



Langages techniques, langages mathématiques

Fabrice Gunther, Jean-François Hérold, Rachid Zarouf

► To cite this version:

Fabrice Gunther, Jean-François Hérold, Rachid Zarouf. Langages techniques, langages mathématiques. Regards sur le processus d'enseignement-apprentissage, 2020. hal-03188648

HAL Id: hal-03188648

<https://hal.science/hal-03188648>

Submitted on 2 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Langages techniques, langages mathématiques

Fabrice Gunther
Jean-François Hérold
Rachid Zarouf

Introduction

Dans le domaine des sciences, des mathématiques et de la technologie, il est d'usage de faire appel à différents systèmes sémiotiques pour représenter l'information. Duval (1993) définit les registres de représentation sémiotique comme étant des productions s'appuyant sur l'emploi de signes appartenant à un système de représentation qui a ses propres contraintes de signifiante et de fonctionnement. L'ensemble des signes appartenant au système de représentation constitue un registre de représentation sémiotique. Ainsi, l'analyse des productions dans le domaine des sciences, des mathématiques et de la technologie montre une utilisation de représentations sémiotiques variée comme le langage naturel, les formules, les graphiques, les schémas, les photographies, etc. Au-delà de ces systèmes de production de représentations, on trouve également des systèmes de représentation plus complexes que sont les langages, qu'ils soient textuels ou graphiques. Les langages permettent ainsi de représenter les procédures d'action, les modèles de description d'un fait, scientifique et/ou technologique, les modèles de description de système, technique ou non.

Le cas des langages techniques

Pour Ginestier (1999), un langage technique permet de rendre compte, selon un point de vue particulier, d'un processus d'actions tout en permettant une structuration de la pensée. Il s'agit de décrire, de façon formelle, comment aboutir à un résultat, et notamment les actions à accomplir pour aboutir à ce résultat (ibid). Un langage technique peut se caractériser par plusieurs composantes, qui peuvent être abordées sous l'angle d'une analyse sémiotique.

En effet, les langages techniques s'appuient sur un registre sémiotique particulier qui vient en complément d'autres registres sémiotiques : la langue naturelle, la représentation graphique, l'écriture, le dessin, etc. Ainsi, d'après Duval (1993) il est indispensable, pour apprendre un langage technique, de pouvoir changer de registre et de ne pas confondre un objet avec la représentation que l'on en propose. Pour Duval (1993), il existe des registres de représentations sémiotiques adaptées et propres aux langages techniques. En effet, cet auteur définit les représentations sémiotiques par des productions, constituées de signes graphiques et/ou issus de la langue naturelle, appartenant à un système de représentation qui a ses propres contraintes de signifiante, de fonctionnement (Duval, 1991). Les langages techniques apparaissent bien comme une combinaison de registres. Parmi les différents véhicules de ces langages, par exemple, lorsqu'elle existe, la partie graphique peut être considérée comme un registre sémiotique particulier et la langue naturelle apparaît comme un autre registre. Duval introduit la coordination des registres sémiotiques comme une condition nécessaire à la compréhension. On observe donc, dans les productions ou les activités ayant pour support des langages techniques, l'utilisation de différents registres avec, comme condition *sine qua non*, une coordination de cet ensemble afin d'assurer sa compréhension.

Il existe cependant certaines contraintes à prendre en compte dans cette approche sémiotique.

Une des premières limitations concerne la tendance à se référer à un registre maîtrisé et ainsi à passer d'un langage technique à une expression langagière formelle mais dépourvue du sens technique originel. Par exemple, Chatoney (2003) explique que, si un mot est vide de sens pour un apprenant qui se trouve face à un langage technique inconnu, l'enseignant se trouve face à un dilemme, mais il a pour solution de donner la définition langagière commune du mot. Si cela permet une certaine compréhension, il y a toutefois un évitement du processus de conceptualisation de l'aspect technique. L'enseignant fournit une solution qui ne correspond pas nécessairement à l'objectif pédagogique qu'il s'était fixé au départ. Il est alors possible pour l'élève que l'apprentissage d'un registre différent ne s'effectue pas de façon optimale. Si nous étendons cela à l'ensemble du langage, on peut alors imaginer qu'un langage technique nécessite la connaissance des outils et cela dans une démarche d'élaboration conceptuelle. C'est une vision contextuelle et systémique qui doit être acquise. On peut alors se placer dans l'approche développée par Bruner qui a étudié la place des langages dans la structuration de la pensée et de se référer à l'étayage qui, pour Bruner, crée une situation d'apprentissage où s'articulent pensée, parole et action (Bruner, 1983).

