
Introduction. Rôle des graphismes dans l'enseignement scientifique et technologique

Christian Buty, Brigitte Peterfalvi

Citer ce document / Cite this document :

Buty Christian, Peterfalvi Brigitte. Introduction. Rôle des graphismes dans l'enseignement scientifique et technologique. In: Aster, n°48, 2009. Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique. pp. 7-14;

https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2009_num_48_1_1505;

Fichier pdf généré le 22/02/2024

Rôle des graphismes dans l'enseignement scientifique et technologique

Christian Buty, UMR ICAR, Université de Lyon, INRP ; christian.buty@inrp.fr

Brigitte Peterfalvi, UMR STEF, ENS Cachan, INRP, UniverSud Paris ;
brigitte.peterfalvi@inrp.fr

La confrontation des élèves à des systèmes sémiotiques multiples – schémas, tableaux, graphes, arbres, textes écrits et discours oraux – qu'il s'agit de mettre en relation, est une réalité quotidienne de l'enseignement des sciences et des technologies. Cet usage massif de systèmes graphiques dans l'enseignement des sciences et dans celui des techniques renvoie à leur usage dans la production de connaissances scientifiques, et dans la conception et l'utilisation de systèmes techniques, où ils sont omniprésents, en raison des opérations intellectuelles qu'ils permettent. Ils apparaissent ainsi incontournables dans l'élaboration des connaissances scientifiques et techniques, même s'ils ne se suffisent pas à eux-mêmes et doivent être articulés au langage verbal.

I. Problématique du numéro

Il est donc logique que les questions concernant les langages et les systèmes sémiotiques traversent depuis longtemps les recherches en didactique des sciences et des technologies. Plusieurs numéros d'*Aster* se sont déjà intéressés à ce type de questions, notamment les numéros 6 (*Les élèves et l'écriture en sciences*, 1988), 22 (*Images et activités scientifiques*, 1996), 33 (*Écrire pour comprendre les sciences*, 2001), 37 et 38 (*Interactions langagières I et II*, 2004). Souvent traitées pour elles-mêmes dans un premier temps, ces questions apparaissent de plus en plus aujourd'hui dans des recherches orientées vers d'autres préoccupations (modélisation, TICE, activités expérimentales, débats en classe). Dans la littérature anglo-saxonne, un courant important de recherches se développe actuellement autour de la notion de multi-modalité, c'est-à-dire de l'emploi simultané et complémentaire de différents systèmes sémiotiques dans les situations d'enseignement. L'objectif de ce numéro est de faire le point de la question aujourd'hui et en particulier de saisir comment, dans les recherches actuelles, la prise en considération des relations entre systèmes sémiotiques s'intègre dans les différentes problématiques.

Cette perspective ouvre plusieurs pistes de recherche :

1) On vient d'écrire que des complémentarités entre systèmes sémiotiques interviennent dans l'enseignement et l'apprentissage scientifique, que des conversions d'un système à un autre y sont fréquemment proposées (d'un tableau de mesures à un graphe par exemple). À quels types de problèmes ces complémentarités ou conversions apportent-elles des solutions ou, à l'opposé, quels types de problèmes ou obstacles engendrent-elles ? Le concept de *congruence* entre systèmes sémiotiques, apporté par Duval (1995), est au cœur de ces problématiques. Moins la congruence entre systèmes est grande et plus les transcodages requièrent une activité cognitive importante : c'est à la fois une source de difficulté importante et une occasion d'élaboration conceptuelle.

2) Les systèmes sémiotiques à forte composante spatiale font apparaître des ensembles de relations dont un texte ne pourrait rendre compte de façon aussi économique et systématique. Cela a été mis en relief depuis les années soixante-dix et quatre-vingt dans les travaux de Bertin (1967, 1977), ceux de Vézin (1985a, 1985b, 1987) et dans des recherches sur l'usage de systèmes graphiques en didactique des sciences (Astolfi et al., 1991 ; Vérin & Peterfalvi, 1991, par exemple). Ils peuvent aussi être manipulés, mentalement ou matériellement, de façon substitutive aux objets. Comment ces caractéristiques s'articulent-elles avec les processus de modélisation, essentiels à l'activité scientifique et technique ?

