

Baker, M.J., de Vries, E., Lund, K. & Quignard, M. (2001). Interactions épistémiques médiatisées par ordinateur pour l'apprentissage des sciences : bilan de recherches. *Sciences et Techniques Educatives*, Vol. 8, n° 1-2. [Actes du colloque *Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur*, Eds. C. Desmoulins, M. Grandbastien & J.-M. Labat, La Villette, avril 2001].

Interactions épistémiques médiatisées par ordinateur pour l'apprentissage des sciences : bilan de recherches

Michael Baker* — Erica de Vries** — Kristine Lund* —
Matthieu Quignard*

* UMR 5612 GRIC, CNRS & Université Lumière Lyon 2
5, avenue Pierre Mendès-France, 69676 BRON Cedex
{Michael.Baker, Kristine.Lund, Matthieu.Quignard}@univ-lyon2.fr
** Laboratoire des Sciences de l'Éducation, Université Grenoble 2
BP 47, F-38040 Grenoble cedex 9, France.
Erica.deVries@upmf-grenoble.fr

RESUME. Nous présentons le bilan d'un programme de recherches à cinq ans concernant l'élaboration d'Environnements Informatiques d'Apprentissage Coopérant (EIAC) qui visent la co-construction de notions scientifiques dans et par les interactions épistémiques. Lors de l'élaboration successive de trois systèmes (C-CHENE, CONNECT et DAMOCLÈS), les questions de recherche suivantes ont été abordées : la structuration de l'interface de communication, la constitution des dyades (statistique ou combinatoire) afin de favoriser une confrontation conceptuelle, la présentation des points à débattre et les rôles multiples du professeur. Nous discutons des limites de notre recherche et apportons notre bilan concernant le degré de liberté et de contrainte dans l'interface de communication, l'organisation générale des séquences de résolution de problèmes, la richesse et la flexibilité des environnements, les interrelations entre les dimensions cognitive, épistémique et sociale de l'interaction et enfin l'évolution des pratiques éducatives.

ABSTRACT. This paper reports on a five-year collaborative research programme, the aim of which was to create CSCL Environments that favour and support the production of epistemic interactions for the co-construction of scientific notions. The successive development of three systems (C-CHENE, CONNECT and DAMOCLÈS) enabled several research questions to be addressed, including: structuring the communication interface, statistically or automatically constituting dyads in order to favour conceptual confrontation, summarising points to be debated, and the teacher's multiple roles. In conclusion, limitations of, and lessons learned from this research are discussed, notably: freedom and constraint in the communication interface, structuring overall collaborative problem-solving sequences, the richness and negotiability of environments, the interrelations between cognitive, epistemic and social dimensions of interaction, and the evolution of new educational practices.

MOTS CLES : Apprentissage coopérant, interactions médiatisées, résolution de problème.

KEY WORDS: Collaborative learning, computer-mediated interaction, problem solving.

Introduction*

Dans la lignée de la pensée vygotskienne, nous identifions les interactions verbales — et en particulier *les interactions explicatives et argumentatives* — comme le locus primordial de la mise en œuvre des processus de co-élaboration des notions scientifiques. À la suite d'Ohlsson [OHL 95], nous les appelons *interactions épistémiques* puisqu'elles sont le lieu d'expression et d'examen critique des fondements des propositions. Ces interactions peuvent amener les élèves à (s')expliquer, à mieux articuler leur discours, à clarifier leurs points de vue et à modifier leur degré d'engagement par rapport à leurs solutions [BAK 99a].

Cependant, on ne peut argumenter ni fournir des explications sur n'importe quel sujet, avec n'importe qui ni dans n'importe quelle situation [GOL 96]. Lors des études antérieures, nous avons observé que la faible propension des élèves à argumenter spontanément et à fournir des explications conséquentes. Notre objectif principal est donc d'en comprendre les raisons et de caractériser les situations propices à l'argumentation et à l'expression d'explications sur des questions scientifiques. Dans ce cadre, nous visons une émergence spontanée (bien que dans une situation contrainte) des interactions épistémiques lors de l'activité de résolution de problème : les élèves doivent expliquer et défendre leurs *propres* points de vue, par rapport auxquels ils ont un certain degré d'engagement.

