



HAL
open science

L'investigation en sciences. : Difficultés de mise en œuvre chez un enseignant de cycle 2 – Le rôle de l'épistémologie pratique

Corinne Marlot

► To cite this version:

Corinne Marlot. L'investigation en sciences. : Difficultés de mise en œuvre chez un enseignant de cycle 2 – Le rôle de l'épistémologie pratique. L'investigation scientifique et technologique : comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire , 2016. hal-01857327

HAL Id: hal-01857327

<https://hal.science/hal-01857327>

Submitted on 15 Aug 2018

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

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

L'INVESTIGATION EN SCIENCES : DIFFICULTÉS DE MISE EN ŒUVRE CHEZ UN ENSEIGNANT EN CYCLE 2

LE RÔLE DE L'ÉPISTÉMOLOGIE PRATIQUE

Corinne MARLOT

INTRODUCTION

Aujourd'hui une grande partie de notre communauté de didacticiens des sciences partage l'idée que l'investigation scientifique à l'école est structurée par la relation entre la production et l'usage d'arguments scientifiques par les élèves et le processus de validation des hypothèses ou idées explicatives (Duschl *et al.*, 2008 ; Roth *et al.*, 2006 ; Sampson *et al.*, 2011 ; Morge et Boilevin, 2007).

Pour autant, les occasions pour les élèves de participer à d'authentiques argumentations scientifiques en classe sont rares (Roth *et al.*, 2006), d'une part, à cause d'un manque de connaissances pédagogiques et didactiques chez les enseignants, nécessaires à la conception de situations où l'argumentation aurait toute sa place et, d'autre part, par manque de ressources qui permettraient aux professeurs d'accompagner les élèves dans cette élaboration (Sampson et Blanchard, 2012).

Du côté des recherches francophones de nombreux travaux montrent une faible mise en œuvre de l'investigation dans les pays d'Europe (Rocard, 2006) et de nombreux travaux font état de difficultés récurrentes chez les professeurs, dans la conception et la régulation de séquences d'investigation.

Notre ambition est de mieux comprendre où et comment se nouent les difficultés dans la mise en œuvre de l'investigation pour ensuite, être en mesure d'aider les professeurs à problématiser certains aspects de leur action quand ils enseignent les sciences. En prise avec les travaux de Tiberghien (2011), portant sur la production de ressources à l'attention des professeurs, nous souhaiterions contribuer ici à l'élaboration de grilles d'analyse de séances. Ces dernières devraient être en mesure de rendre compte des choix et des décisions des professeurs confrontés à la mise en œuvre et à la régulation d'une séance d'enseignement en sciences. En ce qui concerne les choix, nous considérerons tout autant les contenus de savoir, l'organisation de la classe que les formes d'intervention et pour ce qui concerne les décisions *in situ*, nous prendrons en compte aussi bien l'organisation et la structure des savoirs privilégiés que les stratégies de régulation de l'activité des élèves.

CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE

Notre cadre théorique établit la possible mise en relation de deux cadres théoriques : celui de la théorie des deux mondes et des outils associés (Tiberghien, 2011) et celui de la théorie de l'action conjointe en didactique noté TACD (Sensevy et Mercier, 2007 ; Sensevy, 2011). La théorie des deux mondes permet de décrire les types de savoirs en jeu (savoirs scientifiques et savoirs quotidiens) ainsi que les types d'activités qui les produisent alors que la TACD permet de saisir le processus dynamique d'enseignement et apprentissage en regard des choix des professeurs : densité et taille des savoirs construits, glissements et affaiblissement des enjeux didactiques (Marlot, 2008).

Pour ce qui concerne la théorie des deux mondes (monde des objets et des événements et monde des théories et des modèles), Tiberghien entend que « dans la conception d'une séquence, il est nécessaire de concevoir plusieurs types d'activité correspondant à différents types de relation entre les deux mondes » (Tiberghien, 2011, p. 196). Le tableau ci-dessous, repris de Tiberghien (*ibid.*), rend compte des activités que mobilisent les élèves selon que l'enjeu de savoir relève plutôt du monde des objets et des événements, du monde des théories et des modèles ou encore de la mise en relation de ces 2 mondes, ce qui représente le cœur du travail de conceptualisation des élèves ou dit autrement, le passage de la pensée commune à la pensée scientifique.

Type de relation	Manifestation (activités)
Objets/événements	Les élèves s'appuient sur leurs conceptions quotidiennes. Ils construisent des relations entre objets et événements à partir d'observations, de descriptions, de prévisions.
Monde théorie/modèle – Monde objets/événements (versant scientifique)	Mise en œuvre de procédures de raisonnement variées : déductif ; inductif, hypothético-déductif pour favoriser le passage d'un monde à l'autre dans les deux sens.
Théorie/modèle	Mise en œuvre après un certain temps d'enseignement sur un thème car nécessite la connaissance de plusieurs éléments théoriques ou des modèles.
Monde théorie/modèle – Monde objets/événements (des théories quotidiennes aux expérimentations scientifiques)	Enseignement à thème (santé, sport, EDD...).

Tableau 1. – Théorie des deux mondes et type d'activités relatives

Dans l'idée de construire une grille d'analyse des activités d'investigation à la fois en terme d'action et en terme de type de savoir, Tiberghien (*ibid.*) s'est appuyée sur la catégorisation de Etkina *et al.* (2010, p. 55) qui propose de décomposer les actions du chercheur en sciences expérimentales. Ces actions, le plus souvent internalisées par les scientifiques, peuvent être décrites sous forme de sept processus/procédures auxquels Tiberghien en a adjoint un huitième (le dernier) :

- concevoir des hypothèses/spéculations et des explications ;
- utiliser des moyens spécialisés pour représenter des phénomènes ;
- recueillir et analyser des données à partir des expériences ;

- mettre au point, affiner/adapter les expériences et les mesures;
- utiliser des moyens spécialisés de communication des idées;
- évaluer, tester, et valider des hypothèses et des théories;
- construire des théories/spéculations;
- communiquer et débattre.

La transposition de la démarche scientifique à l'école suppose que l'élève doit construire les habitudes de pensée du scientifique (Tiberghien, *ibid.*). Pour cela, le professeur doit être en mesure de proposer aux élèves différents types d'activités qui permettent d'actualiser ces huit processus/procédures. Ces activités ont des visées différentes selon qu'elles :

- relèvent d'actions à composante théorique qui permettent de faire des prévisions, des spéculations, des hypothèses en appui sur des savoirs scientifiques ou plus quotidiens;
- tentent de rendre visibles les procédures internalisées des scientifiques et correspondent ainsi à des mises en discours de ces procédures;
- permettent de représenter des phénomènes ou des démarches par la mise en œuvre de systèmes sémiotiques divers;
- ou assurent le recueil et l'analyse d'un ensemble de données expérimentales.

Dans notre étude de cas, nous tenterons de mobiliser ces différents niveaux d'activité en relation avec les types de relation définis par la théorie des deux mondes.

Pour ce qui est de la TACD, nous présentons ici les fondements qui rendent opératoire cette théorie dès lors qu'il s'agit de décrire le travail du professeur en interaction avec celui des élèves. Les outils spécifiques seront présentés au fur et à mesure de leur utilisation dans le cours de l'analyse.

Dans cette théorie la notion de jeu est centrale. Selon Chauvier (2007), un grand nombre de situations et d'activités humaines peuvent être vues comme des jeux. À ce titre, la pratique enseignante peut être vue comme un jeu ou plutôt comme un système de jeux. Ainsi la séance en classe peut être modélisée comme une succession de scènes – au sens théâtral – que l'on appellera des jeux d'apprentissage. Le passage d'un jeu d'apprentissage à un autre correspond à un changement de focale de l'action didactique, une modification des savoirs en jeu et par là même des objets sur lesquels s'exerce cette action, et une évolution des contrats didactiques qui sous-tendent ces actions. Le contrat, comme système d'attentes réciproques au sens de Brousseau (1998), peut ici être pensé comme un système de *règles d'action*, certaines étant pérennes, d'autres étant renouvelées en fonction de la situation. Utiliser la notion de jeu comme descripteur de l'action conjointe, c'est « embarquer » un réseau sémantique qui permet de comprendre et expliquer certains des ressorts, des arrière-plans et des logiques cachées de la pratique en classe¹. En effet, l'ensemble des recherches en éducation montre clairement que l'explication de l'action *in situ*,

1. « Un jeu a un enjeu, qui fait en particulier que l'on se *prend au jeu*; on y gagne ou on y perd; on ne peut y jouer sans en connaître les *règles* et [...] il faut pour gagner produire des *stratégies* pertinentes, des stratégies gagnantes, et donc avoir le *sens du jeu*. Lorsqu'on joue [...] il faut *se prendre au jeu*. » (SENSEVY, 2011, p. 42.) Nous pouvons rajouter à cela que lorsque l'on joue, il est nécessaire de « jouer le jeu » et que l'on peut également être « hors-jeu ». Ces deux dernières expressions seront utilisées de manière théorique dans le cadre de l'analyse.

si elle nécessite la prise en compte et l'analyse de ce qui se passe en classe, ne saurait s'y restreindre. L'action du professeur est une action *adressée* (Clot, 1999). C'est pourquoi, dans une visée anthropologique de compréhension de l'action conjointe, nous considérons l'action didactique selon une stratification ternaire (Sensevy, 2007) où nous tentons de saisir ensemble à un premier niveau, *in situ*, comment le professeur fait jouer le jeu (c'est l'analyse en terme de système de jeu d'apprentissage/jeu épistémique); à un deuxième niveau, en général hors de la classe, comment il construit le jeu (c'est l'analyse *a priori* relative au projet d'enseignement du professeur et des contraintes liées au savoir en jeu). Le troisième et dernier niveau d'analyse sera réservé à une catégorie de déterminants qui échappe en grande partie à l'action du professeur : ce sont les éléments d'épistémologie pratique. Ces derniers orientent la pratique et en même temps la pratique les construit au fur et à mesure que l'expérience professionnelle se développe. De surcroît, en situation, du fait même de l'organisation du milieu et des places de chacun des acteurs, certains déterminants sont à certains moments les plus agissants, alors que d'autres prennent le dessus à d'autres moments.

Pour finir, nous avons repris et organisé, dans le tableau ci-dessous, un ensemble de résultats puisés dans la littérature anglophone et francophone concernant les difficultés de mise en œuvre de l'investigation scientifique en classe. Le souci d'organisation nous a amenée à distinguer trois catégories de difficultés de mise en œuvre de l'investigation scientifique selon que l'origine est plutôt de nature épistémologique, épistémique ou didactique. Néanmoins, ces difficultés ne sont pas de même nature. Certaines sont exprimées directement par les enseignants lors des entretiens, d'autres sont inférées par l'analyse des chercheurs, d'autres encore sont observées directement. De plus, et selon les difficultés envisagées, l'interconnexion entre ces trois catégories est plus ou moins importante. En effet, une difficulté qui se manifeste selon un mode didactique peut trouver son origine dans un faible ancrage épistémique ou/et épistémologique.

