils n'ont jamais observé au cours de leur dispositif d'élèves ayant tendance à associer la taille de l'angle à celle de ses côtés (schème repéré par ailleurs).

GOLDENBERG P.	Ruminations about dynamic imagery (a strong plea for research)	1995	Sutherland R., Mason J. (eds.) Exploiting mental imagery with computers in mathematics education pp.202-224 Berlin: Springer Verlag.	RG	US	G57
----------------------	---	-------------	---	-----------	-----------	------------

Type d'article

Réflexions sur la portée cognitive des environnements de mathématique dynamiques.

Critères de choix de l'article

Cet article est hors du commun. Il rassemble des réflexions d'un chercheur senior de l'un des grands centres dans lequel se conçoivent et se développent des technologies pour l'enseignement des mathématiques aux Etats-Unis, l'Education Development Center (EDC, Newton, MA USA). Il aborde une question originale, souvent mentionnée à la marge des communications scientifiques dans le domaine, rarement objet d'une communication en tant que telle.

Cadre théorique

Il est difficile de parler de cadre théorique, cependant on peut noter que de ce point de vue cet article est peu différent de ce que l'on peut trouver dans de nombreux articles nord-américains : "l'ambiance" est constructiviste et empirique.

Problématique

L'auteur remarque que nous considérons le plus souvent les environnements dynamiques, principalement en géométrie et moins souvent dans des domaines numériques, essentiellement à la lumière d'une culture statique et de problèmes issus de cette culture. Il explore donc de façon ouverte le potentiel de tels environnements et ce qu'il pourrait advenir avec des élèves qui auraient très tôt été immergés dans le champ d'expérience dynamiques qu'ils offrent.

Méthodologie / Dispositif

L'essentiel de la méthode consiste en une introspection alimentée par des problèmes, et un recours à une observation naturaliste des enfants de l'auteur.

Analyse

Une construction en géométrie dynamique est considérée la définition d'une fonction graphique dont il s'agit donc pour l'utilisateur de déterminer les variables, les contraintes, l'image et les propriétés notamment de continuité. L'exploration des propriétés de la fonction peut être guidée par un jeu sur les contraintes. Ainsi l'auteur étudie la question du lieu du milieu de l'hypoténuse d'un triangle rectangle en prenant comme paramètre la longueur d'un coté de l'angle droit, puis joue sur le choix du point (prenant un autre point que le milieu), ou "renverse" le problème en posant la question des lieux des sommets du triangles rectangle lorsqu'il tourne autour d'un point fixe de l'hypoténuse. Cette situation est analysée dans le

cadre de l'usage de Geometer Sketchpad, Cabri-géomètre est aussi invoqué comme environnement de géométrie dynamique. Dans le même esprit l'auteur examine l'usage de Dynagraphs, un logiciel grapheur à manipulation directe (des variables) conçu et développé à EDC. Une incursion dans le monde des logiciels de dessin, et l'observation de ses propres (jeunes) enfants par l'auteur fournissent quelques arguments à la question principale de cet article : notre capacité, en tant que chercheurs issus d'une culture qui ignorait ces technologies, à formuler les "bonnes" questions et à susciter les "bons" programmes de recherche.

Résultats / Conclusions

Cet article fournit moins des résultats que des conclusions en forme de questions. La géométrie dynamique, par le type de pratique qu'elle permet, semble en rupture avec les pratiques classiques de la géométrie euclidienne ; en particulier en raison de la possibilité de la transformation continue des figures. La bonne métaphore semble alors celle de l'exploration de propriétés fonctionnelles. Or les élèves ne savent pas expérimenter, comment organiser l'exploration d'une situation en en dégageant les variables libres ou liées, les contraintes, en jouant sur ces contraintes. L'auteur note que pour des raisons non intrinsèques au contenu ces environnements peuvent avoir des comportements particuliers, la question est alors de savoir quelle place prennent ces comportements dans la conceptualisation par l'élève.

Observations du lecteur

Un article de réflexion qui me semble utile pour soutenir une discussion avec des étudiants, voire avec des collègues chercheurs pour chercher à ouvrir des voies qui nous sont peut-être cachées par nos pratiques mathématiques dans des contextes dépourvus de ces technologies. Il faut, bien sûr garder à l'esprit le fait qu'il s'agit d'une "ruminant" et non de la présentation de connaissance dans le domaine, l'auteur est d'ailleurs très explicite à ce sujet dès le début de son article, non sans un certain humour.

Guin D.	A cognitive analysis of geometry proof focused on intelligent tutoring systems	1996	Laborde J-M (ed.) Intelligent Learning Environments : the Case of Geometry pp. 82-93. Berlin: Springer Verlag.	R	F	G61
----------------	---	-------------	---	----------	----------	------------

Critères de choix de l'article

Cet article présente les principales questions concernant le problème d'un EIAH pour l'apprentissage de la résolution de problèmes et de la preuve en géométrie. Il est une synthèse de travaux importants réalisés sur cette question dans la première moitié des années 90 par le groupe "intelligence artificielle" de l'IREM de Strasbourg.

Cadre théorique

La cadre théorique est principalement celui fournit par l'analyse des caractéristiques sémiotiques de la démonstration par Raymond Duval, il inclut une perspective que l'on pourrait qualifier de constructiviste par l'importance donnée à la recherche, éventuellement infructueuse, d'une solution à un problème et aux liens entre phase heuristique et formulation de la preuve.

Problématique

Dériver les spécifications d'un EIAH pour l'apprentissage de la résolution de problèmes en géométrie de principes théoriques cognitifs et didactiques.

Méthodologie / Dispositif

Analyse a priori de l'enjeu d'apprentissage et de sa complexité cognitive, examen de l'état de l'art en particulier des caractéristiques de l'application "Geometry Proof Tutor" produite par l'équipe de J.R. Anderson à Carnegy Mellon University.

Analyse

Les principes fondateurs de la conception d'un environnement dans le domaine considéré est que les élèves doivent maîtriser l'organisation déductive, au sens de Duval, d'un ensemble d'énoncés (ou encore comprendre les règles du jeu). La notion de plan occupe une place centrale en relation avec la construction d'un réseau dans le cours de la phase de résolution (phase heuristique) dont les caractéristiques sont essentiellement différentes de celles d'un graphe de preuve. L'article valorise le rôle de la phase de recherche, éventuellement improductive, par contraste avec le principe de feed-back immédiat et l'encadrement étroit mis en œuvre dans la conception des tuteurs du type "Geometry Proof Tutor".

Résultats / Conclusions

Les résultats présentés dans cet article prennent la forme de la présentation d'un ensemble de principes de conception dont certains sont originaux tels que par exemple : le tuteur doit être capable de résoudre un problème à la façon de l'élève (qui donc prend des distances avec les modèles de résolution experte), ou encore le système doit pouvoir s'expliquer. L'article donne une liste détaillée d'un ensemble de modules sans toutefois entrer dans des considération techniques. Un bilan de ce qui est disponible est présenté ainsi qu'une comparaison avec ce qui est disponible des réalisations de "Geometry Proof Tutor".

Observations du lecteur

L'article en question est toujours d'actualité, même si divers travaux ont fait significativement avancé les choses. La critique présentée des travaux d'Anderson appellent une analyse de la théorie ACT* sur laquelle celui-ci s'appuie et qui n'est pas présentée ici. Il peut être intéressant de rapprocher cet article de celui de Trilling publié dans Sciences et Technologies Educatives en 1996.

HÖLZ R.	How does the dragging affect the learning of geometry ?	1996	IJCML, Vol.1.2, 169-187	R	D	G67
----------------	--	-------------	--------------------------------	----------	----------	------------

Cadre théorique

Théorie des outils cognitifs de Dörfler, conceptualisation située de Hoyles et Noss, validité épistémologique des micromondes (Balacheff & Sutherland), transposition informatique (Balacheff).

Problématique

Quelle est la géométrie sous-jacente à Cabri, en particulier celle du Zugmodus ? La possibilité de drag mode suggère de nouveaux styles de raisonnement, qui en un sens sont caractéristiques de Cabri-géomètre (en un sens didactique pas dans un sens axiomatique). Les objets de la géométrie dynamique ne sont pas une interface de la géométrie euclidienne.

Questions de la recherche :

- Quel est l'effet du Zugmodus sur les problèmes géométriques classiques de nature statique ?
- Comment les élèves utilisent-ils les outils dynamiques de Cabri pour les résoudre ? Y a-t-il des conduites de résolution spécifiques ?

Le Zugmodus vu comme médiateur entre le concept de dessin et de figure : la recherche vise à reconstruire les vues subjectives des élèves de la géométrie de Cabri. La recherche vise enfin à analyser les descriptions et généralisations contextualisées des élèves dans l'environnement Cabri.

Méthodologie / Dispositif

Observation fine d'élèves de 14-15 ans travaillant par paire à la résolution de problèmes classiques de géométrie dans Cabri.

Analyse

L'observation a montré une nouvelle stratégie de résolution de certains problèmes : la « drag and link approach ». Les élèves satisfont à un sous-ensemble de contraintes dans le problème de construction et ensuite satisfont à la dernière contrainte par ajustement par déplacement et essaient ensuite de fixer leur construction avec la possibilité de redéfinition. Hoelzl distingue deux sortes d'élèves : ceux qui voudraient que Cabri soit capable de déformer la figure en conservant la relation qui identifie deux points, et ceux qui veulent simplement figer une instance de leur figure obtenue par tâtonnement.

L'article donne ensuite quelques exemples de "situated abstractions" verbalisées par les élèves. Les résultats sont issus de cas particuliers d'élèves observés finement. Pas d'analyse a priori.

Conclusion

Les possibilités de variation des logiciels de géométrie dynamique jouent un rôle crucial à la fois dans les solutions des élèves et dans leur mode de contrôle.

Observation : l'article est en fait issu de la thèse de Hoelzl, plus complète et plus articulée du point de vue problématique et méthode.

Hoyles C.	Modelling Geometrical knowledge : the case of the student	1996	« Intelligent Learning Environments : the case of geometry », Springer Verlag NATO ASI Series F Vol.117, pp.94-112	R	UK	G71
------------------	--	-------------	---	----------	-----------	------------

Critères de choix de l'article

Article de fond sur l'usage de l'ordinateur dans les classes, reprend des résultats déjà exposés ailleurs au lieu de refaire des expériences. Auteur phare des recherches concernant Logo.

Cadre théorique

L'auteur cite explicitement Papert, Vigotsky (zone proximale de développement), Davis et al (approche constructiviste de l'enseignement des mathématiques), Freudenthal.

Problématique

1. Trois difficultés relatives à l'enseignement et à l'apprentissage de la géométrie :

- liens entre induction et déduction ;
- liens entre analytique et visuel ;
- liens entre dessin et figure.

L'auteur reprend chacun de ces points en examinant le rôle que l'ordinateur peut y jouer : peut-il être un terrain dans lequel ces liens vont pouvoir exister, peut-il être un « *gap-closing medium* » ?

2. Les recherches sur l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques avec **Logo** sont nombreuses. Elles portent principalement sur trois points : compréhension de la notion d'angle, liens entre perceptif et géométrique dans cet environnement, comparaison des apprentissages dans les milieux Logo et papier-crayon. La conclusion générale de ces recherches est que Logo peut aider à appréhender à l'école les liens entre visuel et descriptif, à propos des formes géométriques, de la symétrie et du mouvement.

3. L'auteur rappelle qu'à la différence d'autres logiciels comme Cabri-géomètre, Logo ne nécessite pas une description a priori de la figure, puisque l'élève a la possibilité d'agir sur ses productions en fonction du feedback graphique.

Méthodologie

Remarque : il n'y a pas vraiment de méthodologie de recherche dans cet article puisque les résultats que l'auteur présente sont issus de recherches anciennes (du Logo Mathematics project -1989- pour la plupart).

Analyse et résultats

L'article comporte deux parties : une première qui, sur un exemple, illustre les caractéristiques de Logo qui font que cet environnement est considéré comme valable du point de vue de l'enseignement et de l'apprentissage de la géométrie ; une deuxième qui par 10 petites histoires (tirés de recherches antérieures) montre que malgré les capacités d'un environnement informatique, l'enseignement de la géométrie reste très difficile.

1. Elle cite 5 points qui lui paraissent les caractéristiques du logiciel :

- travail en mode direct, expérience immédiate ;
- liaison entre les registres symbolique et graphique ;

- Logo est un micromonde : il peut évoluer en fonction des attentes de l'utilisateur (procédures) ;
- la structure de l'objet géométrique et la figure correspondante sont accessibles (à travers le code et la figure) ;
- les mathématiques ne sont pas l'objet premier du travail dans Logo, elles sont cachées, nécessaires à la résolution des tâches dans cet environnement, mais pas directement appelées. Les élèves construisent dans Logo des abstractions situées (*situated abstractions*), c'est-à-dire « l'articulation d'une structure mathématique générale et d'une relation construite par l'élève par un processus d'induction, et exprimée par lui dans les termes du milieu dans lequel il l'a construit ». Finalement la question est de savoir quel est le lien qui est fait par les élèves entre ces "abstractions situées" qu'ils construisent dans Logo et les notions géométriques qu'ils apprennent. L'auteur reprend le problème assez connu du lien entre l'angle d'une figure et l'angle qu'il faut entrer comme input dans Logo pour la construire (son supplémentaire).