Une seconde contrainte s'applique sur la spécificité des registres utilisés. Par exemple pour les langages issus de la robotique et de l'informatique, Leroux (2009) a montré leurs intérêts et apports dans l'ensemble que représente un apprentissage technique. Mais nous sommes cependant alors dans des langages décrits comme très spécifiques et intégrés à un contexte limité. Il s'agit de savoir si, pour les registres de ce type de langage, une signification particulière est rattachée à l'aspect technique. Dans ces deux cas cités, robotique et informatique, nous restons dans le monde de la technologie, nous avons donc une similitude disciplinaire assez forte.

On note cependant que ces types d'enseignement ont surtout été introduits et mis en valeur dans des filières spécifiques et principalement en études supérieures. De ce fait, ils ont été peu analysés du point de vue de l'étude des processus d'enseignement – apprentissage.

Problèmes d'apprentissage liés aux langages techniques : l'exemple de l'analyse fonctionnelle

Les difficultés concernent plus particulièrement les connaissances et les références qui sont mises en jeu dans les enseignements de technologie. Il est peut-être erroné de penser que l'approche constructiviste, fondée sur l'élaboration de connaissances, qui s'opère en classe n'a pas ou peu de liens avec ce qui se passe dans l'industrie et de manière plus générale dans un environnement technologique. Ginestier (2008) parle de modèle de la logique d'apprentissage organisée autour d'acquisition de compétences. Ces compétences peuvent se repérer au travers de comportements observables significatifs qui, pour l'enseignement, sont proches de ce qui se passe dans l'industrie.

Ces compétences peuvent requérir la connaissance d'outils telle que l'analyse fonctionnelle.

Si l'on s'intéresse au rôle éventuel de l'analyse fonctionnelle dans l'enseignement de la technologie au collège on peut se poser la question de savoir dans quelle mesure elle sert d'instrument dans les pratiques enseignantes. En France, ce champ de recherche, sur l'utilisation de l'analyse fonctionnelle par les enseignants, a été ouvert à l'école primaire par Chatoney (2003). Les études empiriques conduites pour ce niveau d'enseignement général indiquent que l'analyse fonctionnelle est un instrument structurant pour les enseignants. Elle permet notamment d'inscrire l'éducation technologique dans le cadre des activités humaines de production d'objets techniques et de ne plus cantonner l'éducation technologique en application des sciences. Du côté des élèves, l'analyse fonctionnelle situe leur action dans l'ensemble du système technique. Autrement dit, elle donne du sens aux activités de

conception d'artefact. En termes d'apprentissage on voit tout l'intérêt de l'analyse fonctionnelle. Cependant, la mise place de l'analyse fonctionnelle issue du monde industriel fait apparaître entre autres deux problèmes : un problème de transfert des outils industriels vers l'éducation technologique notamment sur les savoirs en jeu et les références (Graube, Dyrenfurth, et Theuerkauf, 2003), et un problème de transformation en instruments pour enseigner.

Le problème se situe ainsi au niveau de l'adaptation et de la transformation d'outils, comme l'analyse fonctionnelle, en instruments pour enseigner.

Le principal enjeu est de discerner quelles références et connaissances doivent être transmises en éducation technologique. En fait, les élèves vivent dans un monde de systèmes techniques qui comportent des aspects technologiques multiples et multidisciplinaires, et nous devons leurs enseigner cette réalité complexe. Ceci peut être réalisé avec l'utilisation partielle ou totale de l'analyse fonctionnelle.

L'analyse fonctionnelle permet de prendre en considération la relation entre les humains et les machines et l'interdépendance entre les différentes fonctions et solutions techniques, au sens de Simondon (1958) mais son efficacité dans l'enseignement n'apparaît pas toujours comme évidente aux différents acteurs.

Il apparaît donc regrettable, du point de vue de l'enseignement, de se passer d'outils qui permettraient à différents élèves, notamment ceux qui ont des difficultés scolaires de développer certaines capacités tout à fait adaptées à notre environnement actuel (Gunther, 2016).

Un exemple de situation d'enseignement : l'enseignement de l'analyse fonctionnelle en Technologie au Collège

L'enseignement de l'analyse fonctionnelle

La composante pluridisciplinaire de la technologie fait partie intégrante de cet enseignement. Il appartient à l'enseignant de faire référence ou non à d'autres disciplines lorsqu'il présente des méthodes d'analyse d'objets techniques. Ces références, fonction de l'objet servant de support, peuvent être diverses et variées : physique, mathématiques, automatisme, électronique, mécanique... Cependant elles ne couvriront qu'une partie de la description d'un système et cela laisse donc toute une place à un véritable outil support de la technologie.