Nous avons conduit nos investigations à travers l'élaboration de prototypes successifs d'*Environnements Informatiques d'Apprentissage Coopérant* (EIAC), disposant d'interfaces spécifiquement adaptées à la communication écrite et quasi-synchrone au travers le réseau Internet (CMC). Ce choix peut paraître paradoxal étant données les contraintes cognitives inhérentes à ce genre d'interfaces [CLA 91]. Ces environnements procurent néanmoins au chercheur la possibilité de structurer tant la succession des tâches que la communication elle-même et de fournir des ressources (comme l'historique de l'interaction) pouvant compenser les difficultés liées à l'interaction. Trois systèmes (C-CHENE, CONNECT et DAMOCLÈS) ont ainsi été développés et expérimentés dans le cadre de l'apprentissage des sciences, sur des tâches spécifiquement sélectionnées pour leur caractère ouvert et reposant sur une grande variété de conceptions d'élèves.

Dans la suite de cet article, nous exposons une synthèse de ce programme de recherche¹, afin de contribuer à la précision d'axes de recherches futures.

* Cet article est une version française remaniée d'un article en anglais, à paraître dans les actes du colloque Euro-CSCL (Maastricht, mars 2001).

¹ Dans ce court article nous sommes contraints à renvoyer le lecteur aux articles de recherche déjà publiés pour des précisions sur la conduite des expériences et sur la conception des interfaces dont nous faisons la synthèse ici.

C-CHENE

C-CHENE² est un EIAC pour la modélisation de l'énergie en physique [BAK 97]. Des dyades d'élèves ont utilisé C-CHENE pour construire des « chaînes énergétiques » (modèles qualitatifs de stockage, de transfert et de transformation de l'énergie) dans des situations expérimentales simples [TIB 95] et pour échanger des messages écrits. La première interface « boîte de dialogue » de C-CHENE fut expérimentée avec quatre dyades d'une même classe de seconde (16-17 ans, appariement libre). Après une brève période d'entraînement, les dyades ont résolu trois problèmes de chaînes énergétiques, à distance à travers le réseau, grâce à un partage d'écran intégral.

Une analyse comparative de ces interactions avec les interactions face-à-face a mis en lumière les trois principaux résultats que voici :

- si les élèves se communiquent moins par la CMC, leurs interventions se restreignent à l'expression des processus les plus complexes du problème [TIB 97] ;
- les élèves utilisant l'interface « boîte de dialogue » se sont peu engagés dans des interactions épistémiques (seulement 4 interventions sur 58, soit 7 %), se contentant essentiellement de dessiner la solution graphique ;
- plutôt que de co-construire la solution, les élèves se sont souvent contents dans une forme de coopération que l'on pourrait paraphraser comme « Dessine, je te dirai si je ne suis pas d'accord ».

De plus, nous avons remarqué quelques cas où les élèves ont négocié une utilisation inédite des ressources de l'interface. Par exemple, ils ont détourné l'utilisation d'un bouton conçu initialement pour attirer l'attention de l'interlocuteur, afin de signaler la commutation entre les phases de construction et de discussion.

Sur la base de ces résultats, nous avons fait l'hypothèse qu'un certain degré de contrainte sur la communication n'était pas nécessairement négatif et qu'en procurant des boutons de communication spécifiques, nous pourrions faciliter l'expression des points de vue et la gestion de l'interaction. Nous avons donc conçu une seconde interface remplaçant les boîtes de dialogue par des boutons pour des actes communicatifs particuliers, regroupé selon trois fonctions : la réalisation de la tâche, la recherche d'un accord et la gestion de l'interaction. Certains envoient un énoncé dans l'historique (par exemple 'OK', 'Pourquoi ?'), d'autres déclenchent l'ouverture d'une petite fenêtre de dialogue, ('Parce que...'), d'autres enfin permettent de composer des énoncés par le biais de menus ('Je propose de ... <créer un réservoir>').