2. Difficultés d'introduction de Logo - quels apprentissages

Cette partie est composée de 10 petites « histoires » qui sont censées, d'après l'auteur, montrer le général à travers le particulier. J'en cite quelques unes, qui paraissent les plus importantes :

- le transfert des connaissances géométriques du papier-crayon (de l'enseignement classique) vers le contexte Logo n'est pas évident : les élèves ne mobilisent pas leurs connaissances de géométrie en travaillant dans Logo ;
- les élèves travaillent par essais-erreurs, ils modifient leur figure pour qu'elle ressemble à ce qu'ils attendent sans se pencher sur les raisons de l'échec au niveau du programme (de la structure de l'objet géométrique, pour le chercheur) ;
- la rectification d'une erreur par les élèves ne signifie pas forcément qu'ils aient cerné le problème au niveau de la structure ;
- les élèves ont du mal à comprendre que l'ordinateur ne comprend pas tous les modèles, il faut qu'ils soient adaptés à sa structure. Certains élèves confondent alors leurs propres difficultés avec d'autres qui proviennent de la façon dont l'ordinateur travaille ;
- beaucoup d'élèves ont du mal à comprendre les messages d'erreurs ;
- certains d'élèves et beaucoup de professeurs ont encore des difficultés et des réticences dans le maniement de l'ordinateur en tant qu'objet ;
- l'ordinateur peut constituer un étayage pour le développement des notions géométriques en ce sens qu'il les place dans leur zone proximale de développement.

Observations du lecteur

Cet article est une réflexion de fond sur l'usage de l'ordinateur pour l'enseignement et l'apprentissage de la géométrie. En prenant l'exemple de Logo, l'auteur montre quelles sont les caractéristiques pertinentes pour qu'un environnement informatique puisse être une aide à cet apprentissage. Mais elle montre aussi à quel point il est difficile d'obtenir cet apprentissage, et que l'ordinateur n'est en aucun cas une recette miracle aux problèmes que l'enseignement de la géométrie a toujours posés.

Les connaissances des élèves sont très contextualisées, dépendantes du milieu dans lequel elles ont été construites (papier-crayon, ordinateur). Se pose alors le problème du transfert d'un milieu à un autre, ce qu'elle appelle la recontextualisation, la synthèse des différentes "abstractions situées" construites dans différents milieux.

Hoyles C. & Noss R.	The dark side of the moon	1995	« Exploiting mental imagery with computers in mathematics education » Springer Verlag, NATO ASI Series F, vol 138, pp. 190-201	R	UK	G76
--------------------------------	----------------------------------	-------------	---	----------	-----------	------------

Critères de choix de l'article

Auteurs représentatifs du domaine de la recherche autour de Logo et des environnements informatiques en général.

Cadre théorique

Hadamard, qui montre que les mathématiciens utilisent un raisonnement visuel, basé sur des images mentales, et qu'ils traduisent ensuite leurs idées pour les exprimer.

Problématique

Pour l'apprenant, les images mentales sont plus souvent des obstacles que des aides. Les auteurs avancent trois raisons :

- les liens entre géométrie et graphique sont mal définis (dessin / figure)
- il n'existe pas de règle de discours pour ce type de raisonnement sur les images mentales
- il n'y a pas de statut reconnu pour ce côté visuel du raisonnement

Le travail sur les représentations des concepts mathématiques se développe, en particulier dans le domaine computationnel. L'article porte sur l'étude de ces représentations : comment les objets mathématiques peuvent-ils être médiés par l'environnement informatique. Ils introduisent la notion d'ECO (Evocative Computational Object), objet qui a du sens pour l'apprenant et pour les mathématiques et qui offrent la possibilité au sujet de lier son intuition géométrique avec le sens mathématique des objets.

Méthodologie / Dispositif

Dans cet article il s'agit de l'objet symétrie dans un environnement informatique, BOXER, développé à Berkeley (Californie) par DiSessa. Les objets de cet environnement sont appelés des « esprits », ce sont eux qui sont les ECO dans ce milieu. Ils ont deux facettes, un peu comme dans LOGO puisqu'ils sont à la fois représentés par un graphique et par un programme. Les commandes utilisées dans les programmes sont celles de Logo : forward, back, right et left.

Par rapport à LOGO, on note : une fenêtre textuelle améliorée, pas de tortue comme curseur, la possibilité de créer des boîtes noires. Cet environnement permet aux élèves de faire un lien entre les registres graphiques et algébrique (par la programmation).

Les deux élèves (11 ans) observés travaillent tout au long de l'année sur l'environnement, ils en ont donc une assez bonne connaissance. Ils travaillent sur la notion de symétrie en classe de façon classique. Les auteurs interviennent dans le travail des élèves de façon à les guider vers des activités qui ont du sens relativement à ce contenu. C'est par exemple Nico (un des élèves) qui demande s'il peut construire un esprit qui irait dans un sens pendant qu'un autre irait dans l'autre. Les auteurs traduisent cette demande par la construction d'un esprit qui inverse les commandes right et left, et trace ainsi simultanément au premier esprit, une figure symétrique. Au fil de la séance les élèves construisent d'autres esprit symétriques, et finissent par énoncer des lois qui lient les propriétés géométriques de figures (nombre d'axes de symétrie) avec leurs possibilités de construction par leurs esprits.

Analyse

Au travers l'exemple de ce binôme d'élèves travaillant sur Boxer les auteurs introduisent quelques points théoriques qui concernent les « situated abstractions » (abstractions situées) :

- ce sont des généralisations, la façon dont un élève construit une idée en s'appuyant sur un contexte particulier, contexte qui, en retour, façonne les idées qui sont exprimées. (ici, les lois que les élèves énoncent) ;
- le terme « situé » est présent pour garder à l'esprit cette caractéristique de la construction qui est faite par le sujet, il n'est en aucun cas une référence à une abstraction qui ne serait pas située ;
- le milieu est une composante essentielle de ce processus. Il est le lieu des actions de l'élève et doit lui fournir un contexte permettant la généralisation, l'abstraction. C'est à travers les ECO que cela est possible, dans le cas de BOXER ils articulent les registres graphique et symbolique ;
- l'intérêt des environnements comme Cabri-géomètre, Logo et Boxer est qu'ils demandent à l'élève non pas une action pour obtenir un graphisme, mais une description de ce qu'ils attendent. C'est au concepteur qu'il incombe de réaliser un environnement dans lequel les objets informatiques et les concepts mathématiques sont en accord (pour reprendre le terme des auteurs, *are tuned*).

Observations du lecteur

Cet article présente le début de la construction d'un cadre théorique, celui du « webbing » et « situated abstraction » qu'ils présentent dans leur livre, *Window on mathematical meanings, learning culture and computers..*

KUNTZ G.	Une transformation oubliée qui sort de l'ordinaire : l'inversion	1998	Repères IREM, n° 30, pp. 23-38	P	F	G83
-----------------	---	-------------	---------------------------------------	----------	----------	------------

Critères de sélection

L'intégration de l'outil informatique, vision apologétique.

Cadre théorique

Des références sur les transformations géométriques et des questions posées par leur enseignement.

Problématique

Relater, commenter, évaluer la pertinence d'une activité avec outil informatique sur l'inversion, proposer des prolongements.

Moyens mis en oeuvre

La classe de 1^{ère} S où l'auteur de l'article est professeur dispose d'un horaire spécifique pour « l'informatique appliquée aux mathématiques » ; ni les moyens informatiques, ni les activités informatiques des élèves ne sont détaillés ; l'accent est mis sur les tâches papier/crayon, la gestion du temps par l'enseignant, le choix du logiciel. Les nombreuses observations sont faites par l'enseignant lui-même.

Analyse

Dans un contexte de géométrie analytique, l'outil informatique fournit des tracés de courbes, que les élèves doivent interpréter. L'analyse est réalisée sous un angle mathématique, avec les connaissances, la puissance d'observation et d'interprétation mathématique de l'auteur ; les nombreuses difficultés dues au dispositif informatique se transforment (s'inversent) en avantages pédagogiques.

Résultats/conclusion

Les élèves réalisent une activité mathématique intense, et beaucoup d'idées importantes en mathématiques sont abordées. Une étude analogue, mais sans outil informatique, est discutée, du point de vue des prérequis mathématiques.

Observations du lecteur

Le point de vue de l'enseignant est très riche. Le point de vue des élèves est peu évoqué.

PRATT D. & AINLEY J.	The Construction of Meanings for Geometric Construction : Two Contrasting Cases	1997	IJCML, Vol.1.3, 293- 322	R	UK	G114
-------------------------------------	--	-------------	---	----------	-----------	-------------

Choix de l'article

L'enseignement de la géométrie n'existe plus en Angleterre, les logiciels de géométrie dynamique peuvent-ils changer la situation et permettre de concevoir des activités de construction géométrique prenant sens pour les élèves ?

Cadre théorique

La tortue LOGO comme un outil pour penser mathématiquement (Papert), "transparent windows" in Logo (Noss & Hoyles), dessin-figure Cabri-dessin, Cabri-figure (Laborde), influence culturelle sur les ressources des élèves et les significations construites, "situated abstraction" (Noss & Hoyles), windows et webbing (Noss & Hoyles) : window pour les chercheurs pour observer les élèves, constructionnisme (Harel & Papert).

Problématique

Est-ce que ces windows existent dans Cabri-géomètre ? et comment les exploiter ? Les élèves peuvent ils construire des significations pour les structures embarquées dans Cabri-géomètre sans enseignement direct ? Une approche informelle bottom up est elle possible avec Cabri-géomètre ? Comment encourager les élèves à construire du sens dans l'activité de construction géométrique ? Comment introduire un logiciel de géométrie dynamique dans un pays sans culture scolaire de géométrie ? C'est particulièrement crucial pour les élèves de 5 à 11 ans (école primaire).

La recherche se situe au sein d'un programme de recherche Primary Laptop Project, Portables Macintosh déjà utilisés depuis deux termes, chaque portable partagé par deux enfants.

Méthodologie / Dispositif

Une paire de chercheurs l'un observateur, l'autre enseignant, permutent ; les données sont collectées dans deux classes différentes qui diffèrent dans la façon dont Cabri a été introduit. Les élèves avaient utilisé dans les semaines qui précédaient Claris Work et Logo Writer.

- 1- Interview d'enfants d'une classe (8-9 ans) ayant découvert Cabri sur leur laptop et l'ayant utilisé spontanément ;
- 2- élèves de 11-12 ans : l'activité de construction d'un kit de dessin pour d'autres élèves.
- 3-

Analyse

1- l'observation de l'usage spontané des enfants montre un usage massif de la boîte Création et pas d'usage de la boîte Construction. Les enfants l'envisagent comme un programme de dessin (Claris Work). Les chercheurs suggèrent le mess up pour engager les élèves à utiliser des relations géométriques entre éléments dans leurs constructions spontanées, pas d'effet.

2 – les interventions de l'enseignant dans une tâche de construction de triangle équilatéral semblent avoir de l'effet dans ce cas. Liens avec LOGO dans les verbalisations des élèves entre procédure LOGO et macro.

Exemples de situated abstraction dans le travail de Mark, quand il découvre comment « stamper » (vocabulaire LOGO) des parties ensemble grâce à l'enseignant pour faire un angle droit dans un cercle, et ensuite construire une macro.

idem pour Luke et David, notion de dépendance si on supprime un objet, on supprime tous ses dépendants

cette deuxième partie semble avoir atteint ses objectifs, en particulier du passage de dessin à figure

« They are all real shapes because you can move them without deforming the shape » (Luke and David)

« The initial objects are the ones on which everything else depends. »

Résultats / Conclusions

L'objectif de l'activité pilote le processus de webbing au cours duquel les élèves construisent un sens aux outils et structures de Cabri, importance de la tâche et des signposts que l'enseignant met en avant sans détruire le web des élèves

Dans le drawing kit activity, en une période de temps courte les élèves ont pris conscience de ce qu'est une construction dans cabri

Notion « d'utilité » d'un concept pour les élèves, différente de purpose de l'activité

It is possible to design powerful activities which optimise opportunities for the learner to construct meaning for the utility of the mathematical structures within Cabri by careful consideration of the children's view of the purpose of the activity

Observations du lecteur

La version utilisée de Cabri-géomètre est la version I.

PY D.	Aide à la démonstration en géométrie : le projet Mentoniez	1996	Sciences et Techniques éducatives (éditions Hermès, Paris) 3(2/1) pp. 227-256	R	F	G118
--------------	---	-------------	--	----------	----------	-------------

Type d'article

Présentation d'un logiciel du point de vue de sa conception en relation avec des principes ou postulats bien formulés.'