La lecture de ce tableau qui nous invite à considérer l'intrication « didactique-épistémique-épistémologique », nous amène à formuler l'hypothèse que ces difficultés pourraient former des sortes de « réseaux » reliés par des relations d'implication. Il nous semble alors que pour saisir ces réseaux, nous avons avantage à croiser différentes méthodes de description de la pratique du professeur, afin d'affiner et de densifier suffisamment le grain de description. Par ailleurs, comprendre les implications qui président à l'existence de ces « réseaux », nécessite pour nous de pouvoir mettre en regard les choix et les décisions de l'enseignant avec certaines des déterminations de l'action liées à son épistémologie pratique (Sensevy, 2007 ; Marlot, 2009).

H
T


Ancrage épistémologique du professeur	
Primauté à l'observation au détriment de la construction d'un problème (Ledermann, 2007 ; Mathé, 2010). Focalisation sur l'expérimentation comme unique moyen de confrontation au réel (Orange, 2003). Conflits de valeurs sur la représentation de la science (conceptions erronées du travail des scientifiques, confusion démarche d'investigation et méthode scientifique).	Interaction basée sur la production par l'élève de « la bonne réponse » (Keys et Kennedy, 1999). Propension à rectifier le plus vite possible les « erreurs » des élèves (Calmettes, 2010). Epistémologie du « vrai/faux ». Focalisation sur l'apprentissage du lexique spécifique (Calmettes, 2010).
Ancrage épistémique du professeur	
Teneur scientifique faible des arguments de validité relative aux idées explicatives des élèves (Morge, 2000 ; 2001). Absence de relance telles que : autre question en <i>feed-back</i> ou proposition de contre-exemple (Keys et Kennedy, 1999). Mobilisation d'éléments théoriques : absence ou éléments inadéquats ou moment inopportun. Mode d'avancée des élèves par tâtonnement, essai-erreur (Marlot, 2008).	Résistance à l'intrusion de l'imprévu : proposition d'élèves, résultats inattendus, connaissances pré-requises et nécessaires absentes... (Antheaume, 2001). Mode de guidage faussement non directif : petits coups de force  a-Debanc et Laurent, 2003).
Ancrage didactique du professeur	
Percolation disciplinaire : pratiques similaires sans spécificité (exemple le débat non orienté scientifiquement) (Bisault et Berzin, 2009 ; Lebeaume, 2000). Inadéquation ou absence d'outils d'évaluation (Keys et Kennedy, 1999). Allongement du temps de l'enseignement (dilatation du temps).	Posture majoritaire d'accompagnement (reformulation à l'identique – réticence didactique très forte) Lobato, Clarck et Ellis (2005). Modes de guidage concurrents : libre expression des élèves sollicitée mais prédominance accordée à la parole du professeur. (Garcia-Debanc et Laurent, 2003). Faible explicitation des attentes pour ce contrat didactique singulier et inhabituel (Morge, 1997 ; Keys et Kennedy, 1999).

Tableau 2. – Caractérisation de certaines des difficultés rencontrées par les professeurs dans la mise en œuvre de l'investigation scientifique

Dans cette étude, nous nous proposons de saisir dans un premier temps la complexité des registres – épistémiques, épistémologiques et didactiques – dans lesquels se manifestent les difficultés de mise en œuvre pour ensuite tenter d'accéder à certaines de leurs déterminations.

Quelle est la nature de difficultés rencontrées par cet enseignant pour mettre en œuvre l'investigation scientifique ? Comment se manifestent-elles ? En quoi ces difficultés contraignent-elles les apprentissages réalisés par les élèves et la construction de leur rapport à l'activité scientifique ? Plus précisément, nous chercherons à décrire comment ce professeur aménage et réaménage le milieu de l'étude dans le temps de la séance ; quelles stratégies de régulation de l'activité des élèves sont mises en œuvre, quelles sont les conséquences de ses choix et décisions sur l'apprentissage scientifique des élèves en général et sur l'argumentation en particulier. Dans cette étude, nous nous intéressons à la pratique d'un professeur de cycle 2 (CP) de l'école élémentaire en sciences physiques qui aborde avec ses élèves les propriétés des liquides incolores.

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Notre méthodologie relève de l'étude de cas (Passeron et Revel, 2005). À la suite de Bru, Altet et Blanchard-Laville (2004), nous considérons en effet que les singularités minimales dans les pratiques des professeurs peuvent entraîner de grandes différences dans l'apprentissage des élèves. En accord avec Passeron et Revel (*ibid.*, p. 29), nous disons que le cas fait preuve et que sa force « croîtra à mesure que se présenteront d'autres cas, analogues ou parents par plusieurs de leurs traits ». Ainsi, les différentes études de cas présentées dans cette contribution visent à construire une collection d'études de cas relatives à la difficulté de mise en œuvre de l'investigation scientifique en milieu scolaire.

Pour ce qui est de la construction des données, elles ont été collectées et analysées selon un processus d'enquête, dans le but de construire progressivement un réseau de significations. Cette construction relève d'une approche clinique expérimentale (Leutenegger, 2000) dans la mesure où des traces et des indices prélevés dans différents corpus et à différentes échelles temporelles, vont signer certains phénomènes didactiques. La séance filmée est toujours précédée d'un bref entretien (entretien *ante*). Le professeur peut y exprimer ses intentions, formuler ses objectifs, identifier les différents temps et les formes de travail envisagées. Après la séance, nous nous entretenons à nouveau avec le professeur (entretien *post*) pour savoir en quoi ce qui s'est passé est conforme ou non à ses attentes. Un troisième entretien plus conséquent, différé cette fois, est également mené : il permet à chaque professeur de s'exprimer en présence de la vidéo, sur un ou plusieurs épisodes clés repérés par le chercheur et par le professeur lui-même. Nous sommes alors proches d'un entretien d'auto-analyse.

Cette recherche s'inscrit dans un cadre collaboratif (Sensevy, Forest, Quilio et Morales, 2013) dans la mesure où le professeur avec lequel nous travaillons est informé de la problématique engagée dans la recherche (la réduction des difficultés de mise en œuvre de l'investigation scientifique à l'école) et de l'objet d'étude (les conditions de l'argumentation scientifique en classe). De plus, lors du dernier entretien, une partie de l'analyse et de la reconfiguration de la séquence est réalisée avec l'enseignant. Ainsi, des savoirs pour la recherche et des savoirs pour la pratique sont conjointement construits (ils peuvent d'ailleurs parfois se recouvrir).

Le caractère « expérimental » du dispositif d'enquête tient au fait que la séquence mise en œuvre par le professeur étudié est le résultat d'une ingénierie didactique (Artigues, 1990) proposée par un formateur en sciences physiques de l'IUFM d'Auvergne². En effet, une séquence de cinq séances mettant en jeu les caractéristiques des liquides incolores au cours préparatoire, a été présentée à ce professeur expert (maître formateur). Lors de cette présentation celui-ci a été « formé » aux enjeux épistémiques et épistémologiques portés par cette situation didactique. Il nous importe de comprendre dans quelle mesure la connaissance préalable et partagée de ces enjeux permet au professeur d'aborder avec moins de difficultés la mise en œuvre de l'investigation, et plus particulièrement l'élaboration et l'expression d'arguments par les élèves lors de la phase de validation collective des réalisations.

2. Éric Collard, qu'il en soit ici sincèrement remercié.


Pour ce qui est de l'analyse des données, nous tenterons – comme nous l'avons annoncé dans le cadre théorique – de faire dialoguer les trois niveaux d'analyse de l'action conjointe (la stratification ternaire : construire le jeu, faire jouer le jeu et les déterminations du jeu) avec la grille d'analyse de Tiberghien (2011) qui relie les types d'activité aux types de relations inter ou intra-monde. Notre ambition est de mieux saisir les relations d'implication entre les différents niveaux de difficulté rencontrées par le professeur dans la mise en œuvre de l'investigation scientifique.

RÉSULTATS

La construction du jeu didactique

Contexte de la séance analysée

Voici le synopsis de la séquence telle qu'elle a été prévue par le formateur.

SEANCE	ETAPES	ENJEUX présentés par le formateur
1 	Présentation de la colonne de densité. C'est une colonne à cinq étages composée de cinq liquides colorés : eau sucrée, eau salée, eau douce, huile et alcool. Le professeur lance un défi à la classe : « Comment réaliser une colonne comme celle-ci ? »	L'apport en classe de cet objet esthétique a pour but de susciter l'intérêt des élèves. Le défi les engage dans un questionnement qui va nécessiter une enquête scientifique. Cette enquête doit mener les élèves à considérer les caractéristiques des substances liquides incolores en terme de masse volumique et à évoquer la propriété de miscibilité. Il s'agit de comprendre que tous les liquides incolores ne sont pas de l'eau.
	Réalisation d'un dessin d'observation de la colonne.	Le dessin permet de constater la simplification habituellement réalisée qui consiste à marquer les séparations par un trait net. Or, ces séparations sont plus ou moins nettes en fonction de la nature des liquides superposés.
	Identification des critères de réalisation d'un dessin d'observation.	
	Réalisation d'un protocole expérimental par groupe pour reconstituer la colonne à l'identique.	
	Discussion à partir des différentes propositions et choix collectif d'une succession de tâches à réaliser pour conduire l'enquête et prendre en charge chacune des questions.	Un certain nombre de questions sont attendues concernant l'ordre de dépôt des liquides, la miscibilité de certains liquides et le fait que certains liquides sont plus « lourds » que d'autres.

2	Réalisation d'un protocole qui permet de vérifier la propriété de miscibilité.	Certaines connaissances liées aux propriétés des émulsions seront envisagées : la miscibilité liée à l'agitation des liquides est un phénomène réversible car une émulsion est rarement stable.
	Stabilisation des connaissances dans un tableau à double entrée.	Ce tableau peut être considéré comme un premier modèle descriptif. En tant qu'écrit, il jouera le rôle d'un outil fonctionnel qui permettra de rappeler facilement et rapidement les informations utiles pour la suite de l'investigation.
3	Réalisation d'un protocole pour montrer si l'ordre des dépôts a de l'importance.	Il faut travailler avec des liquides incolores. Le mélange des liquides crée nécessairement des remous et la nécessité de limiter les mélanges suppose l'apprentissage d'un savoir-faire : utilisation du goutte-à-goutte et inclinaison du tube à essai.
4	Réalisation d'un protocole pour comparer les liquides et savoir si la masse a de l'importance. Chaque groupe compare deux liquides à l'aide de la balance Roberval.	Pour dépasser les notions de masse et de poids et arriver à la notion de densité, il faut travailler avec les élèves sur l'importance de comparer les masses à volume constant. On travaille de manière implicite sur la masse volumique : le lexique scientifique utilisé sera celui de « densité ».
	Élaborer une stratégie de comparaison des liquides pour les situer sur un axe selon leur densité.	
5	Coloration des liquides selon le liquide et réalisation de la colonne par groupe.	Une argumentation sur les densités est attendue pour justifier le choix des couleurs ³ . Ces arguments ont été construits dans les séances précédentes.
	Validation publique des colonnes réalisées.	Des hypothèses explicatives sont produites par les groupes et discutées collectivement.
	Synthèse des connaissances produites.	Cette phase d'institutionnalisation permet de décontextualiser la situation liée à la colonne de densité.