Cette seconde interface a fait l'objet d'expérimentations avec quatre dyades pour la même tâche. Les résultats confortent ceux de l'interface précédente. Le nombre moyen d'actes dédiés à la gestion de l'interaction demeure largement inchangé, il en est de même pour l'interaction épistémique. Néanmoins, avec cette seconde

² C-CHENE = « CHENE-Coopératif » (CHENE = « CHaînes ENergétiques »).

interface, les élèves se sont engagés dans une interaction plus concentrée sur la tâche de résolution de problèmes (13 actes communicatifs sur 58, soit 22 % en moyenne avec la première interface, nous atteignons ici 24 actes sur 71, soit 34 % en moyenne). Nous attribuons cette différence au caractère structurant de l'interface, qui insiste sur les boutons relatifs à la tâche de résolution de problèmes.

Le bilan de cette phase de recherche tient dans les points suivants :

- Un juste *degré de contrainte* sur la communication médiatisée par ordinateur favorise des interactions plus focalisées sur la réflexion et les concepts fondamentaux en jeu.
- *Trouver les bons partenaires* paraît crucial pour la résolution coopérante de problèmes ; nos résultats masquent le fait que quelques dyades n'ont pas du tout interagi sur le plan épistémique.
- Les élèves doivent pouvoir *adapter les interfaces à leurs propres besoins* ; l'usage des outils par les élèves peut différer radicalement de l'usage prévu.
- *La résolution de problème et l'interaction doivent être étroitement reliées* afin de favoriser l'émergence d'une variété de formes de coopération ; les élèves ont tendance à être plongés dans la réalisation de la tâche (le dessin) au détriment de la communication. L'interface « boîte de dialogue » renforce cette séparation alors que l'interface structurée cherche à intégrer actions graphiques et actes communicatifs.
- *Tenir une discussion lors d'une résolution de problème reste une tâche difficile* ; on pourrait concevoir la discussion comme une tâche distincte et séparée de la résolution du problème pour aider les élèves à se concentrer sur les contenus.

L'étude de ces questions s'est poursuivie lors du développement de notre deuxième système : CONNECT.

CONNECT

CONNECT³ est un EIAC pour la comparaison critique de textes individuels et la rédaction collective d'un texte au travers le réseau [BAK 99b, DEV à paraître]. Sa conception et son expérimentation ont permis de poursuivre la recherche de plusieurs façons⁴.

Premièrement, les dyades devaient être soigneusement constituées afin de créer des opportunités pour la confrontation de points de vue conceptuels, menant à la production d'interactions épistémiques. Nous avons traité ce problème en demandant aux élèves de rédiger des textes individuellement, lesquels sont ensuite analysés afin de constituer des dyades maximisant les différences conceptuelles.

³ CONNECT est un acronyme pour Confrontation, Négociation et Construction de Texte.

⁴ Cette recherche a été menée par E. DE VRIES lors de son séjour post-doctoral dans l'équipe GRIC-COAST.

Deuxièmement, la charge cognitive suscitée par la résolution du problème (écrire un texte ou dessiner une chaîne énergétique) diminue les possibilités d'émergence d'interactions épistémiques. Nous avons donc organisé la séquence des tâches, ainsi que la communication, afin d'imposer une phase initiale durant laquelle les textes individuels seraient comparés et discutés.

Troisièmement, lorsqu'ils comparent deux solutions, les élèves évitent souvent la discussion et choisissent simplement celle qui paraît la meilleure. C'est pourquoi nous leur avons expressément demandé d'exprimer leurs opinions ('Oui', 'Non' ou '?') pour les différents segments de leurs textes. Expliciter les attitudes constituerait un premier pas vers l'opposition d'opinions dans une interaction argumentative.

Quatrièmement, les élèves ne savent pas nécessairement ce qu'ils doivent faire lorsqu'on leur prescrit une tâche d'explication ou d'argumentation. Nous leur avons donc donné des consignes pour les aider à bien leurs discussions.

