

La reformulation par l'enseignant : outil d'aide à la prise en compte des difficultés des élèves ?

BECU-ROBINAULT Karine, Maître de Conférences, UMR ICAR (Université de Lyon, CNRS), Lyon, France, Karine.Robinault@inrp.fr

LUND Kristine, Ingénieur de Recherche, UMR ICAR (Université de Lyon, CNRS), Lyon, France

Mots clés : reformulation, difficultés d'apprentissage, faisceaux sémiotiques, électricité

Résumé

Cette contribution vise à étudier les reformulations par une enseignante des dire et faire d'élèves. Il s'agit d'une étude de cas réalisée à partir de l'analyse vidéo d'une enseignante dans ses différentes classes de cinquième lors de la séquence d'électrocinétique. Nous avons choisi d'utiliser le concept de faisceau sémiotique, qui permet la prise en compte des modalités de production des signes, pour analyser en quoi les reformulations orales et gestuelles complexifient ou rendent cohérents les différents éléments de savoirs en jeu dans l'interaction. Les résultats de ce travail montrent que les reformulations multimodales peuvent être mobilisées par l'enseignante avec l'objectif de prendre en compte les difficultés des élèves. Nous avons observé que ces difficultés peuvent être prises en compte :

a posteriori, lorsque le discours des élèves révèle des conceptions reconnues par l'enseignante comme pouvant gêner l'interprétation ou l'explication d'un phénomène ; ces reformulations permettent à l'enseignante de faire émerger les caractéristiques saillantes des savoirs en jeu et rendent le faisceau sémiotique cohérent ;

de manière anticipée, de manière à préparer l'introduction de connaissances nouvelles. Ces reformulations peuvent complexifier ce faisceau sémiotique du fait qu'elles reposent sur l'adjonction d'éléments nouveaux de savoirs.

Introduction

Cette recherche a émergé dans le contexte d'une recherche-action (Bécu-Robinault, 2002; Buty et al, 2004) réunissant des chercheurs et des enseignants et visant à élaborer des séquences d'enseignement puis à les évaluer tant du point de vue de l'enseignement que de la recherche. Les recherches sur l'apprentissage de l'électricité ont révélé des difficultés ressenties de la même façon dans plusieurs pays. Ces difficultés résultent essentiellement de conceptions et de raisonnements communs s'écartant sensiblement du savoir enseigné. Par exemple, les concepts de courant électrique et d'énergie sont utilisés de manière interchangeable (Psillos et al, 1988 ; Duit & Von Rhöneck, 1997), les élèves font fréquemment intervenir un modèle d'usure (quantité de courant moindre à la sortie d'un

composant qu'à sont entrée), et un raisonnement séquentiel, l'aval d'un appareil électrique n'étant pas supposé influencer sur ce qui se trouve en amont (Closset, 1989). Afin de prendre en compte ces difficultés, nous avons adapté une analogie initialement proposée par Scott et al. (2006) aux contraintes du programme de cinquième, en insistant sur la différenciation énergie-électricité (Bécu-Robinault, 2007). Cette analogie met en œuvre un domaine de référence aisément compréhensible par les élèves, à savoir un circuit de camionnettes livrant du pain fourni par un boulanger à des supermarchés¹.

Dans cette présentation, nous nous sommes plus particulièrement intéressées à l'implémentation de la séquence d'électrocinétique de cinquième, qui comporte huit séances d'une heure. Une étude préliminaire, basée sur les enregistrements vidéo d'une enseignante et sur des questionnaires passés auprès de l'ensemble des enseignants du groupe de recherche-action nous a indiqué que les enseignants passaient un temps non négligeable à la présentation d'une analogie qui avait été introduite de manière à aider les élèves à distinguer les concepts d'électricité et d'énergie. Le temps de l'enseignant étant compté, nous avons fait l'hypothèse de l'importance de cette phase pour aider les élèves à s'appropriier les objets de savoir tout en prenant en compte leurs difficultés d'apprentissage. Notre objectif est ici d'explicitier le rôle de cette activité de reformulation au regard des difficultés des élèves.

