

Margolinas, C. (2002). Situations, milieux, connaissances : analyse de l'activité du professeur. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot & R. Floris (Eds.), *Actes de la 11^{ème} Ecole d'Été de Didactique des Mathématiques* (pp. 141-156). Grenoble La Pensée Sauvage.

CLAIRE MARGOLINAS

SITUATIONS, MILIEUX, CONNAISSANCES

Analyse de l'activité du professeur

Abstract: The attempt of this lecture is to give a theoretical framework for the teacher's activity. We will consider several levels for this activity, and the interactions between these levels. The nature of these interactions will require the consideration of the situation of the teacher, and the characterization of different 'milieu'. We will therefore consider our model of the teacher's activity as a theoretical and as well a technological model, and we will show a partial application.

Perrin-Glorian (2000) propose de distinguer plusieurs composantes du milieu: la composante *transversale*, qui permet de caractériser l'existence de ce que Salin (cours 1) a nommé un vivier de milieux qui permet d'envisager la construction ou l'analyse de situation(s) fondamentale(s), la composante *verticale*, qui permet de caractériser la structuration du milieu d'une situation donnée.

L'analyse a priori de cette composante verticale du milieu peut s'envisager de deux façons: l'analyse ascendante, à laquelle Bloch a fait référence (cours 2), qui, partant de la situation la plus interne de la structure (S-3), "remonte" vers la situation didactique (S0), permet de caractériser le point de vue de l'élève.

L'analyse descendante, qui caractérise le point de vue du professeur, nous intéresse ici. S'intéresser au professeur implique un changement de perspective important. Dans les cours précédents, le professeur n'est apparu que comme un élément du dispositif permettant la réalisation de situations. Nous devons au contraire envisager maintenant le professeur comme un *sujet* dont on cherche à étudier l'activité.

J'ai choisi une première entrée élémentaire en terme de niveaux d'activité (I) qui permettra de montrer les problèmes auxquels la caractérisation des situations et des milieux du professeur

Dorier, J.-L. , Artaud, M., Artigue, M., Berthelot, R., Floris, R. (eds) *Actes de la 11^{ème} École d'Été de Didactique des Mathématiques - Corps – 19-30 Août 2001*, pp. 1-10.

© 2002 - La Pensée Sauvage – Editions - Imprimé en France.

cherche à répondre (II), dans une dernière partie, je montrerai en m'appuyant sur un exemple comment on peut alors tenter une analyse des connaissances du professeur (III).

1. L'activité du professeur

Partons des activités usuelles du professeur. Dans un premier temps, nous allons essayer de *démêler* des pratiques qui sont imbriquées, tout en introduisant une numérotation des niveaux d'activité, qui sera explicitée plus loin.

Le professeur acteur en classe (P0) est toujours en tension entre: son projet d'enseignement (+1) et les réactions des élèves (-1). Mais même le professeur qui prépare une leçon (P+1) est en tension entre sa planification du thème mathématique à l'intérieur duquel s'insère la leçon (+2) et ce qu'il sait des conditions de la réalisation en classe (0). D'une façon générale le professeur est ainsi pris entre des considérations qui le tirent en quelque sorte vers les élèves et d'autres qui proviennent de sa condition de professeur de mathématiques, et comme tel fortement assujéti à l'institution scolaire et à l'institution mathématique.

En me basant sur le modèle de la structuration du milieu de Brousseau (1986 et 1990), j'ai proposé (Margolinas 1993) un modèle qui peut servir à clarifier quels sont les niveaux caractéristiques de l'activité du professeur.

1 Les niveaux d'activité

Le niveau le plus général (Coulange 1999) du modèle (+3) est le niveau 'noosphérique' ou 'idéologique' qui caractérise l'activité du professeur qui réfléchit de façon très générale à l'enseignement, ou bien, toujours en général, à l'enseignement des mathématiques. A ce niveau, l'activité du professeur n'est pas finalisée.

Dans le niveau suivant (+2, niveau de construction) l'activité du professeur est de concevoir les grandes lignes de l'enseignement d'un thème. Du point de vue de l'ingénierie didactique, c'est à ce niveau qu'intervient de façon caractéristique la recherche d'une situation fondamentale. Si l'on considère l'observation des pratiques ordinaires, on pourrait parler à ce niveau de recherche de problématique.

Le niveau (+1, niveau de projet) caractérise l'activité du professeur qui détermine le scénario d'une leçon. Le niveau (0, niveau didactique) caractérise l'action du professeur en classe. Il s'agit du *niveau de base* dans lequel les élèves et le professeur interagissent es-qualité ;

et c'est pourquoi il reçoit le numéro zéro. Le niveau (-1, niveau d'observation) est caractéristique de la dévolution ou de l'observation de l'activité des élèves. Si l'on s'intéresse à l'activité des élèves, on doit introduire d'autres niveaux (-2, -3), en ce qui concerne le professeur, il ne me paraît pas opportun d'en envisager d'autres (il s'agit d'un point en discussion avec Isabelle Bloch 1999).

Niveau noosphérique ou idéologique	3	+
Niveau de construction ou de conception d'un thème	2	+
Niveau de projet de leçon	1	+
Niveau de la situation didactique	0	
Niveau d'observation ou de dévolution	1	-

Tableau 1. Résumé des niveaux d'activité du professeur

2 Temps et niveaux

Ma présentation de l'activité du professeur peut laisser penser qu'il s'agit d'un modèle temporel, c'est à dire que le professeur passe l'un après l'autre dans tous les niveaux considérés. En fait nous allons voir que ce modèle n'est pas temporel mais *structurel*.

Par exemple, quand il agit dans la classe, une première interprétation pourrait conduire à comprendre l'activité du professeur comme une activité didactique (niveau 0). Mais le professeur en classe peut travailler à son projet de future leçon (niveau +1), ou bien (toujours au niveau +1) au projet de la même leçon mais dans une autre classe.

De même, même quand il agit dans la classe, ce qui semble toujours relever de la situation didactique (niveau 0) peut masquer une activité principale du professeur qui peut être d'observer l'activité des élèves et de maintenir leur relation didactique avec la situation (niveau -1, observation ou dévolution).

