

S-TEAM

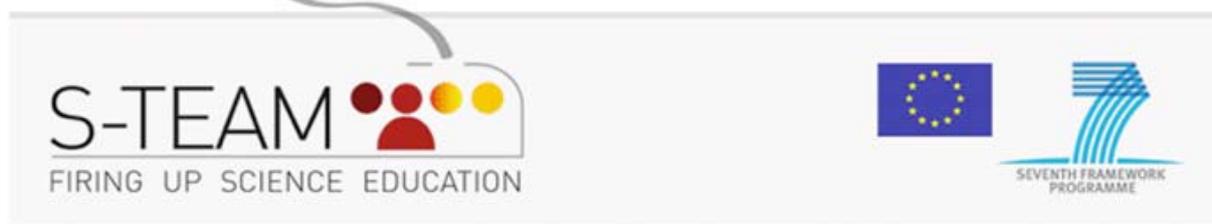
Elements of collaborative teacher development and teacher resources: France

April 2010



ISBN: 978-82-93118-03-9

The content of this publication reflects only the authors' views.
The European Union is not liable for any use that may be made
of the information contained herein.



**S-TEAM deliverable 4b: Teacher
collaboration and Inquiry Based Science
Teaching**

**Sub-title: Elements for teachers' development and teaching
resources**

English language version

French Language version/ Version française

Sous la responsabilité de S. Coppé et A. Tiberghien

(UMR ICAR, CNRS - Université de Lyon, France)

en collaboration avec

Michel Grangeat et Nadia Leroy (LSE, Université de Grenoble),

Eric Triquet (IUFM de Grenoble, Université Joseph Fourier et LEPS-LIRDHIST – Lyon

1) et Jean-Claude Guillaud (IUFM de Grenoble, Université Joseph Fourier)

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,



Contact details:

Project Coordinator: Professor Peter van Marion

Peter.van.Marion@plu.ntnu.no

Deputy coordinator: Professor Doris Jorde

doris.jorde@ils.uio.no

WP4 Leader and author contact: Associate Professor, Dr Michel Grangeat

michel.grangeat@ujf-grenoble.fr

Project Manager: Dr Peter Gray

graypb@gmail.com

Project Administrator: Hilde Roysland

hilde.roysland@svt.ntnu.no

S-TEAM website: www.ntnu.no/s-team

Postal address:

S-TEAM, Program for Teacher Education

NTNU, Dragvoll Gård

N-7491 Trondheim, Norway

Published by NTNU (*Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*), Trondheim, Norway

© S-TEAM 2010

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

The S-Team project has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme [FP7/2007-2013] under grant agreement n°234870

This document is published under an open-access agreement with the European Commission

Note re. translation:

The French version of the text is definitive, since the work on which it has been based was carried out in a French context and within the French national curriculum. The abridged English version is intended to provide an introduction to this work for an English-speaking audience. Subsequent S-TEAM products will incorporate extended versions of the English text as required.

Key-words:

Teachers' Collaborative work, Inquiry-based teaching, Problem solving, Socio-cognitive conflict, Professional development, Teaching resources, Epistemological and didactic choices, Official Curriculum Analysis.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Table of contents/ Table des matières

English language version	6
Introduction	10
Chapter 1: Didactic choices about science and mathematics teaching	12
A tool to discuss the functioning of physics.....	12
Two tools to elaborate science teaching resources in relation to modelling	15
A tool to elaborate teaching resources in relation with representations.....	16
Principles which allow for the elaboration of mathematics activities in lower high-school.	16
Conclusion	17
Chapter 2: collaborative conception of teaching resources and designers teaching practice	18
Questionnaire results	19
Class Practices	22
Conclusion	23
Chapter 3: conception of trainers' training	23
Introduction	23
Introduction and implementation of theoretical tools of analysis and conception	24
Conclusion	26
Chapter 4: Designing TPD for new teachers: The role of socio-cognitive conflict	27
Conclusion	29
Chapter Five: Inquiry based teaching and problem solving in mathematics: the French official curriculum analysed	30
Conclusion	31
Chapter Six: Scientific reasoning and IBST: Research in science education	33
Context.....	33
Conclusion	35
S-TEAM Deliverable 4b: Teacher collaboration and inquiry based learning: version française	37
Introduction.....	39
Chapitre 1 : Choix didactiques sur l'enseignement des sciences et des	

mathématiques.....	42
Un outil pour débattre du fonctionnement de la physique.....	42
Deux outils pour élaborer des ressources d'enseignement en sciences en lien avec la modélisation.....	45
Un outil pour élaborer des ressources d'enseignement en lien avec les représentations.....	49
Des principes qui permettent d'élaborer des activités en mathématiques au collège.....	51
Conclusion.....	55
Chapitre 2 : Conception collaborative de ressources d'enseignement et pratique d'enseignement des concepteurs.....	57
Elaboration du questionnaire.....	57
Orientation d'ensemble du questionnaire.....	58
Les différentes parties du questionnaire.....	58
Résultats du questionnaire.....	60
Sur la pratique du groupe de recherche-développement (Groupes SESAMES).....	60
Sur la pratique de classe.....	65
Conclusion.....	68
Chapitre 3 : Conception d'une formation de formateurs.....	70
Introduction.....	70
Introduction et mise en oeuvre d'outils théoriques d'analyse et de conception.....	71
Choix épistémologiques et didactiques des deux disciplines, mathématiques et sciences physiques en lien avec la démarche d'investigation (IBST).....	73
Analyse des classes à partir de vidéos.....	74
Aider les formateurs à s'approprier les outils introduits pour analyser des séances d'enseignement.....	77
Développer leur compétence d'analyse de la pratique des enseignants qu'ils observent.....	78
Conception de situations de formation.....	79
Conclusion.....	80
Chapitre 4 : Conception d'une formation à destination des enseignants débutants en formation initiale : Le rôle du conflit sociocognitif.....	82

Situation et objectifs de la démarche	82
Les Séminaires d'Analyse des Pratiques Professionnelles : un lieu d'échanges privilégié	82
Le rôle du conflit sociocognitif dans les échanges	83
Modalités de déroulement des SAPP S-TEAM.....	85
a. Phase de préparation	86
b. Phase de présentation	86
c. Phase d'engagement dans la discussion	86
d. Phase d'inversement des perspectives.....	87
e. Phase de synthèse et de création d'une position commune	87
f. Pro-action	87
Présentation du matériel : les « fiches SAPP S-TEAM »	87
Conclusion.....	89
Chapitre 5 : Démarche d'investigation et résolution de problèmes en mathématiques : analyse des programmes officiels français	90
La notion de problème dans les programmes de mathématiques français ...	91
Programmes de 1968	91
Programme de mars 1977 appliqué en septembre 1978 en classe de 6^{ème} (ce qu'on appelle « la contre réforme »).....	91
Programme de 1981 appliqué en septembre 82 en classe de 2^{nde}	92
Programmes de 1985	93
Programmes de 1995	95
Programmes de 2005, 2007 et 2008 (les réformes se succèdent mais les changements sont mineurs).....	96
Conclusion.....	99
Chapitre 6 : Démarches scientifiques et démarches d'investigation	
Etudes menées en didactique des sciences	101
Contexte.....	101
Les études en didactique sur la mise en œuvre de la démarche.....	102
d'investigation scientifique	102
Situation-problème et appropriation par les élèves.....	103
La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles.....	106
Investigation par l'expérimentation.....	107

