

Les connaissances professionnelles locales : le cas d'une séance sur le modèle particulaire

Local professional knowledge : the case of a session on a particule model

Ludovic MORGE

Équipe « processus d'action des enseignants »
IUFM d'Auvergne
36-38, avenue Jean-Jaurès
63400 Chamalières, France.

Résumé

Le travail présenté dans cet article contribue à une meilleure connaissance des savoirs et savoir-faire professionnels de l'enseignant en pointant l'existence de connaissances professionnelles locales spécifiques à une séance d'enseignement donnée. Pour repérer ces dernières, quatre enseignants de sciences ont mis en œuvre dans leur classe une séance identique issue de la recherche en didactique des sciences. Les séances, enregistrées et transcrites, sont ensuite analysées dans une perspective anthropologique. Ces savoirs et savoir-faire locaux ainsi repérés peuvent constituer de nouveaux contenus de formation.

Mots clés : *enseignement des sciences, connaissances professionnelles locales, phases de conclusion, formation des maîtres, simulation analysée.*

Abstract

This article contributes to a better approach of the teacher's knowledge and know-hows with a particular focus on the existence of specific knowledge and know-hows related to a given session. To find those, four science teachers have organized in their class a similar session stemming from the research on science didactics. These sessions have been recorded and transcribed then analyzed from an anthropological viewpoint. These local knowledge and know-hows once spotted may constitute new contents for teachers' training.

Key words : *science teaching, local professional knowledge, conclusion phases, teacher's training, analysed simulation of actions.*

1. INTRODUCTION

1.1. La gestion des situations d'enseignement issues de la recherche

Au cours des dernières décennies, plusieurs recherches menées dans le domaine de la didactique des sciences ont produit des séquences d'enseignement (Séré, 1985 ; Chomat *et al.*, 1988 ; Kaminski, 1989 ; Johsua & Dupin, 1989 ; Lemeignan & Weil-Barais, 1993 ; Robardet, 1997 ; Besson *et al.*, 2000 ; etc.) Étant diffusés dans les accompagnements de programmes (ministère de l'Éducation nationale, 1997), certains de ces produits de recherche deviennent des outils d'enseignement. Le professeur peut ainsi aborder certains contenus d'enseignement selon une nouvelle perspective. Mais, s'il n'est pas préparé à la gestion des séances issues de la recherche, l'enseignant risque de se tourner vers des modalités de gestion de type transmissif qui peuvent paraître plus simples parce que plus habituelles. La place importante donnée dans de nombreuses séances issues de la recherche à la participation des élèves crée des problèmes particuliers qui complexifient la conduite de la classe.

En effet, dans la plupart de ces séances, les élèves sont placés en situation de recherche et de production, ce qui introduit de l'incertitude dans le déroulement de la séance. Ce changement du rôle de l'élève s'accompagne d'une modification du rôle de l'enseignant qui doit, entre autres, enrôler les élèves dans la tâche, définir le problème et en faire partager le sens, faire expliciter les réponses des élèves, statuer sur leurs productions pour conclure, institutionnaliser le savoir. Dans notre recherche, nous nous intéressons plus spécifiquement aux phases de conclusion, moment d'interaction dont l'enjeu est d'accepter ou de refuser des productions d'élèves. Il

s'agit d'un moment clé de l'enseignement et de l'apprentissage. En effet, pendant ces phases de conclusion, les élèves prennent connaissance des modalités de contrôle de leurs productions à travers les arguments utilisés dans l'interaction (voir les techniques, figure 1). Ces modalités régulent et orientent la co-construction de savoirs et par-là, la construction individuelle des connaissances. Les opérations de contrôle peuvent être prises en charge par les élèves, mais elles s'effectuent toujours sous la responsabilité de l'enseignant. Ce dernier doit pouvoir, le cas échéant, proposer rapidement des arguments capables de conforter ceux d'un élève, de s'y opposer ou de pallier une absence d'argumentation des élèves. Cette recherche d'arguments est d'autant plus difficile pour l'enseignant que certaines productions sont inattendues et qu'il dispose généralement de peu de temps pour réagir.

Au cours d'une précédente recherche (Morge, 1997) nous avons conçu, réalisé et évalué une première formation d'enseignants visant à faciliter la mise en œuvre de ce type de séances. Le dispositif de cette formation s'inscrit dans le paradigme du praticien réflexif, largement diffusé dans de nombreux pays (INRP, 2001). Ce paradigme postule que le savoir professionnel n'est pas dans un rapport d'application avec les savoirs théoriques ou méthodologiques mais qu'il se construit dans l'action et la réflexion sur l'action. À partir de ce paradigme, se sont développés des dispositifs de formation dont l'activité centrale est l'analyse *a posteriori*, par l'enseignant, de sa propre pratique (Portugais, 1995 ; Saint-Georges, 1996 ; Morge, 1997 ; Boilevin, 2000). Ces dispositifs ont des limites dont le dépassement a en partie motivé la recherche présentée dans cet article.

1.2. Limites des formations par auto-analyse *a posteriori*

Dans le cadre d'une formation par l'auto-analyse *a posteriori*, l'enseignant ne progresse dans sa compétence à enseigner qu'après avoir enseigné. Il apprend après la conduite de la séance ce qu'il aurait pu ou dû faire pour la conduire. De plus, l'auto-analyse *a posteriori* restreint le choix du niveau des séances d'enseignement analysées à celui des classes dont l'enseignant est responsable. Enfin, les résultats fortement contextualisés de l'analyse ne sont pas exploités puisqu'ils ne peuvent pas être réinvestis dans des séances ultérieures, à moins de recommencer la même séance peu après l'analyse, ce qui est rarement possible. Dans ce type de formation, seules les compétences professionnelles transférables d'une séance à l'autre sont utiles et retiennent l'attention des protagonistes de la formation (l'enseignant, le formateur et le chercheur). Dans ce contexte, on comprend que les connaissances spécifiques à la gestion d'une séance particulière n'aient pas fait l'objet d'études.

Cet article se centre sur ces connaissances professionnelles locales et développe trois axes de réflexion. Le premier, à visée explicative, cherche à cerner les caractéristiques et les propriétés des connaissances professionnelles locales en précisant leur fonction et leur place au sein des connaissances professionnelles. Le deuxième, à visée descriptive, cherche à dégager quelques exemples de connaissances professionnelles locales à partir d'une étude de cas. Il s'agit d'une séance sur le thème du modèle particulière proposée à des élèves de 5^{ème} (cycle central) (grade 7). Les connaissances professionnelles dégagées s'inscrivent dans un cadre théorique et méthodologique que nous présenterons. Le dernier axe explore les perspectives ouvertes par cette étude sur le plan des contenus, des méthodes et des outils de formation.

1.3. Caractéristiques et propriétés des connaissances professionnelles locales

Étant donné le manque de recherches sur le sujet, il est encore difficile de définir précisément les connaissances professionnelles locales. Nous tentons néanmoins de mieux les cerner en les situant par rapport à d'autres compétences professionnelles puis en nous interrogeant à la fois sur les modalités de leur acquisition par les enseignants et sur leurs fonctions.

La littérature propose plusieurs typologies des connaissances mobilisées par l'enseignant dans l'exercice de son métier (Develay, 1994 ; Paquay, 1994 ; Durand, 1996 ; Tardif & Lessard, 1999, par exemple). Notre propos n'est pas ici de faire une typologie des typologies, mais plutôt de rechercher dans celles-ci la dimension globale ou locale des connaissances professionnelles. Les connaissances les plus transversales repérées dans les typologies voient leur domaine d'application s'étendre sur toutes les activités d'enseignement quelles que soient les disciplines. Il peut s'agir par exemple de connaissances sur le « *développement des élèves* » (Durand, 1996, p. 180) ou sur le « *domaine de la communication* » (Develay, 1994, p. 100). À un niveau de généralité inférieur, se situent les connaissances disciplinaires telles que les contenus à transmettre (Paquay, 1994 ; Durand 1996) ou les connaissances sur l'enseignement et l'apprentissage de la discipline (Develay, 1994 ; Durand, 1996). Le domaine d'application des connaissances professionnelles locales est, quant à lui, encore plus restreint puisqu'il se limite à une séance d'enseignement.