Cadre théorique

Toute situation d'interaction visant un apprentissage suppose une dissymétrie des interlocuteurs en termes de savoirs qui appelle à des ajustements du discours visant à l'intercompréhension. Le discours des enseignants n'échappe pas à ces ajustements, qui passent le plus souvent par des reformulations, telles que celles qui transforment les dires d'élèves en d'autres expressions plus conventionnelles (Chouinard & Clark, 2003). D'autres canaux de communication peuvent être mobilisés par les enseignants selon les objets à leur disposition. Dans cette présentation, nous analyserons le rôle de ces reformulations au regard des difficultés des élèves, en prenant en compte les dimensions sémiotiques et les modalités de production associées. Nous nous intéressons plus particulièrement à deux situations de reformulation dans lesquelles l'enseignante et les élèves tentent de construire une compréhension commune (Lund & Bécu-Robinault, soumis).

Afin d'analyser ces reformulations, nous avons ouvert notre cadre théorique à des outils d'analyse du discours. Selon Apotheloz (2001, p.62) la reformulation consiste « à exhiber continûment, c'est-à-dire à chaque pas, la manière dont ce qui est formulé s'articule à ce qui a déjà été formulé ». Dans notre cas, ce phénomène met en œuvre une pluralité de modes sémiotiques (Kress & Van Leeuwen, 2001), c'est à dire des ressources abstraites non-matérielles avec lesquelles nous faisons sens, comme l'écriture, la parole, les images, les gestes. Ces modes sémiotiques sont portés par des média, c'est à dire des formes matérielles comme les annotations sur une page, un mouvement du corps, le son de la voix. Nous empruntons à Arzarello (2004) la notion de faisceau sémiotique qui est un élargissement de la notion du système sémiotique prenant en compte les modes de production des signes. Un faisceau sémiotique se définit comme a) un regroupement d'ensembles sémiotiques (e.g. paroles + gestes, paroles + gestes + dessins, etc.), eux-mêmes composés de modes

¹ Nous présentons ici l'analogie dans son état d'avancement au moment où les données ont été prises. Des modifications substantielles ont été apportées depuis. L'ensemble de la séquence d'enseignement est consultable sur le site <http://pegase.inrp.fr>

sémiotiques permettant la production des signes ; b) des relations entre les ensembles sémiotiques (e.g. des pratiques pour produire et éventuellement transformer ces ensembles). Il s'agit d'une structure dynamique qui évolue en fonction des activités sémiotiques du sujet et des relations qu'il entretient avec les ressources à sa disposition. Dans notre cas, différents ensembles sémiotiques peuvent être mobilisés. Ils sont issus soit du document décrivant l'analogie (ce document comporte des dessins, des textes, des schémas relatifs à l'électricité, l'énergie ou leurs analogues) soit des paroles et gestes de l'enseignante et des élèves. Ces différents ensembles, les modes qui les portent ainsi que les relations entre ces ensembles constituent le faisceau sémiotique en construction.

Dans notre étude, nous nous intéressons à la manière dont la reformulation permet la cohérence ou complexifie le faisceau sémiotique en construction. La complexité peut être associée aux différences de sens qu'il est possible de construire à un même concept lorsque l'on mobilise des modes sémiotiques (e.g. un dessin et un couple parole-geste) portés par des média différents (marques sur une page, voix-mouvement du corps). Si nous adhérons à l'hypothèse de Duval (1995) concernant les relations entre apprentissage et coordination/transformation des représentations externes, les reformulations que nous analysons doivent inclure les gestes, qui, s'ils sont peu ou pas pris en compte habituellement (Ainsworth, 1997 ; de Vries, 2007) doivent être analysés conjointement à la parole (Kendon, 2004). Ainsi, la coordination des modes sémiotiques peut être perçue comme une mise en cohérence du faisceau sémiotique indiquant une progression vers la co-construction d'un sens partagé et donc un indicateur de l'apprentissage en cours.