Cette complexité du niveau d'observation est d'ailleurs une des sources d'incompréhension récurrente de la dévolution : le professeur doit-il laisser les élèves

physiquement seuls pendant la dévolution? Le problème qui se pose alors est : quand est-ce qu'on peut dire qu'au lieu d'observer les stratégies des élèves (niveau -1) on agit dessus (niveau 0). On ne peut le régler en observant seulement le lieu ou la nature apparente des interactions entre le professeur et les élèves. On doit faire intervenir la situation dans laquelle se trouvent les élèves et en quoi l'interaction avec le professeur modifie (professeur niveau 0) ou non (professeur niveau -1) le milieu d'apprentissage (élève niveau -1).

Il existe donc une complexité temporelle de l'activité du professeur.

Chevallard (1985) en introduisant la notion de chronogenèse, et en caractérisant le professeur comme "celui qui sait avant les autres, qui sait déjà, qui sait 'plus' a ainsi ouvert la piste de la différence dans la gestion du temps didactique entre le professeur et les élèves. Ici on trouve une autre idée concernant cette complexité, qui est celle d'une multiplicité d'interprétation de l'activité du professeur du point de vue temporel.

Le professeur, même dans son activité en classe (niveau 0), peut être pris entre son projet passé qui lui sert de guide, mais aussi de cadre contraignant (niveau +1) et son projet futur (niveau +1, puisque celui-ci peut dépendre du présent, mais également le contraindre. De même, dans son activité hors classe, par exemple quand il prépare une leçon à réaliser (niveau +1), il est influencé par la construction passée qu'il a faite du thème mathématique (niveau +2) qu'il envisage d'enseigner mais cette activité de préparation peut l'amener à modifier cette construction et à en envisager une nouvelle construction future (niveau +2).

3 Insuffisance du modèle

La complexité temporelle nous permet de nous interroger sur les relations entre les niveaux, qui sont nécessairement complexes, ce dont la représentation en tableau que nous avons utilisé jusqu'ici ne rend pas compte. D'autres considérations convergent vers la nécessité d'une autre conception de l'activité du professeur.

Pour l'instant, nous n'avons envisagé la complexité que dans la proximité d'un niveau à l'autre, mais c'est insuffisant pour rendre compte de l'épaisseur des situations du professeur. Il ne suffit pas de disposer d'un modèle qui différencie des activités du professeur, il est également nécessaire de caractériser les relations entre ces 'activités'.

En particulier, nous avons besoin d'un modèle qui nous permette de rendre compte du caractère réflexif du travail du professeur: Grâce à l'observation de l'activité des élèves (Niveau -1), le professeur peut prendre des décisions en classe (Niveau 0) qu'il n'avait pas anticipé, mais

aussi transformer sa séquence (Niveau +1) voire sa conception du thème mathématique (Niveau +2) et même une de ses idées sur l'enseignement en général (Niveau +3). En changeant de conception sur l'enseignement des mathématiques (Niveau +3), le professeur peut transformer sa façon d'envisager l'enseignement d'un thème mathématique (Niveau +2), ce qui conduit à des projets de leçon différents (Niveau +1), et change aussi le type d'explication qu'il donne en classe (Niveau 0) et sa façon d'interpréter le travail des élèves (Niveau -1). On commence à entrevoir ici non seulement la nature réflexive des niveaux introduits, mais également une hiérarchie qui n'était qu'implicite jusque là.

Le professeur prend des décisions à tous les niveaux de son activité, mais il peut aussi transformer son point de vue dans l'activité réflexive dont nous venons de parler : le professeur apprend dans son activité professionnelle. Il est donc nécessaire d'envisager un modèle des situations dans lesquelles se développent les activités du professeur. C'est à dire décrire le professeur comme un sujet dont les connaissances lui permettent d'interagir avec un milieu, qui en retour permet de transformer ses connaissances, c'est à dire d'apprendre.

La situation du professeur

Nous allons transformer notre modèle de l'activité du professeur pour prendre en compte la situation du professeur, et tout d'abord nous allons nous interroger sur sa nature. Sauf dans des dispositifs de formation bien particuliers, le professeur se trouve dans une situation non didactique, puisque personne n'a construit cette situation pour qu'il apprenne. Comme dans toute situation non didactique, le professeur peut pourtant transformer ses connaissances, dans l'interaction avec un milieu. Pourtant, le caractère non didactique de la situation autorise essentiellement les situations d'action, rarement les situations de formulation, et de validation, et pratiquement jamais la situation d'institutionnalisation. C'est dire que les connaissances du professeur développées dans ces situations seront le plus souvent des connaissances implicites. Même dans le cas de situation auto-didactique, dans laquelle le professeur a l'intention d'apprendre de la situation qu'il va vivre "*Je verrai bien ce que ça donne*", il me semble qu'on dépasse rarement la dialectique de l'action.

4 Milieu et situation du professeur

Le professeur, comme tout sujet, interagit avec un milieu, et il apprend dans cette interaction, à la fois consommatrice et productrice de connaissances. Comment doit-on

particulariser cette interaction pour tenir compte du rôle spécifique du professeur? Le premier schéma proposé par Brousseau (1986, 1990 repris dans 1998) est le suivant (fig. 1).

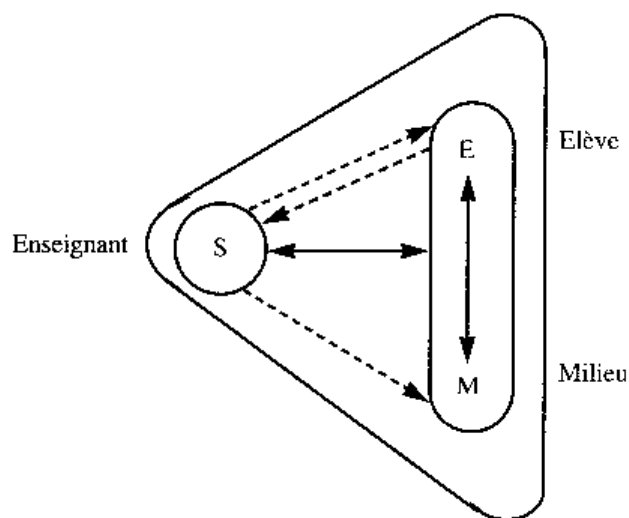


Figure 1. Le milieu du professeur

L'interaction principale du professeur s'effectue avec un système lui-même composé de l'interaction élève-milieu. Il s'agit pourtant d'un milieu pour le professeur, comme Brousseau le précisera plus tard. En reprenant les niveaux d'activités du professeur, on peut dire que le schéma de Brousseau correspond essentiellement au niveau 0 (situation didactique).