Ces trois derniers points ont conduit à proposer une interface qui comprenne, comme pour C-CHENE, des moyens de communication écrite partiellement structurée et des outils pour la réalisation de la tâche elle-même. Cette interface permet l'affichage des deux textes individuels, sous forme de phrases bien séparées, ainsi que l'expression des opinions de chacun par rapport à chaque phrase de chaque texte : 'Oui' (Je suis d'accord), 'Non' (Je ne suis pas d'accord) et '?' (Je ne sais pas). La combinaison des opinions exprimées pour chaque phrase déclenche l'apparition d'une consigne spécifique. Par exemple, un 'Oui' et un 'Non' assignés à une même phrase fait apparaître la consigne 'Discutez' ; un 'Oui' et un '?' déclenche la consigne 'Expliquez' etc. Enfin, nous avons demandé aux élèves de comparer leurs solutions et de discuter dans le but de rédiger un texte commun, sur une seconde interface, en reprenant leurs textes individuels.

CONNECT a été expérimenté sur une tâche d'interprétation d'un phénomène sonore avec six dyades d'une classe de seconde. Nous avons choisi cette tâche pour la variété des conceptions des élèves, notamment les concepts de vibration et de propagation, ouvrant un large potentiel de discussion.

Trois types de résultats pour cette étude sur CONNECT sont rapportés ici :

- Les analyses ont montré un emploi important des marqueurs d'opinions 'Oui' et '?' par rapport au marqueur 'Non'. Les élèves semblent donc réticents au fait de marquer ouvertement leur désaccord sur une phrase de leur partenaire ; ils semblent plutôt vouloir exprimer des demandes de clarification ou d'explication ("").

- En ce qui concerne les principales formes d'interactions, les résultats montrent une quantité plus importante d'explication et d'argumentation dans la première phase de discussion par rapport à la seconde, de rédaction de texte. Cependant, la gestion de la tâche et de l'interaction tient toujours une place importante dans l'interaction entre les élèves.

- Nous avons relevé des exemples clairs de différenciation conceptuelle par laquelle les élèves dénouent leur opposition apparente en précisant le sens des mots

et des expressions. On note cependant d'autres cas où des discussions sur les notions en jeu n'ont pas conduit à un progrès conceptuel significatif mais ont pourtant constitué des opportunités pour pointer des aspects nécessitant des explications de la part du professeur.

En définitive, CONNECT a réussi mieux que C-CHENE à promouvoir des interactions épistémiques, grâce à la combinaison de facteurs, notamment la constitution des dyades et l'organisation de la séquence pour encourager la réflexion et la formation des attitudes. Cependant, la proportion d'interactions épistémiques dans la phase de discussion (56 %, dont 23 % interaction argumentative et 33 % interaction explicative) n'est peut-être pas aussi élevée qu'elle aurait pu être, étant donnés les objectifs fixés pour cette phase. Nous résumons les trois points que nous avons pu relever grâce à ce travail :

- *Les élèves sont réticents à l'expression du désaccord*, probablement pour préserver une certaine relation sociale ;
- *L'analyse manuelle des solutions pour la formation des dyades* est fort coûteuse en temps et pourrait s'appuyer sur des critères plus larges que la différence sémantique ou conceptuelle entre les solutions individuelles ;
- *Le rôle du professeur doit entrer en considération* ; les élèves suspendent parfois leur discussion en disant explicitement qu'il faudrait interroger le professeur.

Ces problèmes ont été abordés dans le cadre de DAMOCLÈS et dans le cadre de l'étude des rôles possibles et effectifs des professeurs.

DAMOCLÈS

DAMOCLÈS⁵ [QUI 99, QUI 00] est un EIAC dédié à la construction de chaînes énergétiques et à l'argumentation autour des solutions composées. Son but principal est de favoriser l'émergence d'interactions argumentatives à des fins de recherches sur la modélisation des changements conceptuels. Ce système comprend notamment un algorithme de constitution des dyades sur la base de l'analyse automatique des solutions et une génération de texte, également automatique, pour présenter le terrain commun de chaque discussion et le conflit conceptuel à débattre.

Comme pour CONNECT, DAMOCLÈS impose une organisation spécifique des différentes activités de résolution de problème, individuelles ou en dyade, que nous résumerons brièvement ci-dessous avec les hypothèses de recherche sous-jacentes.