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

En guise de conclusion	109
Références.....	110
Chapitre 1 Annexe : Cahier de charges proposé par le groupe SESAMES pour les enseignants de lycée en sciences physiques	118
Chapitre 2 Annexe 1 : Étudier le travail collectif enseignant	120
Chapitre 2 Annexe 2 : Questionnaire destiné aux professeurs qui ont participé aux groupes SESAMES.....	123
Chapitre 3 Annexe : Programme des journées de formation de formateurs	130
Chapitre 4 Annexe : Fiches SAPP S-TEAM.....	134
Fiche “Motivation, diversité des élèves et démarches d’investigations	134
<u>Le choix d’une situation problème par le professeur</u>	134
<u>L’appropriation du problème par les élèves</u>	135
<u>L a phase d’échange argumenté autour des propositions élaborées par les élèves</u>	135
<u>Phase d’élaboration de la connaissance</u>	136
Fiche “Motivation, autonomie des élèves et démarches d’investigations... ..	138
Fiche “Motivation, métacognition et démarches d’investigations.....	142
Chapitre 5 Annexe : La Démarche d’investigation dans les programmes de 2005, 2008	147



**Teacher collaboration and Inquiry Based
Science Teaching:**

**Elements for teachers' development and
teaching resources:**

English language version

Introduction

This document provides resources for mathematics and science teachers, and teacher educators, for professional development in connection with IBST. It is concerned on the one hand with teaching and training resources resulting from collaboration between teachers and/or researchers, and on the other hand with analysis of the French official curriculum, in order to clarify official recommendations related to IBST.

IBST can have different meanings (Rocard and al. 2007; Osborne and Dillon, 2008). Similarly, the expression "investigative approach" (*démarche d'investigation*), used in the French curriculum, gathers diverse meanings associated with educational and epistemological aspects of inquiry.

Concerning the development of resources, we align ourselves with the Mind the Gap project¹, which describes IBST as including:

- Authentic and problem based learning activities where there may not be a correct answer;
- a proportion of experimental procedures, experiments and "hands on" activities, including searching for information;
- Self regulated learning sequences where student autonomy is emphasised;
- discursive argumentation and communication with peers ("talking science")."

This definition can be formulated differently if we refer to the concept of "didactic contract" (Brousseau, 1997) by clarifying the respective responsibilities of the teacher and students for the construction of knowledge in the classroom (Gueudet, 2009). The literature review on technologies, resources and IBST prepared for the Mind the Gap Project (Deliverable 5.1, Gueudet *et al.* 2009) and more generally our work within the Mind the Gap project lead us to retain the following definition of inquiry in science classes:

Inquiry in science classes corresponds to a sharing of responsibility towards knowledge between the teacher and the students leaving important parts of responsibility to the students. Inquiry can be considered a specific mode of didactic contract (Brousseau, 1997), where in particular the students' productions are the starting point of the teacher's work.

¹ <http://www.uv.uio.no/english/research/projects/mindingthegap/about/index.html>

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Throughout this document, we emphasise the importance of collaboration. This collaboration is between teachers and teacher educators as well as between teacher educators and researchers. It is especially important for it to be organized collaboration, which provides explicit common reference points, engages reflexive analysis and so leads to work explicitly based on theory as well as on practice (Grangeat & Gray, 2007).

Chapter One concerns tools for the development of resources by research and development groups consisting of teachers and researchers. Chapter Two describes the results of a questionnaire completed by teachers working in these groups and demonstrates the effects of collaboration in the analysis and development of teaching resources. Both the following chapters are concerned with teacher training. Chapter Three is concerned with the training of teacher educators, aiming at the collaborative conception of resources as well as the implementation in the classroom of inquiry based teaching. Chapter Four presents an experience of initial training designed to encourage and support new teachers in the use of teaching sequences based on IBST, to develop motivation, autonomy, metacognition and consideration of pupil diversity. Finally, the last two chapters analyse the evolution of the official instructions related to IBST in mathematics, in particular the link with problem resolution (chapter five), and in sciences (chapter six). These chapters also establish resources for teacher reflection.

This document is the work of two groups: the first one within the UMR ICAR in particular in the context of groups of expert teachers and researchers (group SESAMES, presented below); the second, within the L.S. E and the IUFM of Grenoble, involved with new teachers during their initial training.

Chapter 1: Didactic choices about science and mathematics teaching

Andrée Tiberghien and Sylvie Coppé, UMR ICAR (CNRS-University of Lyon)

In this chapter, we provide some "tools" elaborated within the framework of a collaborative conception of resources for teaching within groups of teachers and researchers in our unit of research (UMR ICAR). The SESAMES groups (Situations of Scientific Education, Activities of Modelling, Evaluation and Simulation) spread, presently, their resources across two sites: the site PEGASE² for resources in physics and chemistry and the site SESAMES for algebra.³ This collaboration has been going on for more than ten years; groups of five to ten teachers with one or two researchers meet regularly (two to four times per month) and elaborate together teaching sequences or activities distributed via the web and through teacher training activities (Tiberghien et al, in press).

These tools aim at facilitating the exchange of practices and the emergence of new ideas whilst maintaining the coherence of the resulting resources.

Thus, it is essential for teachers to discuss the functioning of the physics or the mathematics for example, in order to create coherent resources with clear learning outcomes. In addition, building resources, such as teaching sequences or pupil activities, requires that the group shares common references. or "guides", allowing for the production of a variety of resources which remain coherent with regard to teaching objectives.

We describe some of these tools below and discuss them with regard to IBST.

A tool to discuss the functioning of physics

Discussing about modelling by answering a questionnaire and by comparing one's answers to those of professors and students.

In the class (grade 10) or in in-service training situations, a short questionnaire (see table 1, below) has been suggested to start a discussion about epistemological approaches to science.