Tableau 3. – Synopsis de la séquence prévue par le formateur IUFM

Lors de la présentation de la séquence, le formateur a insisté sur l'importance, tout au long des quatre premières séances, de travailler avec des liquides incolores.

La séance analysée est la séance 5, c'est le moment où les élèves font usage des arguments construits dans les séances précédentes pour valider ou invalider les résultats obtenus, c'est-à-dire la colonne de densité, telle qu'elle a été réalisée par chacun des groupes. Il sera intéressant, lors de l'analyse de la pratique effective de mesurer la distance que le professeur a prise par rapport à la présentation et aux recommandations apportées par le formateur. Cette distance pourra être révélatrice de certains éléments liés à l'épistémologie pratique du professeur et qui vont peser fortement sur les déterminations du jeu didactique.

3. Les élèves sont censés travailler jusqu'à présent avec des liquides incolores. Dans cette dernière étape, ils colorent les liquides, dans le but de reproduire la colonne de densité présentée au début de la séquence par le professeur.

Analyse épistémique : les savoirs en jeu

Cette analyse consiste pour le chercheur à identifier les contraintes liées au savoir en jeu. Nous allons ici utiliser un des outils associés à la théorie des deux mondes, l'outil de conception « distance des savoirs ». La distance étant ici entendue comme l'écart entre les savoirs quotidiens des élèves et les savoirs à enseigner, relativement aux deux notions de densité et de miscibilité. Cet outil prend la forme d'un tableau. Il poursuit une triple visée :

- explicitation du contenu des différentes connaissances en jeu dans la situation et positionnement de ces connaissances soit dans le monde des théories et des modèles, soit dans le monde des objets et des événements, soit dans l'espace de mise en relation de ces 2 mondes ;
- anticipation des contraintes didactiques du professeur relatives aux mises en relation déjà effectives chez les élèves (conceptions premières) ;
- anticipation des mises en relation que le professeur aura à mettre en place pour construire les savoirs en jeu.


Cet outil représente pour le chercheur une sorte de matrice de comparaison. Lors de l'analyse de la pratique effective, nous serons plus à même de saisir les contraintes que le professeur a prises en compte et celles qu'il n'a pas considérées et de voir si les activités de différents types qu'appellent ces connaissances de statut différent (quotidiennes/scientifiques ; monde des objets-événements/monde des théories et des modèles) sont effectivement mises en œuvre par le professeur ou si seulement certaines d'entre elles sont convoquées.

Cette analyse épistémique montre l'écart important qui peut exister pour des élèves de cet âge entre les connaissances quotidiennes et les connaissances scientifiques relatives à la notion de densité. En l'absence de cette notion, les élèves relient la caractéristique de « lourd » ou « léger » à celle de quantité, considérant que tous les liquides (incolores), à volume égal ont des masses égales. Ainsi, pour les élèves, la place des liquides dans la colonne dépend uniquement de leur ordre d'introduction. La question de l'interface floue entre deux liquides miscibles est un observable à construire et à repérer ; en effet, les élèves sont persuadés que deux liquides miscibles ne peuvent se superposer. C'est donc à un renversement de leurs conceptions que le professeur doit conduire les élèves.

	Les connaissances scientifiques disponibles chez les élèves	Les conceptions, croyances de tous les jours des élèves	Les connaissances scientifiques à enseigner	Le savoir de référence
Théorie modèle		Tous les liquides ont une même masse pour un même volume. Les objets légers flottent. La place des liquides dans une colonne dépend uniquement de leur ordre d'introduction.	Tous les liquides n'ont pas la même masse pour un même volume. Une substance peut être caractérisée par sa masse volumique selon une échelle de densité.	La masse volumique caractérise une substance. Poussée d'Archimède = poids du fluide déplacé. La polarité des molécules de la matière.
Relations entre les deux mondes (théorie modèles/objets/événement)		C'est le liquide le plus léger (celui qui est en plus faible quantité) qui est au-dessus.	Les liquides qui pour un même volume ont une masse inférieure, se placent au-dessus de l'autre liquide. Deux liquides miscibles et de densité différente ont une interface floue.	Un objet ou une substance de masse volumique inférieure à celle de liquide dans lequel il est va se trouver au-dessus. Si les molécules de deux substances s'attirent (molécules polaires), les liquides se mélangent.
Objets événements	Connaissance de différentes situations de mélanges hétérogènes ou homogènes : La sauce vinaigrette, le sirop et l'eau. La mesure des volumes. La comparaison 2 à 2.	Tous les liquides incolores sont de l'eau. Pour superposer deux liquides, ils ne doivent pas être miscibles.	Deux liquides miscibles, lorsqu'ils sont agités, ne peuvent pas être différenciés à l'œil nu. Deux liquides non miscibles lorsqu'ils sont agités, et après une période de repos, se séparent. Certains mélanges présentent des interfaces nettes et d'autres floues.	

Tableau 4. – Analyse épistémique et distance des savoirs – la colonne de densité

Faire jouer le jeu

Nous allons maintenant procéder à l'analyse de la pratique effective, telle que nous avons pu l'observer lors de la dernière séance. Cette analyse va consister, dans un premier temps, à produire le synopsis de la séance telle qu'elle s'est déroulée. À partir des scènes du synopsis – exprimées dans le langage naturel de l'action – nous pourrions identifier les jeux d'apprentissage  correspondent à une formulation propre à notre langage théorique⁴.

4. Il est bien entendu que les professeurs ne « font pas jouer des jeux d'apprentissage » aux élèves. La métaphore du jeu est bien un « voir comme » pour le chercheur, qui lui permet de se saisir de la question : « À quoi jouent

Dans un deuxième temps nous mettrons en place le système sémiotique « jeu d'apprentissage/jeu épistémique » qui va nous permettre de rendre compte de la dynamique du processus de construction des connaissances et de la nature des savoirs produits par la situation. Cette représentation donnera à voir certains moments liés à certains JA où semble se produire un phénomène didactique comme un glissement, un affaiblissement ou encore une disparition de jeu d'apprentissage.

Dans un troisième temps, nous mettrons en relation les JA avec les trois domaines de savoir proposés par la théorie des deux mondes (théorie/modèle; objet/événement et espace de mise en relation des deux mondes). Cette mise en dialogue nous permettra de revenir sur les visées des activités mises en place par le professeur et leur partition selon les trois domaines. Nous pourrions alors mesurer l'écart entre le prévu (l'ingénierie didactique du formateur) et le réalisé du point de vue de l'investigation en général et de l'argumentation en particulier.

Synopsis de la séance et jeux d'apprentissage

Avant de nous focaliser sur cette dernière séance, nous allons brièvement identifier ce que le professeur a redéfini – par rapport aux propositions du formateur – lors des quatre premières séances. Les connaissances construites lors des séances précédentes sont disponibles dans la classe sous forme d'affichage.

	Eau sucrée	Eau salée	Eau	Huile	Alcool
Eau sucrée		Oui	Oui	Non	Non
Eau salée	Oui		Oui	Non	Non
Eau	Oui	Oui		Non	Non
Huile	Non	Non	Non		Non
Alcool	Non	Non	Non	Non	

Tableau 5. – Le tableau des miscibilités

Lors de la séance précédente (séance 4 : importance de la masse), les liquides ont été utilisés colorés. En effet, le gradient de densité apparaît sur l'affiche avec les correspondances suivantes : rouge/eau sucrée – vert/eau salée – blanc/eau – jaune/huile – bleu/alcool. Cette coloration *a priori* des liquides avait été écartée par le formateur lors de la présentation de la séquence. En effet, le fait que les liquides soient déjà colorés annule la possibilité pour les élèves de faire des hypothèses fondées majoritairement sur la densité des différents liquides. Au travers de cette observation nous voyons que le professeur a procédé à une certaine redéfinition de la tâche (au sens de Clot, 1999), ce qui correspond à une manière de s'approprier la proposition du formateur.

Pour continuer dans le même sens, le titre de la séquence a été modifié par le professeur. Sur la fiche de préparation nous pouvons lire : « Les mélanges de liquide, miscibilité ou non ? ». Disparaît donc la mobilisation de la notion de densité qui était contenue dans

ensemble le professeur et les élèves ? » ; et ainsi d'orienter son attention sur les formes de l'action conjointe et ses effets en terme de construction des savoirs.

le titre originel : « La colonne de densité ». Cette redéfinition est de même nature que la précédente : la mise à distance de la notion de densité ; mais la transformation en question laisse à penser que le professeur ne fait ici que se conformer à une habitude d'action en classe de sciences : mobiliser les élèves autour d'une question pour engager la nécessité de l'investigation scientifique.

Après avoir pris connaissance de ce qui a été redéfini par le professeur dans les séances précédentes, nous allons maintenant pouvoir nous focaliser sur la dernière, la séance 5 où les élèves doivent présenter leur colonne et justifier les choix qu'ils ont réalisés pour obtenir ce résultat.

Le synopsis de la séquence (cf. annexe) présente donc un découpage de l'action selon une organisation en phase (les grandes articulations de la séance) et en scènes (moment clôt focalisé sur un objet mobilisé selon certaines « règles »). Un changement de scène correspond à un changement de focalisation (même si les objets d'attention restent identiques, leur statut peut avoir changé ou encore les « règles » d'usage de ces objets). D'une manière générale, un jeu d'apprentissage, qui est – selon notre langage théorique – l'expression d'un contrat didactique dans un milieu donné à un moment donné, correspond à une scène. Parfois mais plus rarement, certaines scènes associent plusieurs JA. Pour autant, toutes les scènes ne comportent pas nécessairement de JA et ce, dans la mesure où le professeur (noté P) est parfois le seul acteur : on ne peut pas dire à ce moment, qu'il « joue » sur le jeu des élèves. Le JA est donc la plus petite unité de découpage de l'action conjointe. Cette première analyse du point de vue du savoir montre que le fait de doubler l'essai de réalisation de la colonne n'offre pas d'occasion supplémentaire aux élèves de produire et donc d'utiliser des arguments lors de la phase de validation collective. P maintient les élèves à un niveau de (re)description de leurs actions : ils exposent la manière dont ils s'y sont pris pour réaliser leur colonne mais sans chercher à en construire les raisons. P s'attache à produire les critères de « réussite » qui correspondent à la mise en conformité avec la colonne « modèle » :

- non-mélange des liquides rouge et vert ;
- présence des cinq couleurs ;
- ordre déterminé des phases colorées.

Les élèves avancent donc par « essai-erreur » pour tenter de s'approcher du « résultat » attendu. Tout se passe comme si l'enjeu était finalement de parvenir à superposer deux substances miscibles. La notion de densité (au travers de la mobilisation du gradient de masse) est évacuée. Dans ce contexte, lors du travail en groupe, les élèves sont essentiellement mobilisés par le geste technique. L'étude du synopsis montre une sorte de basculement épistémique au moment de la synthèse collective de l'essai n° 1 (scène 7) : P substitue le nom de chacun des liquides par sa couleur (le rouge, le vert, le jaune, le bleu, le blanc). Nous verrons que ce choix va s'avérer lourd de conséquences.

Pourtant, les élèves sont placés dans un environnement apparemment « scientifique » : matériel, affichage des connaissances à mobiliser, organisation du travail selon laquelle les temps d'expérimentation en groupe sont censés préparer les confrontations collectives.