Méthodologie

Dans cette présentation, nous présentons une étude de cas réalisée dans trois classes de cinquième (entre 25 et 30 élèves par classe) au cours de l'année scolaire 2006-2007. L'enseignante, qui a 2 ans d'expérience, participait au groupe de recherche action depuis sa création. Si le contenu des cours avait été élaboré collectivement, toutes les décisions d'ajustement sont ensuite prises par l'enseignante en temps réel et les indicateurs possibles de l'activité des élèves sont le plus souvent des éléments perçus au fil du déroulement de la classe. Dans chacune des trois classes, l'intégralité de la séquence d'électrocinétique a été filmée. Nous avons enregistré (audio et vidéo) systématiquement un binôme d'élèves avec une caméra fixe et l'enseignante avec une caméra mobile.

Notre analyse se focalise sur des reformulations se situant à deux moments aisément identifiables en début et en fin de séance (au début de la séquence d'électrocinétique) lors desquels l'enseignante interagit avec l'ensemble de la classe : la présentation des documents et la correction de l'activité. La présentation est une phase importante lors de laquelle l'enseignante doit s'assurer que toute la classe donne un sens commun aux objets de savoir en jeu. L'enseignante a distribué le texte de l'analogie, sur lequel figurent des dessins ainsi que les règles d'équivalence et de fonctionnement. Les élèves ont ainsi à disposition une même information sous forme textuelle, graphique et orale puisque l'enseignante commente cette analogie. La tâche à réaliser ensuite et dont nous analyserons la correction, vise faire préciser le rôle et le fonctionnement de l'interrupteur de manière à trouver un analogue à l'interrupteur. Compte tenu des artefacts, l'enseignante peut être amenée à reformuler les consignes données aux élèves (textuelle, graphique, orale), les gestes et les productions verbales des élèves. Notons que le fait de reproduire plusieurs fois un même cours peut l'amener à utiliser les réponses fournies par une classe pour alimenter ses reformulations dans

une autre classe. Nous avons choisi de ne transcrire que les gestes conjointement aux verbalisations en lien avec les contenus présentés. Chaque ligne de transcription permet de visualiser les verbalisations et gestes simultanés.

Résultats

Premier extrait : reformulation orale et gestuelle par l'enseignante d'un document écrit

Ce premier extrait se situe juste après la lecture du texte de l'analogie. Les élèves sont interrogés sur les correspondances entre domaine cible (i.e. l'électricité) et domaine de référence (i.e. les camionnettes et les pains). Au début de cet extrait, l'enseignante s'assure que tous les élèves ont bien compris les règles de fonctionnement et d'équivalences : les camionnettes (le courant électrique) circulent tout au long du circuit ; le courant électrique correspond à la file des camionnettes en mouvement. Dans la continuité, elle passe d'un analogue à l'autre : elle parle initialement de l'électricité, puis elle change l'objet de son discours oral pour traiter de la file des camionnettes. Pour marquer ce changement de domaines, qui est une reformulation de ce qu'il se passe dans un circuit électrique vers ce qu'il se passe dans le circuit des camionnettes, elle fait un geste avec la main, comme si elle repoussait physiquement le domaine de l'électricité sur le côté pour ne plus parler que des camionnettes. Après avoir effectué ce changement de domaines, c'est le même geste qu'elle va utiliser pour expliquer la circulation du courant électrique ou des camionnettes (un cercle avec sa main). Elle propose ensuite une vision dynamique du courant électrique qu'il n'est pas possible de voir sur la seule base du dessin ou du schéma électrique. Par cette reformulation gestuelle du texte et du schéma distribués, l'enseignante trouve une heuristique lui permettant de lutter contre une conception séquentielle du circuit électrique. Elle insiste, en reproduisant à onze reprises un geste dynamique circulaire, mimant un mouvement d'ensemble des camions, associé à une verbalisation soutenant une vision systémique du circuit (elle parle des camions au pluriel) : « la file des camions », « l'ensemble des camions » (cf. Figure 1 et Tableau 1). En produisant ce mouvement répété de la main, l'enseignante fournit aux élèves une représentation visuelle et sensori-motrice de l'analogie. Des temps de pause sont marqués dans le tracé du cercle. Les positionnements dans l'espace de ces pauses correspondent aux emplacements de la boulangerie et du supermarché sur le dessin de l'analogie des camionnettes. Elle reprend ainsi par un couple geste-parole des informations fournies initialement dans un mode dessiné. Ces pauses peuvent être interprétées comme des indicateurs explicites de la cohérence des deux ensembles sémiotiques mis en relation dans l'analogie. L'enseignante tente de faire construire aux élèves des relations visant à leur faciliter la cohésion des éléments à intégrer au faisceau sémiotique. L'extrait se termine sur l'association de la circulation des camions à la circulation du courant électrique.