Critères de choix de l'article

Cet article est caractéristique de la contribution des chercheurs en Intelligence Artificielle au domaine des EIAH. Par ailleurs il présente l'un des travaux les plus importants réalisés dans le domaine de l'apprentissage de la résolution de problèmes en géométrie et de la preuve.

Cadre théorique

Il s'agit d'un article issu de travaux en informatique (Intelligence Artificielle) dans le domaine des EIAH, le cadre théorique est ainsi plus proche des cadres théoriques informatiques que de ceux de l'éducation ou de la didactique. Les principes ou postulats sur ce que doit être un tuteur artificiel, par contraste avec un micromonde, constituent le cadre dans lequel le logiciel a été conçu. Ce cadre est rapidement mais clairement décrit.

Problématique

"Le projet Mentoniez (géométrie, en breton) vise à développer un tuteur intelligent pour la démonstration en géométrie euclidienne plane, destiné aux élèves de collège."

Le choix de développer un tuteur, et non un micromonde, est essentiellement à l'origine des questions qui sont abordées dans cette recherche : analyser et interpréter les actions des élèves, résolution pédagogique de problèmes de géométrie (ie une résolution qui peut servir de base aux décisions d'interaction, adopter une axiomatisation qui ne soit pas minimale mais pertinente vis à vis des programmes scolaires), calcul de décision sur les feed-back à l'élève. Un principe directeur est que l'enseignant doit pouvoir paramétrer l'environnement en fonction de ses propres critères de pertinence sur les usages.

Méthodologie / Dispositif

Présentation du logiciel en donnant une idée concrète de ses fonctionnalités pour ce qui concerne l'interaction avec l'élève (présentation d'une session fictive), la représentation des connaissances en fait les principes de conception d'un résolveur sous les contraintes d'abord énoncés d'un environnement pour l'apprentissage. La méthodologie est celle d'une ingénierie bien rationalisée, la confrontation aux mises en œuvre sur le terrain est évoquée mais peu développée.

Analyse

Le fondement de la conception de l'EIAH présenté est essentiellement issu d'une réflexion sur ce qui différencie tuteur et micromonde. L'analyse des principes de conception sur le terrain de la résolution de problème (traitement de la question de l'explosion combinatoire) et en particulier de la gestion des implicites est présentée de façon détaillée. On perçoit que le

caractère central du traitement des implicites a été imposé par les mises en œuvre sur le terrain des versions successives, il est évoqué que cette question est liée à celle du contrat didactique (le professeur a d'ailleurs la possibilité de régler le niveau ou le type d'implicite possible).

Si ce qui concerne la modélisation des connaissances, et dans une certaine façon de l'élève (au sens où il n'y a pas modélisation mais prise en compte de l'élève), est explicite en revanche la connaissance dite pédagogique est "diffuse" dans la conception et la réalisation de ce logiciel (pour reprendre les mots de l'auteur). La prise en compte de l'élève consiste en la reconnaissance d'un plan qui puisse être a priori attribué à la suite des actions observées à l'interface. Action signifie ici "pas de démonstration", plan signifie "démonstration". Ceci est cohérent avec le fait que la résolution de problème géométrique soit ici essentiellement considéré comme un problème de planification. La pertinence du suivi est assurée par la distinction entre pas utiles et inutiles, possibles et impossible, et la possibilité de régler le niveau et type d'implicite. Cette prise en compte ne recherche pas de plausibilité psychologique, mais une efficacité fonctionnelle dans l'interaction. On est donc plutôt dans une problématique de l'interaction sujet/milieu que dans une problématique de communication au sens classique de ce terme (que parfois la didactique ramène à la précédente).

Résultats / Conclusions

Le logiciel décrit dans l'article existe et est opérationnel dans des versions variées depuis plusieurs années. L'auteur conclut l'article en faisant part de façon informelle de l'existence d'une expérimentation qui s'apparente à une mise à l'épreuve du terrain plutôt qu'à une recherche sur les usages d'un point de vue didactique ou cognitif. Incidemment l'opinion livrée par l'auteur sur les conditions d'usage fécond du logiciel par les élèves évoque ce que l'on désignerait aujourd'hui comme un processus d'instrumentation (pour des élèves ayant des compétences avancées) voire d'instrumentalisation (pour des élèves débutant).

Observations du lecteur

Il y a fusion des phases heuristiques et de formulation de la démonstration comme le montre la structure même de la présentation de la session fictive. Ceci est à mettre en rapport avec l'analyse que fait Guin (1989) des caractéristiques a priori d'un environnement d'apprentissage de la preuve en géométrie qui, suivant les analyses de Duval, distingue clairement phase heuristique et phase de construction de la démonstration parce qu'elles n'ont ni les mêmes caractéristiques cognitives ni les mêmes caractéristiques mathématiques.

A propos des erreurs, l'article évoque le caractère indispensable de rendre le diagnostic déterministe. Il s'agit là d'un projet ambitieux et finalement probablement pas raisonnable au regard de la complexité des erreurs (qui peuvent engager la nature de la connaissance elle-même et pas seulement le niveau du raisonnement).

STEVENSON I. & NOSS R.	Supporting the Evolution of Mathematical Meanings : the Case of Non Euclidean Geometry	1998	IJCML, 1998/9, Vol.3.3, pp. 229-254	R	UK	G133
-----------------------------------	---	-------------	--	----------	-----------	-------------

Choix de l'article

Comment apprenons-nous à visualiser et à travailler avec des géométries non euclidiennes, en particulier comment apprenons-nous à voir des congruences qui ne sont pas conservées dans le déplacement ? Comment construire des micromondes informatiques fournissant des intuitions géométriques d'abstractions ? Comment permettre que l'apprenant établisse des connections entre un environnement familier, celui de la Tortue Logo et les abstractions d'une géométrie non euclidienne ?

Cadre théorique

L'usage d'environnements informatiques d'univers à trois dimensions (deux géométriques et la troisième étant la température) offre une fenêtre (window) (Noss & Hoyles) sur les processus d'appropriation de ces nouvelles géométries et peut-être de façon générale sur les processus d'apprentissage. Constructionnisme (Harel & Papert), Situated abstractions (Noss & Hoyles).

Problématique

Conception d'un environnement rendant compte, sous forme de réalités, d'un domaine de haute abstraction : quelles caractéristiques d'interface ? Etude des modes d'apprentissage de la vision dans des environnements de géométrie non euclidienne.

Méthodologie / Dispositif

Conception et développement d'un micromonde graphique de tortue Logo. L'environnement consistait de deux composantes, l'une informatique, l'autre matérielle (modèles solides de l'espace) : un hyperboloïde et une sphère, et un environnement en Object Logo rendant compte d'un univers tempéré.

Trois fenêtres : surface où la tortue exécute les commandes, auditeur où l'utilisateur entre les commandes et Tortue (où sont disponibles trois sortes de tortue, l'euclidienne, l'elliptique, l'hyperbolique). Traits en pointillé pour rendre compte des variations de température, bouton « trajectoire » fournissant la trajectoire de la tortue dans n'importe quel modèle à orientation constante.

La conception a pris 3 ans, en cycles, avec observation d'étudiants travaillant dans ces environnements. Trois phases :

Phase 1 : ils commencent par explorer l'un des modèles par la vue et le toucher ;

Phase 2 : on leur montre des diagrammes de génération de droites par intersection de surfaces avec des plans passant par l'origine ;

Phase 3 : ils vérifient qu'ils comprennent le procédé de projection et travaillent sur des activités imposées ou de leur propre initiative.

Observation de deux paires d'étudiants travaillant avec cet environnement.

Analyse

Deux épisodes sont présentés à des états différents du développement (cycle trois et cycle final de développement). Objet de l'analyse : comment les apprenants construisent les notions de droite dans l'univers froid.

- Episode un : des étudiants dépassant des difficultés avec l'univers froid. Cet épisode est caractérisé par leur capacité croissante à établir des connections entre l'hyperboloïde et l'univers froid ;

- Episode deux : montre ce que pourrait signifier voir dans le contexte de géométrie hyperbolique.

Détails :

Episode un : Tim et Steve ayant déjà travaillé 4h avec la sphère et l'univers chaud dans le cycle 2 du développement. Sujets âgés de 30 ans ; finissant leur maîtrise de maths, et futurs enseignants. Tim a des difficultés à comprendre pourquoi l'intersection d'un plan avec l'hyperboloïde projetée donne ces étranges courbes (arcs de cercles) sur la surface. Steve l'aide à comprendre en ajoutant des lignes à l'image écran et en traçant des trajets supplémentaires sur le cône, relie pas à pas le mouvement de la tortue sur le modèle et celui sur l'écran, utilise l'information donnée par les pointillés pour localiser la tortue sur le modèle. Tim finit par relier les actions sur le modèle et les propriétés globales géométriques de la surface et par relier la courbure de la surface au défaut des angles. L'écran a servi de window à Tim pour comprendre l'hyperboloïde.

Episode deux : Sean et Paul ayant déjà travaillé 4h avec la sphère et l'univers chaud dans le cycle 2 du développement. Sujets âgés de 30 ans ; finissant leur maîtrise de maths, et futurs enseignants. Ont eu plus de facilité à relier l'univers froid à l'hyperboloïde que Tim et Steve. Deux passages, le premier où le micromonde est une fenêtre pour Sean et Paul pour regarder la surface, le second où ils manipulent les ressources pour élaborer des explications de leurs activités au delà de leur expérience immédiate (reconstruction de la signification des trajets en pointillés, découverte de la somme des angles d'un triangle non égale à 180° et de l'absence de validité du théorème de Pythagore).

Résultats / Conclusions

L'évolution des deux étudiants a été médiée par la façon dont ils ont fait usage du micromonde et de ses ressources. Deux rôles de l'ordinateur se dégagent : représentation de quelque chose, medium, et un outil pour penser avec. Différentes sortes d'apprentissage : le modèle écran et la surface sont deux entités séparées à coordonner dans le cas de Tim, dans le cas de Sean, le modèle écran et la surface sont des outils pour comprendre la géométrie non euclidienne. Situated abstractions développées par Sean (in situ). Sean a été capable de voir des triangles hyperboliques en situation dans le contexte de l'ordinateur.

Hypothèse : les transformations d'outils au travers de situations spécifiques semblent offrir une description plus flexible et plus puissante de l'évolution de la compréhension que tout appel strict à des hiérarchies de réifications qui accompagnent souvent la discussion d'abstractions formelles.

STRÄSSER R.	Student's constructions and proofs in a computer environment - problem and potentials of a modelling experience.	1996	Jean-Marie Laborde (ed.) Intelligent Learning Environments : the case of geometry pp. 203-217, Berlin: Springer Verlag.	R	D	G134
-------------	--	------	---	---	---	------

Type d'article

Analyse à la fois empirique et théorique d'un micromonde de géométrie dynamique, Cabri-géomètre, du point de vue de l'apprentissage de la géométrie.

Critères de choix de l'article

Cet article est assez caractéristique des travaux, dans le domaine des TICE, qui discutent un point de caractère théorique, en l'occurrence la nature d'une connaissance reprise dans un contexte technologique du point de vue de son apprentissage ou de son enseignement, s'appuyant sur une expérience effective présentée comme une étude de cas finement observés et analysés.

Cadre théorique

Le cadre théorique du travail présenté est constitué essentiellement par la discussion de l'opposition entre géométrie pratique et géométrie mathématique, qui ici sont respectivement associées à perception empirique et conceptualisation théorique (le mot "concept" semble utilisé par l'auteur comme synonyme de "théorique").

Problématique

L'auteur situe le micromonde Cabri-géomètre par rapport aux deux pôles que sont dans son étude la perception visuelle et la conceptualisation. La mise en rapport de ces deux pôles est obtenue par l'analyse du test de robustesse d'une propriété perçue dans la manipulation directe, qui d'après l'auteur est favorable à l'émergence d'une problématique théorique ("biased to theoretical knowledge"), en opposition aux modes de validation dans Geometric Supposer ou Logo qui chacun favoriserait des constructions empiriques dans le premier cas, ou une connaissance procédurale dans le second cas. Les problèmes de construction sont considérés, par le mode de validation qui peut leur être attaché, comme des révélateurs pertinents d'un conception plutôt empirique ou plutôt théorique de la géométrie, l'environnement de géométrie dynamique permettant de susciter le passage de la première à la seconde par l'épreuve de la manipulation directe.

Méthodologie / Dispositif

Des observations ont été réalisées, dans un collège de la banlieue de Grenoble, avec quatre binômes d'une part et deux élèves seuls d'autre part, de 12-14 ans, travaillant à la construction d'un carré de coté donné dans Cabri-géomètre.

Analyse

La mise en relation entre le cadre théorique choisi pour cette étude et ce qui est observé des conduites des élèves est assez directe. En fait, les procédures et conduites des élèves sont décrites plutôt qu'analysées, puis interprétées dans les termes fournis par le cadre théorique.

L'auteur montre clairement comment le test de robustesse dans la manipulation directe suscite la remise en question d'une construction initialement empirique, s'appuyant par exemple sur le contrôle perceptif des propriétés de la figure ou sur la mesure (fonctionnalité permise par le logiciel dans la version utilisée).