L'analyse didactique qui suit va tenter de comprendre ce qui semble s'être délié du point de vue des enjeux de savoir et pour quelles raisons.

Dynamique du processus de construction des connaissances : le système JA/JE

L'analyse qui suit décrit les différentes étapes qui conduisent à la construction de connaissances. La représentation de ce processus dynamique est donnée à travers un système sémiotique (Marlot, 2008) qui positionne, selon le gradient « jeux d'apprentissage génériques-jeux d'apprentissage spécifiques », les différents jeux d'apprentissage de chaque scène du synopsis, identifiés par le chercheur. Le système sémiotique donne alors à voir, pour chacun des JA, deux variables : la densité épistémique du savoir mobilisé par le Jeu et l'ordre de son « apparition » au cours de l'action conjointe (de JA1 à JA n + 1). Au-delà d'une simple apparition chronologique des JA, il se produit des substitutions de JA spécifiques par des jeux plus génériques. Ce phénomène didactique a été appréhendé sous le terme de glissement de jeux d'apprentissage (Marlot, 2008).

Toutefois, un jeu d'apprentissage n'est pas générique ou spécifique en lui-même et de manière définitive : cette caractéristique est attribuée de manière relative par l'analyse didactique et on peut même dire, qu'à terme, un jeu d'apprentissage spécifique peut évoluer vers un jeu d'apprentissage générique⁵. Enfin, les jeux d'apprentissage n'existent pas pour eux-mêmes : ils visent la maîtrise et la construction d'un jeu épistémique qui représente *in fine*, la pratique de savoir en milieu scolaire, visée par la situation. La modélisation JA/JE engage donc le chercheur à se poser la question suivante : comment (*via* une succession de jeux d'apprentissage) le professeur et les élèves s'y prennent-ils ensemble pour gagner au jeu, c'est-à-dire pour atteindre le jeu épistémique visé ? S'il existe une différence de degré entre les différents types de jeux d'apprentissage (spécifiques et génériques), c'est une différence de nature qui existe entre les jeux d'apprentissage et le(s) jeu(x) épistémique(s).

L'analyse qui suit n'est autre que la narration réitérée du synopsis présentée plus haut, mais cette fois-ci dans le langage théorique de l'action conjointe. Ce changement de registre nous permet de passer des faits exposés aux phénomènes didactiques identifiés. Ce faisant, nous nous rapprochons ainsi de notre intention de départ qui est de comprendre comment évoluent et se transforment les objets de savoir en fonction des contrats didactiques et des milieux qui les déterminent.

La lecture du système sémiotique JA/JE qui suit se fait selon la légende suivante.

- Jeux d'apprentissage et jeux épistémiques tels que prévus par le formateur IUFM
- Jeux d'apprentissage et jeux épistémiques effectivement mis en place dans la situation analysée
- ⋯ Jeux d'apprentissage affaiblis
- ⊠ Disparition de jeux d'apprentissage ou de jeux épistémiques
- Glissement de jeux d'apprentissage

La représentation du processus de construction des connaissances de cette séance nous permet de relever certains traits saillants. Tout d'abord, nous pouvons constater que les

5. Par exemple, une fois acquis l'apprentissage de la lecture en tant que Jeu spécifique, le jeu « Lire l'énoncé d'un problème » (dans le contexte d'un autre apprentissage) ne représente plus un jeu d'apprentissage spécifique ; l'enjeu de la séance est ailleurs. Le jeu « Lire l'énoncé du problème » représente alors un jeu très générique qui vient en appui au jeu spécifique lié, lui, à la résolution même du problème posé : il est nécessaire, mais non suffisant pour réaliser l'apprentissage visé.

jeux d'apprentissage spécifiques prévus par le formateur (JAa; JAb et JAc) ont tous disparu au profit de jeux d'apprentissage beaucoup plus génériques (JA1, 2, 3, 4, 6, 9 et 10). Les jeux d'apprentissage de densité épistémique moyennes (JA7 et JA8) se retrouvent affaiblis. Le seul jeu d'apprentissage spécifique (JA5) disparaît lui aussi. Cette migration vers des apprentissages plus génériques (de plus faible densité épistémique) est liée à l'apparition par quatre fois du phénomène de glissement de jeu d'apprentissage :

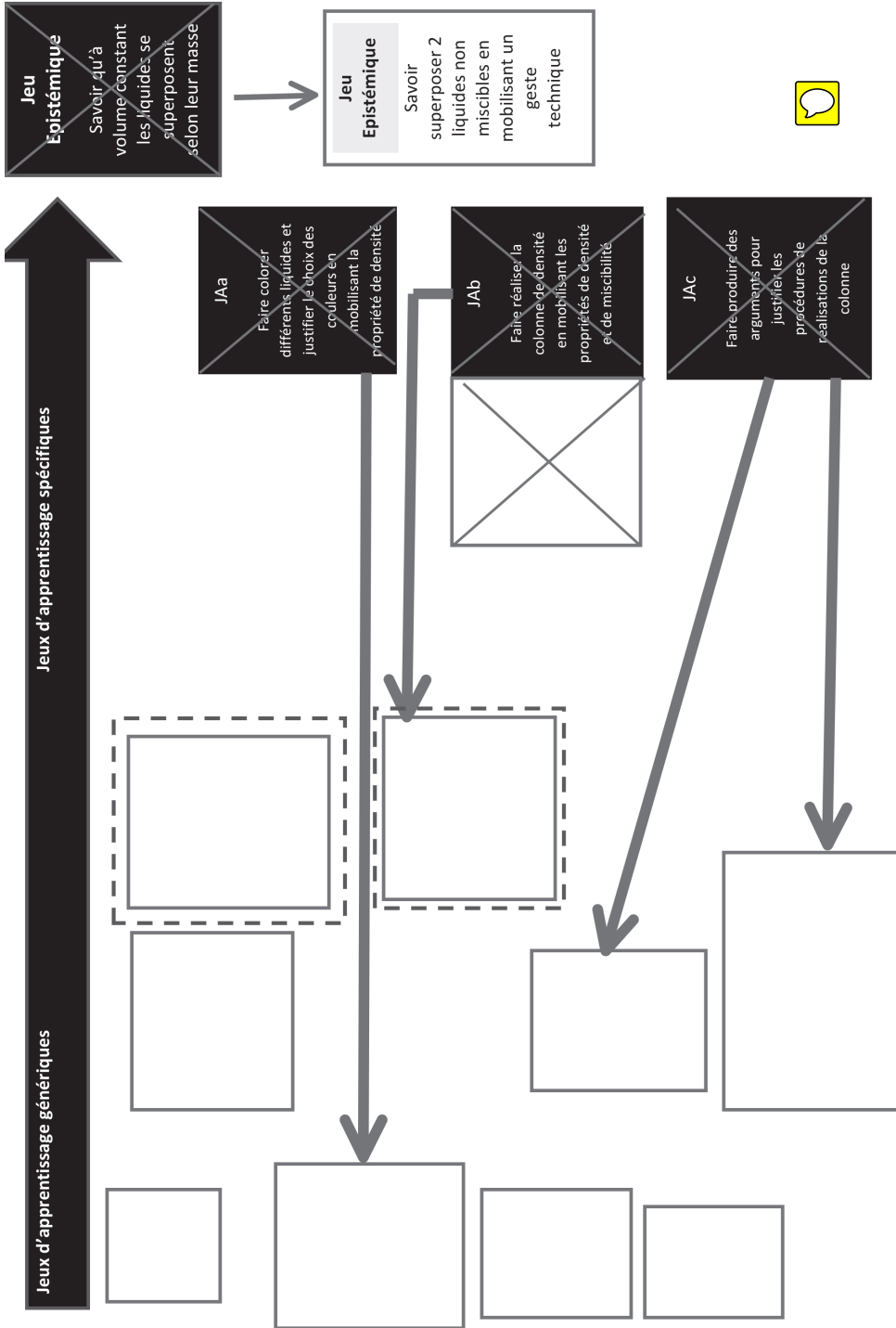
- le JAa (séquence formateur) « Faire colorer différents liquides et justifier le choix des couleurs en mobilisant la propriété de densité » est remplacé par le JA2 « Faire rappeler la correspondance couleur/liquide en référence à l'affiche "gradient de masse" ». L'enjeu de savoir n'est plus lié à la mobilisation de connaissance et à la production d'un raisonnement mais à un travail de mémorisation et de lecture d'affiche (JA1) ;
- le JAb (séquence formateur) « Faire réaliser la colonne de densité en mobilisant les propriétés de densité et de miscibilité » est remplacé lors de l'essai 2 par le JA8 « Faire réaliser la colonne de densité en choisissant une proposition d'ordre de dépôt ». Ce choix se fait selon le critère suivant : « chaque groupe choisit un ordre différent », mais ce choix n'est pas fondé en raison ;
- le JAc « Faire produire des arguments pour justifier les procédures de réalisation de la colonne » est remplacé lors de la première présentation (scène 7) par le JA6 « Faire repérer les différences avec la colonne "modèle" ». Les élèves mesurent simplement l'écart avec l'attendu. Lors de la deuxième présentation (scène 10), le JAc est remplacé par le JA9 « Faire valider la colonne selon les trois critères de réussite : absence de mélange, présence des cinq couleurs dans le "bon" ordre ». Ces trois critères permettent une formulation de l'écart observé mais il n'y a pas véritablement d'évolution des raisons de cet écart entre le premier et le deuxième essai. Les élèves restent sur le descriptif sans jamais prendre le risque de l'explicatif.

In fine, nous observons une substitution du jeu épistémique visé par le formateur « Savoir qu'à volume constant les liquides se superposent selon leur densité » par un autre jeu épistémique qui témoigne de l'affaiblissement de l'enjeu didactique initial « Savoir superposer deux liquides non miscibles en mobilisant un geste technique : incliner le tube et verser goutte à goutte à l'aide de la pipette ».

Nous allons maintenant essayer de comprendre les conséquences de cette substitution du point de vue de la construction du raisonnement scientifique en classe, tel qu'il est modélisé dans le cadre de la théorie des deux mondes (Tiberghien, 2011).

H

T



**Les activités réalisées et les types de savoir construits :
mise en relation de la théorie des deux mondes et du système JA/JE**

Cette présentation des résultats vise à mettre en lumière les choix effectivement réalisés par le professeur. Nous avons classé les différents jeux d'apprentissage selon qu'ils relèvent plutôt du monde des objets et des événements, du monde des théories et des modèles ou bien de la mise en relation entre ces deux mondes, ce qui correspond au travail de conceptualisation. Dans le cas de cette séquence, il est possible de penser un autre type de mise en relation entre les théories quotidiennes (tous les liquides incolores sont de l'eau) et le monde des objets et des événements mobilisé lors des expérimentations (tous les liquides incolores ne sont pas de l'eau). Les JA qui apparaissent en grisé sont des jeux affaiblis ou encore des jeux qui ont disparu.