3) Plus généralement, comment relier la complémentarité entre modes de représentation et les processus de conceptualisation ? La référence à Pierce peut ici apporter beaucoup, avec notamment le concept d'« *interprétant* », entité qui intervient entre le signe et l'objet pour déterminer la signification : les signes prennent leur sens en référence à un interprétant qui est extérieur à l'objet et qui passe notamment par d'autres systèmes de signes.

4) Enfin, les différents domaines disciplinaires des sciences et des techniques font des usages différents de ces systèmes de représentations, même lorsqu'ils utilisent des notions qu'on pourrait considérer comme identiques. Une direction de recherche didactique est par suite l'étude des incompréhensions ou des difficultés dont les décalages correspondants peuvent être sources pour les élèves.

2. Présentation des articles du numéro

Les contributions que nous présentons dans ce numéro, et qui travaillent les différents aspects que nous venons de passer en revue, peuvent s'organiser en trois grandes parties, l'article de Rudat et Maury servant de contrepoint au reste du numéro.

2.1. Utilisation des schémas et des graphes dans les TICE et les graphismes techniques

La première partie regroupe deux synthèses de l'utilisation des schémas et des graphes dans deux domaines spécifiques : l'utilisation de dispositifs TICE d'une part, les graphismes techniques d'autre part.

L'article de **Beaufils** reprend les conclusions d'une série de travaux menés depuis plus de vingt ans sur l'ordinateur comme « *outil de laboratoire* ». L'auteur analyse dans un premier temps comment les capacités graphiques et de calcul de l'ordinateur ont fait progresser la façon dont on peut appréhender le réel en classe de sciences, en « *injectant* » des éléments théoriques qui, en changeant le mode de représentation (du tracé d'une trajectoire au graphe de l'énergie cinétique, par exemple), enrichissent le phénomène qu'on étudie. Beaufils reprend les notions de seconde phénoménologie, puis de phénoménographie, pour désigner un type d'activités où ce sont les représentations issues de la théorie qui deviennent phénomènes. C'est dans ce sens qu'il parle de l'ordinateur « *phénoménographe des modèles* ».

L'auteur peut alors aborder sans hiatus un type voisin d'activités possibles grâce à l'ordinateur : la représentation graphique interactive et dynamique des modèles, la simulation. La thèse principale de l'auteur est qu'en utilisant un ordinateur, l'élève manipule aussi bien le « réel », l'espace de réalité, qu'un monde des signes, produit à partir du réel par des instruments – de mesure, mais aussi de production d'images tels l'ordinateur.

L'article met enfin en relation avec ces cadres théoriques deux séries d'études, sur l'analyse des objets graphiques manipulables, disponibles en ligne – sous le double aspect des cadres de rationalité prédominants et des registres sémiotiques utilisés – et sur l'analyse d'activités d'élèves utilisant des dispositifs TICE.

Dans son article sur les graphismes techniques, **Hamon** fait également une synthèse de travaux francophones s'échelonnant sur une vingtaine d'années. Cet article se focalise sur les difficultés des apprenants confrontés à des tâches impliquant des graphismes, dans des contextes d'enseignement technologique ou professionnel.

Le premier constat est celui de la très grande variété des langages et des codages qu'on peut rencontrer dans cet univers des graphismes. Corrélativement, l'auteur distingue deux grands types de tâches, lecture (analyse de constatation) et écriture (analyse de conception) des graphismes, qui mettent en jeu des mécanismes cognitifs différents, essentiellement décodage dans le premier cas, codage dans le second. Cependant, il serait faux de croire que le simple apprentissage des codes permet de résoudre ces problèmes : des activités de modélisation et conceptuelles sont au cœur de ces tâches de lecture et d'écriture.

En particulier, l'article se fait l'écho des quelques recherches sur un outil qui se développe très rapidement dans les formations de techniciens et d'ingénieurs (et, pourrait-on ajouter, en classe de technologie au collège) : le modelleur volumique. Hamon insiste, comme Beaufls dans son domaine, sur le contraste entre les pratiques observables dans l'enseignement, massivement utilisatrices du graphisme technique, et le faible intérêt que la recherche en didactique leur porte.

2.2. L'utilisation des graphes et schémas dans l'acte d'enseignement

La deuxième partie donne trois aperçus de questions soulevées par l'utilisation des graphes et schémas dans l'acte d'enseignement lui-même.