Figure 1. Prise de vue reflétant le geste circulaire produit par l'enseignante. La flèche indique le sens de rotation

Tableau 1. Discours et gestes produits par les élèves et l'enseignante concernant la reformulation d'un document écrit

| Temps | Discours | Gestes |
|-------|---|--|
| 7'33 | P : le courant électrique peut peut circuler d'accord et ce courant électrique c'est qui dans l'analogie des camionnettes ^ | trace un cercle avec sa main, puis en trace en autre trace rapidement un plus petit cercle avec sa main lève la main droite pour indiquer le changement de domaine électricité – analogie |
| | E : les camions | |
| | P : alors oui ^ | pointe le doigt vers un élève |
| | E : la file des camionnettes | |
| 7'43 | P : la file des camions très bien c'est la file des camions hein c'est le fait c'est la circulation des camions les camions sont en circulation | trace un cercle avec la main trace un cercle avec la main, puis trace un autre cercle trace un cercle avec la main trace un demi cercle, fait une pause en bas termine son cercle trace un demi cercle avec la main, fait une pause entre le bas et le haut, termine son cercle trace un cercle, fait une pause entre le bas et le haut trace un cercle presque complet avec sa main |
| 7'52 | donc le courant électrique circule d'accord c'est l'ensemble des camions qui circule très bien | |

Deuxième extrait : reformulation orales et gestuelles par l'enseignante de réponses oralo-écrites d'élèves

Ce deuxième extrait se situe lors de la mise en commun des productions des élèves. Deux élèves écrivent leurs réponses au tableau : « l'équivalent de l'interrupteur sur le circuit et camionnette serait un feu rouge » et « les lames touche les deux lamelles. C'est dire que c'est comme les camionnettes qui passe sur des rails de train quand il doit passer les barrières se ferme donc les camionnettes s'arrête, et quand les barrières se rouvre les camionnettes continue de rouler ».

Alors que les réponses des élèves pourraient être considérées comme satisfaisantes, l'enseignante introduit une réponse non formulée dans cette classe, mais dans une autre, l'année précédente. Elle introduit un nouvel objet, le pont-levis, qu'elle décrit à partir des média « mouvement de corps » et « son de la voix » en utilisant les modes sémiotiques suivants : écriture, parole et geste. Ce nouvel objet et les ressources sémiotiques permettant de le décrire sont ajoutés au faisceau sémiotique précédemment proposé. L'enseignante va alors régulièrement alterner deux positions de ses bras : la première (Figure 2, position 1) avec les

bras à plat devant elle, avant bras repliés de façon à avoir les bouts des doigts en contact, la deuxième (Figure 2, position 2) avec les deux avant-bras relevés et parallèles.



Figure 2. Prises de vue reflétant les deux positions extrêmes des bras de l'enseignante