En 1986, l'intérêt n'était effectivement pas de modéliser le professeur (voir Margolinas 1999, EE 10) mais de tenir compte de l'enseignant dans une modélisation essentiellement centrée sur l'apprentissage de l'élève. Il nous faut donc transformer le schéma pour tenir compte de l'épaisseur que nous avons entrevue comme étant celle de l'activité du professeur.

5 Structuration du milieu

Pour rechercher une structuration du milieu du professeur, je me suis appuyée (Margolinas 1995) sur la structuration du milieu de Brousseau (1990, repris dans 1998) qui inclue deux positions du professeur. Brousseau caractérise le milieu comme un 'oignon', dans une structure récursive dans laquelle la situation de niveau n devient le milieu de la situation de niveau $n+1$, on peut donc écrire en première approche que, dans le schéma de Brousseau, $M_n = S_{n+1}$. Ce schéma permet de voir l'imbrication des milieux, comme dans un "oignon", en particulier en ce qui concerne l'activité de l'élève.

Ma première idée a été de la présenter autrement, sous forme de tableau, ce qui rend moins apparente l'idée fondamentale d'emboîtement, mais permet de hiérarchiser les situations et d'apercevoir des symétries ou dissymétries. Ma deuxième idée a été d'introduire symétriquement dans le tableau les positions et les situations du professeur par rapport à la situation centrale que j'ai nommée 0 pour rendre visible la symétrie. Finalement, j'ai développé (Margolinas 1994) l'idée de deux analyses possibles: l'analyse ascendante et l'analyse descendante, en les associant aux deux points de vue de l'élève et du professeur.

M+3:M-Constru ction		P+3:P-Noosph érien	S+3: Situation noosphérique
M+2: M-Projet		P+2:P-Constr ucteur	S+2: Situation de construction
M+1:M-Didacti que	E+1:E-Réfl exif	P+1: P-Projeteur	S+1: Situation de projet
M0:M-Apprenti ssage	E0: Elève	P0: Professeur	S0: Situation didactique
M-1:M-Référen ce	E-1:E-Appr enant	P-1: P-Observateur	S-1: Situation d'apprentissage
M-2: M- Objectif	E-2: E-Agissant		S-2: Situation de référence
M-3 :M-Matérie l	E-3 : E-objectif		S-3 : Situation Objective

Tableau 2. Structuration du milieu

6 Les milieux du professeur

Plaçons-nous à un moment de la détermination des milieux et des situations par *l'analyse ascendante*, celui de la détermination de la situation didactique (S0).

Si l'on se place du point de vue de l'élève, on a déjà déterminé ce qui permet de constituer le milieu d'apprentissage (composante de M0), et on s'intéresse aux interactions de l'élève (E0)

avec (M0), dans une situation (S0) qui est caractérisée par la production explicite de l'élève dirigée vers le professeur (P0).

Si l'on se place du point de vue du professeur, on a déjà déterminé ce qui permet de constituer ce que j'appellerai ici le milieu d'observation (composante de M0) et on s'intéresse aux interactions du professeur (P0) avec (M0), dans une situation qui est caractérisée par la nécessité de conclure (évaluation ou validation) sur les productions de l'élève (E0) (figure 2).

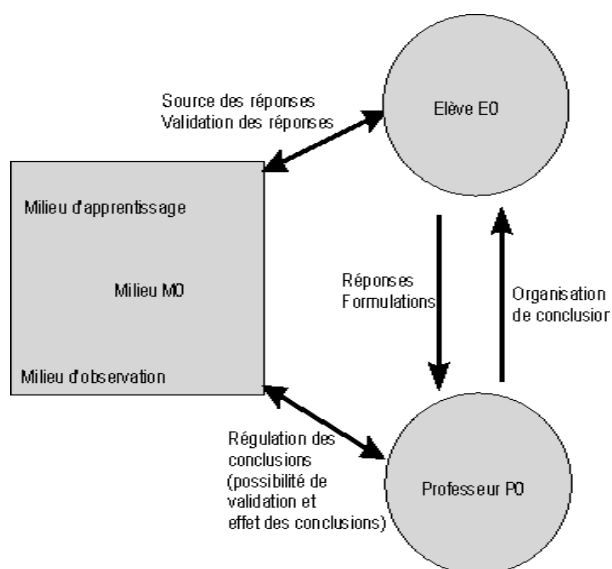


Figure 2 . Détermination de S0 par l'analyse ascendante

Si maintenant nous cherchons à déterminer la même situation didactique (S0), mais en faisant l'analyse *descendante*. Si l'on se place du point de vue du professeur, on a déjà déterminé une situation de projet (S+1). Le problème est donc de savoir ce que constitue cette situation de projet par rapport à la situation didactique (S0).

On a ici un choix à faire dans le modèle théorique. Dans mes écrits, j'ai considéré qu'on avait toujours $S_n - 1 = M_n$, ce qui peut aussi s'écrire formellement $S_n = M_n + 1$. Ce point de vue correspond à une extension directe de l'égalité obtenue à partir du modèle de Brousseau.

Dans le cas qui nous intéresse, cela signifierait que $S_0 = M + 1$. Autrement dit, dans l'analyse descendante, on est conduit à déterminer d'abord le milieu M+1, pour en déduire ensuite la situation suivante S0. Sans rentrer trop dans les détails techniques, ce point de vue me paraît maintenant peu adapté. En particulier, si on peut déterminer assez facilement les objets produits par l'interaction sujet-situation, qui peuvent donc constituer le milieu suivant, il est difficile d'imaginer les contraintes et les déterminations issues d'un milieu, qui permettraient de caractériser une situation. C'est pourquoi je reprendrai ici une idée émise par Perrin-Glorian 1999:

[...] considérer qu'à chaque instant l'enseignant interagit avec deux milieux: d'une part le milieu constitué par l'élève agissant sur son propre milieu contenant lui-même tous les niveaux de rang inférieur [...] d'autre part en se plaçant à un niveau donné, l'enseignant interagit aussi avec les milieux de niveaux surdidactiques, emboîtés dans l'autre sens. (op. cit.)