Type de relation	Manifestation (activités)	Jeux d'apprentissage mobilisés
Théorie/modèle	Mise en œuvre après un certain temps d'enseignement sur un thème car nécessite la connaissance de plusieurs éléments théoriques ou des modèles.	
Mise en relation Monde théorie/modèle – Monde objets/événements (versant scientifique)	Mise en œuvre de procédures de raisonnement variées : déductif; inductif, hypothético-déductif pour favoriser le passage d'un monde à l'autre dans les deux sens.	JA5 – JA8 – JA7
Objets/événements	Les élèves s'appuient sur leurs conceptions quotidiennes. Ils construisent des relations entre objets et événements à partir d'observation, de description, de prévision.	JA1 – JA2 – JA3 – JA4 – JA6 – JA9 – JA10
Mise en relation Monde théorie/modèle – Monde objets/événements (versant des théories quotidiennes)	Enseignement à thème (santé, sport, EDD...).	Éducation à la santé (sécurité) : tous les liquides incolores ne sont pas de l'eau : absence de JA.

Tableau 6. – Partition des jeux d'apprentissage selon la théorie des deux mondes

Ce tableau montre que tous les JA qui doivent assurer la relation entre les deux mondes sont altérés (disparition ou affaiblissement) que ce soit sur le versant scientifique ou sur le versant des théories quotidiennes. En revanche, sont (sur)valorisées – tout au moins quantitativement – les relations entre les objets (les liquides désignés par leur couleur) et les événements (ils se mélangent ou pas; ils se superposent dans le bon ordre ou pas). Pour autant, l'absence de JA dans le monde des théories et des modèles n'est pas surprenante puisqu'à ce niveau de classe, les élèves n'ont pas construit de connaissances théoriques concernant les notions de densité et de miscibilité. C'est bien là l'enjeu de cette séquence.

Si nous essayons maintenant de référer ces JA aux types d'activité proposés par Etkina *et al.* (2010), nous observons la partition suivante.

Types d'activités Processus/procédures	
Concevoir des hypothèses/spéculation et des explications	JA5 – JA7
Utiliser des moyens spécialisés de représenter des phénomènes	JA1– JA2
Recueillir et analyser des données à partir des expériences	JA6 – JA9
Mettre au point, affiner/adapter les expériences et les mesures	JA8 – JA4
Utiliser des moyens spécialisés de communication des idées	JA3
Évaluer, tester, et valider des hypothèses et des théories	JA8
Construire des théories/spéculation	JA10
Communiquer et débattre	JA7 – JA9 – JA6 – JA10

Tableau 7. – Partition des jeux d'apprentissage selon les types d'activité scientifique (Etkina et al., 2010)

Les JA qui apparaissent en grisé sont des jeux affaiblis ou des jeux qui ont disparu. Certains JA peuvent appartenir à plusieurs catégories car ils mobilisent des finalités multiples.

La lecture de ce tableau, à première vue, peut paraître surprenante au regard de la partition des JA selon la théorie des deux mondes développée dans le tableau précédent. En effet, les huit types d'activités propres à l'activité du scientifique semblent être présents dans cette séance bien que, comme nous l'avons montré, l'enjeu de savoir soit très affaibli. Cette observation plaide en la faveur d'une connexion non automatique entre activités « de type scientifique » et construction de connaissances scientifique. Pour ce professeur et dans ce contexte, tout se passe comme s'il suffisait de mettre en place des activités de type scientifique, dans un milieu matériel de type scientifique pour qu'advienne le savoir attendu. Cette attitude traduit une certaine idée de l'activité scientifique où la transposition de la démarche scientifique à l'école se résumerait à la production de faits d'expérience (les différentes colonnes réalisées) ; ces derniers tenant lieu de matière « à parler » plus que de matière « à penser ».

En réalité, si nous revenons sur le caractère opératoire de chacun de ces jeux d'apprentissage, il s'avère que nombre d'entre eux ne sont pas véritablement joués et que seulement trois types d'activités sont menés au bout : utiliser des moyens spécialisés de représenter des phénomènes, utiliser des moyens spécialisés de communication des idées et communiquer et débattre. Mais l'analyse didactique qui précède montre que les deux premiers types d'activité sont en fait au service du troisième : les supports de la communication (affiches et colonnes réalisées) comme les formats d'organisation de l'échange (un rapporteur par groupe) participent à la mise en scène d'un semblant de débat à orientation scientifique qui ne porte pas de visées théoriques et où l'argumentation semble avoir peu de place.

À ce stade de l'enquête il importe de comprendre maintenant comment et à quelles fins le professeur produit ses discours et quels effets la posture adoptée va produire sur les apprentissages des élèves. Nous allons investir un grain d'analyse plus fin, celui des interactions langagières et nous focaliser sur les moments où se produisent les phénomènes de glissement, d'affaiblissement ou de disparition de jeux d'apprentissage.

Les déterminations du jeu de la dernière partie de l'analyse didactique doit nous permettre de dépasser l'approche descriptive développée jusqu'ici pour entrer dans une approche plus compréhensive. Dans un premier temps, l'étude de la posture du professeur

devrait nous permettre de cerner les difficultés majeures qu'il rencontre dans la mise en œuvre de l'investigation en général et de l'argumentation en particulier. Dans un deuxième temps, la mise au jour de certains éléments de son épistémologie pratique devrait nous permettre d'expliquer certains de ses choix en situation et *in fine* de mieux saisir les relations d'implication entre les différents niveaux de difficulté qu'il rencontre. C'est donc à un complément d'enquête, avec une focale sur les discours, que nous convions le lecteur afin d'avancer dans la construction de notre « réseau de significations ».

Premier niveau de détermination : la posture de régulation du professeur

L'analyse didactique montre que l'habillage scientifique de la situation semble réduire la possibilité pour les élèves de produire et d'utiliser des arguments. Nous allons tenter de comprendre en quoi. Si l'on se réfère au premier tableau (*Caractérisation de certaines des difficultés rencontrées par les professeurs dans la mise en œuvre de l'investigation scientifique*), il nous apparaît que les difficultés rencontrées par ce professeur pourraient tenir d'une part à une certaine représentation de la science et d'autre part à un mode de guidage singulier.

Représentations de la science

Cette représentation qui vise à favoriser le contrat de communication (échanger sur des faits observables) au détriment du contrat épistémique (les raisons à construire) peut expliquer le glissement d'objet que nous observons : les substances liquides sont désignées par leur couleur. Dans les extraits qui suivent, P désigne le professeur et E désigne un élève.

C'est la substitution au début de la séance du tableau représentant le gradient de densité par l'affiche du code couleur (substance/couleur) qui va entraîner dans le cours des échanges – comme on le voit dans l'extrait B – la substitution du nom de la substance liquide par sa couleur.

Extrait A

« P. — Alors chacun va chercher dans son groupe pour vous aider on va ren... relier cette affiche alors regardez bien... (*montre l'affiche en A3*) ici l'eau, eau salée, eau sucrée, huile, alcool, là vous avez les couleurs bleu, blanc, vert, jaune, rouge.

Plusieurs élèves. — *Recouvrement de parole.*

P. — On va devoir relier... le liquide à sa couleur... d'accord ? Dans chaque groupe vous vous entendez pour choisir le liquide à sa couleur... *Normalement vous devez tous vous en souvenir* alors si y'a des doutes alors comment on fait quand on travaille en groupe ? »

Extrait B

« P. — Y'a plus de *noir* et autrement les couleurs ?

Plusieurs élèves. — Pareil/elles sont pareilles.

E. — Sauf qu'il y a du *jaune*.

P. — Elles sont pareilles alors qu'est-ce qui s'est passé pour vous ? Vous pouvez expliquer ?

E. — Ben nous, on a mis du *rouge*.

E. — Et après du *blanc*.

P. — Et le *blanc* alors il est où ?

E. — Il est là/au milieu.

P. — C'est quelles couleurs là aussi qui se sont mélangées ? »

Ainsi, la notion de densité est évacuée au seul profit de la notion de miscibilité. La séance va alors se focaliser sur des jeux d'apprentissage très génériques qui mobilisent cette propriété des liquides.

Extrait C

« P. — Qu'est-ce qu'on a dit pour verser les liquides *qu'est-ce qu'y faut faire* ? Rappelez-vous ce qu'on faisait les premières séances.

E. — Euh faut pas mettre beaucoup de gouttes, une ou deux gouttes.

E. — Une goutte ou deux.

P. — Alors ça c'est le colorant, mais quand on versait les autres liquides dedans.

E. — On doit faire sur le bord.

P. — *On va verser sur le bord ensuite.*

E. — Goutte par goutte.

P. — *Goutte par goutte.* »

Ce glissement d'objet conduit à un changement de contrat didactique : il ne s'agit plus de justifier le choix de l'ordre des dépôts par des arguments fondés sur les propriétés de densité et de miscibilité des liquides mais simplement de réussir à superposer deux liquides par un geste technique qu'il convient d'explicitier. Pour autant, ce changement de contrat s'opère dans le même milieu (substances liquides, tubes à essai, pipettes, colorants). C'est le statut du milieu qui change. Ce dernier perd son statut de milieu scientifique, il devient un simple milieu matériel. En tant que tel, les objets de ce milieu ne prennent pas de signification scientifique, et ne contribuent pas à la construction de raisons : le milieu devient « pourvoyeur d'actions » non orientées épistémiquement. Les élèves vont « manipuler », croyant faire des sciences alors qu'ils développent au mieux une expérience esthétique avec les couleurs.

Extrait D

« P. — *Quelle couleur qui manque* ?

E. — Le blanc.

Plusieurs élèves. — Non y'a le jaune.

P. — Alors y'a le jaune là là c'est bien le jaune ici (*prend le tube à essai*) ici c'est le jaune.

E. — Oui j'le vois d'ici qu'est du jaune.

P. — *C'est lequel qui manque* en fait.

Plusieurs élèves. — Le blanc le vert le bleu.

P. — Le bleu il est juste en haut ici, y'en a pas beaucoup mais y'en a.

Plusieurs élèves. — Le blanc le vert le vert.

P. — Le vert, là *ça fait comme un arc-en-ciel.* »

De fait, le professeur va focaliser les élèves sur les résultats (la colonne réalisée, quelle qu'elle soit) plutôt que sur la démarche (la réalisation de la colonne en appui sur les connaissances construites dans les séances précédentes). Le professeur diffuse les critères de réussite (absence de mélange et présence des cinq phases dans le « bon » ordre). Cette forme de validation du résultat relève plus d'une épistémologie du juste et du faux, à teneur positiviste que d'une épistémologie du possible et du nécessaire, cette dernière étant caractéristique de la problématisation et de l'argumentation en sciences (Orange, 2003).

Mode de guidage

Dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique, nous avons développé un outil propre à décrire la posture du professeur : la configuration topogénétique (Marlot, 2008 ; 2010). Nous avons ainsi distingué deux types de postures : soit les discours professoraux sont denses épistémiquement, ils mobilisent plus ou moins les savoirs en jeu. Dans ce cas, le professeur est alors en posture d'énonciateur didactique (ED) ; soit les discours ne mettent pas particulièrement au travail les contenus de savoir et le professeur est alors en posture de simple meneur de jeu (SMJ). Être SMJ n'est pas un dysfonctionnement en soi. Cette posture permet de faire avancer le temps de l'horloge en encourageant les élèves à « faire ce qui doit être fait » et cela est nécessaire mais bien sûr non suffisant pour faire avancer le temps didactique, c'est-à-dire le temps de l'enseignement et de l'apprentissage.