Résultats / Conclusions

Si le test de robustesse des propriétés d'une figure dans la manipulation directe paraît favoriser le passage d'une validation pragmatique à une validation théorique, il ne va cependant pas de soit s'il n'a pas été assimilé par la coutume de la classe par des usages répétés et institutionnalisés. Les élèves peuvent reconnaître que leur construction est détruite par sa manipulation, mais sans pour autant considérer qu'il y a réfutation s'il n'ont pas reconnu le test de robustesse comme fondant la validité de ce qui est construit. De plus l'évolution recherchée ne pourrait s'accomplir que si la coutume de la classe, au moins de façon implicite, atteste de la distinction entre constructions empiriques et constructions théoriques.

Observations du lecteur

Cet article a été initialement rédigé pour un colloque en 1989, puis repris pour être publié dans les actes en 1996. Il serait intéressant d'en reprendre la lecture à la lumière de travaux plus récents que l'auteur n'a peut être pas pu prendre en compte pour la publication de sa communication, notamment l'idée du double statut de la perception visuelle dans les environnements de géométrie dynamique, fondatrice de l'approche empirique et du test de robustesse, qui a été remarqué par Laborde et Capponi et publié en 1994. Ainsi que le concept de "preuve visuelle" au sens de Davis (1993, ESM 24(4) 333-344) qui associe représentation sur l'écran et programme sous-jacent.

DAGHER A.	Apprentissage dans un environnement informatique : possibilité, nature, transfert des acquis	1996	ESM 30, pp. 367-398	R	F	GF9
------------------	---	-------------	----------------------------	----------	----------	------------

Raisons du choix

Analyse fine des compétences acquises dans un environnement informatique et étude des conditions de décontextualisation des connaissances sur les graphes de fonctions.

Cadre théorique

Nécessité d'un travail spécifique sur l'articulation des registres graphique et algébrique peu réalisé en environnement traditionnel (Janvier 87, Duval 98, Guzman 90, Nadot 90). Des environnements d'apprentissage peuvent favoriser un travail sur cette articulation. Toutefois des recherches mettent en évidence le caractère contextuel des connaissances construites (Noss 97, Bellemain-Capponi 92, Schoenfeld 93, Yerushalmy 88).

Problématique

L'adaptation à un environnement informatique approprié conduit à une amélioration des compétences de l'élève sur le domaine concerné, mais les connaissances construites ne sont pas nécessairement celles attendues, les mêmes compétences externes peuvent résulter de connaissances de nature différente. Il s'agit d'identifier les compétences et connaissances construites dans Fonctuse, la tâche consiste à trouver l'équation d'une courbe (droite, parabole, hyperbole). 1-Est-ce qu'un travail de longue durée sur Fonctuse conduit nécessairement à des connaissances d'articulation des 2 registres pouvant être explicites ? 2- Les acquis sont-ils transférables sur une autre tâche dans Fonctuse et en P/C sur des tâches plus complexes ? 3- Les connaissances construites dépendent-elles du niveau algébrique de l'élève et en quoi ?

Méthodologie / dispositif

Durée : 12 h réparties sur 7 semaines ;

Externe (classe témoin) ;

Présentation du dispositif : oui ;

Données recueillies : tests P/C / productions écrites et fichiers d'élèves/ enregistrements audios/ interviews ;

Modalités d'étude : étude de cas ;

Modalités de travail : binôme ;

Statut de l'enseignant : non précisé, ce n'est pas l'auteur ;

Public : volontaire, 2 élèves très motivées de Terminale B (économie), de niveau contrasté en algèbre.

Analyse

Centrée sur les méthodes de résolution, les connaissances manifestées, la distinction des différents types d'acquis et leur transférabilité.

Critères : 1- méthodes de résolution basées sur le calcul, la lecture graphique, méthodes d'exploration, d'estimation ; 2- compétences manifestées : techniques de lecture, d'interprétation ; 3- conceptions sur le sens des coefficients, leur signe etc.

Modes de validation : interprétation personnelle des données à partir des critères.

Résultats / conclusions

Types de résultats : partiellement conformes, en particulier réponse affirmative sur la question 3 (problématique). Evolution certaine de la représentation de la tâche : conviction que les coefficients sont graphiquement interprétables et qu'il faut chercher les liens entre les nombres associés à la courbe (coordonnées d'intersections, extrema, limites). Construction de transferts adaptés, stratégies efficaces optimales en l'état des connaissances mathématiques des élèves (question 2). Mais aussi stratégies d'exploration rentables vues le faible coût de l'action *Trace*. Transferts entre P/C et Fonctuse quasi-complets dans les 2 sens.

Pour la question 1 : - l'articulation explicite ne se manifeste qu'à partir de la séance d'explication et d'argumentation (mise au point du professeur). L'interaction avec le logiciel ne suffit pas pour produire les connaissances visées.

- l'usage régulier des calculatrices graphiques ne suffit pas à garantir la construction de l'articulation souhaitée.

Degré de généralité : Fonctuse est loin de mettre en jeu l'ensemble des compétences relevant de l'articulation graphique-algébrique (perspective interne aux mathématiques). L'articulation est abordée essentiellement à un niveau sémiotique.

Perspectives : Les résultats sont conditionnés par le statut actuel des calculatrices graphiques dans l'institution très peu pris en charge par l'enseignant. On peut légitimement se demander ce qui se passerait pour des élèves ayant vécu une intégration réelle des calculatrices.

Observations du lecteur

Deux phénomènes intéressants :

1- phénomène de *crystallisation* : évolution brutale qui laisse penser qu'un réseau cognitif était déjà en place, non opérationnel, mais demandant peu de modification pour le devenir, identification des facteurs déclencheurs de ces phénomènes.

2- Notion de *savoir atomique* : exprime une relation entre la propriété d'un coefficient et une caractéristique graphique directement accessible par lecture graphique.

Commentaires grille

L'article est centré sur une analyse fine des compétences acquises dans un environnement spécifique et leurs conditions de décontextualisation. Il semble que l'appropriation de ce logiciel soit rapide. Par conséquent, la problématique instruments et le facteur temps ne sont pas évoqués. En outre, il est clair que la transposition informatique, même si elle n'est pas évoquée, intervient dans la réflexion qui est menée. Par contre, l'approche anthropologique n'est pas développée compte tenu qu'il s'agit d'une étude de cas. Enfin, si le rôle de l'enseignant n'est pas étudié, l'importance de l'enseignant dans la décontextualisation et le transfert des compétences est souligné.

SCHWARZ B. & DREYFUS T.	New actions upon old objects : a new ontological perspective on functions	1995	ESM 29, pp. 259-291	R	IS	GF25
------------------------------------	--	-------------	----------------------------	----------	-----------	-------------

Raisons du choix

Méthodologie décrite, choix des tâches d'évaluation intéressantes, tranche avec le discours usuel qui sous-estime les compétences nécessaires à la gestion et l'interprétation des graphiques de fonctions.

Cadre théorique

Pour les maths élémentaires, l'acquisition de concepts est liée aux actions sur les objets et l'identification d'invariants à travers ces actions (Resnick et Greeno). L'environnement technologique permet de sortir de l'activité traditionnelle en classe mono-cadre (Kaput 92). Références aux jeux de cadres (Douady 86) et (Artigue 90) sur les fonctions. Position différente de (Dubinsky et Sfard 92) où la recherche expérimentale est accessoire : ici la théorie se développe au cours du travail expérimental. La théorie des situations est ignorée (c'est dit explicitement), centration sur les cadres et actions que l'environnement peut produire.

Problématique

La recherche s'inscrit dans un projet visant à définir un programme complet sur les fonctions pour faire émerger un nouvel aspect de la pensée fonctionnelle. Conception d'un micro-monde nommé TRM à cet effet.

- 1) Pourquoi et comment des environnements comme TRM peuvent redéfinir le concept de fonction ?
- 2) Nature des connaissances acquises par les élèves quand ils manipulent les objets du micro-monde.

Introduction de la notion de représentant (représentative). On se centre sur les actions sur les représentants qui ne modifient pas la fonction, pour que les élèves découvrent les invariants caractéristiques de la fonction.

Méthodologie / dispositif

Durée : 12 semaines, 2 h par semaine ;

Externe (classe témoin) ;

Présentation du dispositif : oui ;

Données recueillies : questionnaires / productions d'élèves / enregistrements ;

Modalités d'étude : 3 classes expérimentales (80 élèves) et 3 classes de contrôle du grade 9 (2nde), prétest pour les comparer, 1^{ère} tâche (rectangle) aux classes expérimentales, questionnaire pour toutes les classes, sélection de 43 élèves au hasard pour la 2^{ème} tâche de la boîte ;

Modalités de travail : binômes dans les classes expérimentales ;

Statut de l'enseignant : inconnu ;

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : 1- typologie de compétences nécessaires à la comparaison des caractéristiques des différents représentants d'une fonction et à l'inférence des propriétés invariantes de la fonction : trois compétences S1 (conscience que l'information est partielle), S2 (capacité à relier les différents représentants des différents cadres), S3 (capacité à gérer les transformations internes à un cadre). Ces compétences sont déclinées par paires de cadres, et s'entendent au niveau technique et abstrait. Choix d'exercices concrets en fonction de cette classification. Questionnaire en relation avec cette typologie.

2- deux tâches (rectangles et boîtes)

Modes de validation : études statistiques / interprétation personnelle des données.

Résultats / conclusions

Types de résultats : partiellement conformes, meilleurs résultats des classes expérimentales pour S1, S2 et S3 (mais la différence est moindre pour cette dernière). Les élèves des classes expérimentales ont appris à gérer les informations partielles (problèmes d'interpolation et d'indétermination), la reconnaissance d'invariants en coordonnant les représentants des différents cadres, la reconnaissance d'invariants en comparant les représentants d'un même cadre.

Tentative d'explication des questions moins réussies par la classe expérimentale.

Perspectives : D'autres outils d'évaluation, analogues aux deux tâches proposées, doivent être créés pour cerner la complexité de la pensée fonctionnelle.

Observations du lecteur

La typologie des compétences est intéressante, malheureusement, on n'a pas le contenu de toutes les questions qui y sont associées, ni les exercices concrets qui ont été traités dans les classes expérimentales (idem pour les classes de contrôle).

Distinction intéressante entre coordination des représentants et intégration des propriétés des représentants à un niveau unifié. Un travail exclusif dans le registre algébrique peut être signe d'un travail à un niveau conceptuel élevé (probablement utilisation mentale des représentants graphiques, sans besoin de les construire).

Commentaires grille

L'article mentionne explicitement que la théorie des situations est ignorée. Il ne fait aucune référence à la transposition informatique ou aux enseignants, mais d'autres articles portent sur ces thèmes. C'est donc un choix délibéré de centrer l'article sur l'impact de l'utilisation du logiciel TRM sur les conceptions des élèves, le logiciel répondant à des objectifs didactiques précis : il s'agit de favoriser le travail intercadres et l'action sur les «représentatives» conformément à la théorie de Kaput explicitement mentionnée qui souligne l'importance d'un travail actif de l'élève pour la conceptualisation sur les systèmes de notation (vs une simple présentation de ces systèmes).

TROUCHE L.	Eppur, si muove	1995	Repères IREM, n°20, pp. 16-28	E I	F	GF29
------------	-----------------	------	-------------------------------------	-----	---	------

Raisons du choix

L'article est représentatif d'un courant d'analyse critique des outils de calcul, outils essentiellement graphiques à cette époque.

Cadre théorique

L'auteur fait référence explicitement à la théorie des obstacles épistémologiques (Bachelard), aux théorèmes en actes (Vergnaud), aux problèmes de congruence entre graphiques et équations (Duval), à la contagion de la « rationalité du quotidien » sur la rationalité mathématique (Lerouge).

Problématique

Ce travail se situe dans le cadre d'une recherche (préparation d'une thèse en didactique des mathématiques). Il s'agit d'évaluer des connaissances construites dans une activité de module faisant appel à l'utilisation de calculatrices graphiques (le problème mathématique est la recherche d'une parabole d'axe vertical tangente à trois droites données).

Méthodologie / dispositif

Durée : l'expérience porte sur un mois (cinq séances) ;

Interne

Présentation du dispositif : sommaire ;

Données recueillies : productions (orales et écrites) d'élèves ;

Modalités d'étude : étude d'une classe de première S ;

Modalités de travail dans la classe : d'abord une séance de module (élèves en petits groupes, recherche expérimentale de solutions) puis une séance de validation (classe entière), puis une séance d'évaluation (interrogation écrite), puis une séance de remédiation et d'institutionnalisation, enfin une dernière séance d'évaluation ;

Statut de l'enseignant : l'auteur est enseignant dans la classe où se déroule l'expérimentation, animateur dans un IREM et associé à une équipe de recherche universitaire (ERES, Montpellier 2) ;

Public : non volontaire.