En tirant les conséquences de cette proposition, on obtient ainsi deux nouvelles composantes du milieu de la situation didactique (S_0), selon qu'on s'intéresse au point de vue de l'élève ou du professeur. J'ai choisi de nommer M_0 l'ensemble de ces composantes, que l'on pourra parfois avoir intérêt à distinguer pour des raisons d'expositions (en les nommant M_0^{sup} et M_0^{inf} , de même manière que Perrin-Glorian distingue l'intersection du milieu potentiel et du milieu de la situation en le notant M_{ps} ; on pourrait aussi imaginer de nommer d'une façon particulière le milieu de l'élève et celui du professeur, etc.).

Plaçons-nous à un moment de la détermination des milieux et des situations par l'analyse descendante, celui de la détermination de la situation didactique (S_0). Si l'on se place du point de vue du professeur, on a déjà déterminé ce qui permet de constituer le milieu de scénario (composante de M_0), et on s'intéresse aux interactions du professeur (P_0) avec (M_0), dans une situation (S_0) qui est caractérisée par l'institutionnalisation des savoirs. Si l'on se place du point de vue de l'élève, on a déjà déterminé ce qui permet de constituer ce que j'appellerai ici le milieu de réflexion (inclus dans M_0) et on s'intéresse aux interactions de l'élève (E_0) avec (M_0), dans une situation qui est caractérisée par la nécessité d'interpréter l'avancée du temps didactique pilotée par le professeur (P_0) (voir figure 3 page suivante).

Je viens de décrire dans le détail l'origine du milieu M_0 de la situation didactique. Pour considérer la situation S_0 , il faut donc réunir ces deux schémas (figures 3 et 4). Selon le projet, on pourra choisir de garder une présentation qui différencie l'origine des milieux, ou bien au contraire unifier sans se soucier de l'origine pour ne retenir que des composantes du milieu. On peut aussi donner une présentation en tableau de cette réunion.

S ₀ Situation didactique	0	M-réflexion	M-scénario	0	S ₀ Situation didactique
		M-apprentissage	M-observation		

Tableau 3. Composantes du milieu de la situation didactique

En réunissant les deux schémas, on remarque que la fonction du professeur est à la fois de conclure (qui provient de l'analyse ascendante) et d'institutionnaliser (qui provient de l'analyse descendante), ce qui rejoint, la fonction 'instituer' (qui réunit conclure et institutionnaliser) introduite par Mercier, Sensevy, Schubauer-Leoni 2000.

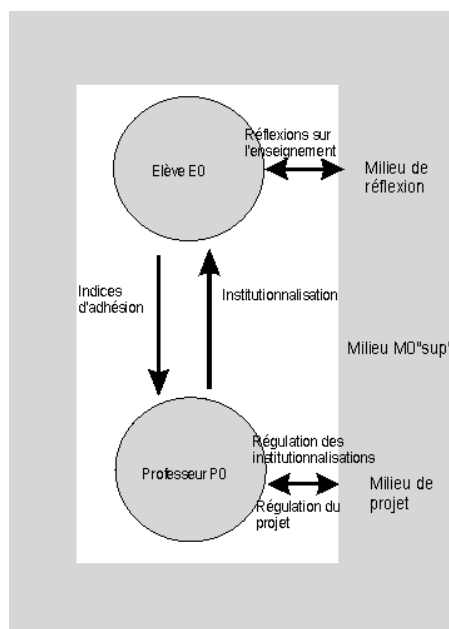


Figure 3. Détermination de S0 par l'analyse descendante

Nous avons remarqué précédemment l'insuffisance du modèle en terme de niveau, notamment pour prendre en compte la dimension chronogénétique de la situation didactique.

Cette dimension apparaît ici dans les interactions entre le professeur et l'élève avec la composante M0sup (voir schéma sur le cédérom).

La dimension topogénétique intervient également dans la distinction des différentes composantes du milieu. Le milieu M0, si on distingue ses composantes, n'est pas le même pour l'élève et pour le professeur (voir schéma sur le cédérom).

On pourrait déterminer de la même manière les composantes du milieu de la situation de projet (S+1), de la situation de construction (S+2), ainsi que de la situation d'observation (S-1) et de la situation noosphérique (S+3) (voir cédérom).

7 Nature des milieux supérieurs et inférieurs

Nous allons reprendre ici l'idée de deux natures possibles des milieux: antagonistes et alliés, introduites par Fregona (1995) dans sa thèse dirigée par Brousseau. Ces distinctions, comme le concept de milieu lui-même, ont été introduites pour tenir compte de la situation de

l'élève. Reprenons les tout d'abord dans les textes originaux. Brousseau (1986, repris dans 1998) définit le milieu comme le 'système antagoniste du système enseigné'.

Fregona (1995) insiste sur le qualificatif antagoniste: "Pour agir, pour apprendre, l'élève doit trouver insuffisant ses moyens de contrôle, donc le sous-système avec lequel il négocie ne doit pas être pour lui un allié mais un concurrent." Le caractère antagoniste du milieu est lié à l'existence d'une interaction effective: "L'interaction que nous appelons effective est celle qui ne dépend pas entièrement de l'acteur. Il reçoit des sanctions non prévues de sa part. Le contrôle de ses actions est assumé, en partie, par un système extérieur." En contraste, elle caractérise donc le milieu allié: "En revanche, si l'enseignant cherche à organiser un milieu allié où l'acteur agit sous des contraintes qui essaient de lui faire éviter les confrontations, alors nous sommes en face d'interactions de type fictif."