Si nous regardons avec cette focale les quatre extraits proposés plus haut, il s'avère que le professeur va se retrouver le plus souvent en posture de simple meneur de jeu. Les savoirs en jeu (mise en relation des propriétés de densité et de miscibilité) ne sont pas l'objet des transactions didactiques lors des phases collectives de synthèse (scènes 4, 7 et 10). Il balise la tâche des élèves de manière à ce que le temps de l'horloge avance c'est-à-dire de manière à ce que les phases de la séance s'enchaînent telles que prévues. Dans l'extrait A, il est fait appel à la mémoire des élèves pour construire le code de correspondance substance liquide/couleur et réaliser l'affiche. Dans les extraits B et D, les critères de réussite vont tenir lieu de méthode de validation selon le mode juste/faux et dans l'extrait C, les élèves doivent décrire la technique de superposition de deux liquides miscibles. Ces différentes focalisations, orchestrées par le professeur, ne semblent pas en mesure de faire avancer le temps didactique.

C'est pourquoi nous nous sommes intéressée plus particulièrement au mode de régulation du professeur. Il apparaît que pendant le travail de groupe (50 % du temps de la séance), le professeur est extrêmement réticent⁶, il aide simplement à la reformulation des consignes et à l'organisation du travail dans les groupes. En revanche, pendant les temps collectifs de confrontation des réalisations avec « le modèle », tout en restant très réticent d'un point de vue didactique (il ne favorise pas la construction et l'expression d'arguments scientifiques), il guide fortement les élèves. Le travail du professeur consiste alors à diriger l'attention des élèves exclusivement vers la comparaison de leur colonne avec le modèle. La mobilisation des critères de réussite, collectivement admis, permet de poser des faits (c'est pareil/ce n'est pas pareil), de réfléchir aux conditions de superposition de deux liquides miscibles et de conclure dans le temps imparti.

« P : Si on tient compte que le jaune ne se mélange jamais, pour pas que le rouge et le vert se mélangent, qu'est-ce que je peux faire ? »

6. La réticence didactique (SENSEVY et QUILIO, 2002) est pour le professeur, un des leviers de la régulation de l'activité des élèves. Dans notre langage théorique, nous disons que le professeur ne doit pas fournir les « stratégies gagnantes » aux élèves, sinon l'apprentissage ne peut avoir lieu : le professeur doit développer une certaine réticence didactique. Mais pour autant, il doit désigner certaines formes afin d'engager et maintenir les élèves dans le jeu : à certains moments il ne doit pas être réticent. Pour le professeur, être réticent ou pas ne correspond pas - en soi - à un dysfonctionnement de la relation didactique. Pour le chercheur, la réticence didactique est un descripteur de la posture du professeur qui permet d'interroger ses choix et sa logique d'action.

Finalement, le professeur donnera une information (la seule de toute la séance) pour expliquer la réussite partielle des élèves par la non-maîtrise d'un geste technique lié à un problème de mémorisation.

« La seule différence qu'il avait par rapport à vous c'est que et vous ne vous en êtes pas tous souvenu... j'avais dit que le tube quand on versait [...] penché... si vous aviez penché votre tube vous auriez obtenu exactement la même chose que ça. »

On assiste à un effet de leurre : les enjeux didactiques, faute d'avoir été diffusés et donc enseignés, ont disparu. Le professeur « souffle » une raison qui justifie de la « presque » réussite de la réalisation de la colonne. Ce faisant, il favorise une réussite « apparente » au détriment d'un véritable apprentissage scientifique qui aurait nécessité un travail d'argumentation.

Deuxième niveau de détermination : l'épistémologie pratique du professeur

L'analyse didactique nous a permis de cerner les difficultés rencontrées par ce professeur et les conséquences sur l'apprentissage des élèves. Ces difficultés peuvent se résumer ainsi :

- une survalorisation de l'expérimentation peu connectée avec des éléments de connaissance ;
- un mode de guidage faussement non directif dans les moments de synthèse collectif, en posture de simple meneur de jeu ;
- une propension à rectifier et justifier les « erreurs » des élèves pour les placer dans une logique de « réussite » à tout prix ;
- une dérive langagière où les échanges n'ont pas de consistance épistémique et où les faits ne sont que des moyens de « faire parler » les élèves qui vont juxtaposer leurs observations ;
- une dérive méthodologique où la démarche d'investigation – en tant que forme vide – devient un apprentissage en soi.

Afin de clore notre enquête, nous avons besoin de comprendre quelles pourraient être les déterminations qui conduisent ce professeur, dans cette situation, à opérer ces choix et en quoi ces difficultés pourraient être interconnectées. Nous allons donc nous tourner vers l'épistémologie pratique du professeur, telle qu'elle se perçoit dans les discours du professeur, lors des différents entretiens.

Le tableau suivant présente les éléments d'épistémologie pratique qui ont été inférés par le chercheur, à partir des discours du professeur ; ils font écho à la pratique observée.

Verbatim	Éléments d'épistémologie pratique inférés par le chercheur
« C'est important de les faire travailler avec du vrai matériel, tous les ans j'ai un budget sciences pour réaliser les expériences dans de bonnes conditions. »	Faire des sciences c'est utiliser du matériel scientifique pour l'expérimentation.
« Faire des sciences ça permet de développer des compétences transversales, par exemple là j'ai pu faire un travail de lecture avec la réalisation de l'affiche des codes couleur. »	L'enseignement scientifique est au service d'autres disciplines.
« À chaque fois je suis gêné parce que j'ai toujours la crainte de me dire si toi tu l'as donné directement, euh... ils l'ont pas trouvé tous seuls. »	L'écueil pour le professeur est d'en dire trop aux élèves.
« C'est de l'autonomie que je leur donne pour la suite au collège/puisque si on intervient c'est qu'ils attendent l'intervention... tandis que là ils savent très bien que même s'ils viennent me demander des informations je ne leur donnerai pas. Je leur dirai non vous allez chercher. Dans les autres matières je fais pareil. C'est dans ma méthode de travail. »	La posture en retrait du professeur favorise l'autonomie des élèves.
« J'interviens pas dans les groupes ni dans la phase de synthèse/je reformule des fois/mais je reste en retrait car je veux pas qu'ils aient le sentiment que la parole de l'enseignant l'emporte sur leur avis personnel. »	La parole du professeur ne doit pas l'emporter sur la parole des élèves.
« Les élèves sont pas d'accord, alors c'est ça le travail de groupe donc il pourrait y avoir du conflit qui crée qui permet d'acquérir des compétences et chacun argumente ses choix, ses hypothèses. »	Le travail de groupe est facteur d'apprentissage grâce aux conflits (socio-cognitifs) entre les élèves.
« On maîtrise pas assez la gestion de séances comme ça/on en fait une fois par semaine mais c'est pas assez répétitif/faudrait en faire plus. »	C'est la fréquence des séances en sciences qui rend le professeur expert.

Tableau 8. – Éléments d'épistémologie pratique du professeur

Nous souhaitons ici revenir sur notre hypothèse de départ : les difficultés observées chez ce professeur pourraient former des sortes de « réseaux » et être reliés par des relations d'implication. Le rapprochement des éléments d'épistémologie pratique avec les phénomènes didactiques mis au jour dans l'analyse (glissement de JA ; effet de leurre), va nous permettre de saisir pour partie, ces relations d'implication et de réinformer en retour l'analyse didactique.

Il apparaît que ce qui détermine les choix du professeur – dans cette situation – tient à trois déterminations majeures qui interagissent : une conception de l'apprentissage fortement marquée par les théories socio-constructivistes ; une certaine idée de la science et de son apprentissage ; une certaine idée de la réussite et de ses conditions. Nous allons nous en expliquer.

La démarche d'investigation scientifique, telle que préconisée par les programmes se développe sur un arrière-fond socio-constructiviste. Cet ancrage peut s'avérer contre-productif pour l'apprentissage et conduire à des dérives langagières ou méthodologiques, si le professeur n'a pas développé une conscience épistémologique de la discipline scien-

tifique (Morge, 2001 ; Marlot, 2008 ; 2009). Or, c'est ce qui se passe ici : au nom d'une autonomie de l'élève et du respect de sa parole, le professeur se tient très en retrait du savoir. D'une certaine manière il renonce à enseigner, au sens étymologique de *in signare* (mettre en signe), c'est-à-dire à signifier de manière explicite les formes qu'il s'agit de faire reconnaître aux élèves pour qu'ils puissent construire progressivement un rapport aux objets de savoir en jeu. Ce positionnement l'amène à faire comme si le milieu de l'étude – à partir du moment où il est composé d'éléments habituellement utilisés par les scientifiques – était enseignant en lui-même, sans que sa médiation soit nécessaire : l'organisation du milieu et les modes de communication comme la confrontation en groupe, suffisent à faire émerger les « bonnes » questions et les réponses attendues. L'idée de la science que se fait ce professeur, renforcée par les prescriptions institutionnelles et ce qui circule dans le métier à ce sujet, détermine la manière dont il va envisager la transposition didactique de la démarche scientifique. Le débat et la confrontation des résultats sont placés au cœur du dispositif mis en place par le professeur, il crée les conditions pour que les élèves puissent s'exprimer à partir d'éléments factuels mais il ne crée pas les conditions de l'argumentation.

Face à cet évanouissement des enjeux de savoir, le professeur doit pourtant maintenir la relation didactique : pour cela il importe de « faire réussir » les élèves. Les conditions de la réussite vont alors mobiliser des aspects extérieurs au savoir en jeu : le recours à la mémoire (du code couleur au début, puis du geste technique de superposition de liquides non miscibles à la fin) et le recours à des critères de comparaison (c'est pareil/ce n'est pas pareil) qui vont prendre la place de l'argumentation. Ce sont là ce que nous avons appelé des *stratégies recours* (Marlot et Toullec-Théry, 2011), que le professeur développe dès lors qu'il y a risque de rupture de la relation didactique. Au bout du compte, les élèves auront apparemment fait des expériences mais ils n'auront pas réalisé de véritable expérience avec le savoir scientifique dont il était question dans cette séance.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Il semble que les déterminations de l'action mises au jour dans cette enquête pourraient s'apparenter à des sortes de « prêts à penser » dès lors qu'elles agissent comme des règles d'action qui ne sont plus réinterrogées et qui orientent fortement la pratique. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus dans l'étude de situations d'aide ordinaire en classe (Marlot et Toullec-Théry, 2012). Ces prêts à penser sont d'autant plus facilement mobilisés que le professeur se retrouve en difficulté, comme c'est le cas ici.

Dans cette étude, certains de ces prêts à penser concernent l'apprentissage en général : l'apprentissage se réalise à condition que l'élève soit le plus autonome possible, que le professeur se tienne en retrait (car le milieu est apprenant en soi) et que l'élève soit placé dans des conditions qui conduisent à la réussite ; apprendre c'est faire appel à la mémoire et cette mobilisation est une des conditions de la réussite ; la validation des résultats se fait selon le mode « juste/faux ».

D'autres prêts à penser concernent plus particulièrement l'apprentissage scientifique : les élèves doivent expérimenter ; le milieu de l'expérience doit être semblable à celui utilisé par les scientifiques ; l'apprentissage passe par la mise en scène du conflit socio-cognitif selon le format habituel « travail en petit groupe suivi d'une confrontation collective des résultats ».