Analyse

Critères : apprentissage de la correspondance algébrique/graphique pour le trinôme du second degré ;

Modes de validation : étude de l'évolution des définitions et des théorèmes en actes évoqués par les élèves, évolution de leurs procédures de résolution, un relevé statistique sommaire pour le test de la dernière séance.

Résultats / conclusions

Types de résultats : non conformes à l'analyse a priori. Il apparaît clairement que les définitions et les théorèmes construits par les élèves sont étroitement liés aux procédures de résolution mises en œuvre. Ces procédures dépendent de l'outil qui préstructure l'action de l'utilisateur. Les calculatrices graphiques favorisent ainsi une conception dynamique de

l'analyse mathématique qui peut faire obstacle à la construction de certaines connaissances (en l'occurrence le rôle des coefficients qui interviennent dans l'équation d'une parabole) ;

Degré de généralité : Assez grand ;

Dispositif modifié ou non : le dispositif a été modifié en cours d'expérience pour prendre en compte les difficultés spécifiques apparues ;

Perspectives : ces résultats plaident pour un aller-retour organisé par le maître entre la « table d'expérience » et le « tableau noir ». Ils ont donc une portée assez générale (effets des outils de calcul, nécessité d'organiser des dispositifs de travail qui permettent le contrôle de l'activité des élèves –et par les élèves-).

Observations du lecteur

S'il est essentiel d'organiser un va et vient entre approche expérimentale et approche théorique, pourquoi favoriser dans l'énoncé de la première séance une démarche de tâtonnement expérimental au lieu de laisser les élèves libres de déterminer leurs propres stratégies ? (ou alors la forme de l'énoncé avait été choisie pour induire une manipulation des calculatrices et pouvoir mesurer ensuite leur effet, auquel cas il aurait fallu le préciser). C'est sans doute un effet propre à ce type de recherche menée par le professeur dans sa propre classe : il est difficile d'être à la fois juge et partie ;

Croisements : les résultats présentés dans l'article sont en concordance avec Dagher.

Commentaires grille

Grille bien adaptée à la lecture de ce type d'article.

YERUSHALMY M.	Reaching the unreachable : technology and the semantics of asymptotes	1997	IJCML Vol. 2, n° 1, pp. 1-25	R	IS	GF31
----------------------	--	-------------	---	----------	-----------	-------------

Raisons du choix

Article présentant une recherche qui prône la compréhension de la « sémantique des asymptotes » par la manipulation de représentants base sur la philosophie « toucher et voir ». Discours qui tranche par rapport à Guin & Trouche 99 (A10).

Cadre théorique

Conceptualisation de limite (Artigue 91, Cornu 91), référence aux conceptions erronées identifiées par Vinner 91. La technologie rend tangible les entités mentales en traitant comme des objets virtuels (Kaput 89).

Problématique

L'environnement informatique permet de rendre tangible les asymptotes, l'apprentissage dans cet environnement amplifie les complexités partiellement cachées en algèbre. La technologie, pourtant support pour la perception visuelle, ne peut permettre d'approcher l'infini : ce point fait de l'étude des asymptotes un domaine intéressant pour observer les comportements des élèves manipulant le logiciel.

Méthodologie/ dispositif

Travail en petits groupes (4 ou 5 élèves) et discussions en classe entière. Trente élèves (precalculus) ont chaque semaine une séance de 80 minutes pendant 8 semaines. Utilisation d'un logiciel créé spécifiquement à cet effet. Chaque séance est suivie par un ou deux observateurs. Enregistrement vidéo des discussions de la classe entière et de quelques conversations en petits groupes.

- Toute procédure ou technique est précédée d'investigations et d'explorations de propriétés à partir d'exemples utilisant le logiciel.
- La procédure est présentée comme aide à la résolution de problèmes.
- Le temps dévolu à l'apprentissage de techniques est relativement court.

Analyse

Interprétation personnelle des données appuyée par des extraits de discussions ou entretiens.

Résultats/ conclusions

L'action de l'apprenant sur un objet non exploré présenté sous une représentation (graphe du logiciel) conduit à une interrogation sur l'objet exploré de manière symbolique. Donc, le logiciel aide à percevoir les objets mathématiques en soutenant un travail de réflexion explicite sur ses propriétés épistémologiques. Cette compréhension étendue provient de l'aptitude de l'utilisateur à manipuler une représentation et à voir les conséquences de ses actions sur les différentes représentations. En outre, la technologie semble avoir joué un rôle dans la manière dont les structures symboliques sont manipulées et comprises.

Degré de généralité : Cette expérimentation garderait tout son sens avec des calculatrices symboliques.

Perspectives : Une analyse de ce rôle et une tentative d'explorer ce que signifie « manipulation pour la compréhension » sont envisagées par l'auteur.

Observations du lecteur

Il n'y a aucune évaluation P/C mentionnée, ni décontextualisation de la « compréhension sémantique » des asymptotes. De plus, la restriction à des fonctions rationnelles risque de créer des obstacles ultérieurs à la conceptualisation de la notion de limite. Il serait intéressant de savoir si tous les élèves ont atteint l'aptitude à manipuler une représentation et à voir les conséquences des actions sur les autres représentations, mais l'analyse des données ne paraît pas pouvoir le montrer : en effet, cette aptitude nous semble être une manifestation observable d'une conceptualisation de haut niveau.

Commentaires grille

Le graphique de l'environnement technologique amplifie la complexité partiellement cachée par l'algèbre. Il y a donc une reconnaissance dans cet article du fait que l'outil peut introduire de la complexité. Cependant, il n'y a aucun questionnement sur les modifications introduites dans le milieu.

DÖRFLER W.	Mathematical objects, representation and imagery	1995	NATO ASI Series F, Vol 138, pp. 82-94	R	AUT	GL2
-------------------	---	-------------	--	----------	------------	------------

Raisons du choix

Article général (non spécifique aux graphes) qui cherche à expliciter le rôle des représentations dans la compréhension du discours mathématique (mathématiques pures). L'auteur est bien connu dans le champ de la cognition. L'ordinateur n'est pas spécifiquement mentionné, sauf pour dire qu'il permettra d'inventer de nouvelles formes de représentation. L'intérêt de cet article réside dans le fait qu'il met en évidence la nécessité d'un processus de socialisation pour que la visualisation puisse donner du sens au discours mathématique (point important dans les problèmes d'intégration des outils). On retrouve une idée développée dans (Guin & Trouche 99).

Cadre théorique

W. Dorfler fait référence à la théorie des « schémas images » (Johnson 87 ; Lakoff 87). Pour les représentations, il réfère à (Janvier 87). D'un point de vue philosophique, il réfère implicitement à (Wittgenstein 84) pour la notion de « sprachspiel » et, dans la théorie de la pensée fictive développée dans (Vaihinger 86), il souligne le rôle des attitudes « comme-si ».

Problématique

C'est une réflexion épistémologique à travers les concepts de nombre entier, rationnel et complexe (les fonctions réelles sont aussi succinctement abordées) visant à montrer que les représentations ne peuvent de manière naturelle favoriser la compréhension du discours mathématique.

Méthodologie

Non présentée.

Analyse

Non mentionnée.

Résultats / conclusions

Types de résultats : A travers les différents exemples de concepts mathématiques considérés, W. Dorfler montre que les différents systèmes de représentation des objets mathématiques qui sont accessibles et peuvent être manipulés ne permettent pas de construire des images mentales qui soient « conformes » aux objets mathématiques eux-mêmes. Un système de représentation peut seulement permettre de représenter une propriété spécifique d'un objet mathématique. Cependant, l'auteur souligne l'importance de la visualisation pour comprendre le discours mathématique et attacher une signification aux termes « objet » et « propriété » : ce sont les « schémas images » qui permettent de leur donner un sens, sans pouvoir directement imaginer les objets, les « schémas images » construits à partir de manipulations concrètes permettent d'en parler. Ainsi les « schémas images » peuvent être la base signifiante du discours mathématique.

Ce dernier point n'est pas automatique, car il nécessite une acceptation du discours mathématique qui passe par une généralisation, puis un détachement des opérations sur les représentations. Cependant, sans la base imaginative développée par les opérations concrètes, la compréhension est impossible, du moins dans les premières phases du développement de cette « attitude mathématique », d'où l'importance de varier les représentations.

L'accès à la compréhension du discours mathématique est vu non comme un processus cognitif, mais comme un processus de persuasion, de conviction, de socialisation d'entrée dans un discours. Les objets mathématiques ne sont pas accessibles à l'extérieur de ce discours. Par conséquent, la compréhension nécessite un changement d'attitude et de point de vue. L'acceptation de ce discours n'est pas explicite dans le système éducatif, c'est une sorte de socialisation inconsciente : c'est une exigence importante vis à vis des étudiants qui doivent se convaincre de la réalité de cette manière de parler et de penser.

Degré de généralité : grand ;

Perspectives : Après avoir souligné le rôle fondamental des représentations et de l'image dans les premières phases du développement de ce qu'il nomme « attitude mathématique », l'auteur rappelle les potentialités de l'ordinateur dans ce domaine qui permet de concevoir des nouvelles formes de représentation et, par conséquent, de nouveaux types d'objets mathématiques.

Observations du lecteur

Rien n'est dit sur les images mentales erronées que pourraient développer les étudiants en manipulant des représentations qui ont des propriétés non conformes à celles des objets mathématiques qu'elles représentent. Au contraire, l'auteur insiste sur l'importance de varier les systèmes de représentation de fonctions réelles pour que les « projections métaphoriques » de ces « schéma image » donnent du sens au discours mathématique. On retrouve l'idée de toile, développée dans (Noss & Hoyles 96), de cognition, images, attitudes et convictions, indispensable pour être à l'aise avec le discours mathématique.

Cet article doit être mis en relation avec celui de (Tall 95, Graph 06), puisqu'il lui fait suite dans le même volume. C'est une réflexion sur le passage image mentale => discours mathématique qui semble ne pas poser de problème dans l'article de D.Tall.

Commentaires grille

La grille s'adapte mal à ce type d'article très général où l'ordinateur est simplement évoqué pour ses possibilités éventuelles de visualisation.

BALACHEFF N.	Didactique et intelligence artificielle.	1994	RDM - 1994 Vol 14/1.2	RG	F	GL19
-------------------------	---	-------------	----------------------------------	-----------	----------	-------------

Raison du choix

Article représentatif d'un important courant de pensée émergeant vers le début des années 90 : l'EIAO (Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur) et s'appuyant sur de nombreux exemples et articles notamment anglo-saxons.

Article qui expose la notion de transposition didactique reprise dans notre grille d'analyse et dans de nombreux articles de recherche.

Cadre théorique

La didactique des mathématiques et ses relations avec l'IA.

Problématique

Etude des problèmes posés à la didactique par l'approche de l'Intelligence Artificielle. Problèmes actuels et anticipation.

Contenu

L'auteur fait d'abord un «état de l'art» des EIAO appliqués aux mathématiques dans une perspective didactique. Il étudie ensuite successivement, en s'appuyant à chaque fois sur des produits existants et des références à de nombreux articles de la communauté internationale de chercheurs sur ces sujets, des problèmes liés à : la modélisation de la connaissance, la prise en compte de l'élève et la modélisation de l'interaction entre le système informatique et l'élève.

L'étude de chacun de ces trois aspects le conduit à identifier trois grands problèmes :

- la transposition informatique : « je parlerai de transposition informatique pour désigner ce travail sur la connaissance qui en permet une représentation symbolique et la mise en œuvre de cette représentation par un dispositif informatique, qu'il s'agisse ensuite de «montrer» la connaissance ou de la manipuler. »
- la prise en compte de l'apprenant : l'auteur suggère de distinguer «un niveau comportemental auquel il s'agit de rendre compte des comportements de l'élève en temps qu'organisation des observables» et «un niveau épistémique auquel il s'agit d'attribuer une signification à ces comportements».
- la modélisation de l'interaction didactique : il s'agit de modéliser les processus de décision qui conduisent à une action en direction de l'élève. « Cette question ne peut être abordée qu'en replaçant le dispositif informatique, et donc les modélisations qui le sous-tendent, dans la perspective de sa mise en œuvre dans le système didactique ».

Conclusions

L'auteur conclut en remarquant que la modélisation informatique de processus didactique pose donc des problèmes originaux. « C'est un effet banal de la nécessité où l'on se trouve d'une explicitation qui permette la mise en œuvre opératoire des modèles par des agents indépendants ; ici des dispositifs informatiques. En ce sens le problème n'est pas nouveau. Nous l'avons déjà rencontré ... dans le cadre de la communication avec les enseignants sur le terrain ou de la formation... ». (A rapprocher de Hoyles et Healy ?).

SORRIBAS J.-P.	Quelques problèmes pédagogiques posés par l'utilisation des outils informatiques	1995	APMEP n° 398 avril - mai	RG	F	GL34
---------------------------	---	-------------	---	-----------	----------	-------------

Raison du choix

Article du bulletin de l'APMEP (Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public), ouvrage lu par un très grand nombre d'enseignants de mathématiques. Donne un bilan de ce qui est effectivement fait dans les classes.

Cadre théorique

Il n'y en a pas.