Nous pensons que les connaissances professionnelles locales, comme d'autres connaissances professionnelles enseignantes « *se construisent sous l'effet de l'enseignement* » (Durand, 1996, p. 183). Plus précisément, ces connaissances professionnelles locales pourraient être

construites selon deux modalités. La première, que nous qualifierons de théorique, consiste à appliquer, dans un contexte particulier, des savoirs ou savoir-faire généraux. Par exemple, lorsque l'enseignant prépare une séance, il peut en anticiper le déroulement en envisageant l'émergence de problèmes ou de certaines productions d'élèves en fonction des particularités de la séance : la tâche, le contenu abordé, le niveau des élèves, leurs conceptions. La deuxième modalité, que nous qualifierons d'empirique, consiste à réaliser effectivement la séance. Cette mise en œuvre permet à l'enseignant, non seulement de confirmer ou d'infirmer ses prévisions sur le déroulement, mais également de dégager de nouvelles connaissances professionnelles locales qui n'ont pas été inférées théoriquement. Pour nous situer parmi les typologies sus-citées, les connaissances professionnelles locales peuvent être, soit inférées à partir de la « *formation professionnelle à l'enseignement* », soit tirées de « *l'expérience du métier dans la classe et l'école* » (Tardif & Lessard, 1999, p. 368).

La fonction des connaissances professionnelles locales est, selon nous, d'affiner l'anticipation du déroulement d'une séance afin d'ajuster, de régler sa préparation ou sa gestion. Ainsi, à partir de cette anticipation, l'enseignant peut modifier légèrement la séance – l'ordre des activités, la formulation des consignes – ou adapter la façon dont il la gère. Ces modifications décidées sur la base d'anticipations constituent des rétrodictions (Maurice, 1996).

En attribuant aux connaissances professionnelles locales cette fonction d'anticipation et de réglage, nous pouvons expliquer la résistance au changement que montrent certains enseignants. En effet, le changement de séance pour aborder un même contenu est non seulement coûteux, puisqu'il faut reconstruire de nouvelles connaissances professionnelles locales, mais également risqué, puisqu'il faut gérer une séance dont l'anticipation est rendue difficile par le manque de ces mêmes connaissances. De plus, les enseignants ont du mal à abandonner une séance qui leur a demandé un long travail d'élaboration de connaissances professionnelles locales.

Si l'on attribue aux connaissances professionnelles locales la fonction d'anticipation et de réglage du déroulement de la séance, leur maîtrise est encore plus utile dans la gestion de séances dont le déroulement est rendu aléatoire par la participation des élèves. Pour cette raison, nous pensons que l'acquisition de connaissances professionnelles locales serait un moyen de faciliter, en formation initiale et continue, la mise en œuvre de séances issues de la recherche qui donnent une place importante à l'activité des élèves. À l'inverse, l'anticipation d'un cours magistral paraît plus aisée car son déroulement dépend presque uniquement de l'enseignant. Dans ce cas, les connaissances professionnelles locales jouent un moindre rôle.

Avant d'illustrer nos propos en repérant certaines connaissances professionnelles locales mobilisables dans une séance sur le modèle particulière, nous présentons les cadres théorique et méthodologique utilisés pour repérer ces connaissances.

2. MÉTHODOLOGIE ET CADRE THÉORIQUE DE LA RECHERCHE

Les enregistrements de cinq déroulements d'une même séance constituent les données brutes. Leur transcription est découpée en plusieurs unités avant d'être analysée. Cette analyse s'inspire fortement de l'approche anthropologique de Chevallard (1999). Elle vise à dégager des savoir-faire locaux mobilisables dans une séance et les savoirs qui les sous-tendent.

2.1. Conditions de recueil des données et découpage des transcriptions

Quatre professeurs de lycée et collègue en deuxième année d'IUFM ont enregistré dans leur classe le déroulement d'une séance sur le modèle particulière tirée des accompagnements des programmes. Cette séance est très fortement inspirée d'une recherche en didactique des sciences (Chomat *et al.*, 1988). Nous disposons de cinq enregistrements différents puisqu'un enseignant a réalisé la séance dans deux classes différentes. La transcription des enregistrements, assurée par le chercheur, est disponible sur Internet¹.

Préalablement à la mise en œuvre des séances, les enseignants en formation ont suivi deux cours de trois heures sur les phases de conclusion. Le premier cours, qui s'appuie sur une recherche précédente (Morge, 2001a), vise la distinction entre la validité et la véracité d'une production (figure 1). Cette présentation théorique est suivie d'une analyse de plusieurs extraits de séquences issus d'un ancien corpus (Morge, 1997). Le deuxième cours porte sur la séance du modèle particulière. À partir de l'accompagnement du programme (ministère de l'Éducation nationale, 1997), les enseignants se sont appropriés les différentes activités proposées aux élèves au cours de la séance d'enseignement ; ils ont discuté les options épistémologiques et didactiques présentées dans le document d'accompagnement ; ils ont élaboré un document présentant les activités de la séance (voir en annexe) en vue de le distribuer aux élèves ; et ils se sont interrogés sur la façon dont les productions d'élèves fournies dans l'accompagnement du programme pouvaient être acceptées ou refusées.

Après l'enregistrement et la transcription des séances, nous effectuons un découpage structurel emboîté des interactions (Vion, 1992). Ce type d'analyse structurelle rompt avec une approche linéaire de l'interaction dans la mesure où elle considère que chaque intervention se situe dans un groupe d'interactions plus large, qui lui-même s'inscrit dans un ensemble encore plus large d'interactions, etc. Cet emboîtement permet une lecture des interactions à différents niveaux. Chaque intervention est replacée dans son contexte défini par les niveaux supérieurs englobants. Ainsi, nous découpons tout d'abord la transcription en une série d'ensembles, chacun d'eux regroupant les interventions relatives à une même tâche. Chaque ensemble est ensuite découpé en sous-ensembles regroupant les interventions relatives à une même production d'élèves qu'il s'agisse de l'exposer, de la justifier, de la compléter ou de statuer sur celle-ci. Parmi ces différentes unités, nous isolons celle dont les interactions visent à accepter ou à refuser les productions. L'approche anthropologique de Chevallard (1999) est ensuite mobilisée pour analyser les phases de conclusion.

2.2. Approche anthropologique et analyse des phases de conclusion

Cette approche considère que « *toute activité humaine régulièrement accomplie peut être subsumée sous un modèle unique, que résume ici le mot de praxéologie* » (Chevallard, 1999, p. 223). Ce modèle organise les activités humaines en quatre niveaux. Le premier, celui de la tâche ou du type de tâche, décrit l'action (« monter un escalier », « calculer une somme », etc.) Le deuxième niveau, celui de la technique, correspond à la manière d'accomplir, de réaliser cette tâche. Une même tâche (par exemple : monter un escalier) peut être effectuée selon plusieurs techniques (debout ou à quatre pattes). Le troisième niveau, celui de la technologie, est celui du discours rationnel qui vient justifier la technique en assurant qu'elle permet bien d'accomplir la tâche. La technologie explique ou produit les techniques. Enfin, le quatrième niveau, celui de la théorie, « *reprend, par rapport à la technologie, le même rôle que cette dernière tient par rapport à la technique* » (ib., p. 227). Il constitue le niveau supérieur de justification, d'explication et de production. Une organisation praxéologique (tâche, technique, technologie, théorie) peut être ponctuelle, si elle s'applique à une tâche précise, ou globale, si elle s'applique à un genre de tâches.

Les deux premiers niveaux (tâche et technique) forment le bloc pratico-technique, également appelé savoir-faire. Les deux derniers (technologie et théorie) forment le bloc technologico-théorique, plus souvent appelé « savoir ». La distinction de ces deux blocs permet de séparer

clairement ce qui relève de l'action – tâche et technique – de ce qui relève du discours sur cette action – technologie et théorie –. Cette séparation rejoint la position du paradigme du praticien réflexif qui considère que le savoir professionnel n'est pas l'application de savoirs théoriques ou méthodologiques. Elle traduit le décalage qui peut apparaître entre le discours d'un enseignant sur sa pratique et sa pratique. Cette séparation rejoint également la position que nous avons développée dans un précédent article (Morge, 2001b) où nous avançons l'idée qu'en situation d'action, l'enseignant ne s'appuie pas nécessairement sur une réflexion d'ordre théorique pour prendre ses décisions, autrement dit, que le bloc pratico-technique fonctionne en autonomie par rapport au bloc technologico-théorique. En revanche, c'est principalement en situation de formation que l'activité réflexive offre la possibilité de construire un discours sur ces pratiques. En situation de réflexion sur l'action, le bloc technologico-théorique peut générer de nouvelles techniques mobilisables en situation d'action.