² <http://pegase.inrp.fr>

³ <http://web.lyon.iufm.fr/UCDmath/algebre/index.htm>

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Table 1: Some of the questions of the questionnaire on the functioning of physics and physics teachers' choices (n=231)

For each of the following assertions, tick the box which corresponds to your point of view:						
The goal of physics is to make new discoveries about the world which surrounds us						
	No answer	Strongly disagree	Disagree	Agree	Strongly agree	TOTAL
	0	5	19	94	113	231
The goal of physics is to make the world a better place to live						
	2	30	74	99	26	231
The goal of physics is to establish the truth about the phenomena which surround us						
	7	31	40	74	79	231
The goal of physics is to establish laws which interpret and allow prediction						
	1	0	3	40	187	231
To do physics requires the use of theories and models to describe and interpret						
	2	2	22	85	120	231
To do physics leads to design and to realize experiments						
	1	2	11	11	106	231
A phenomenon can be described by several valid models						
	2	5	11	107	106	231
Physics is a science which can question its own theories						
	3	0	3	43	182	231
B. For you, a model in physics, is (indicate in the corresponding box, in order of preference, the 3 definitions with which you agree the most - 1 for the best proposition, etc.):						
	No Answer	% (rank 1)	% (rank 2)	% (rank 3)		
An element of a theory used in science	0	3.8	9.5	2.41		

Table 1: Some of the questions of the questionnaire on the functioning of physics and physics teachers' choices (n=231)

An ideal reference situation		13.4	13.8	2.06
A way to describe something real by means of theoretical elements		48.0	22.5	1.63
A simplification of reality		16.8	27.2	2.14
A representation of the reality by means of schemes and formulas		17.7	26.8	2.08

These results show a variety of points of view; for example whilst a majority of physics teachers agree that " The goal of physics is to establish laws which interpret and allow prediction", views are more variable on " The goal of physics is to make the world a better place to live ". As for the roles of the model, there does not seem to be any unanimity, the majority choice, which is less than 50 % for rank 1, is that " the model is a way of describing something real by means of theoretical elements ". This reflects the points of view of epistemologists such as Bunge (1973), Bachelard (1979) or Hacking (1983/2005).

Two tools to elaborate science teaching resources in relation to modelling

Two tools for the conception and analysis of activities or teaching sequences were created by considering that, when we learn science, it is very difficult to relate the description of a situation, the objects and events at stake and their interpretation using scientific concepts. The activities (or sequences) built with these tools help the students, while taking into account their previous knowledge, to think scientifically and to understand the function of

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,
modelling in science.

A tool to elaborate teaching resources in relation with representations

A conception and analysis tool for activities was created based on the idea that a scientific concept involves several representations. A concept is not only defined with sentences but also with geometrical or algebraic representations, plans, etc. This tool helps students to make sense of the concepts by relating the various representations.

This tool is based on widely shared views about learning on the one hand and the importance of semiotic supports in the communication on the other. An example of the use of this tool is given in figure 1.

First part of the model of interactions

A system is a (material) object, part of an object, or a set of objects (this way of dividing reality is a choice made by the person who studies the situation).

Interactions: when system A acts on system B, simultaneously B acts on A; we say that A and B are in interaction. The action of A on B is written as A/B and the action of B on A is written as B/A .

This statement is applicable in **all** situations, both when the systems are motionless and when they move.

Representation

As soon as the system is chosen, only its interactions with the other systems have to be taken into account (outside systems), the interactions inside the system are not relevant.

These interactions are represented with the other systems on the same schema. This schema is called a *system-interaction* diagram. To clearly distinguish the chosen system from the other systems, its name is underlined in the diagram.

See Figure 2.2 (p.52): example of symbolic representation to help with the understanding of interactions in mechanics.

Principles which allow for the elaboration of mathematics activities in lower high-school.

Seven principles were defined to enable to clarify choices made in the elaboration of activities for algebra classes in lower high-school and to facilitate their appropriation by teachers using these resources.

We think these principles are essential for an algebra teaching which shows to students the utility and the strength of the algebraic tool. There are two types: the first four (see below) are general, and concern all lower high-school to high-school mathematics teaching, whilst

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

others are more specific to algebra. Some concern meaning whilst others concern the technical aspect.

These principles are for us an explicit and shared reference within the research group. They allow us to choose types of problems, to vary the didactic variables and the registers of representation, and to propose formulations of words to facilitate students' research.

The first two are closely connected with IBST due to the importance of giving students sufficiently rich and open problems to provide the opportunity to research, to guess, to argue and finally to give meaning to the concepts being taught.

These principles are:

- 1 - Propose to students problems requiring the use of the introduced notions to justify this introduction and give meaning
- 2 - Propose problems with no obvious resolution
- 3 - Facilitate the links between texts in natural language, numeric expressions and geometrical representations to give meaning to certain algebraic expressions
- 4 - Promote the verifications which give meaning to the notions
- 5 - Work on the notion of formula, which prepares for the introduction of the notion of function
- 6 - Work on the notion of proof in algebra
- 7 - Justify the calculations by the use of algebraic rules made explicit

Conclusion

We have presented various tools elaborated by the SESAMES research and development groups in mathematics and physics education. Thanks to the collaboration between the groups' teachers and researchers, points of view on the taught disciplines, on apprenticeship and on teaching were made explicit and grounded either on theory or on experience. These tools should facilitate a better appropriation, by teachers, of documents designed for the class, which are an advance on the traditional activities proposed in textbooks and elsewhere. Furthermore, they can also be used, in adapted forms, for continuing education.

The elaboration of these documents will continue. Let us note that beside the tools presented here for resource designers, we elaborated a tool intended for physics teachers with no particular training in didactic research. We call it "specifications" ("cahier des charges") to elaborate an activity (see appendix 1). It is based on the same theoretical points of view but its propositions are directly situated in the elaboration of activities.

We also intend to determine if it is possible, considering the differences in the epistemological foundations and teaching constraints, to elaborate common tools for both mathematics and science.

Chapter 2: collaborative conception of teaching resources and designers teaching practice

Sylvie Coppé and Andrée Tiberghien, UMR ICAR (CNRS, Université de Lyon)

Within the context of work-package 4, we led a survey with the help of a questionnaire intended for teachers who work in three different research and development groups associated with our research unit, in connection with the INRP (Institut National de Recherche Pédagogique). Our purpose was to understand the role of collaborative work within these groups and its potential effects on participants' teaching practice, and to ascertain their point of view on the possibilities opened up by such groups.

At present time almost all the members of the three groups which work within the SESAMES framework (see chapter 1) answered the questionnaire; we thus collected 14 questionnaires. One group includes middle school mathematics teachers, the second is made up of high school physics teachers, and the third group is interdisciplinary and works on pupils' motivation by facilitating the links between different disciplines in order to establish common points for pupils' work. Another group worked on chemistry, but ended last year after several years of collaborative work; one of its members completed the questionnaire. Later in this chapter, we consider that the group's average length of participation is about 4 years (3.9 yrs on average across 14 answers).

In this chapter, we are going to present, first of all, our hypotheses, then the written questionnaire and the results obtained.