La technologie est une discipline relativement récente. Elle apparaît, de ce fait, différente des mathématiques et est sujette à de nombreuses adaptations et modifications. Les registres utilisés suivent ces modifications.

Le terme d'analyse fonctionnelle apparaît dès l'introduction d'un enseignement de la technologie dans l'éducation nationale vers 1960. On le trouve dans les programmes du collège, sous la forme d'un enseignement optionnel. C'est par l'observation des objets techniques, associée au dessin technique que sont abordées les notions de logique fonctionnelle (Lebeaume & Martinand, 1998). La technologie voudrait s'imposer comme une discipline à part entière, en se basant sur le fait que certains langages graphiques sont essentiels à la compréhension de notre monde où les systèmes et objets techniques tiennent une place qui ne cesse de croître. Dans les années 1970, lorsque l'enseignement de la technologie est rendu obligatoire, c'est principalement au travers de schémas et toujours par l'intermédiaire du dessin technique que sont étudiés des objets mécaniques simples. Ces études concernent majoritairement l'aspect pratique plutôt que l'aspect fonctionnel même si à la base, les programmes de technologie mettent en évidence les fonctions techniques et leurs organisations logiques ; c'est un mélange de sciences physiques et de technologie qui alors est enseigné. Vient ensuite, à partir de 1977, la période de l'EMT (Éducation Manuelle et

Technologique). La réforme mise en place est principalement orientée vers un renoncement à l'aspect « physique ». Le terme « physique » est dans ce cas associé à la discipline du même nom, elle concerne la science qui tente de comprendre et modéliser le monde qui nous entoure. Les programmes indiquent clairement que l'analyse fonctionnelle doit être enseignée, mais dans les classes, la réalité de l'enseignement de la technologie est plus axée sur la partie « éducation manuelle ». Les travaux manuels sont largement dispensés durant cette période tout en accordant une moindre importance à l'aspect technologique (Harlé, 2012).

La technologie fut instaurée en tant que discipline en 1985, les programmes introduisant alors la démarche de projet et l'ensemble se veut proche de l'organisation réelle du monde du travail et de l'entreprise. De fait, l'analyse fonctionnelle est alors plus centrée sur les outils tels que le cahier des charges, le cycle de vie d'un produit.

En 1996 de nouveaux programmes de technologie sont adaptés aux différents niveaux du collège. Le but est d'amener l'élève à maîtriser la démarche de projet en dernière année de collège.

Les derniers programmes mis en place en 2009 fournissent de nouvelles indications et repositionnent l'objet technique d'une nouvelle manière. Par exemple, dans les ressources pour faire la classe, proposées par le Ministère, la question posée est de savoir si un objet technique choisi par l'élève lui convient, en tenant compte de l'ensemble des contraintes, des performances de l'objet ainsi que de son influence et de son intégration dans le monde extérieur.

C'est principalement en classe de 4^e, pour des élèves âgés de 13 à 14 ans, qu'apparaît le terme de représentation fonctionnelle. Seules, la modification ou la création partielle de diagrammes ou schéma-blocs, sont préconisées. Pas plus que le codage de programmation d'automatismes, ces outils ou méthodes ne doivent être un objet d'enseignement à part entière pour ce niveau. En classe de 3^e, élèves âgés de 14 à 15 ans, l'élève doit acquérir certaines capacités sur la représentation fonctionnelle : énoncer et décrire sous formes graphiques, rédiger ou compléter un cahier des charges. C'est à partir de ces fonctions que l'élève sera sensibilisé à la notion de valeur d'un objet technique.

L'étude des programmes officiels et des manuels scolaires indique de quelles façons l'analyse fonctionnelle peut s'étudier au collège ou elle est introduite. Les choix pédagogiques et l'environnement épistémologique sont des indicateurs de la manière dont les connaissances sont transmises (Johsua & Dupin, 1993). Dans le cas de l'analyse fonctionnelle, la transposition peut s'effectuer avec au moins deux approches différentes. La première consiste en une indication des principaux concepts comme les interrelations dans un système, le rapport de l'homme au système. Chatoney (2003) explique que, pour conceptualiser, il faut discerner les attributs d'une acceptation générique et sélectionner l'information. Cette démarche est destinée aux enseignants. Une autre approche plus pragmatique considère l'enseignement des outils à partir de la description d'un objet, c'est un modèle utilitaire qui est proposé, il est pensé pour l'apprenant. Il s'agit de lui fournir une représentation qui peut aider à la conceptualisation et qui soit inhérente aux pratiques (Lebahar, 2006).