Mon travail se distingue de celui de Fregona pour deux raisons: (1) il est plus influencé par l'observation que par la construction de situation (2) il s'intéresse plus au professeur qu'à l'élève. Dans ce contexte, il me semble que l'on peut proposer de définir les natures des milieux pointés par Fregona de la manière suivante: On dira qu'un milieu est de nature antagoniste s'il est susceptible de produire des rétroactions sur les connaissances du sujet. On dira qu'un milieu est de nature alliée s'il ne permet que l'action du sujet, mais n'est pas susceptible de produire des rétroactions. Introduire ces distinctions laisse bien entendu entière la difficulté de savoir si un milieu potentiellement antagoniste est effectivement antagoniste dans une situation donnée, en s'inspirant de Perrin-Glorian 1999.

Fregona se place dans le domaine de l'organisation par le professeur de situation didactique à l'usage de l'élève. Comme nous l'avons dit, le professeur se trouve en situation non didactique. Pourtant il me semble que les milieux inférieurs et supérieurs ne jouent pas le même rôle pour le professeur. Si nous nous situons dans la situation de projet (S+1), caractéristique du travail du professeur. Nous avons décrit l'existence de deux composantes du milieu (M+1) du professeur: une composante qui dérive de la situation supérieure (S+2), que j'appellerai ici milieu du thème et une composante qui dérive de la situation inférieure (S0) que j'appellerai ici milieu didactique. Dans un premier temps, je ne vais considérer que les positions du professeur.

M-thème	+1	P	S+1
M-didactique		Situation de projet	

Tableau 4. Composantes du milieu de la situation de projet du professeur

Hypothèse:

Dans la situation S+1, le milieu du thème (M+1 sup) est un milieu allié, alors que le milieu didactique (M+1 inf) est un milieu antagoniste.

Modération de l'hypothèse: dans le cadre d'une situation non didactique, on ne peut pas faire d'affirmation définitive sur la nature d'un milieu. Il s'agit donc de dire que le milieu du thème est le plus souvent, ou pour la plus grande part, un milieu allié, de même pour le milieu didactique. Ce point de vue est proche de celui de Coulange (à paraître), qui parle de contrainte interne (milieu inf) et externe (milieu sup) et place un espace de liberté dans la situation externe.

Le milieu didactique comprend en effet des éléments objectifs qui ne sont pas totalement sous le contrôle du professeur: les réactions des élèves à la situation didactique. En reprenant Fregona, on peut dire qu'il reçoit de l'extérieur des sanctions non prévues de sa part. L'interaction avec le milieu didactique, dans toutes ses composantes temporelles (passé, présent, futur) peut donc être une interaction conflictuelle, qui va obliger le professeur à des adaptations de son projet de scénario (présent, futur).

Par contre, le milieu du thème n'a pas les mêmes caractéristiques, en particulier parce qu'il ne comprend pas en général d'autres acteurs. Le professeur, même s'il est contraint par les programmes et par le savoir mathématique lui-même dispose d'une grande liberté, il peut en particulier "éviter les confrontations", ce qui le rapproche d'un rapport fictif avec un milieu allié. Les changements de programmes, une inspection, un projet avec d'autres collègues peuvent sans doute changer la nature du milieu du thème, qui est alors susceptible de jouer le rôle d'un milieu antagoniste.

Généralisation de l'hypothèse: Dans les situations S0, S+1 et S+2, caractéristiques de l'activité du professeur, les milieux inf sont des milieux antagonistes et les milieux sup sont le plus souvent des milieux alliés.

Parler d'interaction avec un milieu antagoniste nous conduit donc naturellement à nous interroger sur les transformations des connaissances du professeur en situation.

Etude cognitive d'un professeur Le cas de Béatrice

Quand nous parlons de professeur ou d'élève, c'est en fait des connaissances de ces sujets que nous parlons. Ce sont les connaissances du sujet qui lui permettent d'agir sur un milieu, la rétroaction du milieu pouvant conduire à une modification de ces connaissances (l'apprentissage). Comme tout sujet, dans l'interaction avec un milieu, le professeur utilise et produit des connaissances. Ce sont ces connaissances qui vont nous intéresser ici.

Le terme de connaissance est utilisé ici dans le sens de Brousseau (1981, repris dans 1998) et celui de Conne (1992). Leur travail a montré la différence fondamentale entre connaissance et savoir, et le parallèle qu'établit Conne (1997, EE9) entre connaissance et activité d'une part, savoir et pratique d'autre part, nous permet d'affiner encore l'utilité de cette distinction.

Dans le paradigme dans lequel je me place, je ne vois aucune raison, ni théorique, ni technique, d'introduire d'autres termes comme 'savoir-faire', 'compétence', 'croyance' etc.

Le problème de la détermination de ces connaissances, dans le cas du professeur, est une question qui reste délicate pour plusieurs raisons: les connaissances du professeur sont le plus souvent implicites (elles sont produites en situation d'action). Elles sont souvent péjorées par les professeurs eux-mêmes et la noosphère en général. Il n'existe pas encore beaucoup de travaux de didactique des mathématiques sur les connaissances des professeurs, dont l'accumulation permettrait de disposer d'une sorte de 'catalogue' des connaissances probables pour un professeur donné (alors qu'un tel catalogue existe pour l'élève; les travaux d'EVAPM en était l'exemple le plus complet) (voir la thèse de Coulange 2000 pour un exemple d'étude des connaissances du professeur concernant l'enseignement des systèmes d'équations en classe de troisième).

Dans la suite de ce travail, je donnerai les grandes lignes d'un exemple, le cas de Béatrice (voir cédérom pour une étude détaillée). La section (Leutenegger 2000) que j'ai choisi ici me permet de pointer le fonctionnement des connaissances du professeur, ce qui exigera dans le cas choisi la détermination de composantes du milieu $M+1$ provenant de toutes les situations supérieures ($S+2$ et $S+3$) comme inférieures ($S0$ et $S-1$). J'ai déjà exposé plusieurs fois des analyses issues du même système de protocoles (Tavignot 1997), constitué en 1997 (1997 EE 9, séminaire national 1997, voir Margolinas 1997, 1997-1998 et 1998).

8 Une section de l'étude cognitive de la situation de projet (S+1)

L'analyse cognitive demande l'identification des connaissances en jeu dans les interactions des situations du professeur (identifiées dans la partie précédente). C'est donc d'un "macro-système" de protocoles (Tavignot 1997) que nous avons besoin, et dont j'ai la chance de disposer (voir cédérom pour une description de ce macro-système de protocole).