L'article de **Khanfour-Armalé et Le Maréchal** adopte, en partie, le même point de vue synthétique que les deux premiers articles du numéro. En effet, il propose une vue à la fois historique et panoramique des types de représentations moléculaires utilisées en chimie. Mais, par sa focalisation sur un double corpus (88 fiches de synthèses de manuels et 40 « débriefings » enregistrés en classe après des activités de travaux pratiques), le point de vue est moins panoramique que celui des deux textes précédents et davantage lié à l'acte d'enseignement.

Le cadre théorique est largement fondé sur les élaborations de Duval (1995, 2006) à partir de la didactique des mathématiques, tout en marquant les différences entre les pratiques d'activités sémiotiques dans l'enseignement des mathématiques et dans celui de la chimie. En particulier, la distinction de cinq types de relations entre le signe et ce qu'il représente – ressemblance, référence, causalité, opposition, relation à quelque chose d'autre – s'avère fructueuse pour ce type d'analyses : il fournit une classification des relations observées dans les deux corpus ; ce faisant, il donne des outils applicables en formation des enseignants, pour les rendre plus conscients de leurs pratiques sémiotiques en classe.

L'article de **Buty et Badreddine** est entièrement consacré à un corpus recueilli en classe de physique. Il s'agit donc d'une étude de cas, enregistrée en vidéo dans deux classes de niveau cinquième. L'objet d'enseignement est l'électricité élémentaire, le recours à la schématisation est par conséquent permanent. Le prisme d'analyse est, du côté de l'analyse discursive, la filiation bakhtinienne du couple dialogisme/autoritativité ; du côté sémiotique, les fonctions que Peraya (1995) attribue aux schémas – abstraction, centration, objectivation, potentialité synoptique, économie cognitive.

À travers l'étude d'épisodes particuliers, Buty et Badreddine montrent que, dans le discours de la classe, les classifications fonctionnelles de Peraya sont opératoires. Mais, au-delà, ces fonctions servent en fait à intégrer les schémas à la gestion du discours de la classe par l'enseignant. Les schémas jouent deux rôles complémentaires, l'un qui relève davantage du dialogique, l'autre de l'autoritatif : soit ils permettent de rendre publics différents points de vue présents dans la

classe, pour en discuter ; soit les schémas permettent de réorienter la discussion vers le point de vue de la physique, par les savoirs qu'ils incorporent ; souvent, d'ailleurs, l'enseignante fait un choix dans les aspects des schémas qu'elle décide de mettre en exergue, en fonction de ses objectifs didactiques locaux. Pour décrire ce phénomène, les auteurs introduisent la notion de « *surcharge didactico-discursive* ».

L'article de **Soudani, Héraud et Soudani** se situe sur le même terrain, de l'analyse des pratiques de classe, que l'article précédent. Cependant, il adopte une perspective plus épistémologique, quoiqu'il fasse évidemment usage des verbalisations des acteurs, recueillies avec la même méthode d'enregistrement vidéo de l'activité en classe. L'apport essentiel de cet article, dans ce numéro, est d'appliquer les théories de C.S. Peirce à l'analyse de l'utilisation des registres sémiotiques dans la pratique de classe.

Soudani et ses co-auteurs montrent que l'organisation de la sémiotique peircienne autour de la triade signe-interprétant(s)-objet fait d'elle un outil particulièrement adapté à l'étude des représentations dans un contexte d'enseignement-apprentissage, spécialement en didactique des sciences expérimentales. Cette référence théorique à Peirce a notamment permis aux auteurs d'expliquer un phénomène de classe somme toute inhabituel : un comportement collectif des élèves opposé à ce que l'enseignant semble indiquer comme direction de travail.

De façon générale, la sémiotique de Peirce, en raison de sa prise en compte du rapport d'un signe à son objet, du recours à la notion de signes interprétants, du dynamisme de la relation entre ces trois entités, pourrait, à notre avis, être d'une grande utilité pour la didactique des sciences expérimentales et de la technologie.

2.3. Comparaison de l'usage par les élèves de différents systèmes sémiotiques

La troisième partie regroupe deux articles qui développent un point de vue comparatif sur les usages différents des systèmes sémiotiques selon les domaines, et les difficultés que cela peut susciter chez les élèves confrontés à cette diversité.