Les programmes de technologie au collège incluent également un aspect économique et présentent toujours des connaissances à acquérir qui concernent le coût d'un objet technique ou des matériaux utilisés. C'est par une analyse fonctionnelle correcte que les coûts inhérents à la conception et à la fabrication d'un produit pourront être réduits. Cette approche s'intègre dans une démarche systémique et augmente le cadre d'analyse et de définition tout en rejoignant les origines de cette méthode.

Si elle est bien présente dans l'enseignement technologique, l'introduction de l'analyse fonctionnelle ne va pas sans poser certains problèmes. Les outils associés à l'analyse fonctionnelle ont une provenance industrielle. De ce fait, leur transfert dans le milieu scolaire à visée d'apprentissage de savoirs n'est pas sans difficulté.

Exemple de situation d'enseignement

L'exemple suivant est issu d'une situation d'enseignement avec une introduction et une première initiation à l'analyse fonctionnelle par l'intermédiaire d'un diagramme FAST (technique d'analyse fonctionnelle de système). Nous rappelons que le diagramme FAST permet de décrire un système technique en distinguant fonction principale, fonction technique et solution. L'objectif, outre l'initiation à un langage technique, est de montrer que l'outil FAST permet tout aussi bien de décrire un système que les représentations graphiques, schématiques ou textuelles qui sont couramment utilisés dans les disciplines scientifiques ou littéraires.

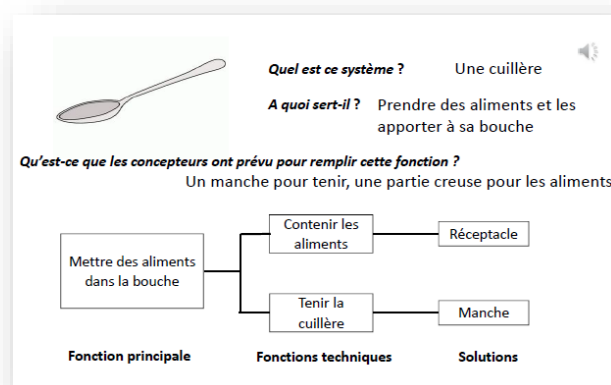


Figure 1. Initiation à l'analyse fonctionnelle pour étudier un système en classe de technologie

Dans un premier temps, la figure précédente (figure 1) est présentée et explicitée par l'enseignant aux élèves.

L'enseignant prescrit ensuite une tâche aux élèves. La tâche consiste à décrire un nouveau système : par exemple une brouette. Les élèves ont quelques minutes pour effectuer cette tâche. Ce temps intentionnellement court oblige les élèves à choisir une représentation adaptée à cette durée. Cela exclut la dissertation et oriente les élèves vers une représentation similaire à celle qui vient d'être proposée par l'enseignant. Cette façon de procéder va dans le sens des travaux de Bandura (voir, par exemple, Bandura, 1986) qui ont montré que l'enseignement qui précède un exercice peut être réutilisé par l'élève par imitation. L'élève reproduit un modèle qu'il a perçu comme une référence, et ce qui a précédé est donc important pour lui.

L'objet choisi, la brouette, est, comme les autres systèmes, bien connu des élèves. Ce système est choisi pour éviter une situation où le problème peut être difficile à résoudre pour les élèves dans un temps aussi court (Leplat & Pahlous, 1977).

L'enseignant propose ensuite une correction de l'exercice. L'objectif est alors de renforcer l'apprentissage pour les élèves par une activité de médiation entre pairs en confrontant leurs solutions, la validité de l'analyse fonctionnelle étant, bien évidemment, contrôlée par l'enseignant. De par le fait que le temps de réalisation de la tâche prescrite est très court, les propositions des élèves sont très proches du modèle fonctionnel proposé (voir Figure 1), ce qui facilite le développement d'automatismes qui sont à la base de l'expertise, tout en laissant un minimum de flexibilité dans cette construction pour permettre aux élèves d'exercer un minimum de contrôle attentionnel (Crahay, Dutrévis et Marcoux, 2010).

Les langages en mathématiques

Pour qu'un savoir mathématique puisse être appris par un élève en classe, l'enseignant a recours à des systèmes d'écriture et de représentations.

Par exemple, les nombres sont appris par les élèves, tout d'abord à partir du système d'écriture décimale, puis à partir du système d'écriture fractionnaire, etc.