Chevallard (1999) articule, dans son analyse, l'organisation didactique et l'organisation mathématique en considérant à la fois l'activité de l'enseignant et l'activité mathématique. Pour notre part, nous nous centrons uniquement sur l'analyse de l'activité de l'enseignant et, plus précisément, sur la gestion des phases de conclusion. Appliquées à notre propre recherche, tâche, technique, technologie et théorie prennent des significations précises. En effet, la tâche analysée concerne l'acceptation ou le refus des productions d'élèves. La technique est ici le moyen utilisé pour accepter ou refuser ces productions, c'est-à-dire, l'argument avancé pour conclure. La technologie, discours qui explique la technique, devient la nature de l'argument avancé. Enfin, la théorie peut faire ici appel à des points de vue épistémologiques, didactiques et scientifiques pour expliquer, justifier ou éclairer la technologie.

L'approche anthropologique a été privilégiée dans cette recherche car elle est adaptée à notre problématique. Rappelons qu'ici nous explorons le champ des connaissances locales mobilisables et non pas le champ des connaissances effectivement mobilisées. Autrement dit, nous portons un regard extérieur sur l'activité de l'enseignant sans chercher à approcher les connaissances qu'il met effectivement en œuvre. Cette dernière question de recherche relève davantage d'une approche ergonomique, s'appuyant sur des entretiens d'auto-confrontation, telle que la développent par exemple Flavier *et al.* (2002) et Goigoux (2002).

Nous avons également choisi d'utiliser l'approche anthropologique de Chevallard parce qu'elle intègre des résultats plus anciens de nos propres travaux. La figure 1 présente, sous l'angle praxéologique, les deux grands types de phases de conclusion que nous avons mis au jour (Morge, 1997 ;

Morge, 2001a) à savoir les phases d'évaluation et les phases de négociation. La phase de conclusion est appelée phase d'évaluation si l'enseignant, seul ou avec des élèves, évalue la fausseté ou la véracité d'une production d'élève. La phase de conclusion est appelée phase de négociation, si les élèves et/ou l'enseignant recherchent la pertinence de la production par rapport à la tâche ou la cohérence de cette production avec les connaissances de référence (connaissances disponibles chez les élèves impliqués dans l'interaction et n'ayant toujours pas été publiquement invalidées) (Morge, 2001a). Tout au long de l'article, nous associons l'utilisation du terme de validation ou de non-validation à la description d'une phase de négociation.

L'approche anthropologique relie, tout en les distinguant, les savoir-faire mis en jeu dans la pratique et les savoirs technologiques et théoriques qui les sous-tendent. En ce sens elle diffère de deux importants courants de recherches sur les enseignants qui se focalisent sur un seul de ces aspects. Le premier courant tend à décrire les comportements verbaux ou non verbaux des enseignants et des élèves (Flanders, 1970 ; Postic, 1977 ; She & Fisher, 2000, par exemple) dans la perspective de les corrélés ensuite avec des attitudes ou des performances d'élèves. Ces études cherchent plus à décrire qu'à expliquer ce qui se passe dans la classe. De plus, la volonté d'effectuer des recherches quantitatives exclue l'usage de descripteurs nécessitant une analyse fine du déroulement de la séance. Ce manque de précision ne permet pas de distinguer des pratiques pourtant différentes. Par exemple, le terme de guidage peut recouvrir un ensemble très large de modalités d'interventions relevant de conceptions didactiques ou épistémologiques totalement opposées. Le second courant de recherches a pour objectif de connaître les conceptions des enseignants (voir Lederman, 1992, pour une synthèse). La méthodologie employée est souvent le questionnaire ou l'entretien. Ces recherches ne nous renseignent pas sur les aspects de la pratique effective qui seraient liés à ces conceptions. Notre approche des interactions maître-élèves se caractérise à la fois par un niveau assez fin du grain d'analyse – ce qui nécessite de travailler à partir de transcriptions et non d'observations en temps réel –, par la recherche de relations entre les pratiques effectives et les options théoriques qui les sous-tendent, par la recherche de leur fonction dans la co-construction du savoir. Ces orientations rapprochent nos travaux de ceux de Franceschelli & Weil-Barais (1998), Larcher & Chomat (1998) ou Rodriguez & Thompson (2001).

Le schéma ci-dessous (figure 1) rend compte de notre analyse des pratiques enseignantes. En le lisant de bas en haut, on retrouve la chronologie de l'analyse.

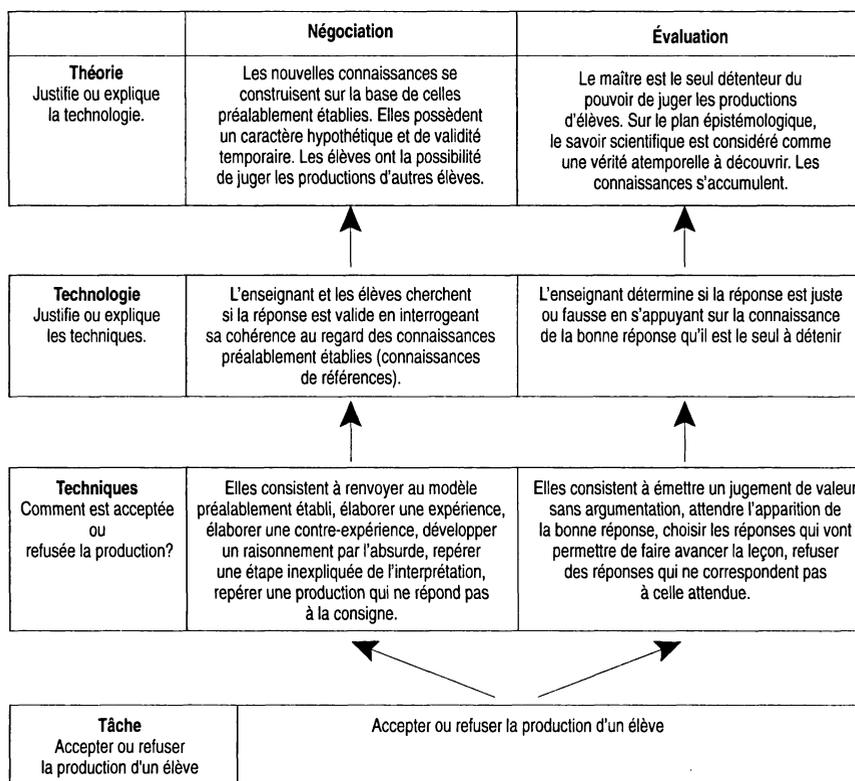


Figure 1 • L'évaluation et la négociation, deux grands types de phases de conclusion

Le premier niveau décrit la tâche que nous avons choisie d'étudier. Cette tâche consiste, pour les élèves ou l'enseignant, à accepter ou refuser une production d'élèves.

Le deuxième niveau, celui de la technique, décrit l'acceptation ou le refus de cette production. Pour des raisons de présentation, les techniques sont regroupées en deux blocs, selon qu'il s'agit d'une technique relevant de la négociation (bloc de gauche) ou d'une technique relevant de l'évaluation (bloc de droite). Dans le troisième niveau, on distingue deux technologies décrivant la nature des arguments. L'une, précédemment appelée négociation, consiste à déterminer la validité et la pertinence de la production en s'appuyant sur les connaissances de référence. L'autre, précédemment appelée évaluation, consiste à déterminer la véracité ou la fausseté de la production en référence à un savoir dont l'enseignant est l'unique détenteur. Chaque technologie relève de théories différentes. La technologie de

négociation (bloc de gauche) s'appuie sur une conception constructiviste de l'apprentissage et de l'activité scientifique. La technologie d'évaluation (bloc de droite) renvoie à une conception naturaliste (Robardet, 1994) du savoir scientifique et considère que l'apprentissage est une accumulation de savoirs qui n'ont pas forcément de liens entre eux.

3. ANALYSE DES PHASES DE CONCLUSION DANS LA DEUXIÈME ACTIVITÉ DE LA SÉANCE SUR LE MODÈLE PARTICULAIRE

La séance sur le modèle particulaire comporte quatre activités. Lors de la première activité les élèves observent et décrivent la compression du dioxyde d'azote (gaz roux) placé à l'intérieur d'une seringue bouchée. Les élèves notent par écrit leurs observations dans un tableau à double entrée tracé sur une feuille qui leur a été distribuée (voir en annexe). La correction de la première activité fournie dans l'accompagnement du programme retient que l'état de tassement et la couleur ont changé, alors que la nature et la quantité de gaz n'ont pas changé.