L'habileté des élèves à argumenter peut être considérablement développée à condition que chaque élève ait réfléchi sur sa propre solution et se soit engagé à son égard. Par ailleurs, cette habileté peut être affaiblie du fait que les cognitions sont

⁵ Dialogues Argumentatifs Médiatisés par Ordinateur pour la Compréhension de L'Energie en Sciences.

toujours en cours d'élaboration [NON 96]. Pour ces raisons, les élèves commencent dans DAMOCLÈS par construire leur propre chaîne énergétique. Ensuite, comme l'argumentation est une activité langagière, on peut aider les élèves à faire la transition entre la forme graphique et la forme linguistique de leurs solutions [COX 95]. DAMOCLÈS effectue en parallèle de la construction graphique une description langagière des objets construits. Ces descriptions sont ensuite reprises dans une deuxième interface pour susciter l'expression d'attitudes et d'explications par rapport aux éléments de la solution. Cela permet aux élèves d'aborder la discussion en ayant élaboré des arguments. Les élèves peuvent aller et venir entre les deux interfaces de construction graphique et de réflexion dans la langue, jusqu'à ce que leur solution et leurs attitudes se stabilisent.

DAMOCLÈS analyse ensuite chaque production d'élève sur la base des conceptions sous-jacentes et évalue le potentiel argumentatif de toutes les dyades possibles. Le but est d'apparier deux élèves dont les solutions sont les plus différentes, du point de vue des conceptions, de l'application des règles de l'exercice et du point de vue de la justesse. Chacune de ces différences réserve en effet un potentiel de conflits, d'arguments ou de demande de justifications.

Avant de pouvoir argumenter, les partenaires d'une même dyade doivent savoir ce dont ils doivent discuter. Sur la base des analyses précédentes, le système est à même de générer une description textuelle de la principale source de désaccord entre les deux solutions. Ces résumés sont reproduits sur la troisième interface, similaire à l'interface de communication de C-CHENE et de CONNECT, au moyen de laquelle les élèves sont invités à discuter en CMC écrite.

La phase finale de DAMOCLÈS fait miroir à la première. Les élèves doivent individuellement reconstruire puis critiquer la chaîne énergétique sur laquelle ils se sont mis d'accord. Cela permet au chercheur d'évaluer le degré de compréhension mutuelle et le degré d'engagement, ainsi que de comparer ces solutions à celles produites avant la discussion pour observer et éventuellement modéliser l'influence de l'argumentation sur les changements cognitifs.

DAMOCLÈS a été testé avec quatre dyades d'une classe de seconde (de 16 à 18 ans). Leurs discussions ont duré environ une heure (64 minutes pour 35 à 60 tours de parole). Dans les trois cas sur quatre, l'argumentation a démarré spontanément trois minutes en moyenne après la présentation de la situation de conflit. Le corpus comporte 54 % d'interaction épistémique (dont 33 % d'interaction argumentative et 21 % d'interaction explicative). Les résultats sont donc globalement similaires à ceux obtenus lors de l'expérience avec CONNECT, à une exception près : les proportions relatives d'argumentation et d'explication sont *inversées*, conformément aux objectifs spécifiques de DAMOCLÈS de susciter de l'argumentation. Par rapport à C-CHENE qui repose sur la même tâche, DAMOCLÈS constitue en revanche une amélioration significative.

En définitive, nous pouvons relever les trois résultats importants que nous détaillons ci-après :

- Les élèves sont capables de fournir des explications pour tous les éléments de leur solution, ce qui était loin d'être évident *a priori*.
- On peut observer une forte relation entre ces premières explications et les arguments fournis dans le dialogue.
- Les solutions reconstruites individuellement après discussion reflètent tout à fait la solution commune obtenue à la fin du dialogue, ce qui valide la sincérité de leur activité argumentative.

Mais les véritables questions demeurent : sur quoi ont-ils argumenté et qu'ont-ils appris ? La qualité moyenne des solutions individuelles a progressé sensiblement sous l'effet de la discussion (de 6/20 à 10/20). Par ailleurs, l'analyse de la qualité du dialogue nous renseigne sur les éventuels progrès dans leur compréhension des notions en jeu. En fait, en dépit de l'importante proportion de phases d'argumentation, on observe peu de discussion sur les concepts physiques fondamentaux. Le dialogue se focalise majoritairement sur les contraintes de l'exercice et l'application des règles, ce qui n'est pas surprenant puisque ces règles constituent d'excellentes ressources pour élaborer des attaques et des réfutations.