Autre exemple, en géométrie, les objets mathématiques tels que les droites, les segments, les formes, etc., s'appréhendent, d'une part, par leurs écritures symboliques (parenthèses pour les droites, crochets pour les segments), et d'autre part, par leurs figures. De ce fait, en classe, l'enseignant et les élèves, pour communiquer, s'appuient sur au moins trois catégories de registres sémiotiques (Duval, 1995) : les registres du langage symbolique, les registres figuratifs et aussi les registres du langage naturel pour décrire les objets géométriques, voire pour présenter les énoncés des problèmes à résoudre.

Ainsi, l'enseignant, à tout moment, dans son activité mathématique, traite, bien évidemment, les différents registres, passant d'une représentation à l'autre du même objet mathématique en utilisant les bons signes du registre concerné, car, étant expert dans la discipline, il est effectivement capable d'effectuer une bonne coordination des différents registres concernés.

Mais quid de l'élève qui, lui, est en classe pour apprendre ?

L'apprentissage du savoir mathématique nécessite la maîtrise de la conversion des différentes représentations sémiotiques d'un objet mathématique, et cet apprentissage, pour la grande majorité des élèves, correspond à une activité cognitive qui n'est pas spontanée et est difficile à faire acquérir (Duval, 1995).

Par exemple, le signe « = », pour la calculatrice, a pour signification « donner le résultat de l'opération ». Cette représentation est bien ancrée chez les élèves, ce d'autant qu'ils utilisent la calculatrice dès l'école primaire. Les élèves vont donc intégrer cette représentation et la réutiliser dans d'autres activités, comme le développement de calculs. Par contre, en analyse mathématique, la représentation sémiotique du signe « = » diffère quelque peu, puisque dans ce cas, il traduit la représentation du fait que « ce qui est à gauche du signe est strictement égal à ce qui est à droite ». Aussi, les élèves, lorsqu'ils vont être confrontés à ce changement de représentation, qui, très souvent, leur est présentée de façon implicite, peuvent se retrouver en difficulté d'apprentissage.

Autre exemple, la représentation symbolique des nombres rationnels ou fractions (ce qui correspond, en fait, déjà à deux représentations du même objet mathématique dans le langage naturel : rationnel et fraction). Ainsi, pour une représentation d'une fraction, sur le papier, en langage symbolique, on utilise la notation : $\frac{a}{b}$

Par contre, on peut être amené à rencontrer une autre représentation, comme, par exemple, dans les IHM de logiciels comme Excel, où le nombre rationnel a pour représentation : a/b

Bien évidemment, le passage d'une représentation à l'autre ne va poser aucun problème à l'enseignant, puisqu'il est expert dans sa discipline, mais va être source de problèmes pour certains élèves, comme le montre l'extrait d'expérimentation suivant (Hérolde & Montuori, 2018) :

Des élèves de Lycée Professionnel, en section tertiaire, ont suivi un enseignement de prise en main du tableur Excel de Microsoft, qui consistait à leur faire apprendre les premiers éléments du tableur (modes de représentation, utilisation de fonctions, tri de valeurs dans une table ...). Suite à cet enseignement, un test de connaissances a été effectué par l'enseignant. Onze tâches ont été prescrites, chaque tâche correspondant à une feuille d'un fichier Excel. Les élèves travaillent seuls, sur un poste informatique, mais

peuvent échanger entre eux, poser des questions à leur enseignant.

Pour la tâche 4, la prescription de l'enseignant correspondait à un changement de format d'un nombre en écriture décimale en écriture fractionnaire. L'énoncé était le suivant : « Modifie la présentation de la valeur de la cellule B6 pour que la valeur 0,666 s'affiche sous la forme $\frac{2}{3}$ ». La lecture de cet énoncé posait quelques problèmes à certains élèves, comme le montre le recueil de dialogue suivant :

Elève 1 : $\frac{2}{3}$, ça s'appelle comment ?

Elève 2 : Fraction.

Elève 1 : Ce n'est pas écrit.

Elève 2 : Si, regarde.

L'élève 2 affiche la fenêtre correspondant au format de cellule proposé par le tableur :