Elaboration of the questionnaire

A questionnaire was elaborated and proposed to the teachers participating in SESAMES research and development groups to know their points of view on the effective practice of the groups, the importance which they granted to the collaboration, and to determine if their practice had evolved.

Global orientation of the questionnaire

The groups' official aim is to produce teaching resources. Besides the production of useful documents in class, the work led over several years led to elaborate "conceptual tools " as presented in chapter one for the mathematics and physics groups. Concerning the

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

multidisciplinary group, research-based hypotheses on memorization and motivation are made explicit. The use of these tools and/or theoretical ideas during collaborative work in each group, led to debates about their use and thus questions about class practices. Following Grangeat (see appendix 1 of this chapter), we consider that the regular use of these tools or theoretical ideas over an extended period (several years) leads to an evolution of the meaning which is attributed to them in the resources' elaboration:

The meaning attributed to the aim of the work evolves (see figure 2 of the appendix). This transformation begins with a personal point of view and advances towards a categorization. According to the experience of the persons, the nature of the community, the organization of the work, this new meaning can be shared in the collective.

We also consider that this evolution as well as the sharing within the groups can have consequences on the class practice itself. Rogalski (2005) indicates that the effects of collaborative work concern practices as well as conceptualizations. We thus hypothesise that for teachers who are resource designers, the effects of this collaborative work concerned their practices (e.g. conception of the teaching sequences, or their realization) but also their knowledge of the content to be taught, their epistemology and the pupils' learning.

Questionnaire results

Concerning the presentation of the results, we take into account the two main aspects tested in the questionnaire: the working practice of the group and the class practice.

Research and development group practice (Group SESAMES)

The results show that collaboration practice facilitates not only the production of resources but also the production of more general tools of conception.

The participants' views on the groups' perspectives and works

Concerning the views of teachers and the group, the answers show the following perspectives:

The desire to discuss one's practice and to work in teams (6/14),

The desire to reflect about one's practice (5/14)

The desire to progress by " finding solutions or by deepening one's theoretical and practical knowledge" (6/14) is therefore represented. Finally, some teachers make explicit the official purpose of the group, which is to produce resources (3/14).

Views on collaborations

There is strong agreement on the essential aspects of the work of the group (Q11, chart 2). The majority considers that regular discussion meetings between the teachers and between

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

the teachers and the researchers are essential. The idea of collaboration is thus fundamental to the work of the group. The elaboration of sessions or sequences associated with tests in class and their analysis is also considered essential, as is the elaboration of conceptual tools. On the other hand, the organization of in-service training courses and the management of the web site, which are the institutional expectation in terms of highlighting resources, are not considered essential. These last two elements of the work are often stated to be important by the persons in charge of the group and not by all of the participants. This can be explained by the fact that these tasks are time consuming.

Table 2: Essential elements of the group work (N total = 14).

Q.11 Among the following elements, note those who seem essential for the production of resources to improve teaching (or to help colleagues) for the work made in the SESAMES group in which you participate (or have participated)? From 1 (Not very essential) to 3 (essential)

	Not very essential (1)	In between (2)	Essential (3)	No answer
Follow up of work, regular meetings	1	2	10	1
Discussions between teachers of the group	0	0	13	1
Discussions between teachers and researchers	1	2	11	1
Design of class sessions/sequences	1	1	11	1
Design of conceptual tools for activities	0	4	9	1
Design of tool for class management	1	6	7	0
Tests in classrooms, analyses and subsequent modifications	0	2	12	0
Preparation of training courses	4	4	5	1
Web site management	2	6	5	1

Class Practices

The main influence on the class practice asserted by the teachers is the change in the way that pupils and their mistakes are taken into account. According to the teachers, this change affects taught knowledge, class management, and also assessment.

Four components of classroom practice were chosen: taught knowledge, class management, acknowledgement of pupils, assessment. It is interesting to note that the components proposed, including the taught knowledge, concern several aspects of the modified practice. For example "the teaching of binomial expansion" was cited as an element for which the teaching practise was modified concerning not only taught knowledge of the curriculum but also for for class management and for assessment.

This greater attention towards pupils is confirmed by the answers to the questions in table 3 below.

Table 3: Aspects of practice which teachers perceive as having evolved				
Did your point of view change concerning...?				
	A lot	A little	Not at all	N/a
The official curriculum	5	5	2	2
Institutional discourse	5	3	4	2
Textbooks	6	1	5	2
Internet resources	3	5	5	1
Pupils	6	5	2	1
Anticipating their answers	8	4	1	1
Anticipating their procedures	9	3	1	1
Pupils' mistakes	11	2	0	1
Exchanges with your colleagues	4	7	2	1
Other	0	0	0	14

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Answers show that nearly all teachers pay more attention to pupils mistakes and also to the anticipation of pupils procedures and answers. Furthermore, the 13 teachers who responded chose "a lot" at least once (the one who didn't answer started teaching while participating in a SESAMES group).

The results to the entire set of questions about class practise clearly show the influence of the research groups on teachers' attitudes towards pupils.

Conclusion

This questionnaire shows the agreement between the goals of the teachers and those of the SESAMES groups. For teachers the construction of teaching activities / sequences in connection with discussions between teachers but also with the researchers are major elements. The elaboration of tools is also recognized as well for the management of the class as for the conception of resources. Thus the collaboration within the group is recognized as essential.

It is also important to take into account that the majority of the teachers seem to have modified their own teaching practice, in particular in their relationship with their pupils, by handling their mistakes differently, by leaving them more autonomous working time, by taking into account their level etc. This result corresponds to that of a recent analysis of 96 teacher interviews:

These professionals [...] say how these collective activities, introduced by the authorities of the educational system or the local actors, constitute resources to develop their professional skills in the direction of a better attention on the variety of learners and on the multiplicity of education's contributors" (Grangeat, Rogalski, Lima and Gray, 2009, p. 164).

A modification of practices following IBST is thus reached.

Chapter 3: conception of trainers' training

Sylvie Coppé and Andrée Tiberghien (UMR ICAR, CNRS-University of Lyon)

Introduction

This chapter presents a "trainers' training experience" organized in January, 2010 within the framework of a five day training course for trainers at the INRP called " Train teachers in physics and in mathematics ". It was partially based on the work of the SESAMES groups and it constituted a period of multidisciplinary work for the presenters as well as for the

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

participants. The participants' collaboration was facilitated during the training course by group work and because some participants came in pre-existing teams.

This type of training is new in as much as most of the teachers' trainers currently have a university education and in-service teacher training practice without having received specific training in their practice as trainers or teacher educators.

The global objective of this training is to develop skills for training development, thus the following more specific goals are:

- To appropriate theoretical tools allowing a critical analysis of teaching sequences and existing situations, and the conception of new situations, to test their relevance during training;
- Bring to the foreground common points and differences due to epistemological choices in the approaches of mathematics and physics;
- Analyse effective class situations from videos, and question the relation between conception and implementation of these situations in class.