Le bilan est relativement clair :

- Il est possible de structurer des EIAC pour favoriser l'émergence d'interactions épistémiques sur des notions scientifiques. Cependant, pour y parvenir ces environnements reposent sur un arsenal très complexe de conditions et d'outils, notamment : 1) une tâche propice au débat, 2) une préparation cognitive des participants, 3) la mise en œuvre de représentations multiples, 4) le choix des bons partenaires et 5) une description claire de ce qui doit être débattu.
- Il peut paraître trop ambitieux d'exiger de l'argumentation qu'elle suffise à elle seule à susciter la co-construction de concepts scientifiques ; elle est davantage un moyen de développer l'esprit critique, pour en définitive améliorer la compréhension du problème posé. Après l'expérience avec DAMOCLÈS, les élèves ne voulaient pas uniquement connaître la solution, mais exigeaient que le professeur la leur explique et les convainque de sa justesse. Ainsi, l'apport des interactions épistémiques est tout à fait complémentaire au travail du professeur.

Étude du rôle du professeur

L'étape suivante de notre programme de recherche porte sur l'étude du rôle du professeur dans les interactions épistémiques médiatisées par ordinateur. En effet, d'un côté les élèves ont naturellement recours au professeur lorsqu'ils se rendent compte qu'il leur manque des informations pour mener à bien leur interaction épistémique. De l'autre côté, le professeur est socialement responsable de l'apprentissage de ses élèves : comment peut-il remplir ses responsabilités dans de telles situations d'apprentissage, et en quoi son activité peut-elle également contribuer à sa propre formation ?

Nous avons étudié deux des multiples scénarios possibles d'intervention du professeur dans des situations d'apprentissage avec EIAC :

- *Une analyse à froid du dialogue précède l'intervention* : le professeur étudie toute l'interaction produite par les élèves puis intervient à distance par le réseau pour les aider à trouver une meilleure solution.
- *Les interventions en ligne* : le professeur observe les élèves discuter en temps réel et intervient directement pour les aider.

Les études sur le premier scénario suivent directement les travaux sur C-CHENE et CONNECT. L'enregistrement (automatique) des interactions d'élèves en résolution de problème a été imprimé puis distribué aux professeurs. Ils devaient l'analyser soit en groupe (C-CHENE) soit individuellement (CONNECT) en vue d'expliquer la résolution de problème des élèves en relevant leurs conceptions sous-jacentes, et d'intervenir ensuite dans un trilogue à distance pour corriger les solutions des élèves.

L'étude des interactions entre professeurs a révélé qu'ils n'ont exploité que la moitié des éléments présents dans la transcription. L'analyse de l'activité d'explication des professeurs a montré qu'il s'agit d'un processus continu de négociation entre la nature de ce qui doit être expliqué (l'activité des élèves) et de l'explication de celui-ci [LUN 99]. Cependant, les explications élaborées par les professeurs n'ont pas eu d'effet particulier sur la manière dont ils sont intervenus par la suite auprès de leurs élèves. Dans les trilogues entre un professeur et la dyade d'élèves, les professeurs ne semblaient se préoccuper uniquement de la correction de la solution du problème. Ils utilisaient deux méthodes d'intervention indirectes bien connues : reformuler les énoncés des élèves dans le langage de l'enseignant, ou bien demander aux élèves de commenter les énoncés de leur camarade.

La tâche du second scénario (l'intervention en ligne) concernait la lutte contre la pollution de l'eau, dans une version légèrement modifiée de l'interface CONNECT⁶. Un professeur de sciences naturelles et un professeur de français intervenaient auprès de deux dyades d'élèves discutant de leurs textes individuels. Chaque enseignant intervenait dans une dyade, chaque personne disposait de son propre ordinateur dont l'écran était entièrement partagé avec ses deux interlocuteurs. À la fin de la séquence, chaque dyade devait écrire un texte en commun sous l'observation distante de l'enseignant concerné.