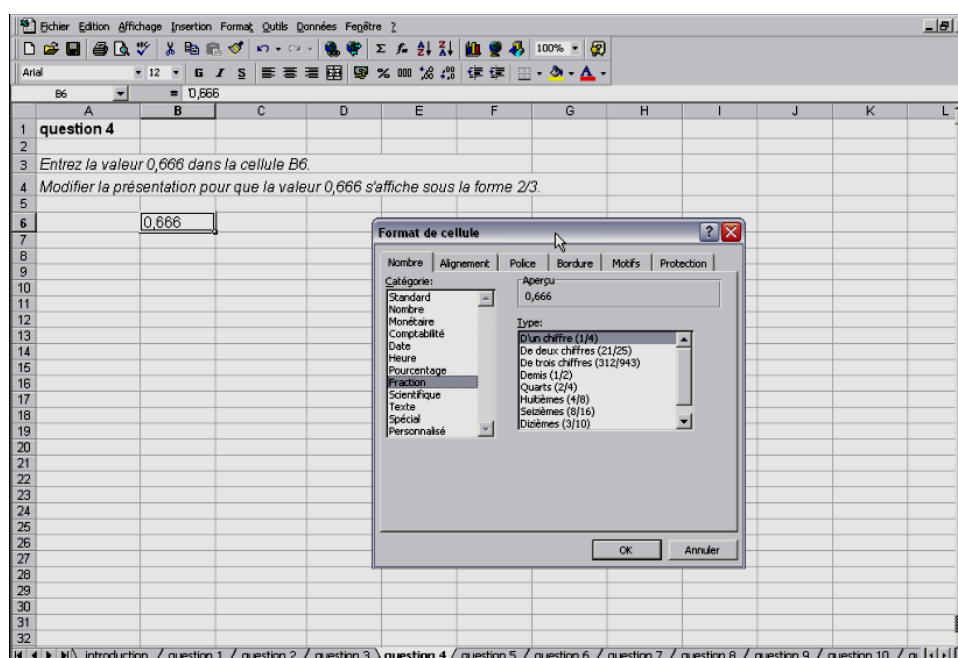


Figure 2 : L'énoncé de la tâche 4 et le résultat de la recherche d'aide effectuée par l'élève.

Elève 1 : Mais, y a pas $\frac{2}{3}$...

Elève 2 : T'en ais sûre ?

Elève 1 : Je ne comprends pas ce qu'est 0,666.

Elève 2 : ça doit être $\frac{2}{3}$, c'est dans l'énoncé.

Elève 1 : Ah bon ? OK.

Ici, ce qui est implicite pour l'enseignant, faire la conversion de différentes représentations sémiotiques d'un même objet mathématique (« un entier divisé par un autre entier », « fraction »), ne l'est pas du tout pour l'élève qui, de plus, est confronté au fait qu'il doit associer la valeur « 0,666 » au résultat de l'opération « 2 divisé par 3 » représentée, dans l'énoncé, sous la forme d'une fraction. Aussi, on s'aperçoit que l'élève peut être capable de faire la tâche prescrite, il peut avoir les connaissances suffisantes relatives à l'utilisation de

l'outil, ici le tableur Excel, mais, très souvent, sa maîtrise des registres sémiotiques relatifs au domaine applicatif est insuffisante, car il est novice dans le domaine et est en classe pour apprendre. De ce fait, l'élève peut se retrouver en grande difficulté, voire dans une impasse et donc parfois abandonner son activité, car incapable d'élaborer une interprétation adéquate de la tâche prescrite par son enseignant.

Autre domaine qui pose souvent problème aux élèves, la géométrie, où les difficultés rencontrées par les élèves au niveau des représentations symboliques des objets géométriques sont grandes de par la richesse du vocabulaire utilisé, avec des termes issus du langage naturel (comme, par exemple, la *hauteur* d'un triangle) et différentes représentations et symboles qui désignent le même objet mais avec des représentations différentes. Ainsi, si on prend, par exemple, l'énoncé suivant : « Trace un triangle ABC tel que $AC = 6 \text{ cm}$... » et « Trace la médiane [BK] relative à [AC] », on a deux représentations différentes du même objet ; la première représentation, AC, désigne la longueur du segment alors que la deuxième représentation, [AC], désigne le segment en lui-même. Dans un autre énoncé, on a « Trace la hauteur [CT] dans le triangle ABC et montre que les droites (BJ) et (CT) sont parallèles ». Dans la première partie de l'énoncé, [CT] est donc un segment, même si cela n'est pas précisé dans l'énoncé, segment qui a aussi le statut d'une hauteur de triangle ; et, dans la deuxième partie de l'énoncé, (CT) désigne la droite qui passe par les points C et T qui n'est donc pas limitée par les points C et T, même si ces derniers délimitent des segments. Il y a donc nécessité, pour les élèves, de devoir maîtriser la conversion des différentes représentations sémiotiques, qui sont utilisées ici, d'un même objet géométrique.

De même, classiquement, pour les enseignants, les verbes « Prouver », « Démontrer », « Déduire » correspondent à des représentations sémiotiques identiques. Or, pour les élèves, on peut faire le constat que, très souvent, dans leurs activités de résolution de problèmes, confrontés à ces termes, ils essaient de comprendre la différence dans la prescription afin d'être sûrs de bien répondre aux exigences de la tâche ; ce qui suscite des difficultés pour les élèves, voire, parfois, des blocages qui peuvent les amener à abandonner leur résolution.