Je partirai ici de l'analyse des connaissances du professeur Béatrice dans la situation de projet (S+1), caractéristique de l'activité du professeur, et tout d'abord dans sa phase la plus typique, la préparation de la leçon (groupe de travail, le 2 juin). Je n'étudie qu'une section du protocole (Leutenegger 2000) qui n'a pour but que d'illustrer mon propos.

L'objectif du groupe de travail (composé de quatre professeures : Béatrice, Danièle, Geneviève et Marie-Paule) est de préparer un ensemble de quatre leçons, qui constituent le chapitre "Translation et Rotation". La discussion de l'activité initiale "Poissons" va occuper presque toute l'heure réservée à cette préparation, et va être le premier sujet de discussion des professeurs. Le groupe s'appuie sur un document (voir Margolinas EE9 pour les figures) qui a été utilisé par Marie-Paule et Geneviève depuis quelques années. Geneviève, qui a soigneusement recopié la consigne adoptée l'année précédente, présente à toutes une photocopie de celle-ci.

Voici dix situations. Classe-les suivant la transformation qui permet de passer de la figure A à la figure B

Voici un extrait de la discussion des professeurs à ce sujet:

Béatrice (1): voici dix situations classe-les suivant la transformation qui permet de passer de la figure A à la figure B //et c'est quoi une transformation
[...]
Danièle: je crois que dans le programme ils disent / à aucun moment
Béatrice (2) (en chœur avec Danièle): faire référence à une transformation du plan dans lui-même / tu me diras on n'a pas dit une transformation du plan dans lui-même / mais quand même

On observe alors une forte perturbation sur le travail du groupe, à la fois en temps, et en obligation de retour en arrière (Marie-Paule, leader du groupe, doit faire revenir aux objectifs du chapitre et de la leçon pour tenter de résoudre le problème). Il y a ici une résonance forte

(Comiti et al.), comme on pourrait en observer en situation de classe. On trouvera la consigne finale dans en annexe.

Pour interpréter en terme de connaissance cette résonance, on va devoir prendre en compte, dans l'analyse descendante, une section de la situation S+3. Selon la méthode exposée dans Coulange 2000, à partir du protocole étudié, il s'agit ici de trouver une connaissance générique qui se trouverait spécifiée dans l'activité des professeurs.

9 Connaissances C+3

La situation S+3 est la situation la plus extérieure dans le modèle développé. En gardant l'idée de symétrisation par rapport au modèle de Brousseau, j'ai conservé, à l'instar de la situation S-3 pour l'élève, l'idée que la situation S+3 est non finalisée. Les connaissances du niveau +3 proviennent donc d'une relation avec la noosphère, dans un mouvement qui relève plus de l'importation que de l'interaction. Dans le mouvement pris en compte dans l'analyse descendante, les connaissances C+3 se naturalisent et deviennent alors des objets du milieu idéologique (M+2 composante sup).

Dans la section qui nous intéresse, une connaissance, partagée par l'ensemble du groupe des professeurs, doit être considérée pour rendre compte des phénomènes observés.

C+3: Les programmes et les instructions officielles doivent être scrupuleusement respectés par les enseignants.

Ainsi, l'intervention de Danièle, relayée par Béatrice (citation des accompagnements du programme), produit-elle une perturbation très importante dans le groupe de travail, qui cherchera avec difficulté à tenir compte de la connaissance des instructions officielles sur lesquelles se fondent ces interventions.

10 Une analyse cognitive de la situation S+2

Dans la situation S+2, on va donc intégrer comme partie du milieu idéologique ce que je résumerai par C+3 "respect programme".

On obtient donc une situation S+2, dans lequel cette connaissance va se spécifier en

C+2: Il est interdit de faire référence à une transformation du plan dans lui-même
--

Dans le cadre de l'économie générale du chapitre, Béatrice et Danièle vont produire une connaissance qui résulte de l'interaction avec le milieu supérieur et qui va être

C+2 (Béatrice et Danièle): Il est interdit de prononcer le mot 'transformation'

Dans le système de protocole, cette connaissance de Béatrice et Danièle est attestée à la fois dans les discussions du groupe de préparation, mais également dans la situation de classe et dans l'entretien a posteriori. En particulier, dans la situation de classe, Béatrice et Danièle ne prononceront jamais le mot 'transformation'.

Entretien semi-directif de Béatrice, une semaine après la séance:

B: t'as vu / je disais à chaque fois dans chaque situation / au lieu de dire à chaque transformation / il me semblait que c'était une consigne qu'on s'était donné aussi / enfin ça c'est si on veut / respecter le programme à la lettre

Dans le groupe de professeurs, on obtient aussi une version plus faible de cette connaissance qui serait:

C+2 (Marie-Paule): Il est n'est pas souhaitable d'écrire le mot 'transformation' dans la consigne

Dans le système de protocole, cette version "faible" est confirmé par l'emploi du mot 'transformation' dans la classe de Marie-Paule.

Interrogeons maintenant ces connaissances au regard d'autres éléments du système de protocole: les textes des programmes et des instructions.

La situation S+2, dans laquelle les professeurs construisent la problématique du thème mathématique, comporte dans le milieu M+2 les textes qui concernent les problématiques possibles du thème mathématique, et en particulier les programmes officiels et les instructions. On pourrait d'ailleurs à ce sujet reprendre l'idée de Perrin-Glorian (1999) de milieu potentiel et actuel, car ces textes, s'ils permettent des analyses a priori pertinentes (voir méthodologie de Coulange 2000) ne sont pas toujours connus des sujets, et peuvent ne l'être que potentiellement.

Dans le programme, le sujet est nommé de la manière suivante : “ Dans le plan, *transformation* de figures par translation ou rotation; translation et vecteur; polygones réguliers ”, le commentaire précise : “ La translation et la rotation n'ont à aucun moment à être présentées comme des applications du plan dans lui-même. Suivant les cas, elles apparaîtront dans leur action sur une figure, ou comme laissant invariante une figure ”.

Il ne s'agit pas de ce que Béatrice et Danièle en ont retenu.

On a donc dans le groupe de professeur deux façons de construire S+2.