Problématique

Intégration effective (et non pas dans une perspective de recherche) des outils informatiques au lycée.

Contenu

Pour répondre au problème posé, l'auteur fait un inventaire des différents outils réellement utilisés dans les lycées. Puis il donne 9 exemples d'activités utilisant ces différents outils et répondant à différents objectifs pédagogiques : montrer les limites de la machine (calculatrice), introduire des notions nouvelles (tableur, grapheur), résoudre des problèmes (résolutions graphiques d'équation), réinvestir des notions (exercices avec Géoplan).

Il y a une recherche des compétences nécessaires pour l'utilisation de ces outils du point de vue de l'élève et de celui de l'enseignant qui montre un statut spécifique de la calculatrice : c'est le seul outil qui accompagne en permanence l'étudiant.

Conclusions

Il n'y a pas de résultats puisqu'il n'y a pas d'expérimentation. La conclusion est « militante » : c'est possible et intéressant d'intégrer les outils informatiques dans son enseignement.

Observation du lecteur

Comme l'annonce lui-même l'auteur, ce n'est pas un article de recherche mais une présentation d'exemples de situations effectivement réalisées. Ceci montre qu'une intégration des outils informatiques existe dans les classes mais aussi, les exemples étant très ponctuels (de l'ordre d'une seule séquence), que cette intégration est très partielle, voire marginale en terme de quantité de programme couvert aussi bien que de temps d'enseignement consacré.

SLAWNY	Place de l'informatique dans l'enseignement des mathématiques	1995	APMEP n° 401 décembre	RG	F	GL40
--------	---	------	-----------------------	----	---	------

Raison du choix

Article du bulletin de l'APMEP (Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public) ouvrage lu par un très grand nombre d'enseignants de mathématiques. Analyse des textes officiels sur le sujet.

Cadre théorique

Il n'y en a pas.

Problématique

Intégration des outils informatiques en terminale du point de vue institutionnel.

Contenu

Pour répondre à cette question, l'auteur étudie différents textes officiels : programmes de terminale de 1994 et brochures publiées par le bureau des innovations pédagogiques du Ministère de l'Education Nationale. Il donne ensuite une vision alternative de cette intégration.

Analyse

L'analyse des textes officiels conduit aux résultats suivants :

- l'utilisation de l'ordinateur en classe est envisagée de manière marginale ;
- elle est limitée à une technologie éducative ;
- c'est un outil au sens restreint du terme c'est à dire qu'il ne nécessite aucun apprentissage particulier et sert, éventuellement, à faciliter l'apprentissage des contenus actuels.

L'auteur présente ensuite une vision alternative avec :

- d'autres contenus à enseigner : axer davantage l'enseignement sur des recherches de raisonnements en utilisant les produits informatiques pour certaines tâches répétitives (traitement numérique des données, logiciels de calcul formel)
- d'autres méthodes d'enseignement : possibilité d'une plus grande autonomie de l'élève, possibilité de diagnostic automatique d'une démarche, apprentissage étudié de manière objectivée.

-

Conclusion

En conclusion, l'auteur présente quelques pistes pour la formation des enseignants. A rapprocher de Canet article de l'EPI (GL 6).

Observation du lecteur

Ce n'est pas un article de recherche mais une analyse des textes officiels accompagnée de propositions de changements.

OLDKNOW A.	Personal computing technology : use and possibilities	1998	IFIP 98, Chapman and Hall, pp. 89-97	RG	UK	GL41
-----------------------	--	-------------	---	-----------	-----------	-------------

Raison du choix

Donne un éclairage international sur l'utilisation des T.I.C. dans l'enseignement.

Cadre théorique

Sans.

Problématique

Intégration des ordinateurs de poche dans l'enseignement secondaire : aspect institutionnel.

Contenu

L'auteur se pose le problème de l'intégration des ordinateurs de poche dans l'enseignement secondaire il examine les actions du gouvernement sur ce sujet en les comparant à ce qui se passe dans divers autres pays. Il examine successivement :

- les instructions officielles sur l'usage des ordinateurs de poche pendant les examens ;
- les programmes officiels du secondaire ;
- les diverses expérimentations à l'initiative du ministère ;
- les conséquences concernant de la formation des enseignants.

Globalement les ordinateurs de poche semblent admis dans les examens des différents pays. La France est seul pays cité comme limitant la puissance des machines utilisées. Les autres pays mentionnés sont ceux d'Europe du Nord et les USA où la situation a évolué et actuellement l'usage d'ordinateur personnel est obligatoire.

Seuls les programmes du Royaume Uni et de la France sont examinés tous deux mentionnent des connaissances concernant les utilisations des ordinateurs de poche, les directives françaises sont qualifiées de « plus explicites ».

L'auteur relate une expérimentation d'envergure parce qu'elle a touché 118 établissements (enfants de 5 à 16 ans), les objectifs de cette expérimentation ne sont pas précisés. Seul est mentionné le fait que de nouvelles machines plus performantes que celles distribuées pour l'expérimentation, sont arrivées sur le marché l'année suivante, les professeurs impliqués ont alors réagi de manières diverses et développé chacun leur propre stratégie d'intégration des NT. Un plan de formation T³ (96/97), calqué sur un plan analogue aux USA est mentionné.

Conclusion

L'auteur conclut en estimant avoir prouvé l'intérêt et le large usage de l'outil : ordinateur de poche qu'il trouve suffisamment performant et beaucoup moins cher qu'un ordinateur personnel.

Observation du lecteur

Au-delà d'une prise de position en faveur de l'ordinateur de poche plutôt que de l'ordinateur, la démarche s'appuyant sur le recensement des initiatives officielles et des comparaisons avec les autres pays est intéressante. Une comparaison plus rigoureuse avec les mêmes entrées serait intéressante.

CANET J.F.	Informatique et enseignement des mathématiques, le temps de la maturité (?)	1994	EPI n° 75	RG	F	GL45
-----------------------	--	-------------	------------------	-----------	----------	-------------

Raison du choix

Article de l'EPI publication associative.

Cadre théorique

Il n'y en a pas.

Problématique

Intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement.

Contenu

L'auteur articule sa réflexion en trois étapes :

- un bilan de ce qui existe,
- les avantages pour l'enseignement des mathématiques de ces nouveaux outils NT,
- les problèmes liés à l'appropriation de l'outil informatique.

Le bilan est globalement optimiste il note que les outils et leur type d'utilisation se diversifient, les textes officiels et les articles de recherche viennent enrichir l'importance et les connaissances sur le domaine même si l'utilisation des NT n'est pas encore totalement répandue. Les avantages de ces nouveaux outils sont illustrés par l'exemple de la géométrie et du calcul formel. Ils permettent, entre autres, de manipuler, de relever implicitement des invariants, d'améliorer l'appréhension que les élèves ont des objets, d'avoir une exigence de rigueur dans les formulations des élèves et de traiter des problèmes plus riches. Pour obtenir de tels résultats, il est cependant nécessaire que les élèves puissent s'approprier les outils et en connaissent leurs limites, il est aussi nécessaire de rechercher un équilibre entre l'enseignement des techniques et celui des concepts.

Conclusions

L'auteur conclut en reprenant ses arguments le bilan est positif, d'où le titre, les avantages sont clairs, ils vont aller croissant car de nouveaux produits se développent il faut maintenant réfléchir au double problème de donner aux élèves les moyens de s'approprier les outils et aux enseignants des éléments dans la recherche de cet équilibre entre l'enseignement des techniques et enseignement des concepts. Il faudra aussi penser à la formation des enseignants.

Observation du lecteur

L'article prend position clairement pour l'intégration et pose les problèmes qui lui sont liés, l'auteur est également enseignant dans un lycée et représentatif de l'opinion de nombreux collègues. L'article est à rapprocher de celui de Slawny dans l'APMEP (GL 4) qui est aussi du type «oui pour l'intégration, mais... ».

KENNETH R. KOEDINGER J. R. & ANDERSON	Intelligent Tutoring Goes To School in the Big City,	1997	IJAIED 8, pp. 30-43	P	USA	HMI
--	--	------	---------------------	---	-----	-----

Cadre théorique

Double :

- un curriculum pour l'enseignement de l'algèbre PUMP (Pittsburgh Urban Mathematics Project) fondé sur l'utilisation de diverses représentations de fonctions (tables, graphiques, symboles) pour modéliser, explorer et analyser des situations de problèmes "réels" signifiants pour les élèves, puis utilisation des notations algébriques pour résoudre le problème ;
- un modèle cognitif fondé sur la **théorie ACT (Anderson)** et écrit à l'aide de règles de production qui génèrent les pas de solution (corrects ou incorrects) usuellement proposés par les élèves ; ce modèle fonde deux techniques de modélisation de l'élève : le "model tracing" qui gère la résolution d'un problème et le "knowledge tracing" qui gère la progression de l'élève d'un problème à l'autre.

Objectifs

Le tuteur intelligent PAT aide les élèves à comprendre et utiliser diverses représentations de l'information (tables, graphes, symboles) en utilisant des outils informatiques (tableur, éditeur de graphes, logiciel de calcul formel).

Description du produit

- **activités des élèves :**
Une description de la situation et des questions sont proposées. L'élève construit une *feuille de calcul* en identifiant les quantités, nommant les colonnes, entrant les unités, entrant des expressions algébriques et en répondant aux questions de l'énoncé. L'élève construit le *graphe* en nommant les axes, les graduant, traçant les courbes et identifiant les points d'intersection. Le *résolveur d'équations* peut être utilisé à n'importe quel moment pour aider à remplir la feuille de calcul ou à trouver le point d'intersection (l'élève entre son équation et la résout en indiquant des transformations algébriques standard)
- **"timely feedback" (rétroaction appropriée)**
Une entrée erronée est la plupart du temps uniquement soulignée ou grisée sans commentaire ; si elle correspond à une erreur identifiée par le modèle de règles erronées, un message est édité indiquant l'erreur ou suggérant une alternative
- **aide à la demande**
L'élève peut toujours demander de l'aide. Le choix du message à *présenter repose sur le choix de l'étape suivante de résolution déterminé en fonction de l'activité actuelle de l'étudiant, du statut de sa solution et de connaissances qu'a le tuteur sur les activités de résolution exprimée par les règles de production. Plusieurs niveaux d'aide sont disponibles (des indications de plus en plus précises vers la solution).*
- **suivi des acquisitions de compétences de résolution de problèmes** à l'intérieur d'une leçon.
Le tuteur identifie les difficultés de l'élève et l'oriente vers des exercices portant sur des compétences non maîtrisées
- **intégration dans la classe**
Les séances en classe ont pour objectif le transfert des compétences acquises sur l'ordinateur aux techniques papier crayon. L'accent est mis sur la rédaction de phrases complètes, la

rédaction de rapports et la présentation des résultats aux autres élèves. Le travail a lieu sur des mini-projet en groupe.

Méthodologie de développement et d'expérimentation :

- **développement** : conception centrée sur le client pour allier l'expertise du client (en développement de curriculum et un enseignement dans les classes) et l'expertise des auteurs en intelligence artificielle et en psychologie cognitive

- **expérimentation** :

Objectif : comparer le curriculum PUMP et l'utilisation de PAT avec un enseignement traditionnel.

Méthode : comparaison avec groupes témoins :

- **Classes PUMP + PAT** : sur une année scolaire 470 élèves (20 classes, 3 "high schools" de quartiers difficiles, 10 professeurs) ;
- **Classes de comparaison** : sur une année scolaire 155 élèves (7 classes, 2 "high schools – une difficile et une triée sur le volet pour bons élèves, 4 professeurs)

Variables étudiées : résolution de problèmes authentiques et utilisation d'outil de représentation mais aussi compétences de base

Outils de mesure :

- tests standard (Iowa Algebra Aptitude test, Math Sat)
- 2 tests : Problem Situation Test (compétence pour étudier une situation donnée en langage naturel mais présentant un contenu algébrique), Representations Test (capacité à passer d'une représentation à l'autre).

Résultats :

- sur les compétences de base, les classes PUMP+PAT ont des taux de réussite de 15 % supérieurs au groupe témoin mais inférieurs au groupe trié sur le volet ;
- sur les compétence en résolution de problème et changement de représentation ils obtiennent des scores 100 % meilleurs que le groupe témoin et aussi bons voir meilleurs que les scores du groupe témoin.

Analyse

analyse statistique between subject ANOVA (??)

Résultats

Les élèves et les enseignants sont enthousiastes et les auteurs vont étendre l'expérience et le système

Observations du lecteur

On pourrait souhaiter que certaines affirmations soient nuancées ou discutées. Cependant c'est un article et un travail intéressant.

C'est un papier représentatif d'un laboratoire de recherche qui a eu une très grande influence dans le domaine des tuteurs intelligents : celle d'Anderson. qui défend l'idée de tuteur cognitif. L'objectif du travail est de montrer que les tuteurs intelligents peuvent sortir des laboratoires, affronter les banlieues et soutenir des projets innovants. Ce qui n'est pas un mince résultat.