Exemple de situation d'enseignement : Le rôle du langage dans l'apprentissage des mathématiques.

L'exemple, présenté maintenant, est un exemple de situation d'enseignement traitant de l'arithmétique des nombres entiers et montrant le rôle que peut jouer le langage dans la compréhension d'un concept mathématique.

Dans une classe de 4^e de Collège, au sein de laquelle un enseignant a choisi d'approfondir certains aspects de la notion de divisibilité dans l'ensemble des nombres entiers naturels, l'expression « 15 est multiple de 5 » employée par l'enseignant, est régulièrement reprise par les élèves sous la forme « 15 est dans la table de 5 ». L'enseignant, qui rencontre ces élèves pour la première fois, constate donc rapidement que ces derniers préfèrent et choisissent sans exception, une tournure langagière qui renvoie à la connaissance des tables de multiplication plutôt que d'avoir recours au vocabulaire « être multiple de ».

Nous allons tenter ci-dessous d'expliquer ce choix, en illustrant et appuyant notre propos sur les interactions entre l'enseignant et les élèves concernés.

De toute évidence, les élèves ont été habitués à substituer « a est multiple de b » par « a est dans la table de b ». Notons cependant que rien ne semble indiquer aux enseignants de mathématiques de Collège, dans les programmes officiels, de faire ce choix dans leurs classes. Pourquoi donc est-ce que certains professeurs l'aient fait ? Et pourquoi la réaction des élèves

valide-t-elle la pertinence de ce choix pédagogique ? Il semble que le vocabulaire choisi par ces derniers, au-delà de la référence aux tables de multiplication, les renvoient de manière concrète à la procédure correspondante. Après avoir rappelé le critère de divisibilité par 3, ainsi que la définition d'un nombre premier (c'est à dire un nombre dont les seuls diviseurs sont 1 et lui-même), l'enseignant demande à ses élèves : « 39 est-il un nombre premier ? ». La réponse qu'il obtient est « Non, 39 est dans la table de 3 ».

Le caractère « savant » de la formulation « être multiple de » présuppose pour celui ou celle qui l'utilise, l'accès à un certain degré d'abstraction. Manier ce vocabulaire pour un élève de Collège ou plus généralement peut donc se révéler source de difficulté et générer des erreurs. Par exemple, si l'enseignant impose ce registre sémiotique, l'utilisation d'une formulation « savante », on peut observer des confusions comme en témoigne, par exemple, l'affirmation formulée par un élève « 5 est multiple de 15 » au lieu de « 15 est multiple de 5 ».

La raison pour laquelle cette confusion ne se produit pas lorsque l'on utilise à la place la formulation « être dans la table de » est que cette dernière renvoie à un processus opératoire qui permet une vérification.

Ainsi, l'élève visualise la table de 5 dans laquelle il fabrique 15 à partir de 5.

Forts de cette expérience, nous l'avons mis à profit directement au sein de l'ESPE, pour la formation des futurs professeurs des écoles en mathématiques. Nous remarquons que parmi les questions récemment posées à ces derniers en vue de leur recrutement, figurent par exemple : « Si un nombre est multiple de 6 et de 9, alors il est aussi multiple de 54. Vrai ou Faux ? ».

A la lumière de l'expérience faite dans cette classe de 4^e de Collège, nous nous rappelons combien nos étudiants souffraient lorsque nous introduisions en cours la notion de multiples et de diviseurs. Nous sentions une difficulté certaine, chez les étudiants, à jongler entre les définitions équivalentes, toutes aussi abstraites l'une que l'autre :

- « a est un multiple de b »,
- « b divise a »,
- « b est un diviseur de a »,
- « a est divisible par b ».

Nous choisissons alors, en cours, de systématiquement employer l'expression « a est dans la table de b » pour traduire l'une des quatre expressions savantes ci-dessus.

Le résultat est sans appel, et est particulièrement net avec les étudiants en difficulté. Certains voient même à travers cette simple observation un déclic permettant de lever les barrières psychologiques que les expressions « savantes » ont érigé, entravant leur réflexion et inhibant tout processus cognitif.

Cela va permettre à l'apprenant d'établir un lien entre le nouveau concept introduit, par exemple les définitions de multiples et diviseurs d'un nombre, et ce qu'il a déjà appris auparavant, et parfois depuis fort longtemps comme la table de multiplication d'un nombre, et le nouveau concept introduit. Il s'agit donc aussi de réveiller une connaissance enfouie afin de donner les moyens à l'apprenant d'en développer une plus profonde.