La deuxième activité consiste à modéliser le phénomène de compression observé au cours de l'activité 1. Le document distribué aux élèves présente quatre propriétés du modèle particulaire : une particule ne se coupe pas, ne se déforme pas, garde les mêmes dimensions et la même masse. Cette activité est en tout point identique à celle proposée dans l'accompagnement du programme. En revanche, elle diffère quelque peu de celle proposée dans le cadre des travaux de recherche (Chomat *et al.*, 1988) où figure à côté de chaque seringue un cadre dans lequel les élèves doivent représenter les particules. La présence de ce cadre supplémentaire se justifie par la volonté de différencier le registre du réel (la seringue) de celui du modèle (le cadre). Seule l'analyse du déroulement de cette deuxième activité, la plus stratégique du point de vue des savoirs mis en jeu, sera présentée dans cet article.

Notre analyse rend compte, à travers le filtre de nos outils, du déroulement effectif des séances. Néanmoins, nous nous autorisons quelques fois à proposer des déroulements possibles. Par exemple, nous pouvons suggérer des arguments qu'aucun enseignant n'a pensé mobiliser en phase de conclusion. Les phases de conclusion sont très souvent des phases de négociation (voir figure 1) puisque les enseignants ont été formés dans ce sens. Avant de rentrer dans l'analyse systématique des phases de conclusion, nous allons situer le contexte de cette deuxième activité en explicitant les connaissances mobilisables en phase de négociation à cet instant

de la séance. Si une large part de ces connaissances est identique pour les cinq séances, quelques différences apparaissent. Nous analyserons l'impact de ces variations sur les phases de conclusion.

3.1. Impact d'un changement des connaissances de référence utilisées en phase de conclusion

Les connaissances de référence (connaissances disponibles chez les élèves impliqués dans l'interaction et n'ayant pas été publiquement invalidées) délimitent l'espace de négociation offert à l'enseignant et aux élèves impliqués dans l'interaction. La liste des connaissances de référence n'est pas établie arbitrairement par le chercheur ou par l'enseignant, mais elle est définie par la situation d'enseignement elle-même. Pendant la séance, ces connaissances peuvent être utilisées différemment. L'enseignant ou les élèves peuvent les mobiliser ou non dans les phases de conclusion, les rappeler ou non en début de cours, les écrire ou non au tableau. Pour cette deuxième activité, tous les élèves disposent des connaissances suivantes : les descriptions phénoménologiques issues de l'activité 1 et validées par l'enseignant ; l'idée de représenter un gaz par des particules ; les quatre propriétés de ces particules (voir en annexe). Certains élèves excluent l'idée d'une présence de vide dans la matière. Cette conception n'étant pas encore publiquement invalidée au début de la deuxième activité, elle peut faire partie des connaissances de référence. Cela signifie que si un élève mobilise cette conception dans l'interaction, l'enseignant ne peut pas d'emblée la considérer comme fausse, s'il veut se situer dans une perspective de co-construction. Pour l'invalider, il devra développer d'autres arguments s'appuyant sur les connaissances de référence. Quand cette conception sera publiquement invalidée, elle sera exclue des connaissances de référence et l'enseignant pourra refuser son utilisation comme base argumentative.

L'analyse des transcriptions de séances montre que, pour deux enseignants, les connaissances de référence effectivement utilisées diffèrent quelque peu de celles décrites précédemment.

Lors d'une phase de conclusion, un enseignant convoque une propriété des gaz préalablement abordée en cours : « *Le gaz prend la forme du récipient qui le contient* » ou « *le gaz prend l'espace qui lui est donné* »². L'introduction de cette propriété dans les connaissances de référence offre une nouvelle possibilité d'argumentation pour invalider des réponses présentant une absence de particules dans l'embout de la seringue ou des réponses présentant un rangement regroupé de particules. Notons que cette connaissance relève des caractéristiques macroscopiques du gaz et non pas d'une cinquième proposition du modèle particulaire comme le suggère

l'enseignant³.

Un autre enseignant explique à ses élèves que « *pour avoir juste, il faut respecter les quatre propositions* »⁴. Les constatations expérimentales tirées de l'activité 1 ne sont pas utilisées pour contrôler les productions d'élèves. L'enseignant ne s'appuie pas ici sur la totalité des connaissances de référence pour invalider ou valider les productions. La conséquence de ce choix se révèle lors d'une phase de conclusion au cours de laquelle un élève, qui n'a pas conservé le nombre de particules, considère que sa réponse est juste puisque ni P1, ni P2, ni P3, ni P4 (voir en annexe) n'obligent à conserver le nombre de particules⁵.

Nous allons maintenant analyser l'ensemble des phases de conclusion de cette deuxième activité en commençant par celles qui concernent l'activité centrale de production des schémas pour finir par celles qui concernent les activités périphériques telles que chercher ce qu'il y a entre les particules ou situer les productions d'élèves les unes par rapport aux autres.

3.2. Phases de conclusion liées aux représentations des particules dans la seringue

Par son caractère ouvert, cette deuxième activité (voir en annexe) génère un grand nombre de réponses. Les réponses sont donc regroupées en fonction du type d'erreur repéré par l'enseignant ou les élèves. Les arguments avancés pour accepter ou refuser les productions sont repérés et leur pertinence discutée.

Les particules sont plus petites dans la situation 2

C'est le caractère indéformable des particules qui est avancé pour refuser cette réponse⁶. Le critère de contrôle des productions évoqué est l'une des propriétés des particules du modèle faisant partie des connaissances de référence. Il s'agit donc d'une phase de négociation.

Les particules sont représentées par des écailles

Un élève s'appuie sur l'image des écailles d'un poisson pour représenter les particules⁷. Afin de montrer son désaccord, un autre élève pointe la modification des dimensions des particules⁸. Ce contre-argument peut difficilement être accepté par le premier élève si, pour lui, les écailles glissent les unes sur les autres au moment de la compression, ce qui lui permet de concilier l'absence de vide et le déplacement du piston. Pour cet élève, les

particules ne se déforment pas et seule une argumentation basée sur le passage à une représentation en trois dimensions pourrait montrer le non-respect de la diminution du volume.

La non-conservation du nombre de particules

L'argument avancé pour invalider ces productions⁹ est le non-respect de la conservation de la quantité de gaz qui se traduit par la non-conservation de la quantité de particules. Cet argument s'appuie sur les connaissances de référence, à condition de considérer que l'hypothèse selon laquelle un gaz peut être représenté par des particules, faisant elle-même partie des connaissances de référence, recouvre le lien entre le nombre de particules et la quantité de gaz.

Mais si cet argument invalide la réponse, il ne renseigne pas le professeur sur les raisons de cette erreur, ce qui ne peut pas favoriser sa compréhension par l'élève. L'invalidation de la production en phase de conclusion peut également être l'occasion d'invalider le raisonnement ou la conception à l'origine de la production. Nous avançons, ci-dessous, quelques explications pouvant éclairer l'origine de cette réponse en différenciant deux cas.

Si le nombre de particules est plus élevé en 2 qu'en 1, l'élève a pu considérer la conservation du nombre de particules comme secondaire¹⁰, préférant mettre en avant l'aspect plus tassé ou plus foncé de la deuxième situation. Il peut aussi invoquer l'impossibilité de recompter le très grand nombre de particules représentées¹¹.

Lorsque le nombre de particules est moins élevé¹² en 2 qu'en 1, nous pouvons avancer là encore au moins deux interprétations. Soit l'élève, ne pouvant envisager l'existence du vide dans la matière, trouve ce moyen pour placer des particules indéformables dans un plus petit volume. Soit, et cela est un corollaire de l'interprétation précédente, l'élève traduit dans son schéma la conception, apparue également dans l'activité 1, selon laquelle il existe une co-variation entre la quantité et le volume de gaz¹³.

Les particules se touchent dans la situation 1

L'argument avancé à l'encontre de ce type de production consiste à dénoncer l'impossibilité de passer dans la situation 2 sans déformer les particules¹⁴. L'origine de ce type de production peut se trouver dans le refus de considérer l'existence de vide dans la matière¹⁵. Pour conserver cette conception, un élève imagine que les particules passent les unes par-dessus les autres¹⁶. Là encore, le passage à une représentation en trois dimensions permettrait d'invalider cette explication. L'origine de cette production peut

également se trouver dans l'application de la loi macroscopique « *le gaz occupe tout le volume dont il dispose* »¹⁷ au niveau microscopique « *les particules occupent tout le volume dont elles disposent* ». L'expression de cette loi sous la forme « *le gaz se répartit uniformément dans le volume qu'il occupe* » pourrait éviter cette difficulté supplémentaire.