In this chapter the three goals are discussed in sequence, before we comment on the global objective

Introduction and implementation of theoretical tools of analysis and conception

Intermediate conceptual tools between the big theories (constructivism, socio-constructivism, etc.) are necessary so that the underlying theoretical choices can be effectively put to work; these tools address diverse issues such as knowledge, learning and the collective functioning of classes.

This work on tools is part of a relatively recent strand of research which underlines the importance of the theoretical construction of tools for the conception and analysis of resources. We emphasize two points.

The first concerns the importance of a well supported concept so that analysis of the iterative trial processes and modifications in the class allows improvements which maintain the coherence of the resource. This point is made by Ruthven et al (2009, p.329):

In recent years interest in design research has spread to mainstream circles in educational research (e.g. Kelly, 2003; Sandoval & Bell, 2004). It has been advocated as a mode of educational enquiry which not only provides systematic means for devising and refining novel learning and teaching environments, but couples this with the development of contextualised theories of learning and teaching (Design-Based Research Collective, 2003; van den Akker, Gravemeijer, McKenney, & Nieveen, 2006).

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Nevertheless, while iterative refinement of a design through analysis of its implementation is undoubtedly important, the cogency and efficiency with which such revision can be achieved is influenced by the quality of the original design, and by the clarity and coherence of the intentions it expresses. Equally, revision of a design often involves taking account of aspects of the working situation which were not recognised or prioritised in the original formulation of the design. Our argument is that the availability of design tools capable of identifying and addressing specific aspects of the situation under design can support both the initial formulation of a design and its subsequent refinement in the light of implementation. In short, producing robust designs and securing well-functioning implementations calls for development of a more systematic apparatus to guide the constructive process through which a design is generated and adapted. This, in turn, is intimately linked with the development of an explicit communal apparatus for design research, instantiated by the recent Handbook of Design Research Methods in Education (Kelly, Lesh, & Baek, 2008) and the Design Principles Database (Kali, 2008).

The second point is concerned with the necessity to be aware that general theories like constructivism or socio-constructivism do not enable the development specific resources:

The distance between general orientation or grand theory and designed teaching materials is large; so it is not surprising that diSessa (2006, p.276) notes that different grand theories “often advocate similar instructional strategies. [...] The use of instructional analogies, metaphors, and visual models is widespread and not theory-distinctive”.

It seems necessary to distinguish between general philosophical grand theories and the theories that do real work. The “real work” to design teaching sequences is diverse, there is a variety of decisions to be made relating to the specific teaching content, to the structure of its main aspects, to the order in which they are introduced, to the instructional strategies, and so on (Lopes et al., 2008). In particular, the type of classroom activity, the respective roles of the teacher and students, the teaching resources, the various possibilities of class organisation, the approximate duration of each activity, etc., should be decided according to the specific content to be introduced. Therefore the theoretical framework that does real work should include a variety of theoretical components. (Tiberghien, Gaidioz & Vince, 2009, p. 2276)

The question which arises for trainers' training is the way these tools are presented: do we present their theoretical construction or do we introduce them directly? In this training, we chose to introduce them directly by indicating their origin but without discussing their construction. Besides the tools presented in chapter 2, we added presentations of software and its potential, e.g. for dynamic geometry (Cabri géomètre for example) as well as examples of distance training within the framework of the French project "Pairfom@nce".⁴

In this training, we developed both the tools' epistemological and didactic links with IBST and problem solving and analysis of classroom practice using video examples.

⁴ <http://national.pairformance.education.fr/>

Epistemological and didactic choices in mathematics and physics in relation to IBST

Making explicit epistemological choices related to modelling, problem solving and teaching constraints allows researchers and teacher educators to provide teachers with theoretical tools during training.

Classroom practice analysis from video examples

Properly chosen classroom video extracts enable the opportunity to analyse teaching sessions, to confront analyses in reference to the observed effective situation and to develop a reflexive analysis.

This part is essential in trainers' training because it can play a triple role:

- Helping with the appropriation by the trainees of the tools introduced to analyse teaching sessions.
- Developing the trainees' analyses of the observed teachers' practice skills.
- Allowing a reflexive analysis of their own teaching practice and of their practice as teacher educators.

Conception of training situations

The co-conception of training situations allows the trainees to make explicit their points of view, to confront them and to analyse them when they have at their disposal conceptual tools, based on collaborative project work grounded on the tools and theoretical orientations presented above.

Conclusion

This training activity shows the strong link between training and the conception, implementation and analysis of teaching resources. It shows the importance of the elaboration of "intermediate tools" which promote effective teaching and, at the same time, are based on theory. These tools constitute, for teacher educators, an aid in the understanding of the underlying theoretical approaches and also contribute to enhancing their own training activity.

This training activity in mathematics and physics brings to light the importance of general choices – for example giving a certain responsibility to pupils for the construction of knowledge in the class – which present themselves in a specific way according to the

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning, subject. Here also, making explicit the generic and specific aspects of teaching is eased by the collaboration between subjects.

Chapter 4: Designing TPD for new teachers: The role of socio-cognitive conflict

Nadia Leroy and Michel Grangeat (L.S.E., Grenoble, France)

This chapter presents a teacher professional development program (TPD) intended for mathematics and science new teachers. It aims to support new teachers in implementing IBST within their own classrooms.

Three important elements of the TPD will be presented here: the TPD theoretical framework and goals; the practical modalities for this TPD; and some resources for educators. The evaluation of the TPD effects is not the object of the present section.

Context and goals

Within the framework of initial teacher education, we aim to design specific TPD activities to support the professional development of new teachers. The goal is to conduct collective and interactive work with new science teachers.

Professional practices' Analysis Seminars: a room for interactions

For several years, Professional practices' Analysis Seminars (SAPP: *Séminaires d'Analyses des Pratiques Professionnelles*) were set up within Institutes for teacher education (IUFM). The SAPP goal is to allow new teachers to reflect about their teaching strategies; it could be considered as a means "to create a reflective culture" (Brookfield, 1995) amongst teachers who are often alone in front of their pupils and complain that they have very little time for collective reflection.

Yet research shows that teachers' networks and teamwork reinforcements are the mainspring of professional competence development (Grangeat, 2008a, Grangeat et al, 2009). Research conducted by **O2cpe1** show that teachers who benefit from organized exchanges about professional questions also widen their interaction networks and improve their professional development (Grangeat, 2007a; Grangeat, 2007b).

Thus the SAPP design is grounded on the double principle of supporting new teachers in the construction of their professional experience, and helping them in the implementation of new teaching strategies (IBST), through collective and interactive work with teacher educators.

The role of socio-cognitive conflict

Implementing a space dedicated to interactions amongst professionals is essential to allow new teachers to establish some distance from their teaching practices and thus to succeed in elaborating and steering long-term teaching plans. However, to be constructive, these interactions need to follow some conditions with respect to the conflicts' regulation.