Il nous faudrait maintenant conduire d'autres études de cas pour mieux comprendre les relations entre ces prêts à penser et les difficultés rencontrées par les professeurs du premier degré en sciences. Dans cet ouvrage, les études qui suivent seront autant d'éléments à verser à cette thèse. Nous pourrions ensuite dégager certaines déterminations majeures relatives aux difficultés de mise en œuvre de l'investigation et à partir de là, construire des moyens de dépassement.

Pour autant, afin de clore tout à fait cette étude et repositionner le travail de ce professeur dans un contexte plus large que celui de sa séance en classe, nous souhaiterions revenir sur l'ingénierie didactique qui a motivé cette recherche. La situation avait été construite par le formateur dans l'idée d'une situation « robuste », c'est-à-dire capable de maintenir les enjeux d'apprentissage en contraignant suffisamment les actions des élèves pour qu'ils puissent apprendre ce qui était attendu. De plus, le formateur avait communiqué cette situation aux professeurs étudiés en insistant sur les variables et les enjeux épistémiques. Or, nous avons – malgré cela – assisté à un évanouissement des savoirs. Ce constat nous amène à penser qu'il ne suffit pas de présenter et de partager avec les professeurs des situations didactiquement non discutables pour que les élèves apprennent et que les professeurs ne rencontrent pas de difficulté de mise en œuvre de ces situations. Certains éléments peuvent alors être questionnés plus avant.

Il nous semble que les formes d'habillages de situation didactique qui, sous couvert d'engager les élèves dans la tâche, peuvent en réalité s'avérer contre productives (Bautier et Goigoux, 2004 ; Rochex et Crinon, 2012). Cette séquence s'inscrit dans l'idée du « défi sciences » où les élèves sont mis au défi de résoudre une énigme grâce à la mobilisation de connaissances scientifiques qui sont en fait l'enjeu réel de la situation. Or, ici la résolution de l'énigme (trouver comment réaliser la même colonne que le maître) a pris le pas sur la construction des connaissances (mobiliser conjointement les propriétés de densité et de miscibilité). Le milieu a perdu de sa densité épistémique et les objets du milieu ont été quelque peu détournés par les élèves. L'idée du défi appelle l'idée de la réussite et même du coup, celle de la réussite « à tout prix ». En effet, le professeur conclura la séance en disant aux élèves qu'ils ont « presque » réussi. Il maquille en quelque sorte l'échec des élèves à reproduire la colonne de densité en attirant leur attention, non pas sur les connaissances qui n'ont pas été mobilisées mais sur la (trop) grande difficulté du geste technique de superposition des liquides. Cette conclusion laisse à penser aux élèves qu'avec un peu d'entraînement, « ils y arriveront ». Nous voyons que l'habillage d'une situation peut éloigner les élèves, mais aussi le professeur des objectifs d'apprentissage, renforcer certaines tendances et mobiliser des éléments d'épistémologie pratique qui ne l'auraient pas été sinon. Cette remarque nous amène à revenir sur l'existence des prêts à penser qui traversent le métier de professeur des écoles. Si les prescriptions primaires ont une responsabilité dans l'édification de ces formes de représentations, les instituts de formation et les équipes d'encadrement de circonscription ont également leur part en tant que prescripteurs secondaires. Pourtant, si certaines formules prescriptives et certains principes pédagogiques se développent dans la sphère professionnelle, c'est parce qu'ils y exercent des fonctions structurantes (Daguzon et Goigoux, 2007). Rendre compte de la genèse de ces « prêts à penser » et de leurs fonctions apparaît comme un enjeu important pour comprendre la manière dont ces normes professionnelles organisent les significations des pratiques scientifiques à l'école primaire.

Cette compréhension devrait nous permettre de penser des moyens et des ressources pour aider les professeurs à dépasser leurs difficultés de mise en œuvre de l'investigation scientifique. Toutefois, ces moyens ne peuvent se substituer au travail sur le savoir que le professeur doit être en mesure de réaliser et ne doivent pas sous-estimer la prégnance de ces « normes professionnelles ». Des situations par trop éloignées des épistémologies pratiques des professeurs, ne peuvent être reçues et des situations « clé en main » peuvent s'avérer contre productives.

Cet ensemble d'éléments sera versé à la réflexion qui traverse cet ouvrage et qui devrait nous conduire à concevoir des pistes propres à réduire la difficulté de mise en œuvre de l'investigation scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTHEAUME P., « Gérer l'imprévisible, se décentrer, se limiter », *ASTER*, n° 32, 2001, p. 181-203.
- ARTIGUE M., « Ingénierie didactique », *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 9, n° 3, 1990, p. 281-308.
- BAUTIER É. et GOIGOUX R., « Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle », *Revue française de pédagogie*, n° 148, 2004, p. 89-100.
- BISAULT J. et BERZIN C., « Analyse didactique de l'activité effective des élèves en sciences à l'école primaire », *Éducation et didactique*, vol. 3, n° 2, 2009, p. 81-103.
- BRU M., ALTET M. et BLANCHARD-LAVILLE C., « La recherche des processus caractéristiques des pratiques enseignantes dans leurs rapports aux apprentissages », *Revue française de pédagogie*, n° 148, 2004, p. 75-87.
- CALMETTES B., « Analyse didactique pragmatique de pratiques en démarche d'investigation en physique », *Actes du congrès international AREF*, Université de Genève, 13-18 septembre 2010.
- CHAUVIER S., *Qu'est-ce qu'un jeu ?*, Paris, Vrin, 2007.
- CLOT Y., *La fonction psychologique du travail*, Paris, PUF, 1999.
- DAGUZON M. et GOIGOUX R., « L'influence de la prescription adressée aux professeurs des écoles en formation initiale : construction d'un idéal pédagogique », *Actes du colloque AESCE-AREF Actualité de la recherche en éducation et en formation*, Strasbourg, 2007.
- DUSCHL R. A. et GRANDY R., « Reconsidering the character and roles of inquiry in school science: framing the debates », in DUSCHL R. A. et GRANDY R. (dir.), *Teaching scientific inquiry*, Rotterdam, Sense publishers, 2008, p. 1-37.
- ETKINA É., KARELINA A., RUIBAL-VILLASENOR M., DAVID R., JORDAN R. et HMELOT-SILCER C. E., « Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning introductory physics laboratories », *Journal of learning science*, vol. 19, n° 1, 2010, p. 54-98.
- GARCIA-DEBANC C. et LAURENT D., « Gérer l'oral en sciences : la conduite d'une phase d'émergence des représentations par un enseignant débutant », *ASTER*, n° 37, 2003, p. 109-138.
- KEYS C. W. et KENNEDY V., « Understanding inquiry science teaching in context: a case study of an elementary teacher », *Journal of Science Teacher Education*, n° 10, 1999, p. 315-333.
- LEBEAUME J., « Jeux d'étiquettes, jeux de kim, jeux de famille, puzzles ou devinettes à l'école. Découverte du monde, sciences et technologies aux cycles II et III », *ASTER*, n° 31, 2000, p. 95-120.
- LEDERMAN N. G., « Nature of science: past, present, and future », in ABELLE S. K. et LEDERMAN N. G. (dir.), *Handbook of research on science education*, Mahwah (NJ), Erlbaum, 2007, p. 831-880.
- LEUTENEGGER F., « Construction d'une clinique pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels de l'enseignement », *Recherche en didactique des mathématiques*, vol. 20, n° 2, 2000, p. 209-250.
- LOBATO J., CLARKE D. et ELLIS A., « Initiating and Eliciting in Teaching: A Reformulation of Telling », *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 36, n° 2, 2005, p. 101-136.

- MARLOT C., *Caractérisation des transactions didactiques. Deux études de cas à l'école élémentaire en découverte du monde vivant*, thèse de doctorat, université Rennes 2, 2008.
- MARLOT C., « Glissement de jeu d'apprentissage scientifiques et épistémologie pratique de professeurs au CP », *ASTER*, n° 49, 2009, p. 109-136.
- MARLOT C., « Généricité et spécificité des transactions didactiques en découverte du monde vivant au cycle 2 : épistémologie pratique de la "polyvalence" chez un professeur », Colloque international *Spécificités et diversité des interactions didactiques : disciplines, finalités, contextes*, Lyon, UMR ICAR, ENS-LSH, INRP, EA DILTEC, 24-26 juin, 2010.
- MARLOT C. et TOULLEC-THÉRY M., « Caractérisation didactique des gestes de l'aide à l'école élémentaire : une étude comparative de deux cas didactiques limite en mathématiques », *Éducation et didactique*, vol. 2, n° 5, 2011, p. 129-154.
- MARLOT C. et TOULLEC-THÉRY M., « Les impensés de l'aide ordinaire à l'école primaire : l'émergence d'une doxa », in GRUSON B., MARLOT C., TOULLEC-THÉRY M. et MAISONNEUVE L., *Symposium : Les jeux de savoir : de nouvelles formes d'expérience éducatives ?*, Colloque international *Formes d'éducation et processus d'émancipation*, université de Rennes 2, CREAD, 22, 23 et 24 mai 2012.
- MATHÉ S., *La « démarche d'investigation » dans les collèges français : élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette méthode d'enseignement par les enseignants*, thèse, université Paris Diderot-Paris 7, 2010.
- MORGE L., « Former sur les aspects pratiques et théoriques des interactions enseignants-élèves en classe de sciences », *ASTER*, n° 32, 2001, p. 41-61, [<http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8563>].
- MORGE L., « Former les enseignants à interagir avec les élèves en classe de sciences », *Recherche et formation*, n° 34, 2000, p. 101-112.
- MORGE L. et BOILEVIN J.-M. (dir.), *Séquences d'investigation en physique-chimie... recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*, Clermont-Ferrand, CRDP d'Auvergne/Scérén, coll. « Repères pour agir », 2007.
- ORANGE C., « Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen », *ASTER*, n° 37, 2003, p. 83-107.
- PASSERON J.-C. et REVEL J., *Penser par cas*, Paris, Éditions de l'EHESS, 2005.
- ROCARD M., *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, rapport pour la commission européenne, 2007.
- ROCHEX J.-Y. et CRINON J., *La construction des inégalités scolaires. Au cœur des pratiques et des dispositifs d'enseignement*, Rennes, PUR, 2011.
- ROTH K. J., DRUKER S. L., GARNIER H., LEMMENS M., CHEN C., KAWANAKA T., RASMUSSEN D., TRUBACOVA S., WARVI D., OKAMOTO Y., GONZALES P., STIGLER J. et GALLIMORE R., « Teaching science in five countries: Results from the TIMSS 1999 video study », Washington (DC), National Center for Education Statistics, 2006.
- SAMPSON V. et BLANCHARD M., « Science Teachers and Scientific Argumentation: Trends in Views and Practice », *Journal of research in science teaching*, vol. 49, n° 9, 2012, p. 1122-1148, disponible sur : [wileyonlinelibrary.com].
- SAMPSON V., GROOMS J. et WALKER J., « Argument-driven inquiry as a way to help student learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study », *Science Education*, vol. 95, n° 2, 2011, p. 217-257.
- SENSEVY G., « Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique », in SENSEVY G. et MERCIER A. (dir.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, Rennes, PUR, 2007.
- SENSEVY G., *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*, Bruxelles, De Boeck, 2011.
- SENSEVY G., FOREST D., QUILLO S. et MORALES G., « Cooperative engineering as a specific design-based research », *ZDM, The International Journal on Mathematics Education*, vol. 45, n° 7, 2013, p. 1031-1043.