Les particules se touchent uniquement dans la situation 2

En accolant des particules dans la situation 2, les élèves paraissent traduire l'atteinte d'un maximum de compression et/ou l'évitement du vide. Ces réponses sont valides au regard des connaissances de référence mais fausses au regard du savoir savant puisque c'est à l'état solide que les particules sont accolées. S'il accepte cette réponse, l'enseignant considère cette production comme une étape de la construction. Pour refuser ces réponses fausses mais valides, un enseignant explique que la situation 2 autorise une nouvelle compression¹⁸. Notons que seule l'introduction de l'agitation particulière pourra expliquer la résistance¹⁹ du gaz à la compression en situation 2.

Le rangement des particules

Dans plusieurs schémas les particules sont rangées, alors que d'un point de vue scientifique et dans le cadre de ce modèle, l'agitation particulière attribue une position aléatoire aux particules. Aucun enseignant n'a considéré le rangement des particules comme un critère d'invalidation des productions. En effet, dans les connaissances de référence, rien ne justifie cette invalidation. Comme dans le cas de l'accolement des particules, les enseignants valident des productions scientifiquement fausses, considérant qu'il s'agit d'un savoir en construction. Ces rangements peuvent s'expliquer par la nécessité d'une structure évitant aux particules de tomber au fond de la seringue. L'agitation particulière constituera une réponse à ce problème.

Diversité des symboles dans une même seringue

La nécessité d'associer un symbole à un type de particule n'est pas explicitement présente dans les connaissances de référence. Mais cet argument utilisé en phase de conclusion²⁰ relève de la négociation si l'on considère que l'idée de représenter un gaz par des particules recouvre le rapport entre l'unicité du gaz et celle des symboles représentant les particules.

Absence de particules dans le bout de la seringue

Les connaissances de référence n'offrent aucun critère d'invalidation de ce type de réponse²¹. L'utilisation de la loi de répartition uniforme du gaz dans l'espace occupé peut constituer un moyen d'invalider ces productions,

si elle a préalablement été établie.

Il n'y a pas de particules, le coloriage est plus dense en 2 qu'en 1

Pour invalider cette réponse²², l'enseignant dit qu'elle ne répond pas au problème posé²³ puisque le gaz n'est pas représenté par des particules. L'enseignant n'explique pas la différence entre le dessin d'un phénomène et la représentation symbolique d'un modèle.

3.3. Phases de conclusion relatives aux activités périphériques

Différentes activités périphériques ont été repérées dans le corpus : interpréter l'espace entre les particules, comparer des productions d'élèves entre elles, choisir les symboles, choisir le nombre de particules. Ces activités périphériques ne sont pas clairement explicitées et formulées au niveau de la préparation de séances mais elles émergent de sa réalisation. Pour chaque activité périphérique, les arguments de validation ou de non-validation des réponses sont repérés et leur pertinence discutée.

Interpréter l'espace entre les particules

Cette activité périphérique vise à pointer l'existence du vide entre les particules de matière. Cette idée s'oppose à la conception majoritaire des élèves. Les transcriptions de séances montrent que, pour les élèves, l'espace interparticulaire est composé de gaz, d'air, d'un autre gaz, du même gaz ou encore de vide.

Pour invalider les réponses suggérant l'existence d'un autre gaz entre les particules (l'air²⁴, un autre gaz²⁵, d'autres particules²⁶) plusieurs enseignants avancent l'argument selon lequel il n'y a qu'un seul gaz dans la seringue²⁷. Cet argument s'appuie sur les conditions expérimentales de l'expérience. Dans cette situation, aucun enseignant n'a pensé à se situer sur le plan du modèle pour dire que la présence de gaz – donc de particules – entre les particules, empêcherait la compression. Ce type d'argument est uniquement avancé²⁸ pour refuser l'idée selon laquelle le gaz roux est entre les particules. L'impossible coexistence du gaz et des particules à une même échelle n'a jamais été évoquée. Notons que l'apparition fréquente de l'idée selon laquelle l'air est entre les particules peut s'expliquer par l'invisibilité de l'air et par l'application de l'idée que l'air est partout autour de nous.

Enfin, d'autres élèves expliquent que l'ensemble des particules de la seringue ne pouvant pas être représenté, les espaces restés libres sont remplis des particules non représentées²⁹. Cette interprétation de l'espace

interparticulaire est possible si l'enseignant considère les productions des élèves comme des représentations simplifiées de la réalité microscopique au lieu de les considérer comme des représentations du modèle théorique ou comme un zoom de la réalité microscopique.

Comparer des productions

Avant d'engager la critique des productions sélectionnées au tableau, une enseignante demande à chaque élève de situer sa production³⁰ parmi celles déjà sélectionnées. À cet instant de l'activité, les élèves ne différencient pas les critères signifiants (conservation du nombre et de la forme des particules) des critères non signifiants (le nombre de particule, le symbole utilisé). Ils considèrent alors que chaque réponse diffère de celles sélectionnées³¹, notamment sur la base des critères non signifiants. Un élève ira jusqu'à dire que son schéma appartient au groupe des productions utilisant le symbole des ronds³². Placée à cet instant de la séance, cette activité périphérique est une impasse qui amène l'enseignant soit à conclure que toutes les productions sont différentes, soit à imposer sans possibilité de se justifier, la stricte utilisation des critères signifiants. L'enseignant consacre plus du tiers de la séance à cette comparaison.

Choisir le nombre de particules

Certains enseignants ont accepté des représentations présentant un très grand nombre de particules, alors que d'autres ont limité ce nombre. Certains élèves représentent jusqu'à 159 particules³³. L'activité de modélisation se transforme alors en activité de comptage. La représentation d'un très grand nombre de particules s'accompagne d'une perte de temps³⁴ et peut empêcher un recomptage précis³⁵.

Pour justifier la limitation du nombre de particules à représenter, un enseignant explique que la représentation de la totalité des particules – au nombre approximatif de 10^{22} – n'est pas réalisable³⁶. En utilisant cet argument, il considère que la production est une représentation simplifiée de la réalité microscopique dans laquelle toutes les particules ne peuvent pas être représentées. Si la limitation du nombre de particules permet d'éviter à certains élèves de s'égarer, on peut s'interroger sur sa justification. En effet, les élèves peuvent ensuite considérer, comme nous l'avons déjà vu, que l'espace interparticulaire est rempli des particules non représentées³⁷. De plus, l'argumentation s'appuie sur une connaissance dont l'élève ne dispose pas (nombre de particules dans un litre de gaz) ce qui revient à utiliser un argument d'autorité. Il s'agit alors d'une phase d'évaluation.

Pour justifier la limitation du nombre de particules représentées, une

autre piste consiste à définir plus clairement le statut épistémologique des productions des élèves. En effet, si le schéma traduit les constats expérimentaux et les propriétés du modèle, le nombre de particules importe peu. Il est donc préférable d'en faire un petit nombre pour éviter un laborieux comptage. La limitation du nombre de particules à représenter peut également se justifier en considérant la production des élèves comme un zoom effectué sur des particules que l'on considère réelles.

La présence d'un très grand nombre de particules pourrait aussi s'expliquer par la formulation de la consigne « *représente tout le gaz* ». Pour éviter cet écueil, la solution consisterait à supprimer le terme « tout » de la consigne. Mais ce terme a été rajouté à la consigne originale (Chomat *et al.*, 1988) car, selon les auteurs, son absence pouvait générer des productions présentant une différence du nombre de particules entre les situations 1 et 2. Pour limiter le nombre de particules représentées, l'enseignant ne peut donc pas modifier la consigne.

Choisir le symbole

Conformément aux suggestions de l'accompagnement du programme, le choix du symbole représentant les particules est laissé aux élèves. Ce choix traduit le caractère non signifiant du symbole utilisé et contribue à distancier la production de l'élève d'une quelconque représentation de la réalité. La production de l'élève traduit les propriétés des particules et du phénomène présenté et non pas la forme des particules.

Lors des séances, cette liberté de choix du symbole est justifiée de façon différente par deux enseignants. Pour l'un d'eux, le choix du symbole est libre car il n'est pas stipulé³⁸ dans la formulation de l'activité. Autrement dit, c'est l'exercice scolaire qui dicte les règles de production des savoirs et non pas la nature même de l'activité de modélisation. Un autre enseignant explique que la représentation des particules est libre car leur forme est inconnue des élèves³⁹. Là encore, l'enseignant considère que les productions d'élèves représentent la réalité puisqu'ils les dessineraient comme elles sont, s'ils connaissaient leur forme.