Tableau 2. Discours et gestes des élèves et de l'enseignante lors de la reformulation d'une réponse orale

| Temps | Discours | Gestes |
|-------|--|---|
| 40'38 | P : je vous propose une troisième interprétation une troisième façon de voir les choses c'est le pont-levis Quand le pont-levis est ouvert donc quand l'interrupteur est ouvert c'est ce qui se passe quand le courant ne passe pas les camionnettes sont arrêtées bien sur ^ quand le pont-levis est fermé qu'est-ce qui se passe ? E : le courant y passe pas | place ses mains en position 1 un élève met ses mains dans la même position P met ses avant bras en position 2 l'élève met ses mains dans la position 2 position 1 |
| 41'02 | P : les camionnettes passent le courant peut circuler d'accord pont-levis c'est aussi quelque chose de valable J'aimerais que vous remarquiez une chose donc l'exercice que vous aurez à faire pour la prochaine fois c'est ce serait sur ça vous remarquiez que quand les barrières du passage à niveau sont ouvertes qu'est-ce que qu'est-ce qui se passe | position 2 puis position 1 puis position 2 position 1 position 1 position 2 |
| 41'11 | E : ils passent E : les camionnettes | |
| 41'26 | P : les camionnettes peuvent passer lorsque le pont-levis est levé c'est-à-dire lorsque les barrières sont levées E : personne passe | une main levée en position 2 – l'autre main fait mouvements de droite à gauche puis deux mains en position 2 positions 1 rapide puis 2 |
| 41'33 | P : ça passe pas c'est le contraire | Alterne 3 fois la position bras droit en position 1 et bras gauche en position 2 et |

| | | |
|-------|--|---|
| 41'51 | okay le pont-levis est plus équivalent à l'interrupteur pratiquement que le passage à niveau parce que quand l'interrupteur est ouvert c'est-à-dire quand le pont-levis est levé alors les camionnettes ne peuvent pas passer et quand le pont-levis est fermé les camionnettes peuvent passer mais le coup du passage à niveau reste juste. | inversement position 2 position 1 |
|-------|--|---|

Pendant ce court extrait, il s'avère que l'enseignante propose aux élèves, explicitement ou implicitement, les quatre tâches que nous détaillons ci-dessous :

- deux élèves écrivent leurs réponses au tableau, ces réponses peuvent être perçues, du fait de la coutume de classe, comme celles qui doivent être recopiées dans le cahier ;
- l'enseignante propose oralement une autre réponse possible ; il en résulte un dilemme, cette réponse orale ayant également un statut d'élément de correction devant figurer dans le cahier ;
- afin de justifier son insistance sur les mots ouvert/fermé, l'enseignante fait référence à un exercice que les élèves auront à faire pour la prochaine fois, exercice pour lequel l'énoncé n'a pas encore été distribué ;
- enfin, l'enseignante mime la schématisation de l'interrupteur avec les bras. Elle s'appuie alors sur un mode gestuel pour asseoir un mode schématisé qu'elle sait devoir être introduit dans une séance ultérieure. Il s'avère en fait que les élèves ne disposent à ce moment d'aucune représentation symbolique pour les objets d'un circuit électrique. Cette gestualisation de la symbolisation ne s'appuie de ce fait sur aucun référent pour les élèves – elle mime quelque chose qui n'existe pas encore pour les élèves.

Interprétation

L'enseignante reformule les propositions (verbales ou gestuelles) des élèves ou les documents distribués avec l'idée d'introduire des connaissances nouvelles tout en prenant en compte les difficultés des élèves, et donc de mettre en place des outils facilitant la compréhension des savoirs en jeu, ou la mise en œuvre d'une interprétation. L'analyse des reformulations montre une anticipation des difficultés des élèves, et des concepts qui seront enseignés. L'enseignante utilise, au fil du déroulement de la leçon, des reformulations qu'elle avait estimées efficaces l'année précédente. Elle reformule ainsi dans des modalités variées des ressources sémiotiques diverses (ses cours, les gestes des élèves, leur discours) en s'appuyant sur des connaissances qu'elle a construites dans un passé plus ou moins lointain ou en se projetant dans un avenir proche. Ces reformulations sont des indicateurs de la construction d'une histoire et de référents communs avec les élèves sur du long terme. C'est son statut institutionnel d'enseignante qui lui permet de se placer dans des temporalités variables (Rogalski, 2003). Les élèves quant à eux n'ont d'autres choix que d'essayer de se construire un faisceau sémiotique dans l'instant présent.