L'analyse des trilogues a montré que les professeurs ont tenu de multiples rôles : apporter des informations, gérer l'interaction entre les élèves ou modérer le débat. Cependant, ces rôles différaient selon la discipline : le professeur de sciences naturelles se focalisait sur l'apport d'information tandis que le celui de français intervenait presque exclusivement pour la gestion du débat. Il serait intéressant de permettre aux professeurs de tenir ces deux rôles : experts de leur discipline et

⁶ Cette recherche a été réalisée en collaboration avec l'Ecole des Mines de Saint-Étienne dans le cadre du projet CESIFS financé par la Région Rhône-Alpes.

experts de la modération du débat. Comparée au premier scénario, la présence du professeur, comme participant ou observateur, a eu une incidence sur l'interaction entre élèves : il y avait davantage d'argumentation et moins de discussion sociale.

Dans l'état actuel de l'avancement des recherches sur les rôles et les pratiques du professeur, nous pouvons relever deux points importants :

- Des professeurs expérimentés sont capables d'expliquer comment les élèves résolvent ensemble un problème mais éprouvent des difficultés à intégrer cette nouvelle compétence dans leur pratique enseignante ;
- Dans des situations d'utilisation d'EIAC, les professeurs ont besoin d'étendre leur domaine de compétence s'ils veulent exploiter complètement les potentialités des interactions entre élèves.

Dans nos travaux en cours, nous cherchons comment utiliser l'analyse des traces d'interactions entre élèves dans le contexte de la formation initiale des enseignants⁷.

Conclusion

En guise de conclusion, nous tenons ici à circonscrire les limitations de notre travail et à élaborer un bilan autour de sept points que nous jugeons les plus importants pour de futures recherches.

Nos travaux se sont restreints à l'apprentissage des sciences. C'est pourtant en un sens un point de départ plutôt ardu, car il est beaucoup plus aisé de stimuler des interactions épistémiques sur des questions contentieuses ayant trait à la vie quotidienne et qui préoccupent davantage les élèves. La question est donc de savoir comment motiver les élèves à s'intéresser à la science. Nous avons mené ces études à petite échelle dans un processus de développement successif de prototypes. La complexité des situations-tâches élaborées rend difficile la mise en évidence des facteurs spécifiquement responsables de leur efficacité et nous oblige à élaborer des environnements d'égale complexité, dans une démarche holistique et inductive.

Le bilan de notre programme de recherche peut être résumé en sept points :

1. *Libertés et contraintes.* Un certain degré de contrainte sur des interactions communicatives n'est pas nécessairement négatif lorsqu'il s'agit de promouvoir des interactions épistémiques ; il conduit les élèves à se concentrer sur les aspects les plus fondamentaux de la tâche.

2. *Organisation de la séquence de résolution de problème.* Les EIAC exigent une organisation méticuleuse de la séquence complète des activités pour que les discussions épistémiques puissent y trouver une place spécifique.

⁷ Ce travail fait l'objet de la thèse en sciences cognitives de K. LUND.

3. Richesse des environnements. La complexité des interactions épistémiques tient à la fois de la richesse des connaissances en jeu et des processus interactionnels qui s'y produisent. Un EIAC souhaitant favoriser de telles interactions doit donc être riche et complexe, tant dans les types de représentations sémiotiques qu'il propose que dans la variété des tâches, discursives ou non, coopératives ou non, ou bien dans la variété des points de vue des partenaires.

4. Flexibilité des environnements. Les concepteurs des environnements d'apprentissage ne doivent pas confondre l'utilisation prescrite des outils qu'ils proposent avec celle que les élèves vont développer en s'appropriant ces outils. Il peut être préférable de concevoir des outils flexibles afin que élèves et professeurs puissent les adapter et les négocier en fonction des besoins qu'ils perçoivent.

5. Apprentissage des sciences et interactions épistémiques. Les interactions épistémiques seraient plus un moyen de faire comprendre la nature problématique des tâches, de développer l'esprit critique et de stimuler l'envie d'apprendre plutôt qu'un mécanisme d'apprentissage en soi. Comment en effet argumenter sur des concepts étant en cours de construction ?

6. Interactions cognitives et sociales. Les aspects sociaux et cognitifs de l'argumentation sont inextricablement liés. En absence de co-perception, la technologie permet d'être ensemble tout en étant séparés, de réfléchir tout en interagissant. Concevoir des activités de collaboration cognitive, c'est nécessairement concevoir une interaction sociale.