Two principles, in relation with the previous theoretical framework, are proposed to design SAPP which likely could generate an epistemological regulation of a sociocognitive conflict.

1. Following the route to "constructive controversy" (Johnson and Johnson, 2009): the educator proposes in advance a specific theme for the exchanges; new teachers prepare the session through two groups referring to a predefined posture (i.e. for or against the proposed change of practices); each group presents its rationale; discussion and exchange, pooling of the arguments; synthesis with respect to external knowledge presented by the educator. This method allows the interactions to focus more easily on educational problem solving.
2. Conceiving the educator as responsible for mediation in order to guarantee the focusing of the conflict on the task and not on discussions about personal concerns. The educator aims to create favourable conditions for commitment within the conflict but also favourable to the epistemological regulation of the conflict.

S-TEAM SAPP methods

New teachers need to identify in their own teaching experience favourable or unfavourable arguments about the question to be collectively discussed.

The questions used during SAPP are announced in advance by the teacher educators. They indicate to the new teachers, for the following SAPP session, to observe aspects of their classroom practice relevant to the question.

The purpose of this activity is that new teachers attain consensus concerning the role of IBST in pupils' motivation.

Several distinct phases structure the session:

- Preparation
- Presentation

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

- “Engagement in the discussion”
- “Reversal of the perspectives”
- “Overview and creation of a common position”
- “Pro-action”

The S-TEAM SAPP material

Seminars are organised by educators and researchers. They produce material to support the “Overview and creation of a common position” phase during the seminar.

This material is based on three questions to the new teachers.

Do the teaching sequences based on IBST actually enable the teacher to:

- Take into account pupils' diversity?
- Give pupils more autonomy?
- Give pupils means to manage and monitor their own learning?

Conclusion

During SAPP, new teachers have to resolve a sociocognitive conflict: the interactions focus on the task and not on personal concerns. Preservation and intensification of the initial representations, which ensue from the feeling of being attacked, and which persons exposing their own case sometimes develop, should be avoided. In order to focus the conflict on the task, the defended positions are arbitrarily fixed and are inverted during the seminar course; furthermore, the developed arguments have to make reference to the professional practices of the participants and not to their beliefs. This form of debate, centred on the task, corresponds to what happens, in a less formal way, when teacher teams prepare teaching sequences collectively.

Chapter Five: Inquiry based teaching and problem solving in mathematics: the French official curriculum analysed

Sylvie Coppé (UMR ICAR, CNRS-University of Lyon)

In France, inquiry based teaching (IBT) was introduced in the 2005 middle school (ages 11-15) science and mathematics official curriculum as a pedagogical tool aimed at developing pupil autonomy, a taste for research and motivation for science. This method was developed in other European countries. The 2007 Rocard report recommends this new teaching method to fight against disaffection from scientific studies. "Inquiry" is defined in reference to Linn, Davis, & Bell (2004):

By definition, inquiry is the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, and forming coherent arguments (quoted by Rocard et al. 2007, p.9).

The report explains that through this recommendation, there is indeed a will to change the teaching practices of and also the place of the teacher and the pupil: from a " top down transmission " approach in which the teacher presents the knowledge and their applications to the pupil who has to apply them, towards a "bottom up approach " where the teacher lets the pupil try, make mistakes, try again, etc.

In France, for mathematics, for the last thirty years, the official curriculum has recommended a teaching based on problem solving, and the hypothesis that we learn by attempting properly chosen problems, for which the optimal solution provides a a learning outcome which embodies the appropriate knowledge.

In this chapter, we study the official French middle school mathematics curriculum to demonstrate the place and the function of problem solving, before making links with IBT.

Let us note that the Rocard report takes into account these two references:

In mathematics teaching, the education community often refers to "Problem-Based Learning" (PBL) rather than to IBSE. In fact, mathematics education may easily use a problem-based approach while, in many cases, the use of experiments is more difficult. Problem-Based Learning describes a learning environment where problems drive the learning. That is, learning begins with a problem to be solved, and the problem is posed in such a way that children need to gain new knowledge before they can solve the problem. Rather than seeking a single correct answer, children interpret the problem, gather needed information, identify possible solutions, evaluate options and present conclusions. Inquiry-Based Science Education is a problem-based approach but goes beyond it due to the importance given to the experimental approach. (op cit, p. 9).

The notion of 'problem' in the French mathematics curriculum

We shall focus our curriculum analysis on middle school (pupils aged 11 to 15 years old) since the end of the " modern mathematics " period, which is called the "counter reform" (although we quote some passages from the high school curriculum). This level has been chosen as it is where IBT was introduced, but a similar evolution in the primary school curriculum has been demonstrated (Coppé & Houdement, forthcoming). In high school, other initiatives with similar aims (allowing the pupils to make attempts at solutions and to do research; reinvestment exercises not too close to the taught knowledge; connecting mathematics to other disciplines) included TPE (*Travaux Personnels Encadrés*, Supervised Personal Works) and the attempt to set up an experimental mathematics test in the final high school diploma, which was finally abandoned in 2010.

1977 curriculum

From 1977, there is a break with formalism, at the heart of the preceding curriculum. Problem solving becomes a core notion.

1985 curriculum

Mathematical notions must be introduced as problem solving tools. Pupils' activity is highlighted.

1995 curriculum

Phases during problem solving characterise mathematics activities

2005, 2007 and 2008 curriculum (successive reforms with minor changes)

IBST is introduced in the curriculum text's general introduction for sciences, including mathematics.

Conclusion

In this brief study, we argue that, through the various changes of mathematics curriculum for a little more than thirty years, we can detect not only an outline of the evolution of the place and function of mathematics in school but also the evolution in teachers' practices.

The evidence of an evolution in the purposes of mathematics' teaching was underlined. The will of the curriculum authors to introduce mathematics as a part of wider social issues is perceptible. Thus the link with the real world and citizenship education has been explicitly mentioned since 1995. Moreover, links with other disciplines and previous teachings are

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

asserted.

Another evolution concerns the place and the importance of problem solving: to give meaning to concepts at the beginning, especially in the reinvestment phase, then to put mathematical knowledge to work, finally to participate in the construction of concepts, especially at their introduction.

Finally the call to change practice become more explicit and more precise in order to change from a teaching based on magisterial presentations of mathematical notions in a logical order, to pupils' activities based on problem solving in order to facilitate learning. We insist on the dynamics of learning: tool / object / new tool.

Since 2005 IBT has been introduced, with an application plan and phases. Even if a certain authorial confusion between IBT and problem solving can be perceived, because of different epistemological backgrounds, they have the same goals: to enhance motivation and to change towards more active science teaching strategies as well as to change the responsibilities of teachers and pupils towards the construction of knowledge.