Dans le premier extrait analysé, la distinction initiale entre le mode du dessin et le couple geste-parole pourrait empêcher les élèves d'articuler de manière cohérente les deux analogues. Pour l'enseignante, c'est un moyen pour aider les élèves à intégrer les différents ensembles sémiotiques en un faisceau sémiotique qui assurera une unité forte entre les différents analogues avec, pour chacun, les différents modes sémiotiques associés : écrits (description en

langage naturelle et schémas), paroles et gestes. Les relations, qui assurent l'unité et la cohérence de ce faisceau sémiotique, sont assurées à la fois par la parole de l'enseignante et des élèves et par les écrits distribués en début de séance explicitant les correspondances entre les analogues. C'est ensuite le caractère saillant d'un mode sémiotique qui est reformulé (Lund, 2007) : l'enseignante effectue avec sa main des mouvements circulaires répétés de manière à promouvoir chez les élèves une vision systémique du circuit. Quand l'enseignante reformule le schéma avec un geste, elle fait d'abord le mouvement circulaire dans son ensemble et après, elle s'arrête au niveau du supermarché (l'ampoule) et au niveau de la boulangerie (la pile). Elle incrémente le fonctionnement pour un tour qui va perdurer dans le temps. L'identité des gestes lors du changement de domaine marque une volonté inconsciente de l'enseignante à mettre en cohérence la reformulation de la circulation de l'électricité et celle des camionnettes. Cette identité des gestes est conjointe à une identité du vocabulaire employé (dans cette séance le mot est « circuler », dans des séances ultérieures, il pourra s'agir de charger, d'alimenter...). Nous postulons que, du fait qu'il n'y a pas d'encodage de nouveaux matériels linguistiques (ni oral ni gestuel), l'enseignante souligne l'identité des deux analogues. La cohérence du faisceau sémiotique en construction est ici assurée.

Dans le deuxième extrait, en reformulant les réponses des élèves, l'enseignante souhaite préparer l'introduction de la schématisation en ajoutant un élément au faisceau sémiotique en construction. Prise par le temps, elle ne prend pas le temps d'assurer la cohérence des éléments introduits par les élèves avant d'ajouter un nouvel élément, ce qui complexifie le faisceau sémiotique : les éléments anciens et nouveaux ne sont pas mis en relation par le biais de transformations de modes sémiotiques.

Dans les deux extraits, nous pouvons décrire l'objectif de l'enseignante comme étant d'assurer la cohérence des éléments de savoir mis en relation dans le faisceau sémiotique en construction. Il s'agit de préparer les élèves à assimiler le savoir à enseigner, en rapprochant par la reformulation leurs paroles et leurs gestes du savoir enseigné. Cela lui permet d'avancer le cours et de maintenir la relation didactique tout en s'appuyant sur les difficultés conceptuelles des élèves. Nous avons constaté que selon la cohérence assurée par l'enseignante au faisceau sémiotique, l'articulation que les élèves doivent construire entre les ensembles sémiotiques issus du savoir enseigné et de leurs propres productions peut ou non être facilitée.

Conclusions et perspectives

Le concept de faisceau sémiotique s'est avéré intéressant pour décrire de manière dynamique comment l'enseignante tente de prendre en compte les difficultés des élèves à travers les reformulations. Dans notre premier extrait, lorsqu'elle met l'accent sur la vision systémique du circuit, la reformulation vise à faire émerger les caractéristiques saillantes d'un savoir co-construit en interaction. Ce type de reformulation permet d'articuler les différents éléments de savoir en jeu et peut donc être qualifiée d'efficace pour la prise en compte des difficultés des élèves. Dans le deuxième extrait, la reformulation vise à introduire de nouveaux éléments qui ne peuvent pas, à ce moment du cours, être articulés de manière cohérente. Nous pouvons prévoir que ce type de reformulation sera contre-productif pour la compréhension par les élèves. En effet, alors que l'enseignante souhaite donner plus de sens à un objet concret, elle utilise une reformulation qui fait référence à des outils complexes non encore introduits en cours (les symboles et règles de schématisation), et par conséquent non encore articulés aux

autres ensembles sémiotiques du faisceau en construction. Cette reformulation induit des difficultés de compréhension supplémentaires chez les élèves.