Ce papier présente un système qui tourne et qui s'appuie sur des idées intéressantes pour l'enseignement de l'algèbre.(utilisation de l'algèbre pour modéliser, favoriser l'apprentissage en articulant des registres de représentation, utilisation d'instruments algébriques informatiques pour l'enseignement de l'algèbre, intégration du logiciel dans un cadre pédagogique alliant travail personnel et présentation écrite et orale au groupe).

JEAN S., DELOZANNE E., JACOBONI P. & GRUGEON B.	A Diagnosis Based on a Qualitative Model of Competence in Elementary Algebra proceedings of Artificial Intelligence	1999	Education, Le Mans July 99, IOS Press, Amsterdam, pp. 491-498	P, R	F	HM2
--	--	-------------	--	-------------	----------	------------

Cadre théorique

- Didactique : champ conceptuel (Vergnaud), dialectique outil objet (Douady), approche anthropologique (Chevallard), (Duval) (Kieran)
- Informatique : création d'instruments pour les enseignants (Vivet, Rabardel), interface homme/machine pour l'apprentissage (Koedinger, MacKay), modélisation de l'apprenant (Balacheff).

Objectifs

L'objectif du projet Pépite est de développer un outil pour aider les enseignants à évaluer les compétences des élèves en algèbre élémentaire. Ce travail s'appuie sur une analyse didactique [Grugeon 95] qui a conduit à la définition d'un modèle multidimensionnel de la compétence algébrique en fin collège. À partir de ce modèle de compétence a été construit un outil de diagnostic papier crayon. Cet outil est composé d'une batterie de tâches proposées aux élèves pour couvrir toutes les dimensions du modèle et d'une grille d'analyse des réponses des élèves. Il permet d'obtenir une description qualitative de la compétence algébrique de l'élève description que les auteurs appellent "un profil" d'élève. Seuls des chercheurs en didactique peuvent mettre en œuvre cet outil de diagnostic très lourd.

Le projet Pépite vise à automatiser cet outil papier crayon.

Problématique

Le principal problème posé par cette médiatisation est l'influence du média sur la tâche et donc sur les productions des élèves. Les productions des élèves sont elles réduites, modifiées, différentes, suggérées ? Est-il possible de recueillir sur un ordinateur des observables suffisamment fiables pour qu'un enseignant humain puisse, au regard du modèle de compétences, construire un profil de l'élève ? C'est donc un problème d'Interaction Homme Machine (IHM) d'analyse de la tâche et de l'activité de l'élève qui se pose.

Le second problème posé est celui du diagnostic et donc de l'interprétation des observables par une machine et de la validation de cette interprétation. C'est ici un problème d'Intelligence Artificielle et de compréhension du langage "informathurel".

Le troisième problème concerne l'utilisation d'un tel logiciel par les enseignants pour prendre des décisions en classe. Là se posent à la fois un problème d'IHM et le problème du dispositif pédagogique dans lequel s'insère l'usage du logiciel.

Description du produit

Le logiciel se compose de trois modules : PepiTest qui propose des activités aux élèves et recueille leur productions, PepiDiag qui analyse ces productions et les codent et enfin PépiProfil qui analyse le codage et présente à l'enseignant une description de la compétence de l'élève.

L'interface élève : Pépitest

- **activités des élèves :**

Des exercices sont posés aux élèves qui y répondent soit en cochant des cases, soit en associant des éléments graphiques, soit en entrant eux-même du texte ou des expressions algébriques assez simples.

- **rétroaction**

Aucune évaluation de la réponse n'a lieu d'être. Les rétroactions sont uniquement les retours visuels classiques des interfaces graphiques

- **aide à la demande**

De même l'aide est purement logicielle.

suivi des acquisitions de compétences de résolution de problèmes : non pertinent

- **intégration dans la classe**

Le test a lieu une seule fois en fin de troisième ou en début de seconde pour former aider les enseignants à former des groupes ou modules. On peut aussi imaginer une utilisation dans le cadre de l'évaluation nationale en seconde.

Méthodologie de développement et d'expérimentation

- **développement** : conception centrée utilisateur alliant étude didactique, construction de maquettes et tests en classe auprès des élèves (85 élèves)

- **expérimentation** :

- **objectif** : tester l'utilisabilité du logiciel, voir s'il n'écrase pas le spectre des réponses prévisibles, obtenir des corpus de réponses machine pour développer le module de diagnostic

- **méthode** : étude de cas

- **résultats** :

- après quelques itérations les résultats au niveau utilisabilité sont bons ; à noter que quelques élèves ont besoin d'un brouillon papier et sont perturbés par la saisie au clavier des expressions algébriques

- nous n'avons pas constaté d'écrasement du spectre des réponses attendues

- les didacticiens sont capables de coder les productions des élèves sur le logiciel (étude de cas)

Le module de diagnostic : PepiDiag

C'est un module transparent à l'utilisateur qui à partir du fichier texte où sont mémorisées les réponses de l'élève produit une matrice qui contient le code ou les codes (par rapport à la grille d'analyse) de chaque réponse. Si le traitement des questions fermées est relativement simple, le traitement des questions ouvertes est délicat et n'est pas complètement effectué à l'heure actuelle. Il ne consiste pas à essayer de comprendre la réponse mais d'y chercher des indices en rapport avec la grille d'analyse.

L'interface enseignant : PepiProfil

À partir de l'analyse de la matrice, le module présente des informations de haut niveau caractérisant la compétence de l'élève. Ces informations sont présentées à l'enseignant qui peut vérifier à l'aide les réponses de l'élève et modifier le profil en cas de désaccord.

Résultats

Le logiciel dans l'état actuel n'analyse pas toutes les réponses mais les auteurs affirment avoir réussi à construire automatiquement des profils d'élèves et avoir fait confirmer ces profils par l'enseignant de la classe. Ceci constitue selon eux, une validation de leur système.

Observations

Travail très intéressant.

HOYLES C., HEALY L.	Un micro-monde pour la symétrie axiale : une base de construction de concept mathématiques	1997	STE, vol. 4 N°1, pp. 67-97	R et EI	UK	HM3
--------------------------------	---	-------------	---	--------------------	-----------	------------

Cadre théorique

Cet article présente une étude de cas pour aborder la construction par des élèves de significations en mathématiques dans le cadre de l'interaction avec un micro-monde (Papert, "learning by making") en incluant la dimension sociale en jeu dans les activités d'apprentissage.

Problématique

Par la présentation d'interactions entre une élève et un micro-monde (MT, le miroir des tortues) les auteurs illustrent comment l'apprentissage (ici des propriétés de la symétrie axiale) met en œuvre des actions réciproques entre activités, représentations et pratiques sociales. Ils examinent en particulier le rôle des outils offerts par le micro-monde en tant que médiateurs entre le savoir mathématique et le sens commun dans un processus que les auteurs appellent "abstraction située" (Noss et Hoyles, 1992 et 1996).

L'idée de base est que "les significations mathématiques sont inextricablement tissées dans les outils utilisés pour leur construction et dans la manière dont ces outils représentent certains invariants et relations". Les auteurs proposent la métaphore du "webbing" pour comprendre la manière dont l'apprenant construit des significations en interagissant avec des objets virtuels et des relations dans un micro-monde. Le "web" des idées mathématiques est peut être trop complexe pour être compris globalement. Les auteurs font l'hypothèse que "des connexions locales sont relativement accessibles : une façon –peut-être la seule- d'acquérir une vue globale du web est de développer par soi-même une collection locale de connexions familières et à partir de là de l'étendre vers l'extérieur selon ses propres intérêts et ses propres expériences." Dans cette optique, le micro-monde met à disposition des ressources locales disponibles en permanence et adaptées au niveau de compréhension de l'apprenant ; de plus il facilite l'émergence d'une structure globale à partir de connexions établies par l'utilisateur au cours de son activité.

Méthodologie / Dispositif

Deux élèves de 12 ans sont observées et filmées dans leurs interactions avec le micro-monde sur trois activités (construction de figures réfléchies dans un miroir, construction d'axes pour des images symétriques, construction d'images par symétrie axiale de figures).

Analyse

Les interactions des élèves sont analysées à l'intérieur du cadre théorique proposé et les interprétations sont comparées à celles de la littérature.

Résultats / Conclusions

L'article décrit "comment le micro-monde a été exploité pour construire de nouvelles significations sur la symétrie, favoriser la fusion entre des concepts spontanés et des concepts scientifiques et ajouter aux significations liées aux activités quotidiennes et au travail constructif de l'école, d'autres significations plus explicites, ayant des formulations plus mathématiques. En particulier, à travers l'interaction qu'ils ont eue entre eux et avec MT, des

élèves comme Emily sont arrivés à intérioriser un sens mathématique correspondant à leur intuition de la nature “ opposée ” d’une image réfléchie, ce qui leur a demandé un travail sur les angles.”

Les limites : tous les outils ne sont pas exploités spontanément par les élèves (rôle de l’enseignant), les élèves sont réticents à effectuer des vérifications et le micro-monde ne les y incitent pas.

Conclusion : Les auteurs reviennent sur le processus "d'abstraction située" qui suscite l'abstraction à l'intérieur d'un contexte plutôt qu'en dehors du contexte. La géométrie des Tortues est différente de la géométrie traditionnelle. Le Miroir des Tortues est un "monde mathématisé porteur de sens qui, même s’il n’est pas universel, peut représenter un gain pédagogique". La question de savoir si la construction d'une telle géométrie facilite l'accès à une géométrie plus officielle est encore ouverte.

Observations du lecteur

Article passionnant d'une part en tant que modèle de rédaction d'un article de revue scientifique pour une étude de cas en Interaction homme/machine et d'autre part pour le cadre théorique proposé.

A rapprocher de l'activité instrumentée (Rabardel), de la transposition informatique (Balacheff), de la géométrie Cabri (Laborde).

BARON G.-L. & BRUILLARD E.	L'informatique et ses usagers dans l'éducation	1996	PUF, Paris, , 312 p.,	RG	F	HM4
---------------------------------------	---	-------------	------------------------------	-----------	----------	------------

Description du contenu

Ce livre traite de l'intégration de l'informatique dans l'enseignement scolaire français.

La première partie du livre présente un état des lieux dans l'enseignement primaire et secondaire, puis la seconde partie étudie les perspectives d'évolution en se fondant sur une analyse multidimensionnelle.

La partie diagnostic commence par retracer un historique de la prise en compte de l'informatique par l'institution scolaire en établissant un parallèle très intéressant avec l'introduction de l'audiovisuel. Ensuite des résultats récents d'enquête et de recherches sont présentés pour tenter de cerner les points de vue des usagers (élèves des différents cycles, enseignants, conseillers pédagogiques et chefs d'établissement), leurs représentations et les modes d'usages réels. Pour clore cette partie diagnostic, la question cruciale de la formation des enseignants est abordée.

La partie perspectives s'interroge d'abord sur les potentialités éducatives les différents logiciels, puis sur ce qu'un usager doit savoir d'un ordinateur et enfin présente une réflexion sur les différents modes d'usage de l'informatique.

Il ressort de ce livre que le système éducatif français a tendance à considérer l'informatique comme un outil générique convergeant en pratique vers le traitement de texte et servant plutôt à produire des documents qu'à résoudre des problèmes.

Dans les familles, pour lesquelles l'ordinateur reste un investissement important, il est utilisé surtout pour jouer et ensuite comme outil de production bureautique.

À l'école, "la situation est en demi-teintes. Sauf dans les secteurs technologiques (...), les utilisations de l'ordinateur relèvent le plus souvent de l'innovation pédagogique (au demeurant indispensable)". Dans les situations d'utilisation, les usagers (enseignants) font état de leurs problèmes souvent en termes de "manques" (de temps, de logiciels, de formation etc.). Certains éprouvent des résistances de principes à utiliser des instruments informatiques dans le cadre de leur métier et ces résistances semblent en partie liées aux disciplines.

Les usages des ordinateurs n'apparaissent prescrits que de manière très discrète dans les curricula. Ils entraînent une somme de contraintes importantes et nécessitent une formation qui n'est pas suffisamment assurée.

Trois axes principaux permettent de repérer les usages :

1/ la technologie éducative conçue pour instrumenter les activités d'enseignement (ordinateur tuteur, environnements ouverts etc.)

2/ la gestion et le traitement d'informations qui dépendent fortement des contenus à enseigner et contribuent fortement à les modifier (instrument de travail en technologie, outil d'expérimentation, logiciels de calcul formel etc.)

3/ l'outil de production dont le but est lié au résultat et non au traitement (traitement de textes gestion de documents).

Pour chacun des axes, les usages, les difficultés et les facteurs favorisant les usages sont analysés.

Pour les auteurs le point clé de l'intégration de l'informatique dans l'éducation est le rapport à l'instrumentation des activités d'apprentissage et d'enseignement envisagée pour obtenir une meilleure productivité : optimiser la transmission de connaissances ou améliorer le cadre de travail des enseignants et des élèves. L'intégration minimale ne pose pas de problème à condition de "simplifier le travail de l'enseignant sans se substituer à lui ni entamer sa marge de contrôle sur les situations didactiques.". Il serait souhaitable de "parvenir à des formes de co-traitement, où les décisions d'un système technique ne sont pas seulement contrôlables mais réfutables".