4. CONCLUSION : EXEMPLES DE CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES LOCALES

Les connaissances professionnelles des enseignants sont nombreuses. Dans l'exercice de leur métier, les enseignants utilisent des connaissances sur la matière enseignée, la façon de la transmettre, les grands principes éducatifs, la psychopédagogie et la didactique, la planification d'un cours et son organisation, le système d'enseignement, l'organi-

sation de l'école, les programmes, les manuels, la gestion de groupes, les origines socio-économiques des parents, etc. (Tardif & Lessard, 1999, pp. 362-363). Ces connaissances peuvent être triées selon différents critères qui produisent des typologies différentes. Pour notre part, nous nous sommes attachés au caractère générique ou spécifique des connaissances professionnelles ce qui nous a amenés à envisager l'existence de connaissances professionnelles locales dont le domaine d'application est limité à une séance particulière. Ces connaissances peuvent être réinvesties uniquement dans une nouvelle réalisation de la même séance. Nous postulons que ces connaissances professionnelles locales facilitent l'anticipation du déroulement de la séance et permettent d'ajuster sa préparation ou sa gestion. Nous pensons que ces connaissances jouent un grand rôle dans l'appropriation, la conservation et la répétition par les enseignants de certaines situations d'enseignement.

Dans cette conclusion, les connaissances professionnelles locales repérées dans la séance sur le modèle particulière sont regroupées en fonction de la nature de ces connaissances. Nous tentons de montrer en quoi ces connaissances sont locales et comment leur maîtrise permettrait à l'enseignant de mieux anticiper et donc de mieux contrôler le déroulement de la séance. Des exemples tirés de l'analyse présentée ci-dessus accompagnent notre propos. Un enseignant qui dispose de connaissances professionnelles locales connaît les points qui suivent.

Des productions possibles d'élèves en fonction des tâches proposées et du niveau des élèves

L'apparition de certaines productions imprévues (particules représentées par des écailles, nombre de particules supérieur en situation 2, etc.) peut déstabiliser un enseignant et rendre difficile la gestion de la séance. Sans cette connaissance des productions possibles d'élèves, il est constamment soumis à l'inconnu et à l'incertitude. S'il a une connaissance préalable des productions possibles, il peut anticiper la façon dont il va les gérer. Ce meilleur contrôle de la situation lui permet de réellement prendre en compte les productions au lieu de les éviter. Nous pensons d'ailleurs que la présence de quelques productions d'élèves dans les préparations de séances des accompagnements des programmes, aide les enseignants à se représenter et à anticiper le déroulement de la séance.

Des arguments mobilisables en fonction des productions

Connaître différentes façons d'accepter ou de refuser des productions d'élèves c'est, pour l'enseignant, disposer d'un réel choix d'action lui permettant d'adapter son intervention. Ainsi, lorsque des élèves postulent un

glissement de particules les unes sur les autres, aucun enseignant n'a pensé à demander une représentation en trois dimensions pour montrer que cette solution ne respecte pas la diminution du volume observée. La connaissance de cet argument et des productions pour lesquelles il est pertinent, constitue une connaissance professionnelle locale dont la possession aurait été utile aux enseignants.

L'impact des connaissances de référence utilisées

L'utilisation de certaines connaissances comme base argumentative modifie les phases de négociation. Par exemple, en s'appuyant sur la propriété macroscopique selon laquelle le gaz se répartit uniformément dans l'espace qu'il occupe, l'enseignant peut invalider une absence de particules dans l'embout de la seringue. Il peut également invalider des accolements de particules en situation 2 si celle-ci est présentée comme une situation dans laquelle le gaz peut encore être comprimé.

Des impasses

Certains choix de l'enseignant peuvent l'amener dans une impasse c'est-à-dire dans une situation qui l'empêche de parvenir à ses fins. Par exemple, s'il demande aux élèves de situer leur propre production par rapport à celles sélectionnées au tableau avant d'avoir différencié les critères signifiants des non signifiants, il doit conclure que chaque production est différente. Cette activité de comparaison, souvent pertinente, est inappropriée dans ce contexte particulier. De même, si l'enseignant considère que le respect des quatre propriétés est suffisant pour valider une production, il ne peut plus invalider des réponses présentant une différence du nombre de particules.

L'influence de la consigne sur les productions des élèves

Pour limiter le nombre de particules l'enseignant peut modifier la consigne en supprimant le terme « *tout* » de la phrase « *représente tout le gaz...* ». Mais, en l'absence de ce terme, certains élèves pourraient produire des schémas ayant un nombre de particules différent dans les deux situations. L'influence de la consigne a un caractère nécessairement local, lié à la séance.

L'influence de certaines positions épistémologiques sur le déroulement de la séance

Si l'enseignant considère les schémas des élèves comme des représentations simplifiées de la réalité, les élèves peuvent penser que l'espace interparticulaire est l'emplacement des particules non représentées. De

même, si les productions des élèves sont considérées comme des représentations de la réalité, les élèves peuvent représenter jusqu'à cent cinquante neuf particules dont le recomptage constitue une perte de temps et détourne le sens de l'activité. Notons que, si les positions épistémologiques ont un caractère général, leur influence dans un contexte précis possède quant à lui une forte caractéristique locale et reste difficilement prévisible en dehors de toute mise en œuvre effective de la séance.

Différentes formes d'expression des conceptions

La connaissance des différentes formes d'expression que peuvent prendre les conceptions est une connaissance professionnelle locale. Par exemple, des élèves peuvent reprendre l'idée selon laquelle « *l'air est partout autour de nous, il nous entoure* » et considérer que l'air entoure les particules de gaz roux. Dans le même ordre d'idée, la formulation « *le gaz occupe tout l'espace qui lui est offert* » peut amener les élèves à remplir de particules tout l'espace de la seringue. Ces deux productions traduisent la conception d'une matière exempte de vide et l'application de lois du domaine macroscopique au domaine microscopique. La seule connaissance des conceptions des élèves n'est pas opérationnelle si l'enseignant ne sait pas sous quelles formes elles peuvent s'exprimer. Cette expression dépend de la situation dans laquelle sont les élèves, donc de la séance elle-même.

Les connaissances professionnelles locales peuvent également être présentées en séparant les tâches, les techniques, les technologies et les théories (Chevallard, 1999) qui les composent. Cette présentation (figure 2) permet d'organiser les connaissances mises en jeu qui sont à la fois, les productions des élèves, les arguments permettant de les valider ou non, et le discours technologique et théorique justifiant les techniques utilisées. L'ensemble de l'organigramme synthétise clairement les connaissances professionnelles locales mobilisables dans cette activité. Nous avons pris le parti d'illustrer notre propos uniquement à travers quelques exemples dont certains sont commentés afin d'en faciliter la lecture et la compréhension.

Nous commenterons trois cas différents. Le premier, le plus simple, associe un argument possible (une technique) à l'invalidation d'une production d'élève (la tâche). Dans le deuxième cas, deux techniques permettent d'invalider une production. Le troisième exemple montre le cas d'une réponse pouvant être soit acceptée, soit refusée en fonction des arguments avancés.

Le premier cas consiste à invalider une réponse présentant des particules plus petites en situation 2 (tâche). L'argument d'une déformation des particules peut être avancé (technique). Cet argument est l'une des techniques relevant du non-respect des propriétés du modèle (technologie).