SENSEVY G. et MERCIER A., « Agir ensemble : l'action didactique conjointe », in SENSEVY G. et MERCIER A. (dir.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, Rennes, PUR, 2007.

SENSEVY G. et QUILIO S., « Les discours du professeur. Vers une pragmatique didactique », *Revue française de pédagogie*, n° 141, 2002, p. 47-56.

TIBERGHEN A., « Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation », in GRANGEAT M. (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves*, Lyon, ENS, 2011, p. 185-212.

O

P

Y

R

I

G

H

T

Annexe

Synopsis de la séance 5 et définition des jeux d'apprentissage

Phases	Minutage (Durée)	Scènes	Jeux d'apprentissage
Phase 1 Présentation de l'objectif de la séance et du matériel	3' 35"	Rappel des séances précédentes P fait un rappel en s'appuyant sur les affichages : – différence de masse à volume égal (gradient) ; – miscibilité et non miscibilité des liquides. Les affiches sont relues par deux élèves.	JA1 Faire relire les affiches.
Collectif	5' 08"	Mise en activité P donne quatre consignes différentes : une pour l'objectif de la séance (le défi-sciences : réaliser la colonne), 1 pour la présentation des trois phases : colorer les liquides/réaliser la colonne essai 1/réaliser la colonne essai 2, une pour le rappel des règles de travail en groupe et une pour la mise en activité de la première phase. P présente un support de tubes à essais contenant chacun un liquide. Les tubes sont différenciés par des étiquettes portant le nom des différents liquides. « En s'aidant des affiches des autres séances, choisir le bon colorant pour chaque liquide mais <i>normalement vous devez tous vous en souvenir.</i> »	
Phase 2 Le code de correspondance liquide/couleur	3' 15"	Réalisation de l'affiche code couleur/liquide en groupe Sur une feuille A3, chaque groupe relie le nom de chacun des cinq liquides à sa couleur associée. P reste en retrait puis vérifie auprès des groupes la réalisation de la tâche.	JA2 Faire se souvenir de la correspondance couleur/liquide en appui sur l'affiche du gradient de masse.
	1'	Correction collective de l'activité « couleur/liquide » Pour s'assurer que tous les groupes ont relié les liquides aux mêmes couleurs, P demande à un groupe de formuler leur résultat. Les autres groupes suivent et comparent avec leur production. Rouge/eau sucrée ; vert/eau salée ; Incolore/eau ; jaune/huile ; bleu/alcool.	JA3 Faire valider collectivement le code couleur à utiliser.

Phase 3 Réalisation de la colonne Essai 1	3'34"	<p>Mise en activité essai 1 ,collectif</p> <p>P donne deux consignes relatives à la coloration des liquides (mode opératoire et gestion du matériel) puis il annonce l'étape de réalisation de la colonne.</p> <p>« Eh bien après vous versez dans l'ordre que vous choisissez les liquides pour reproduire la colonne. »</p> <p>Il insiste sur le geste technique pour verser les liquides dans le tube à essai : tube incliné et dépôt goutte à goutte des liquides.</p> <p>Puis il distribue le matériel : portoir, tubes à essai, pipettes et colorants.</p>	
	18'	<p>Coloration des liquides et reconstitution de la colonne « modèle », en groupe</p> <p>Chaque groupe doit s'organiser pour colorer les liquides de la bonne couleur à l'aide de pipette (une ou deux gouttes en théorie), puis réaliser la colonne de densité. Les groupes versent les liquides dans l'ordre rouge/vert/blanc/jaune/bleu, tel qu'il se donne à voir dans la colonne « modèle » affichée au tableau.</p> <p>P laisse là aussi ses élèves travailler en autonomie, mais intervient cependant pour mélanger le colorant et rappeler les règles de travail en groupe.</p>	<p>JA4 Faire colorer les liquides.</p> <p>JA5 Faire réaliser la colonne de densité en choisissant l'ordre de dépôt.</p>
	10'	<p>Présentation des productions, collectif</p> <p>P donne le critère de réussite : « On devrait obtenir cette colonne (<i>il montre la colonne modèle qu'il a réalisée</i>) qui est la même que celle qui est là (<i>affiche</i>). »</p> <p>Un élève de chaque groupe vient expliquer l'ordre de dépôt des cinq liquides colorés.</p> <p>P compare alors la colonne réalisée avec la colonne « modèle » et, pour chacun des groupes, attire l'attention des élèves sur les différences :</p> <ul style="list-style-type: none"> – groupes 1, 2 et 4 : « C'est normal que le rouge et le vert se mélangent ? » – groupe 4 : « C'est normal que le bleu remonte ? » – groupe 1 : « C'est normal que le jaune ne se mélange pas ? » – groupe 1 : « C'est normal qu'il manque le blanc ? » <p>On notera que P nomme les liquides non pas par leur nom de substance, mais par leur couleur.</p> <p>P va alors donner un nouvel enjeu : « Comment faire pour que le rouge et le vert ne se mélangent pas ? »</p> <p>Et redéfinir les critères de réussite : « Il doit y avoir toutes les couleurs comme dans ma colonne. »</p> <p>Il fait également référence à l'expérience esthétique : « Le vert là, ça fait comme un arc-en-ciel. »</p> <p>En ce qui concerne « le bleu qui remonte », il va renvoyer les élèves à l'affiche du gradient de densité pour vérification et dans le but de remporter l'adhésion de tous les élèves.</p> <p>Dans chacune de ses interventions, P ne convoque aucun argument et n'amène pas non plus les élèves à en produire.</p>	<p>JA6</p> <p>Faire repérer les différences avec la colonne « modèle »</p>

Phase 4 Réalisation de la colonne Essai 2	4' 26"	<p>Mise en activité de l'essai 2, collectif</p> <p>P repose le problème : « Qui a une idée, comment j'ai pu faire moi pour que le vert et le rouge ne se mélangent pas ? »</p> <p>Plusieurs élèves font des propositions pour lesquelles P ne fait aucun commentaire.</p> <p>Il souhaite en fait que les élèves utilisent la propriété de non-miscibilité de l'huile pour séparer deux liquides non miscibles (rôle de frein) :</p> <p>« Si on tient compte que le jaune ne se mélange jamais pour pas que le rouge et le vert se mélangent qu'est-ce que je peux faire ? » Mais l'argumentation de sa proposition n'est pas menée à terme.</p> <p>P reprend alors la proposition d'un groupe qui a « commencé par le bleu » (bleu/jaune/vert/blanc/rouge) et choisit de faire tester des propositions différentes à chaque groupe : « Chacun va faire d'une façon différente pour voir qui a raison ou tort. »</p> <p>Mais les propositions ne sont ni clairement identifiées ni clairement réparties entre chacun des quatre groupes.</p> <p>P procède alors à une régulation dans l'organisation de la tâche : « Alors on recommence rapidement et pour pas que ce soit le bazar y'en a qu'un qui verse les liquides un seul et puis vous changerez les rôles dans les groupes. »</p>	JA7	Faire produire des propositions argumentées pour que « le rouge » et « le vert » ne se mélangent pas.
	9'	<p>Reconstitution d'une nouvelle colonne groupe</p> <p>Les élèves ne discutent pas entre eux pour déterminer l'ordre de versement des couleurs. Ils ne réfèrent ni aux propriétés des liquides, ni aux affichages présents au tableau. Certains imposent leur point de vue, ce qui démobilise les autres membres du groupe.</p> <p>L'utilisation de la pipette pose problème dans les quatre groupes. La manipulation focalise l'attention des élèves. Dans un des groupes, l'élève qui est en charge de réaliser la colonne se dispense de l'utilisation de la pipette et verse directement les liquides à partir des tubes à essai.</p>	JA8	Faire réaliser la colonne de densité en choisissant une proposition d'ordre de dépôt par groupe.

<p>Phase 4 Réalisation de la colonne Essai 2</p>	<p>5'30"</p>	<p>Présentation des productions Collectif</p> <p>Le maître ramasse les chevalets de chaque groupe et les invite tour à tour au tableau pour présenter leur production.</p> <p>Il attire d'abord l'attention des élèves sur les critères de réussite évoqués lors de la synthèse de l'essai 1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> – non-mélange des liquides rouge et vert ; – présence des cinq couleurs ; – ordre des phases colorées identique à celui de la colonne « modèle ». <p>Puis il commente chacune des présentations en fonction de ces critères et par comparaison directe avec la colonne « modèle » :</p> <p>Groupe 1 : « P. — On voit bien que pour vous le vert ne s'est pas mélangé avec le rouge mais est-ce qu'il y a tout par contre ? E. — Ben le jaune quand on l'a renversé dans le rouge on l'avait pas vu après. » P. — Ah le jaune avait disparu. C'est pas normal ça. » P ne demande pas aux élèves d'expliquer comment ils ont fait pour ne pas mélanger « le rouge et le vert », ni ne commente la « disparition du jaune ».</p> <p>Groupe 2 : P valide la présence de toutes les couleurs et décrit ce qu'ont fait les élèves, dans quel ordre ils ont versé les liquides. Mais il n'y a pas d'explication scientifique.</p> <p>Groupe 3 : ici les liquides rouge et blanc se sont mélangés. P fait alors une référence aux arts plastique : « Rouge et blanc ça fait quelle couleur normalement ? »</p> <p>Groupe 4 : les élèves ont remplacé un liquide (l'huile) par un autre (le blanc). E. — « On n'avait plus de jaune alors on a mis du blanc. P. — Ah vous avez changé la couleur (<i>sourire de P</i>). » Ce remplacement n'est pas commenté et semble ne pas poser problème.</p>	<p>JA9</p> <p>Faire valider la colonne selon les trois critères de réussite.</p>
<p>Phase 5 Bilan de la séance et institutionnalisation</p>	<p>2'</p>	<p>Bilan des expériences et institutionnalisation des connaissances, collectif</p> <p>P demande dans quel ordre verser les liquides pour ne pas qu'ils se mélangent.</p> <p>Les élèves ne répondent pas. P explique alors comment il s'y est pris pour réaliser sa colonne : « J'ai versé du rouge j'ai mis du jaune par-dessus j'ai versé le vert puis le blanc puis le bleu. » Aucun argument scientifique pour justifier ce choix n'est produit.</p> <p>Il explique ensuite la réussite partielle des élèves par leur non-maîtrise du geste technique. « La seule différence qu'il y avait par rapport à vous c'est que... et vous ne vous en êtes pas tous souvenu, j'avais dit que le tube quand on versait il fallait le pencher. Si vous aviez penché votre tube vous auriez obtenu exactement la même chose que moi. » La séance se clôt ainsi.</p>	<p>JA10</p> <p>Faire expliciter le geste technique de superposition de deux liquides non miscibles.</p>

C

O

P

Y

R

I

G

H

T