Le livre se termine sur une réflexion sur le rôle de l'école dans la diffusion des outils de traitement de l'information dont l'usage devient indispensable sous peine d'exclusion sociale.

BRUILLARD E.	Les machines à enseigner	1997	Paris : Hermès, 319 pages	RG	F	HMS
-------------------------	---------------------------------	-------------	--------------------------------------	-----------	----------	------------

Objectifs

L'objectif de ce livre est de faire le point sur les applications de l'informatique à l'éducation à partir d'une analyse des grands champs de recherches et de leurs évolutions. Un grand nombre d'exemples de recherches et de réalisations illustre l'évolution et parfois la scission entre les différents courants de pensée. "L'histoire de l'EIAO ne peut se réduire aux théories successives d'une discipline, que ce soit l'informatique, la psychologie, la didactique ou les sciences de l'éducation, bien que chacune d'entre elles participe à son évolution". Il propose une comparaison des différentes approches, sur la base des deux métaphores du voyage et de la consultation, et une discussion des rôles de l'ordinateur, précepteur, partenaire ou instrument.

Description du contenu

L'auteur se propose de retracer et d'analyser l'histoire de l'informatique dans l'éducation à travers trois problématiques : les rapports entre sciences, technologie et éducation ; les différentes théories de l'apprentissage et les difficultés à les mettre en œuvre dans les systèmes informatiques à finalité éducative ; et enfin le rôle et le statut des machines à enseigner en tant que précepteur, partenaire ou instrument.

Au fil des pages se déroule l'histoire, avec à ses débuts l'enseignement programmé, où l'enseignement est vu comme l'exécution d'un programme. L'arrivée de l'ordinateur va permettre la mise en œuvre de théories d'apprentissage, il est vu comme un outil d'expérimentation, se crée alors un véritable champ de recherches s'appuyant sur des bases scientifiques. L'ordinateur apporte de nouvelles possibilités et permet de répondre aux besoins de flexibilité, d'adaptivité, de génération de problèmes, de résolution, de démonstration ou encore d'explication notamment par le rapprochement avec les techniques d'intelligence artificielle. La machine échange alors son statut de support des théories pour en devenir le point de départ. Avec le développement des interfaces graphiques et la volonté de rendre le contrôle à l'apprenant naissent les micromondes et les environnements d'apprentissage ouverts. Il en ressort que l'exploration libre ne peut être une solution. Les chercheurs vont tenter de définir des compromis entre liberté totale de l'apprenant et contrôle strict de son activité.

Du côté des tuteurs intelligents, l'intelligence artificielle amène à des réalisations prometteuses mais n'atteint pas tous les résultats escomptés. On s'oriente alors vers une synthèse entre les environnements exploratoires et les tuteurs intelligents afin de concilier les interactions tutorielles et l'apprentissage par la découverte. Les chercheurs vont prendre de la distance par rapport aux modèles généraux d'architecture des tuteurs intelligents et prendre conscience du rôle déterminant de l'interface. Les hypertextes et hypermédias apportent une extension des facultés humaines (compétences intellectuelles ou capacités à communiquer) et tentent d'humaniser la technologie informatique plutôt que d'automatiser les processus cognitifs humains. Ces outils ne sont pas, de par leur nature, des instruments éducatifs mais peuvent avoir un fort potentiel éducatif essentiellement lié aux possibilités d'organisation de l'information.

Les récentes évolutions technologiques ouvrent de nouvelles perspectives. En particulier, la réalité virtuelle offre des possibilités de manipulation d'objets audibles, visibles, palpables : « 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 ».

LEENHARDT L.	Biographie éducative	1998	INRP et IUFM de Versailles	RG	F	HM6
--------------	----------------------	------	----------------------------	----	---	-----

Cadre théorique

linguistique (Greimas), sémiotique (), psychologie (Piaget, Bruner, Freinet, Vygotsky), théorie de l'activité et de l'interaction (Leontiev).

Problématique

Proposition d'un modèle général d'apprentissage Hélices.

A partir d'"un récit de vie" où on sont analysées des utilisations de technologies éducatives (d'abord audio-visuelles, puis informatiques) Monique Linard présente d'une part des leçons tirées de 40 ans d'expériences passées et d'autre part. un cadre théorique, la théorie de l'action intentionnelle et un modèle général d'apprentissage. L'objectif d'un tel modèle est de définir "une carte guide ou une boussole dans la conception d'objets pour apprendre".

Observation du lecteur

Ce livre fait le point sur plus de 30 ans de recherches actions dans le domaine des TIC et permet d'appréhender l'évolution des problématiques sur cette période. Les articles du CD-Rom sont un peu denses et difficiles à lire quand on connaît pas un peu l'arrière plan théorique. L'auteur plaide pour une prise en compte des aspects cognitifs mais aussi affectifs, socio et temporels dans la conception d'interface de logiciels destinés à l'apprentissage.

Logiciel ADI FRANÇAIS-MATHS – Coktel
CE1, CE2, CM1, CM2, 6, 5, 4, 3.

Type de logiciel : exerciceur

Interaction : Qcm et tout ce qui s'y ramène (association)

Contexte d'utilisation : individuelle, accompagnement scolaire

Suggestion d'utilisation : utilisation en autonomie, à la maison ; utilisation possible en CDI ?

Objectifs : Permettre aux enfants de consolider leurs acquis scolaires et de se familiariser avec les technologies de l'information.

Description du produit :

- **guidage :** Un personnage sympathique guide l'enfant parmi un grand nombre d'exercices de rappels de cours et de corrections stéréotypées. L'enfant a un retour visuel amusant l'informant des exercices traités ou partiellement traités.
- **activités des élèves :** jeux, résolution d'exercices par sélection de réponses prédéfinies, fiches de cours bien faites; les exercices sont ciblés sur une ou deux notions maximum et consistent souvent en une application directe du cours
- **rétroaction :** évaluation immédiate rigolote des réponses de l'enfant (en terme de vrai/faux), puis un conseil général par exercice est donné (bravo, je te conseille de revoir cela plus tard etc.)
- **aide à la demande :** aide stéréotypée sous forme de fiches de cours.
- **suivi des résultats :** sous forme de score, bien fait
- **intégration dans la classe :** plutôt parascolaire, utilisation en CDI ?

Méthodologie de développement et d'expérimentation :

- **développement :** équipe professionnelle de 150 personnes ; équipe de conception pluridisciplinaires (psychologues, enseignants, scénaristes, informaticiens, graphistes etc.) ; conception centrée utilisateur
- **expérimentation :** dans la publicité, des expérimentations dans des classes et des familles sont mentionnées. Nous n'avons pas trouvé de publications à ce sujet.

Observations

Les interactions restent assez pauvres, les exercices sont ciblés sur une application directe du cours et l'ensemble des activités mathématiques au programme est loin d'être couvert. D'une manière générale le contenu est soigné et l'interface graphique est très bien faite. Un effort particulier a été porté sur le soutien de la motivation de l'enfant : ADI le compagnon, l'avatar que l'enfant personnalise avec plaisir, les petits retours visuels et les animations sont très soignés et sympathiques. D'après nos expériences personnelles (de parents, soutien scolaire) cela fonctionne bien auprès des enfants. Nous caractériserions volontiers la collection ADI en maths comme un "cahier de vacances high-tech motivant".

Logiciel CDROM

CDROM : La Proportionnalité à travers des problèmes

CNED, IREM de Rennes, Mathématiques par thèmes

Type de logiciel : exerciceur

Interaction : très rigide.

Contexte d'utilisation : individuelle

Suggestion d'utilisation : utilisation en autonomie (?), à la maison ; utilisation possible en CDI

Objectifs : Aider les élèves à maîtriser la proportionnalité en proposant des types de problèmes différents, des procédures de résolution variées dans différents registres de représentation (tableau, graphe, camembert).

Description du produit :

- **guidage :** Un modèle de l'élève permet au système de proposer des activités adaptées à son niveau. Au niveau de l'utilisabilité du logiciel, le guidage est inadapté (On ne sait pas comment faire ce qu'on doit faire, ou on est empêché de le faire).
- **activités des élèves :** résolution de plusieurs types d'exercices fondés sur une analyse didactique des problèmes de proportionnalité. Ces problèmes peuvent être résolus dans différents registres de représentation.
- **rétroaction :** : il n'y a pas vraiment de rétroaction, mais des messages sont délivrés en fonction de l'erreur faite par l'élève.
- **aide à la demande :** sous forme d'"explication" du problème
- **suivi des résultats :** progression de l'élève par type de problème
- **intégration dans la classe :** possible, comme support de TD, à condition de bien gérer ensuite la phase de mise en commun des travaux effectués par chacun des élèves.

Méthodologie de développement et d'expérimentation :

- **développement :** autodidacte en développement d'IHM ?
- **expérimentation :** uivi de l'utilisation du logiciel en CDI par des élèves de collège (D. Boisnard) ; étude de l'impact des explications du logiciel sur les connaissances d'élèves de 4ème concernant la proportionnalité, étude des problèmes d'institutionnalisation liés à l'intégration du logiciel dans la classe, actuellement les interactions "verbales" proposées par le logiciel et leur impact sur l'apprentissage de la proportionnalité sont étudiés dans le cadre d'une thèse qui a pour objet l'étude des interactions (en classe et dans le logiciel) au sujet de la proportionnalité (M. Hersant)L

Observations :

Les interactions sont extrêmement rigides et les règles élémentaires de l'ergonomie des interfaces graphiques ne sont pas respectées Cependant ce prototype met en œuvre des idées didactiques qui mériteraient d'être médiatisées d'une façon professionnelle.

Les interactions sont extrêmement rigides et les règles élémentaires de l'ergonomie des interfaces graphiques ne sont pas respectées, ice qui en fait à notre avis un logiciel inutilisable par des élèves (point de vue des informaticiens)c'est pourquoi il est nécessaire de présenter les différentes commandes du logiciel aux élèves avant toute utilisation en autonomie (point de vue de Magali). Cependant ce prototype met en œuvre des idées didactiques qui mériteraient d'être médiatisées d'une façon professionnelle

LUENGO V., BALACHEFF N.	Contraintes informatiques et environnements d'apprentissage de la démonstration en géométrie	1998	STE vol. 5(1), 1998, p. 15-45	R	F	G101
--	---	-------------	--	----------	----------	-------------

Critères de choix de l'article

L'article propose une analyse des contraintes informatiques pesant sur la réalisation d'environnements d'apprentissage de la démonstration en géométrie.

Cadre théorique

Les auteurs font référence aux recherches didactiques sur l'apprentissage de la démonstration. Ces recherches ont établi la complexité du problème de l'apprentissage de la démonstration : la dévolution aux élèves du problème de la preuve (Brousseau 86, Legrand 90), les rapports entre la preuve et la démonstration (Balacheff 87, Arsac 88, Duval 92), les aspects cognitifs et langagiers de la démonstration (Duval 91).

Ils s'appuient également sur les travaux en intelligence artificielle centrés sur la conception et la réalisation informatique de logiciels (Py 90 et 96, Bazin 93, Guin 91, ...).

Problématique

Cette recherche s'intéresse aux liens entre les caractéristiques des logiciels utilisés et les stratégies dont on observe la mise en œuvre par les élèves. Cela conduit à déterminer la nature de l'activité des élèves productrice des performances observées.

Elle cherche à savoir si cette performance est le témoignage de la bonne maîtrise de l'environnement ou si elle est le témoignage d'un progrès dans l'apprentissage de la démonstration.

Méthodologie / Dispositif

La méthodologie s'appuie sur l'analyse de trois environnements : Chypre, Cabri-DEFI et Mentoniez, et l'analyse de l'interaction logiciel-élève dans le cadre de Cabri-DEFI. Pour cette dernière, nous présentons quelques critères :

Durée: 1 séance

Interne

Présentation du dispositif : Oui

Données recueillies : productions d'élèves / observation des élèves en cours de résolution (enregistrement audio et vidéo).

Modalités d'étude : Etude de cas

Modalités de travail dans la classe : groupes de 2 élèves

Statut de l'enseignant :

Public : volontaire

Analyse

Critères d'analyse : interaction logiciel - élève

Modes de validation: confrontation entre l'analyse a priori (issue de l'analyse des logiciels) et l'analyse a posteriori.

Domaine de validité des résultats:

Résultats / Conclusions

Types de résultats : partiellement conformes dans la mesure où les élèves n'étaient pas familiers au logiciel.

Degré de généralité

Dispositif modifié ou non: non

Perspectives

Dans la conclusion, les auteurs reviennent sur les problèmes soulevés par la conception d'un environnement informatique d'apprentissage de la démonstration. Les résultats permettent de définir un cahier de charge pour la conception de Cabri-Euclid

Observations du lecteur

Cet article est intéressant car il se trouve au croisement des recherches en didactique des mathématiques et de l'intelligence artificielle.