Une analyse similaire, conduite en formation des maîtres montre que, lorsque les enseignants tentent de comprendre les difficultés d'apprentissage des élèves à partir de vidéos de classe, ils utilisent des reformulations multimodales visant à faire émerger les caractéristiques saillantes de manière identique à ce que nous avons pu observer en classe (Lund & Bécu-Robinault, soumis). D'autres types de reformulations sont certainement mises en œuvre par les enseignants dans leur classe. Cette première étude est à poursuivre afin de caractériser plus généralement les types de reformulations qui aideraient les élèves à dépasser ses difficultés d'apprentissage.

Bibliographie

Ainsworth, S.E. (1997). *Designing and Evaluating Multi-Representational Learning Environments for Primary Mathematics*. PhD Thesis. ESRC Centre for Research in Development, Instruction and Training, University of Nottingham, UK.

Apothéloz, D. (2001). Les formulations collaboratives du texte dans une rédaction conversationnelle : modes d'expansion syntaxique, techniques métalangagières, grandeurs discursives manipulées, etc. In M.-M. de Gaulmyn, R. Bouchard et A. Rabatel (dir.). *Le processus rédactionnel. Ecrire à plusieurs voix* (pp. 49-66). Paris : L'Harmattan.

Arzarello, F. (2004). Semiosis as a Multimodal Process. *Relime*, Numero Especial, 267-299.

Bécu-Robinault, K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In H. Niedderer et D. Psillos (dir.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

Bécu-Robinault, K. (2007). Modélisation et investigation autour d'une séquence d'électrocinétique : introduction d'une analogie pour expliquer. In L. Morge et J.-M.Boilevin (dir.). *Séquences d'investigation en physique-chimie* (pp. 117-129). CRDP Auvergne : Scéren,.

Buty C., Tiberghien A., Le Maréchal J.-F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. In M. Méheut et D. Psillos, (dir.). *International Journal of Science Education*, 26-5, 579-604.

Chouinard, M.M. & Clark, E.V. (2003). Adult reformulations of child errors as negative evidence. *Journal of Child Language*, 30, 637-669.

Closset, J.L. (1989). « Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique ». *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n°716, juillet-août-septembre, pp. 931-950.

De Vries, E. (2007). *Représentation et technologie en éducation*. Habilitation à diriger des recherches. Université Pierre-Mendès-France.

Duit, R. & Von Rhöneck, C. (1997). « Apprendre et comprendre les concepts clés de l'électricité ». In : *Résultats de Recherche en Didactique de la Physique au service de la Formation des Maîtres*, Ed. by A. Tiberghien, E.L. Jossem, J. Barojas, ICPE, <http://sir.univ-lyon2.fr/gric-coast/ICPE/francais/TOC.html>.

Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine*. Berne : Peter Lang.

- Kendon, A. (2004). *Gesture : Visible action as utterance*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Kress, G. and Van Leeuwen, T. (2001). *Multi-modal Discourse*. London : Arnold.
- Lund, K. (2007). The importance of gaze and gesture in interactive multimodal explanation. *International Journal of Language Resources and Evaluation*. 41-3/4, 289-303.
- Lund, K. & Becu-Robinault, K. (soumis). La reformulation multimodale et polysémiotique comme aide à la compréhension de la physique. In A. Rabatel (dir.). *Analyse sémiotique et didactique des reformulations*. Presses universitaires de Franche-Comté.
- Psillos, D., Koumaras, P. & Tiberghien, A. (1988). « Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching on D.C. circuits ». *International Journal of Science Education*. Vol.10 (1), p.29-43.
- Rogalski, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 23-3, 343-388.
- Scott, P., Leach, J., Hind, A. & Lewis, J., (2006). Designing research evidence-informed teaching sequences. In R. Millar, J. Leach, J. Osborne et M. Ratcliffe (dir.). *Improving Subject Teaching : Lessons from Research in Science Education*. London : Routledge Falmer.