Chapter Six: Scientific reasoning and IBST: Research in science education

Eric Triquet (IUFM de Grenoble, LEPS-LIRDHIST – Lyon 1) and Jean-Claude Guillaud (IUFM de Grenoble, Université Joseph Fourier)

Context

In France, following the "science and technology at school teaching renovation plan", IBT has been present in the middle schools scientific disciplines curriculum (MEN, 2005, 2008). As underlined by Mathé and al. (2008), the "hypothetico-deductive" model implemented by researchers seems to constitute the main reference. Also it is specified that investigation can take diverse forms, although testing of hypotheses for which the experimental dimension is central is emphasised.

Below, the official recommendations concerning the implementation of IBT (common introduction of middle school sciences' curriculum 2008) are seen in the perspective of the main results from science education research concerning the effective implementation of IBT in the classroom.

Science education research concerning IBT implementation

A brief review of science education research centred on IBT implementation in class is proposed. Only the first three stages of IBT as it is presented in the French middle school science curriculum will be taken into account: situation-problem and appropriation by the pupils; formulation of conjectures, explanatory hypotheses, possible protocols; investigation based on experiments.

From the 1990s, French research concerning the implementation of scientific investigation in class (Joshua, 1989; Orlandi, 1991; Joshua and Dupin, 1993; Nott, 1996; Darley, 1996; Coquidé, 1998) showed that an extremely linear, formal, and stereotypical approach is typical. This research also highlights that these activities very often lead to hasty generalizations, constructed according to an empirical and inductive approach.

Situation-problem and appropriation by pupils

Gil Perez (1993), faced with the failure of "rediscovery learning", notes that a reorientation of the approach took place, towards a model directed by scientific problems, and with

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

reference to research activity. According to Brunet (1998) teaching oriented by scientific problems goes back to 1987, certainly in reference to the North American pragmatic School (James, Peirce, Dewey). Gradually it is the notion of situation-problem that becomes prominent in France; for Roland Flageul and Maryline Coquidé (1999), its interest lies in the fact that it allows the centring of learning whilst following the pupils' level of knowledge and also following the level of teaching.

A point which seems important to underline is that in situation-problem, there is an idea of "situation" as a point of departure, from which concepts, manipulated by pupils, are going to acquire- at the end of the activity - a sense or meaning in compliance with the scientific concepts which are at stake.

It can be noted that the same curriculum objective can give rise to various problems, some objectives being better suited to certain types of problems (Mathé and al, 2008). At the level of official instructions' there is, thus, no acknowledgement that problems do not all have the same epistemological status. Besides, for Orange (1997) knowledge proposed in the curriculum is not connected to actual scientific problems and always works as extrinsic knowledge.

Formulation of conjectures, explanatory hypotheses, possible protocols

According to Favre and Rancoul (1993), the possibility of clarifying statements which have a temporary hypothetical status and for which the domain of validity is gradually specified by using a reflexive attitude is a strong criterion of scientific investigation.

The stage in question, as formulated in the ministry's introductory texts, begins with the "appropriation of the problem by pupils" phase. Pupils propose elements of the solution, which enable work on their initial conceptions. This precision is of importance as the implementation of the problem and the formulation of hypotheses go together, are in interaction and feed one each other (Darley, 2007). Moreover, by formulating a hypothesis, pupils mobilize knowledge, in a more or less conscious way.

Two points should be discussed here: the first concerns the nature of the hypothesis, in particular, the distinction between forecast and prediction; the second refers to the implication of pupils in its elaboration and its formulation, and more widely to the modalities of the situation.

Investigation based on experiments

For this 3rd stage, the ministerial text insists on two points:

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

- In the hypothesis phase, the importance of a strong involvement of pupils, both at the level of the conception and during the realization of the experiments, with a particular insistence on the necessity of promoting debate between the various propositions of pupils;
- The status of the experiment, presented as means to test conjectures and hypotheses.

A first review of studies of this question (Joshua and Dupin, 1993) pointed out that at secondary education level, experiments are mainly used as a way of illustrating concepts, checking laws, or as part of an inductive approach (manipulation, observations and measures, conclusions).

Science education researchers, however, now take a different view. Sequences presented in Morge and Boilevin's (2007) book, give precedence to pupil activity at each stage. Moreover, these sequences illustrate the variety of investigations which can be implemented in classes. Nevertheless, if reference to the researcher's practice is emphasized, by privileging in particular a hypothetico-deductive approach, the authors insist that this practice is just a reference and that in no way should a scientific research laboratory be "reproduced" in class. Besides, Coquidé, Fortin and Rumelhard (2009) underline that in natural sciences, it is difficult to elaborate situations which guarantee at the same time pupil's freedom of investigation **and** conceptual construction based on the situation.

Conclusion

This presentation limited itself to three stages of IBT (situation-problem, formulation of hypotheses and experimental investigation), mainly studied in science education research. It would be advisable to widen this review to the other stages of IBT (argumentation, acquisition, structuralization and mobilization of knowledge), where existing studies are not directly related to the implementation of IBT. Besides, other methods of investigation (documentary research, modelling) also deserve to be studied from this point of view.

IBT development, due to this new focus, is a strong element in teacher training and education. It implies, beyond a reflection on the practices to be implemented, that work needs to be done on student teachers' epistemological and didactic representations concerning this approach.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,



**S-TEAM Deliverable 4b: Teacher collaboration
and inquiry based learning: version française**

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Introduction

Ce document fournit des éléments pour le développement professionnel des enseignants et des formateurs en mathématiques et en sciences en lien avec l'IBST. Il porte d'une part sur la production et l'analyse de ressources d'enseignement et de formation réalisées le plus souvent dans le cadre de collaborations entre enseignants et/ou enseignants et chercheurs d'autre part sur les analyses des programmes officiels français permettant de mieux comprendre les recommandations officielles liées à l'IBST.

L'IBST peut recouvrir des significations différentes (Rocard & al. 2007 ; Osborne & Dillon, 2008). De même, l'expression « démarche d'investigation », utilisée en France notamment dans les programmes, recouvre des significations diverses qui sont aussi bien associées à des aspects pédagogiques qu'épistémologiques.

Pour notre part, concernant le développement des ressources, nous nous situons dans la ligne proposée dans le projet Mind the Gap qui précise ainsi l'IBST :

“Generally, inquiry-based science teaching may be characterised by activities that pay attention to engaging students in:

- (i) authentic and problem based learning activities where there may not be a correct answer
- (ii) a certain amount of experimental procedures, experiments and "hands on" activities, including searching for information
- (iii) self regulated learning sequences where student autonomy is emphasised
- (iv) discursive argumentation and communication with peers ("talking science").”