Conclusion

A travers ces différents exemples, on peut établir que l'utilisation, par l'enseignant, d'un ou de plusieurs registres sémiotiques, en classe, peut poser problème aux élèves dans l'interprétation et la mise en œuvre des tâches prescrites. Il est donc nécessaire que l'enseignant prenne la précaution d'aider l'élève à établir un lien entre ce qu'il sait déjà du savoir enseigné, et ce qu'il ne connaît pas encore.

D'un point de vue philosophique, ce principe d'enseignement remonte au IV^e-ème siècle av. J.-C. et est attribué à Socrate : il s'agit de la maïeutique qui consiste à faire accoucher les esprits de leurs connaissances. Elle est destinée à faire exprimer un savoir caché en soi. Cette technique d'apprentissage, que Platon développe et illustre dans *le Ménon*, génère un échange permanent entre l'enseignant et l'enseigné, sur un mode où ce dernier est sécurisé par un questionnement suffisamment habile pour que l'élève ne se sente pas dérouté.

Au-delà des exemples développés ci-dessus, l'enseignement-apprentissage des mathématiques et/ou de la technologie regorge de situations où l'enseignant, oubliant ce principe énoncé par Platon, il y a déjà plus de 2000 ans, utilise sans précautions les formulations savantes auxquelles il est habitué en tant qu'expert de sa discipline, et génère ainsi de multiples blocages chez ses élèves ou étudiants.

Bibliographie

Bandura, A. (1986). *L'apprentissage social*. Bruxelles : Mardaga.

Bruner, J. S. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir-faire, savoir dire* (1966). Paris : Presses Universitaires de France.

Chatoney, M. (2003). *Construction du concept de matériau dans l'enseignement des « sciences et technologie » à l'école primaire : perspectives curriculaires et didactiques*. Thèse de doctorat. Aix Marseille : Université de Provence.

Crahay, M., Dutrévis, M. & Marcoux, G. (2010). L'apprentissage en situation scolaire : un processus multidimensionnel. In M. Crahay & M. Dutrévis (Eds), *Psychologie des apprentissages scolaires*, (pp. 11-46). Bruxelles : De Boeck Université.

Duval, R. (1991). Structure du raisonnement déductif et apprentissage de la Démonstration. *Educational Studies in Mathematics*, 22(3), 233-261.

Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5, 37-65.

Duval, R. (1996). Quel cognitif retenir en didactique des mathématiques ? *Revue de Didactique des Mathématiques*, 16(3), 349-382.

Ginestier, J. (1999). La démarche de projet industriel et l'enseignement de la technologie. *Éducation technologique*, 24, 14-21.

Ginestier, J. (2008). Concepts pour une éducation technologique en France. In E. Hartmann & W. Theuerkauf (Eds), *Allgemeine Technologie und Technische Bildung*, (pp. 107-125). Frankfurt am Main : Peter Lang.

Graube, G., Dyrenfurth, M. J., & Theuerkauf, W. E. (2003). *Technology Education: International Concepts and Perspectives*. Frankfurt am Main: Peter Lang Pub Incorporated.

Gunther, F. (2016). *Étude de l'efficacité des outils de l'analyse fonctionnelle dans l'enseignement et l'apprentissage de systèmes techniques au collège*. Thèse de doctorat. Aix Marseille Université.

Harlé, I. (2012). L'enseignement de la technologie de 1960 à nos jours : réformes et débats - Démocratisation scolaire [groupe de recherche]. <http://www.democratisation-scolaire.fr/spip.php?article150>

- Hérolld, J. F., & Montuori, C. (2018). Identify and understand the difficulties of the students in class by analysing their activity in the case of prescribed tasks with the spreadsheet. *Review of science, mathematics and ICT education*, 12(1), 85-108.
- Johsua, S. & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- Lebahar, J.-C. (2006). Pratique professionnelle et enseignement de la technique d'organigramme en architecture : problèmes de transposition didactique. *Didaskalia*, 29, 9-40.
- Lebeaume, J., & Martinand, J. L. (1998). *Enseigner la technologie au collège*. Paris : Hachette.
- Leplat, J., & Pahlous, J. (1977). La description de la tâche : statut et rôle de la résolution de problème. *Bulletin de Psychologie*, 332, 149- 156
- Leroux, P. (2009). *Apprendre et enseigner la technologie par la robotique et l'informatique*. Québec : Éditions MultiMondes.
- Simondon, G. (1958). *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris : Aubier.