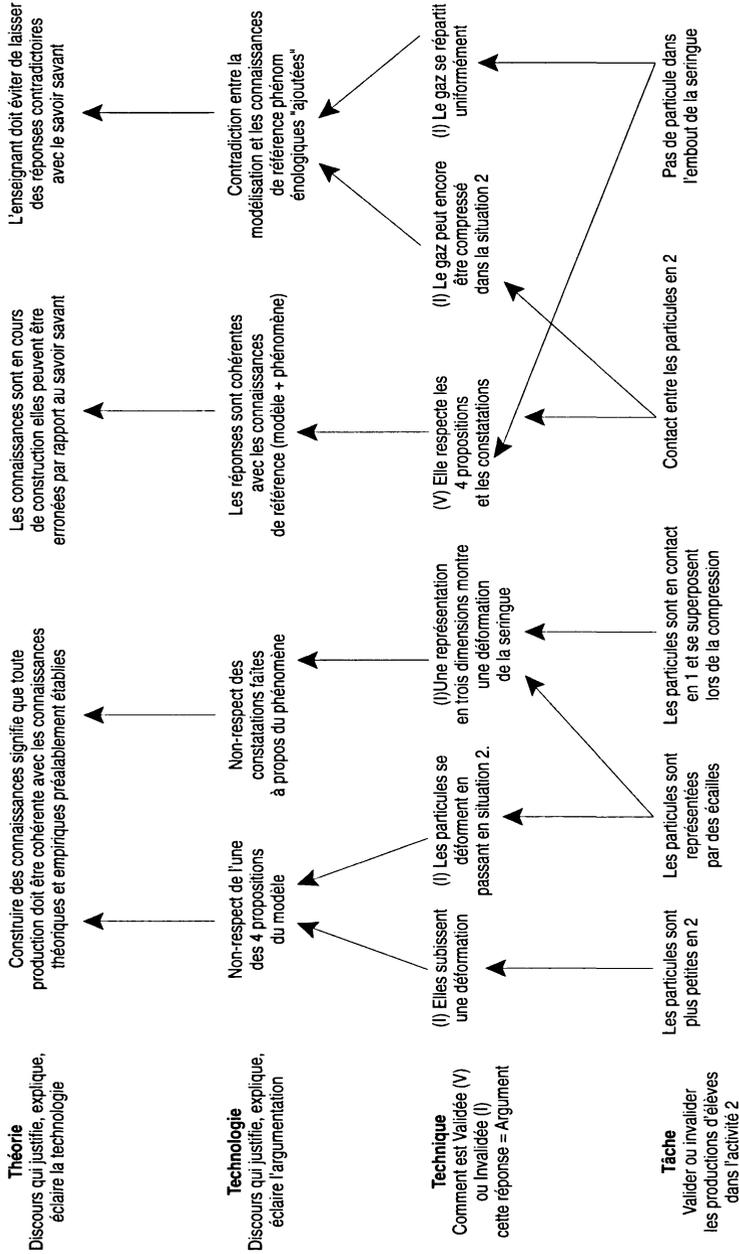


Figure 2 • Exemples de phases de conclusion tirées de l'activité 2 et analysées selon l'approche anthropologique de Chevallard

Enfin, l'exigence de respect des propriétés du modèle relève d'une conception constructiviste de l'enseignement, de l'apprentissage et de l'activité scientifique (théorie).

Dans le deuxième exemple, il s'agit d'invalider une production présentant des écailles qui se resserrent en situation 2 sous l'effet de la compression (tâche). Deux arguments sont alors envisageables. Le premier consiste à considérer que les écailles sont plus petites en 2 qu'en 1 et donc que les particules se déforment (technique). Cet argument renvoie au non-respect de l'une des propriétés du modèle (technologie). Le deuxième argument consiste à passer à une représentation en trois dimensions pour montrer que le glissement des écailles les unes sur les autres provoquerait une déformation du corps de la seringue (technique), ce qui est contradictoire avec les constatations de la première activité (technologie).

Prenons maintenant le cas d'une réponse présentant une absence de particules dans l'embout de la seringue, tout autre critère de validité étant respecté. Il est possible de la valider en considérant que les propositions du modèle et les constatations sont respectées (technique), ce qui correspond aux critères de validation d'une production (technologie). La validation d'une production fautive sur le plan scientifique peut se justifier (théorie) en évoquant l'idée selon laquelle les connaissances des élèves sont en cours de construction et que de nouveaux savoirs ne sont introduits que s'ils sont nécessaires à la résolution de la tâche. Cette même production peut être invalidée en montrant qu'elle est contradictoire avec l'idée d'une répartition uniforme des gaz (technique), pointant ainsi la contradiction entre la production et le phénomène antérieurement établi (technologie). Ce choix peut éventuellement se justifier par le refus d'accepter des réponses contradictoires avec les savoirs savants (théorie).

5. VERS UNE FORMATION PAR LA SIMULATION ANALYSÉE

Une fois déterminées, ces connaissances professionnelles spécifiques à une séance donnée peuvent constituer des contenus de formation. À l'issue d'une telle formation, l'enseignant dispose de connaissances dont la construction aurait normalement nécessité la réalisation répétée de la même séance durant plusieurs années. L'acquisition de ces connaissances par un enseignant accroît son expérience professionnelle sur une séance donnée. Cette formation permet également de développer des savoirs technologiques et théoriques transversaux. Mieux préparée, la gestion de la séance est facilitée. Disposant de ces connaissances avant la mise en œuvre

de la séance, une partie des situations inconfortables ou des tensions liées à la réalisation de séances issues de la recherche (Morge, 2001b) pourrait disparaître. Cette facilitation peut contribuer à une meilleure diffusion de produits de recherches en didactique.

Pour former les enseignants à la gestion d'une séance particulière avant qu'ils ne la réalisent réellement, nous avons conçu un logiciel⁴⁰ de simulation de gestion de la séance. Cet outil permet la mise en œuvre d'une formation en deux temps : celui de la simulation et celui de la réflexion sur cette simulation. La simulation de l'enseignement met en jeu les savoir-faire (bloc pratico-technique) alors que la réflexion sur cette simulation mobilise les savoirs (bloc technologico-théorique). Au cours de la simulation, il est demandé aux enseignants d'accepter ou de refuser des productions réelles d'élèves, d'argumenter leur décision, de lancer puis de gérer des activités périphériques (choisir le nombre de particules, choisir le symbole, comparer les productions entre elles, interpréter l'espace interparticulaire). Si le formateur intervient peu dans cette première partie, son rôle est plus important dans la seconde puisqu'il fait expliciter aux enseignants leurs choix et les raisons de leurs choix, il resitue les échanges sur des plans didactique, scientifique ou pédagogique, et il propose si nécessaire des solutions en les argumentant. Lors de cette phase de distanciation, les enseignants adoptent une position réflexive pour justifier leurs décisions, expliciter les conceptions qui les sous-tendent et les comparer à celles prises dans une situation strictement identique par d'autres enseignants.

Cette formation par la simulation analysée se situe toujours dans le paradigme du praticien réflexif puisqu'elle place l'enseignant en situation d'action d'enseignement (simulée) et de réflexion sur cette action. En revanche, elle bouscule l'un des postulats de ce paradigme qui considère que le travail de réflexion ne peut se mener qu'après ou éventuellement pendant l'action et non pas avant l'action.

6. SYNTHÈSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Ce travail vise à mieux connaître les connaissances qui peuvent être mobilisées par les enseignants dans le cadre de l'exercice de leur métier. Aux connaissances professionnelles enseignantes jusque là mises au jour, nous ajoutons par le biais de cet article les connaissances professionnelles locales, connaissances spécifiques à une séance. Nous nous sommes attachés à cerner leurs caractéristiques et leurs propriétés puis à en repérer certaines dans le cas d'une séance sur le modèle particulière. Cette recherche sur les connaissances professionnelles locales a des applications dans le domaine de la formation des maîtres puisqu'elle permet d'entrevoir

de nouveaux contenus de formation et débouche sur la construction d'une formation par la simulation analysée qui renouvelle l'approche théorique du praticien réflexif.

Cette recherche sur les connaissances professionnelles locales aboutit à l'obtention de deux types de résultats : des résultats particuliers et des résultats catégoriels. Les premiers concernent les connaissances professionnelles locales relatives à la séance étudiée. Ils ne peuvent pas faire l'objet d'un transfert à d'autres séances. Cela signifie qu'un changement de programme supprimant l'enseignement du modèle particulière rendrait ces résultats particuliers inutilisables – comme il rendrait inutilisables d'autres résultats de recherches directement liées à ce contenu –. Les seconds sont relatifs à la nature des connaissances professionnelles locales (impasses, impact de la consigne sur les productions d'élèves, formes prises par les conceptions). Ces résultats plus généraux sont transférables à l'analyse d'autres situations d'enseignement, comme nous le montrons dans l'exemple suivant.

En étudiant un enseignant de mathématiques qui veut réaliser une séance issue de la recherche en didactique, Coulange (2000) a observé par hasard la construction d'une connaissance professionnelle locale. En dehors du protocole de recherche, l'enseignant réalise préalablement ladite séance. Il se rend alors compte que les élèves utilisent tous la même méthode de résolution alors qu'il devait mettre en concurrence leurs différentes méthodes. L'enseignant attribue cela à la présence des lettres x , y , z dans l'énoncé, ce qui orienterait les élèves vers la résolution algébrique. Cette connaissance professionnelle locale relève de la catégorie « influence de la consigne sur les productions d'élèves ». Ne voulant pas modifier la consigne, l'enseignant change l'ordre de présentation des problèmes pour tenter d'éviter cet écueil. Cet exemple montre comment le concept de connaissance professionnelle locale permet d'appréhender une partie du fonctionnement cognitif des enseignants. Ce concept est transférable à d'autres disciplines et d'autres situations d'enseignement.

Sur le plan méthodologique nous avons adopté une position d'extériorité par rapport à l'enseignant et à son activité. Les connaissances professionnelles locales ont été inférées sur la base de l'analyse de cinq déroulements d'une même séance. Une autre méthode d'accès aux connaissances professionnelles locales consiste, par exemple, à interroger les enseignants sur les connaissances qu'ils acquièrent à travers la réalisation d'une séance et qu'ils réinvestissent dans une nouvelle réalisation de cette même séance. Cette seconde méthode permet d'accéder aux connaissances professionnelles locales consciemment mobilisées par l'enseignant.