7. Évolution des pratiques communicatives et éducatives. Élèves et professeurs ne savent pas nécessairement ce qu'argumenter et expliquer veulent dire dans une situation de communication à distance. Le succès des EIAC basés sur l'argumentation et l'explication dépend de la possibilité d'élaborer une nouvelle culture des activités éducatives médiatisées par ordinateur.

Remerciements

Nous remercions pour leur collaboration les membres de l'équipe GRIC-COAST, ainsi que les professeurs et les élèves de la région lyonnaise. Ce programme de recherche a été financé par le CNRS, le CEE, la Région Rhône-Alpes, et le Ministère de l'Éducation Nationale.

Bibliographie

[BAK 97] BAKER, M.J. & LUND, K., « Promoting reflective interactions in a computer-supported collaborative learning environment », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 13, 1997, p. 175-193.

[BAK 99a] BAKER, M.J., « Argumentation and Constructive Interaction ». Dans P. Coirier & J. Andriessen (éds.), *Foundations of Argumentative Text Processing. Studies in Writing* vol. 5, 1999, Amsterdam, University of Amsterdam Press, p. 179–202.

[BAK 99b] BAKER, M.J., DE VRIES, E. & LUND, K., « Designing computer-mediated epistemic interactions ». Dans S.P. Lajoie & M. Vivet (éds.), *Artificial Intelligence in Education, Open Learning Environments: New technologies to support learning, exploration and collaboration*, 1999, Amsterdam, IOS Press, p. 139-146.

[CLA 91] CLARK, H.H., & BRENNAN, S.E., « Grounding in communication ». Dans L.B. Resnick, J.M. Levine, & S.D. Teasley (éds.), *Perspectives on socially shared cognition*, 1991, Washington DC, American Psychological Association, p. 127-149.

[COX 95] COX, R. & BRNA, P., « Supporting the use of external representations in problem solving : The need for flexible learning environments », *Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 6(2/3), 1995, p. 239-302.

[DEV à paraître] DE VRIES, E., LUND, K., & BAKER, M., « Computer-mediated epistemic dialogue : Explanation and argumentation as vehicles for understanding scientific notions », *Journal of the Learning Sciences*, à paraître.

[GOL 96] GOLDER, C., *Le développement des discours argumentatifs*, Lausanne, Delachaux et Niestlé, 1996.

[LUN 99] LUND, K. & BAKER, M.J., « Teachers' collaborative interpretations of students' computer-mediated collaborative problem-solving interactions ». Dans S.P. Lajoie & M. Vivet (éds.), *Artificial Intelligence in Education, Open Learning Environments: New technologies to support learning, exploration and collaboration*, 1999, Amsterdam, IOS Press, p. 147-154.

[NON 96] NONNON, E., « Activités argumentatives et élaboration de connaissances nouvelles: le dialogue comme espace d'exploration », *Langue Française*, vol. 112, 1996, p. 67-87.

[OHL 95] OHLSSON, S., « Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling ». Dans P. Reiman & H. Spade (éds.), *Learning in Humans and Machines: Towards an interdisciplinary learning science*, 1995, Oxford, Elsevier Science, p. 37-62.

[QUI 99] QUIGNARD, M. & BAKER, M.J., « Favouring modellable computer-mediated argumentative dialogue in collaborative problem-solving situations ». Dans S.P. Lajoie & M. Vivet (éds.), *Artificial Intelligence in Education, Open Learning Environments: New technologies to support learning, exploration and collaboration*, 1999, Amsterdam, IOS Press, p. 129-136.

[QUI 00] QUIGNARD, M., *Modélisation cognitive de l'argumentation dans le dialogue: étude de dialogues d'élèves en résolution de problème de sciences physiques*, Thèse de doctorat de sciences cognitives, Grenoble, Université Joseph Fourier, 2000.

[TIB 97] TIBERGHIEN, A., & DE VRIES, E., « Relating characteristics of learning situations to learner activities », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 13, 1997, p. 163-174.

[TIB 95] TIBERGHIEN, A. & MEGALAKAKI, O., « Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy », *European Journal of Psychology of Education*, vol. 10, 1995, p. 369-284.