L'article de **Hannoun-Kummer** compare deux contextes différents d'enseignement de la mécanique en série scientifique (sciences de l'ingénieur) : celui de la physique et celui des sciences de l'ingénieur. Plus précisément, dans ces deux contextes, l'étude est centrée sur les méthodes de résolution graphique, appliquées à des problèmes de statique. Les deux disciplines n'accordent ni la même place à la mécanique dans leur curriculum, ni la même importance aux méthodes de résolution graphique. Elles n'ont pas non plus les mêmes pratiques sociales de référence. Après une étude didactique *a priori* de deux exercices analogues en physique et en sciences de l'ingénieur, l'auteur analyse, sous l'angle des registres

sémiotiques et des méthodes de résolution employés, les copies de six élèves de première. Cette analyse montre l'origine des difficultés des élèves, les modes distincts d'utilisation du registre graphique dans les deux disciplines et la plus grande proximité des élèves avec les méthodes de la physique : la construction des modes de résolution propres aux sciences de l'ingénieur est progressive.

L'article de **Szczgielski** compare, lui, l'enseignement de l'électrocinétique (dans le cadre du cours de physique) et l'enseignement de l'électrotechnique, dans le cadre d'une discipline à référence professionnelle, dans un BEP d'électrotechnicien. Il s'agit de deux enseignements qui utilisent en permanence des schématisations électriques ; mais ces schématisations obéissent à des normes et des conventions différentes. Les élèves sont donc face à deux registres sémiotiques distincts et l'article analyse leurs difficultés à passer de l'un à l'autre. La méthode principale de recherche est la passation de questionnaires impliquant des problèmes isomorphes dans les deux registres. De plus, quelques élèves ont été observés pendant la réalisation d'un montage électrique où ils avaient à exécuter deux tâches opposées : faire un schéma à partir du montage, faire le montage à partir du schéma. Ils ont donc dû ainsi passer du registre du langage naturel au registre schématique et inversement. Les difficultés de coordination des divers registres sont abondamment documentées. L'auteur en conclut que les élèves donnent peu de sens à leur activité scolaire, alors même qu'ils sont capables de réaliser des tâches de câblage correspondant à leur futur métier.

2.4. Le traitement d'un tableau à double implantation par des élèves de 9-10 ans

Nous proposons une contribution de **Rudat et Maury**, qui, bien qu'à la limite des contours d'Aster, propose une étude très fouillée sur la coordination entre registres sémiotiques par de jeunes élèves. Il s'agit en effet d'étudier la compréhension par cinquante élèves de 9 ou 10 ans de graphiques transcrivant des données climatiques issues d'un manuel de géographie et, plus précisément, la coordination entre ce registre graphique et la langue naturelle, présente par la donnée d'un certain nombre d'assertions d'ordre mathématique aux élèves. Il nous a semblé fructueux d'installer cet article comme contrepoint des autres contributions, puisqu'il porte sur une question qui se situe au cœur du thème de ce numéro, même si les disciplines auxquelles il réfère ne relèvent pas des sciences de la nature.

Les auteurs examinent de façon détaillée les problèmes de congruence entre les éléments du graphique et les assertions. Ils en concluent que les élèves se font une représentation personnelle du graphique, fondée sur la possibilité de mise en correspondance des assertions avec le graphique et, qu'en fonction de cette représentation, ils sélectionnent les éléments du graphique qui la justifient, ignorant volontiers les autres.

3. Cadres théoriques mobilisés, problématiques abordées

Cette brève présentation montre que les auteurs de ce numéro développent dans la plupart des cas des cadres théoriques mixtes qui articulent les questions d'ordre sémiologique à d'autres problématiques. Plusieurs des articles développent des aspects théoriques empruntés à des travaux antérieurs concernant la sémiotique. On y trouvera notamment des développements sur les théories de Pierce (contribution de Soudani, Héraut & Soudani), sur les travaux de Duval (contributions de Khanfour & Le Maréchal, Hannoun-Kummer, Szczyłski, Rudat & Maury), sur les travaux de Bertin (contributions de Hannoun-Kummer, Rudat & Maury), de Peraya (contribution de Buty & Baddredine). On peut établir des rapprochements thématiques entre les différents articles, en cohérence ou au-delà des directions de recherches mentionnées dans la première partie de cette introduction.

Les spécificités disciplinaires apparaissent de plusieurs façons dans les articles de ce numéro.