La liste des catégories de connaissances professionnelles locales

que nous avons dégagée n'est pas exhaustive. De plus, la pertinence des catégories dépend des caractéristiques de la situation d'enseignement étudiée. Par exemple, dans les situations a-didactiques (Robardet, 1997) le contrôle des productions d'élèves s'effectue par confrontation avec le milieu ce qui exclut l'existence de phases de conclusion telles que nous les avons rencontrées dans la séance du modèle particulière. La catégorie « *arguments mobilisables en fonction des productions des élèves* » n'est pas pertinente pour décrire les connaissances professionnelles locales mobilisables dans ce type de séance.

NOTES

1. <http://www.auvergne.iufm.fr/ER/lmorge/modèleparticulaire.htm>
Chaque intervention est numérotée par ordre d'apparition dans la séance. Chaque numéro d'intervention est précédé d'une lettre différente pour chacune des séances.

2. d353-355

3. d397-398

4. e335

5. e363

6. d404, d408, d413

7. d444

8. d452

9. b183, e326, c151

10. e341, e344

11. e326, 328

12. c151

13. e363

14. b209, a185, a22, a246, d424

15. e386

16. d426

17. d473 à d477

18. b244 à b269

19. e462
20. d415, d442
21. e382
22. b169
23. b166
24. b208, e412, a268, a289, a290, c267
25. b228
26. c273
27. b205, e428, a297, b227, c279
28. b231
29. d473 à d481
30. d208 à 329
31. d210, d219, d249, d293, d294
32. d300
33. d195
34. d314-315, d342-343
35. e326, e328
36. a162
37. d473 à d481
38. b110 à b119
39. e291
40. <http://www.auvergne.iufm.fr/ER/lmorge/simodpart.htm>

BIBLIOGRAPHIE

BESSON U., VIENNOT L. & LEGA J. (2001). Pression et statique des fluides : un début de modélisation. *Bulletin de l'union des physiciens*, cahier n° 1, n° 835, pp. 825-840.

BOILEVIN J.-M. (2000). *Conception et analyse du fonctionnement d'un dispositif de formation initiale des enseignants de physique – chimie utilisant des savoirs issus de la recherche en didactique : un modèle d'activité et des cadres d'analyse des interactions en classe*. Thèse, université Aix-Marseille 1.

CHEVALLARD Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol. 19/2, n° 56, pp. 221-265.

CHOMAT A., LARCHER C. & MÉHEUT M. (1988). Modèle particulière et activité de modélisation. *Aster*, n° 7, pp. 143-184.

COULANGE L. (2000). *Étude des pratiques du professeur du double point de vue écologique et économique – Cas de l'enseignement des systèmes d'équations et de la mise en équation en classe de troisième*. Thèse, université Joseph Fourier, Grenoble.

DEVELAY M. (1994). *Peut-on former les enseignants ?* Paris, ESF.

DURAND M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris, PUF.

FLAVIER E., BERTONE S., MÉARD J. & DURAND M. (2002). Les préoccupations des professeurs d'éducation physique lors de la genèse et la régulation des conflits en classe. *Revue française de pédagogie*, n° 139, pp. 107-119.

FLANDERS N.A. (1970). *Analyzing teaching behavior*. Reading (Massachusetts), Addison-Wesley.

FRANCESCHELLI S. & WEIL-BARAIS A. (1998). La routine conversationnelle comme stratégie de changement conceptuel : apprendre à modéliser en mécanique. In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (Dir.), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne, Peter Lang, pp. 163-184.

GOIGOUX R. (2002). Analyser l'activité d'enseignement de la lecture : une monographie. *Revue Française de Pédagogie*, n° 138, pp. 125-134.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE PÉDAGOGIQUE (2001). Le praticien réflexif. La diffusion d'un modèle de formation. *Recherche et Formation*, n° 36.

JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne, Peter Lang.

KAMINSKI W. (1989). Conception des enfants (et autres) sur la lumière. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 716, pp. 973-996.

LARCHER C. & CHOMAT A. (1998). Médiation dans des situations d'entretiens avec des élèves de collège à propos de la modélisation des propriétés thermoélastiques des gaz. In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (Éds), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne, Peter Lang, pp. 135-161.

LEDERMAN N.-G. (1992). Student's and teacher's Conceptions of the Nature of Science : A review of the research. *Journal of research in science teaching*, vol. 29, n° 4, pp. 331-359.

LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1993). *Construire des concepts en Physique*. Paris, Hachette.

MAURICE J.-J. (1996). Problèmes multiplicatifs : l'expérience de l'enseignant, l'action effective de l'élève. *Revue de didactique des mathématiques*, vol. 16, n° 3, pp. 323-348.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE (1997). *Accompagnement des programmes de 5^e et de 4^e*. Collection collège. Paris, CNDP.

MORGE L. (1997). *Essai de formation professionnelle des professeurs de sciences physiques portant sur les interactions en classe. Étude de cas en formation initiale*. Thèse, université Paris 7.

MORGE L. (2001a). Caractérisation des phases de conclusion dans l'enseignement scientifique. *Didaskalia*, n° 18, pp. 99-120.

MORGE L. (2001b) Former sur les aspects pratiques et théoriques des interactions enseignant-élèves en classe de sciences. *Aster*, n° 32, pp. 155-176.

- PAQUAY L. (1994). Vers un référentiel des compétences professionnelles de l'enseignant ? *Recherche et formation*, n° 16, pp. 7-38.
- PORTUGAIS J. (1995). *Didactique des mathématiques et formation des enseignants*. Berne, Peter Lang.
- POSTIC M. (1977). *Observation et formation des enseignants*. Paris, PUF.
- ROBARDET G. (1994). La formation des enseignants de sciences physiques et le mythe naturaliste. In M. Caillot (Éd.), *Actes du quatrième séminaire de recherche en didactique des sciences physiques*. Université de Picardie Jules Vernes (CURSEP) et IUFM de Picardie, pp. 4-22.
- ROBARDET G. (1997). Le jeu du résistor : une situation visant à ébranler des obstacles épistémologiques en électrocinétique. *Aster*, n° 24, pp. 59-80.
- RODRIGUES S. & THOMPSON I. (2001). Cohesion in science lesson discourse : clarity, relevance and sufficient information. *International Journal of Science Education*, vol. 23, n° 9, pp. 929-940.
- SÉRÉ M.-G. (1985). *Analyse des conceptions de l'état gazeux qu'ont les enfants de 11 à 13 ans, en liaison avec la notion de pression, et proposition de stratégie pédagogique pour en faciliter l'évolution*. Thèse de doctorat d'état, université Paris 6.
- SAINT-GEORGES M. (1996). *Formation des professeurs de sciences physiques par la didactique*. Thèse, université Paris 7.
- SHE H.-C. & FISHER D. (2000). The Development of a Questionnaire to Describe Science Teacher Communication Behavior in Taiwan and Australia. *Science & Education*, n° 84, pp. 706-726.
- TARDIF M. & LESSARD C. (1999). *Le travail enseignant au quotidien*. Québec, Presses de l'université Laval.
- VION R. (1992). *La communication verbale*. Paris, Hachette.

ANNEXE

Nom :	Classe :
Prénom :	
Modèle particulaire des gaz	
Activité 1 : Observations	
Observez l'expérience réalisée par le professeur, puis indiquez dans le tableau ci-dessous « ce qui a changé » et « ce qui n'a pas changé » pour la seringue et pour le gaz.	
Activité 2 : Modélisation	
On peut se représenter un gaz comme un ensemble de particules invisibles à l'œil nu, ayant les propriétés suivantes :	
P1 – Une particule ne se coupe pas.	
P2 – Une particule garde les mêmes dimensions.	
P3 – Une particule garde la même masse.	
P4 – Une particule ne se déforme pas.	
Représentez tout le gaz dans les situations 1 et 2 pour rendre compte de ce qui a été constaté.	
 Situation 1	 Situation 2

Activité 3 : Conclusion

D'après les activités précédentes, donnez les significations des expressions suivantes

- Un seul gaz =
- Le gaz est plus tassé =
- Le gaz peut encore se serrer =
- Il y a la même quantité de gaz =

Activité 4 : Enrichissement du modèle

Qu'a t-on appris en plus par rapport aux quatre propriétés initiales ?

.....
.....
.....
.....

Cet article a été reçu le 2 avril 2002 et accepté le 8 avril 2003.