Béatrice ne considère que le programme de 1985, qui correspond également à celui qu'elle a connu en tant qu'élève de collège. Danièle, qui a été élève dans les années 70 n'en garde qu'un souvenir global et se trouve proche de Béatrice de ce point de vue. Pour elles, l'interdit du programme de 1985 est impossible à interpréter, ce qui produit une connaissance fautive

C+2 (Béatrice et Danièle): il est interdit de prononcer le mot 'transformation', synonyme de "application du plan dans lui-même".

Marie-Paule connaît les programmes depuis 1945 (et en particulier celui des années 70, premières années de son professorat) et interprète donc le programme comme

C+2 (Marie-Paule): on ne doit pas faire formellement l'enseignement de toutes les applications du plan dans lui-même, on n'introduit pas formellement l'image d'un point par une application mais on reste au niveau des figures.

On voit au passage que les rédacteurs des programmes supposent implicitement chez les professeurs la présence de connaissances (ici le programme antérieur) qui, quand elles font défaut (après plusieurs années de fonctionnement du programme), laisse la porte ouverte à des interprétations erronées.

Comme piste expérimentale concernant l'analyse cognitive du professeur, on peut considérer les changements de programme comme source de perturbation dans le milieu allié, permettant de le rendre localement antagoniste.

11 Une analyse cognitive de Béatrice en S0 et S-1

Si l'on s'intéresse maintenant à la gestion de classe, on a donc inclus dans le milieu M0 sup (provenant des situations supérieures) l'interdiction pour Béatrice (et Danièle) de prononcer le mot 'transformation'.

Chez Béatrice, en classe, cette interdiction s'accompagne d'hésitations
 9h17 Béatrice (collectif, à voix haute): je vous ai dit qu'il y a une figure était l'image de l'autre par une certaine euh / à partir d'une certaine construction
 9h27 alors je vais vous donner à chacun deux figures / vous donnez un nom à ces / à ces / situations

9h28 / donc vous pouvez tout écrire sur transparent / et donner un nom à la / à la situation /

Béatrice ne dira qu'ils doivent "donner un nom à la situation" que dans la consigne du travail en groupe, c'est-à-dire au bout de 21 minutes de travail. Pendant toute la période du travail individuel, ils ne savent pas qu'il est légitime de nommer ce qu'ils perçoivent bien comme du "nouveau" avec "leurs mots à eux". La réaction des élèves a été de nommer "symétries" toutes les "situations" rencontrées, en cherchant des adjectifs permettant de caractériser les nouvelles "symétries". A l'issue du chapitre, à la consigne "Explique, pour un camarade qui aurait été absent lundi et mardi, ce que tu as appris dans ce nouveau chapitre", voici les réponses d'élèves qui montrent le fonctionnement cohérent de ce vocabulaire.

Adeline: Nous avons appris plusieurs sortes de symétries. La rotation, la translation et les vecteurs.

Vanessa: Il y a plusieurs sortes de symétries, j'en ai connu 2 de plus. symétrie par translation et rotation.

Cette difficulté de vocabulaire des élèves, qui provient directement de l'absence de mot pour parler de ce sur quoi on travaille, peut sembler mineure. Chez Béatrice, elle engendre une connaissance de niveau -1 qui va lui causer des difficultés de gestion de la première partie de la séance:

C-1: les élèves ne parlent que de symétries et ne cherchent à construire que des symétriques

Elle va intervenir d'une façon assez agressive pendant le travail en groupe, et passer le double du temps sur le travail individuel.

9h17 (13ème minute depuis le début du travail individuel, prévu pour durer 10 minutes)

Béatrice (collectif, à voix haute): essayez d'être un peu malin / vous voyez qu'il y a une figure / je vous ai dit qu'il y a une figure était l'image de l'autre par une certaine euh / à partir d'une certaine construction / alors quand vous tracez une construction sur votre feuille / essayez d'être un peu malin / essayez qu'elle fasse ressortir la façon dont on passe d'une figure à l'autre / ça sert à rien de tracer des droites euh / si ça a pas de sens pour vous

Elle exprime immédiatement cette difficulté au cours de la réaction "à chaud" qui suit la séance.

B: / ils faisaient rien au début les miens / je comprends rien je me disais

Plus d'une semaine après, dès le début de l'entretien d'une heure, Béatrice revient sur ce problème.

B: dans la mienne ça ne démarrait pas / et donc [...] / donc ça démarrait pas parce que j'ai l'impression / l'explication que je me suis donnée c'est que la consigne était finalement pas très C. / [...] et puis / y a quelqu'un qui a prononcé le mot symétrie / c'est Géraldine / et à partir de là tout le monde / tout le monde pensait que toutes les figures étaient euh / c'était des cas de symétrie / ils dessinaient tous partout des axes de symétrie / des

La situation d'entretien va finalement provoquer a posteriori, une nouvelle prise en compte des rétroactions du milieu M0 inf, qui va jouer un rôle rétrospectif de milieu antagoniste, et permettre un apprentissage dans un épisode adidactique (Mercier).

B: alors ça / par exemple y en avait une qu'avait vraiment des idées fixes de symétrie / et elle traçait des choses là / des espèces d'axes de symétrie [...]
 B: ah non parce qu'elle a fait des traits de construction / en fait / comme dans le / comme dans le / comme dans la / comme dans la translation / et y a que là où figurent des arcs de cercle / alors est-ce qu'elle a pas eu le temps de / les tracer ou / et qu'est-ce que ça veut dire aussi les segments qu'elle a tracés [...]
 B: on peut pas se poser la même question sur euh / puisque ici c'est des segments qu'il fallait tracer à chaque fois / d'ailleurs c'est bizarre / ça en enlève autant / pour les rotations / on trace pas des segments on trace des arcs de cercles et euh / j'avais pas pensé à ça justement
 C: et on peut pas tracer des segments justement / enfin ça
 B: oui on peut tracer un segment et son image mais on peut pas tracer / disons que quand on effectue la transformation les points qu'on écrit c'est pas des segments / et c'est pas des droites

Cette connaissance, qu'on pourrait formuler comme ci-dessous, n'est sans doute pas stable (en particulier, elle n'a jamais fait l'objet d'une formulation).