Nous avons mentionné que certains domaines développent des systèmes de représentations qui leur sont propres. L'article de Khanfour et Le Maréchal, en chimie, propose un état de la question des systèmes de signes employés pour représenter les molécules qui font intervenir différents types de spatialisation, et montre comment les connaissances s'incarnent différemment dans ces systèmes, selon les aspects représentés d'un même « objet ». La contribution de Hamon propose un point sur les recherches francophones concernant la place des graphismes techniques dans l'enseignement, leur évolution récente et les difficultés spécifiques liées à leurs relations avec telle ou telle tâche. Deux articles proposent des comparaisons des schématisations possibles d'un même objet, selon qu'on se situe dans un domaine scientifique (la physique) ou technique, domaines pour lesquels les fonctions des schémas sont contrastées, liées davantage à la conceptualisation et la compréhension en physique, et davantage à la réalisation dans les domaines techniques. Ces deux articles s'intéressent aux difficultés rencontrées par les élèves du fait de ces décalages et différences de fonctions selon les domaines : en mécanique d'une part (contribution de Hannoun-Kummer), en électrocinétique ou électrotechnique (contribution de Szczygielski) d'autre part.

Les relations entre problèmes sémiotiques et difficultés des élèves constituent aussi une préoccupation centrale de l'article de Rudat et Maury mais avec un autre point de vue, centré cette fois, non pas sur les décalages des usages selon les domaines disciplinaires, mais sur la congruence entre systèmes sémiotiques.

Les relations entre aspects épistémologiques et sémiologiques apparaissent dans certains des articles. Les contributions de Beaufils, Hamon, Soudani, Héraud et Soudani proposent des développements sur l'apport des systèmes sémiotiques à forte composante spatiale aux processus de modélisation. Les mises en correspondance systématiques que certains systèmes spatiaux opèrent sont fréquemment

requis dans les procédures expérimentales ou le traitement de données. Ces langages peuvent présenter un aspect statique (tableaux, schémas, écritures symboliques...) ou dynamique (films, schémas informatiques animés, etc.), ce qui leur confère des potentialités différentes. L'évolution des techniques, avec l'introduction de l'ordinateur, donne une place croissante à ces derniers types de représentations qui deviennent directement manipulables.

Deux des articles s'intéressent au jeu des systèmes de signes employés dans les interactions didactiques dans la classe. C'est dans une perspective peircéenne que l'article proposé par Soudani, Héraut et Soudani analyse les interactions didactiques dans une séquence où des élèves de CM sont conduits à enseigner la notion de circuit électrique à des élèves plus jeunes. L'article de Buty et Badreddine montre comment le jeu entre systèmes de signes graphiques, verbaux et les propriétés de l'objet interviennent de façon déterminante dans les significations qui circulent au cours des interactions didactiques dans la classe. Le repérage de correspondances (parfois inattendues) entre ces différents systèmes constitue des événements qui, inscrivant une « surcharge didactico-discursive » dans le discours en train de se faire, jouent un rôle déterminant dans la compréhension par les élèves.

C'est donc un riche ensemble de recherches, susceptible de regards croisés, qui est rassemblé dans ces pages. Nous espérons qu'il suscitera de nouveaux travaux dans un domaine dont l'importance pour la pratique de l'enseignement des sciences et des technologies est primordiale. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P., PETERFALVI B. & VÉRIN A. (1991). *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*. Paris : INRP.
- BERTIN J. (1967). *Sémiologie graphique*. Paris ; La Haye : Mouton et Paris : Gauthier-Villars.
- BERTIN J. (1977). *La graphique et le traitement graphique de l'information*. Paris : Flammarion.
- DUVAL R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine (registres sémiotiques et apprentissages)*. Berne : Peter Lang.
- PEIRCE C.S. (trad. 1978). *Écrits sur le signe*. Paris : Éd. Seuil.
- PERAYA D. (1995). Vers une théorie des paratextes : images mentales et images matérielles. *Recherche en communication*, n° 4, p. 1-38.
- VÉRIN A. & PETERFALVI B. (1991). Traduction de textes en schémas. *Cibles*, n° 25.
- VÉZIN J.-F. (1985). La schématisation. Repères bibliographiques. *Perspectives documentaires en sciences de l'éducation*, n° 7.
- VÉZIN J.-F. (1985). Mise en relation de schémas et d'énoncés dans l'acquisition de connaissances. *Bulletin de psychologie*, n° 368.
- VÉZIN J.-F. (1987). Compréhension et vue d'ensemble. *Bulletin de psychologie*, n° 380.