C-1: pour caractériser les transformations, une stratégie de base peut consister à tracer des segments reliant les points homologues (cette stratégie ne pose problème que dans le cas de la rotation, où il faut alors tracer des arcs de cercles et non pas de segments).

On voit comment cette connaissance peut être transformée en objet (observé en situation S-1) et permettre une connaissance C0 utile pour la conclusion

C0: on peut reprendre l'idée des élèves de relier les points homologues et les orienter vers la production d'arc de cercle pour les rotations

12 Conclusion de l'analyse cognitive de Béatrice

On pourrait maintenant décrire la nouvelle situation S+1 à l'issue de la séance, qui intègre les connaissances nouvelles de Béatrice. Je retiendrai seulement ici que malgré l'importance de la situation S+2 et de l'interprétation fautive du programme, le milieu M+1 sup n'a pas joué de caractère antagoniste, Béatrice ne songe pas à revenir au programme, à le relire et à le réinterpréter, par exemple pour voir si vraiment on ne doit pas prononcer le mot 'transformation'. Ce sont les réactions des élèves, observées par Béatrice dans la situation S-1, qui produiront finalement une évolution de la situation de projet, en permettant à Béatrice d'envisager d'accepter des constructions de segments, dans le cas des rotations, comme faisant partie d'une recherche des élèves. Le milieu M-1 inf a donc joué un rôle antagoniste.

Conclusion

Le travail présenté aujourd'hui peut s'interpréter de plusieurs façons.

La recherche des situations du professeur est un instrument pour poser des questions, en sachant qu'il faut toujours rester ouvert en ce qui concerne l'analyse du rôle du professeur, qui est en situation non didactique.

D'autre part il introduit une technique de détermination des situations, dont seul le résultat importe, sachant que cette technique est en concurrence avec d'autres, ce qui n'a aucune importance, le problème étant de savoir laquelle utiliser pour répondre à une question de recherche.

Enfin une est aussi une construction théorique qui cherche à fonder l'existence d'un milieu pour le professeur, et l'existence de plusieurs composantes de ce milieu.

références bibliographiques

- Bloch, I. (1999) L'articulation du travail mathématique du professeur et de l'élève dans l'enseignement de l'analyse en première scientifique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **19/2**, 135-194
- Chevallard, Y. (1985) *La transposition didactique*, Grenoble : La Pensée Sauvage,.
- Comiti, C., Grenier, D., Margolinas, C. (1995) Niveaux de connaissances en jeu lors d'interactions en situation de classe et modélisation de phénomènes didactiques, in ARSAC Gilbert et al. (eds) *Différents types de savoirs et leur articulation*, Grenoble : La Pensée Sauvage, pp. 92-113.
- Conne, F. (1992) Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **12/2-3**, 221-270
- Conne, F. (1997) L'activité dans le couple enseignant/enseigné, in Bailleul Marc (eds) *Actes de la IX^e Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, ARDM
- Coulange, L. (1999) Détermination du rôle d'un professeur de troisième à l'occasion de l'introduction officielle des systèmes linéaires, in Bailleul Marc (eds) *Actes de la X^e Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, ARDM
- Coulange, L. (2000), *Etude des pratiques du professeur du double point de vue écologie et économique – Cas de l'enseignement des systèmes d'équations et de la mise en équations en classe de Troisième*. Thèse de doctorat, spécialité : Didactique des mathématiques, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Coulange, L. (à paraître) Pratiques du professeur dans l'enseignement des systèmes d'équations en classe de Troisième : Double point de vue écologique et économique, *Recherches en didactique des mathématiques*, **21.3**,
- Brousseau, G. (1986) La relation didactique: le milieu, *Actes de la 4^e école d'été de didactique des mathématiques*, IREM de Paris 7.
- Brousseau, G. (1998) *Théorie des situations didactiques*, Grenoble : La Pensée Sauvage,.
- Fregona, D. (1995) *Les figures planes comme " milieu " dans l'enseignement de la géométrie: interactions, contrats et transpositions didactiques*, Thèse de l'Université de Bordeaux I, diffusion LADIST Bordeaux.
- Leutenegger, F. (2000) Construction d'une " clinique " pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels d'enseignement, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **20/2**, 209-250

- Margolinas, C. (1994) Jeux de l'élève et du professeur dans une situation complexe, *Séminaire DidaTech, LSDD, IMAG, Université Joseph Fourier, Grenoble*.
- MARGOLINAS, C. (1995) La structuration du milieu et ses apports dans l'analyse a posteriori des situations, in MARGOLINAS C., *Les débats de didactique des mathématiques, annales 1993-1994*, Grenoble : La Pensée Sauvage,.
- MARGOLINAS, C. (1997) Etude de situations didactiques "ordinaires" à l'aide du concept de milieu: détermination d'une situation du professeur, in Bailleul Marc (eds) *Actes de la IX^e Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, ARDM
- MARGOLINAS, C. (1997-1998) Projet pour l'étude du rôle du professeur en situation, *Actes du séminaire de l'équipe de didactique des mathématiques, Laboratoire Leibniz, Grenoble*
- MARGOLINAS, C. (1998) Une étude de la transmission des situations didactiques, *Actes du colloque "Recherche(s) et Formation", Grenoble février 1998*.
- MARGOLINAS, C. (1999), Les pratiques de l'enseignant. Une étude de didactique des mathématiques: recherche de synthèses et perspectives, in Bailleul Marc (eds) *Actes de la X^e Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, ARDM
- PERRIN-GLORIAN, M.J. (1999) Problèmes d'articulation de cadres théoriques : l'exemple du concept de milieu, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **19/3**, 279-322
- SENSEVY, G. MERCIER Alain, SCHUBAUER-LEONI M.L. (2000) Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la course à 20, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **20/3**, 263-304
- TAVIGNOT, P. (1993) Analyse du processus de transposition didactique. Application à la symétrie orthogonale en sixième lors de la réforme de 1985, *Recherches en didactique des mathématiques*, **13/3** 257-294
- TAVIGNOT, P. (1997) Macro-système de protocoles dans le cadre théorique de la transposition didactique, in Jean Brun et al. (eds), *Analyse de protocole entre didactique des mathématiques et psychologie cognitive*, Vich, Suisse : Interactions didactique