These four dimensions of inquiry-based science teaching (i) problem based learning, (ii) experiments and "hands on" activities, (iii) students autonomy and active involvement and, (iv) argumentative communication and dialogues, define the field of IBST of today. »

Cette proposition peut être formulée un peu différemment si l'on se réfère au concept de contrat didactique (Brousseau, 1997) en explicitant les responsabilités respectives de l'enseignant et de ses élèves vis-à-vis de la construction du savoir dans la classe (Gueudet, 2009) :

“The literature review on technologies, resources and IBST we conducted in the first part of our work within the Mind the Gap Project (Deliverable 5.1, Gueudet *et al.*

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

2009) and more generally our work within the Mind the Gap project lead us to retain the following definition of inquiry in science classes: *Inquiry in science classes corresponds to a sharing of responsibility towards knowledge between the teacher and the students leaving important parts of responsibility to the students. Inquiry can be considered a specific mode of didactic contract (Brousseau, 1997), where in particular the students' productions are the starting point of the teacher's work"*

Tout au long de ce document, l'accent est mis sur la collaboration. Cette collaboration est entre enseignants et formateurs ainsi qu'entre formateurs et chercheurs. Elle est essentielle surtout si elle est organisée car elle permet d'explicitier des références communes, engage une analyse réflexive et conduit ainsi à des productions *explicitement* fondées aussi bien théoriquement que sur l'expérience professionnelle (Grangeat & Gray, 2007).

Ce document aborde tout d'abord des outils de conceptions de ressources par des groupes de recherche-développement comportant des enseignants et des chercheurs (chapitre 1) puis donne les résultats d'un questionnaire passé auprès de quelques enseignants travaillant dans ces groupes montrant l'effet sur la pratique enseignante de la collaboration pour analyser et concevoir des ressources d'enseignement (chapitre 2). Les deux chapitres (3 et 4) suivants abordent la formation. Le chapitre 3 porte sur la formation de formateurs visant la conception collaborative de ressources ainsi que la mise en œuvre dans la classe de démarches d'investigation. Le chapitre 4 présente une expérience de formation initiale visant à inciter et à aider les enseignants débutants à utiliser, au sein de leur classe, des séquences d'enseignement fondées sur les démarches d'investigation en particulier pour développer la motivation, l'autonomie, la métacognition et la prise en compte de la diversité des élèves. Enfin les deux derniers chapitres présentent une analyse de l'évolution des instructions officielles du point de la démarche d'investigation en mathématiques (chapitre 5) en particulier le lien avec la résolution de problème et en sciences (chapitre 6). Ces chapitres constituent aussi des éléments de réflexion pour les enseignants. Notons que tout au long de ce document la ou les démarches d'investigation sont en jeu. Nous utilisons le pluriel le plus souvent car il n'y a pas une démarche unique, mais le singulier est aussi utilisé pour signifier l'idée générique.

Ce document est le fruit du travail de deux groupes : un premier au sein de l'UMR ICAR en particulier dans le cadre de groupes d'enseignants plutôt experts et de chercheurs (groupes SESAMES présentés ci-dessous) ; un deuxième, au sein du L.S. E et de l'IUFM de Grenoble, avec des enseignants débutants dans le cadre de leur formation initiale.

Mots-clés : Travail Collectif Enseignant, Démarches d'Investigation, Résolution de problèmes, Conflit sociocognitif, Développement Professionnel, Ressources d'enseignement,

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Choix épistémologiques et didactiques, Analyse des instructions officielles

Chapitre 1 : Choix didactiques sur l'enseignement des sciences et des mathématiques

Andrée Tiberghien et Sylvie Coppé, UMR ICAR (CNRS-Université de Lyon, France)

Dans ce chapitre, nous donnons quelques « outils » élaborés dans le cadre d'une conception collaborative de ressources d'enseignement au sein de groupes d'enseignants et de chercheurs dans notre unité de recherche (UMR ICAR). Les groupes SESAMES (Situations d'Enseignement Scientifique, Activités de Modélisation, d'Evaluation et de Simulation) diffusent leurs ressources sur actuellement deux sites : le site PEGASE (<http://pegase.inrp.fr>) pour les ressources en sciences physiques et chimie et le site SESAMES pour l'algèbre (<http://web.lyon.iufm.fr/UCDmath/algebre/index.htm>). Cette pratique de collaboration est ancienne (plus de 10 ans) ; il s'agit de groupes de 5 à 10 enseignants avec un ou deux chercheurs qui se réunissent régulièrement (2 à 4 fois par mois) et élaborent ensemble des séquences ou des activités d'enseignement diffusées par un site et par des formations (Tiberghien et al. sous presse).

Ces outils visent à favoriser l'échange des pratiques, l'émergence de nouvelles idées tout en gardant une cohérence des ressources élaborées.

Ainsi, débattre entre enseignants du fonctionnement de la physique ou des mathématiques par exemple, est essentiel pour ensuite construire des ressources en cohérence avec le ou les fonctionnements explicités. De même construire des ressources, comme une séquence d'enseignement ou des activités pour les élèves, nécessite que le groupe de conception partage des références communes. Celles-ci constituent ainsi des « guides » permettant de produire une variété de ressources qui restent cohérentes par rapport aux objectifs de l'enseignement.

Nous proposons ci-dessous quelques-uns de ces outils et nous les discutons par rapport aux choix de l'IBST.

Un outil pour débattre du fonctionnement de la physique

Débattre de la modélisation en répondant à un questionnaire et en comparant ses réponses à celles de professeurs et d'élèves.

En physique et chimie en particulier, en accord avec la majorité des épistémologues (Bunge,

1973 ; Bachelard, 1979 ; Hacking,1983/2005), la modélisation est considérée comme étant au cœur de ces disciplines. Ceci est souligné dans les introductions de programmes français en particulier au niveau du lycée ; elle figure aussi dans les documents sur le socle commun de connaissances et de compétences devant être acquises à la fin de la scolarité obligatoire, même si l'insistance y est beaucoup moins marquée.

Dans la classe (niveau seconde, grade 10) ou en situation de formation continue, pour démarrer une discussion sur une approche épistémologique, nous proposons un questionnaire rapide à répondre (voir quelques questions dans le tableau 1.1).

Tout d'abord en formation des maîtres, cet outil est un moyen très efficace de débattre sur ce qu'est la physique, sous réserve bien sûr, d'un respect des idées de chacun. Il permet aussi, grâce aux résultats obtenus auprès des élèves, de montrer aux enseignants que les élèves ont des idées sur ce qu'est le fonctionnement de la physique et qu'il est possible d'en parler.

Le deuxième usage se situe dans sa classe. Cet outil, associé aux résultats des réponses des enseignants, peut aussi être un excellent moyen de présenter et débattre le fonctionnement de la discipline enseignée. Il permet de faire prendre conscience aux élèves que les enseignants n'ont pas une réponse unanime et que le débat sur certains points est ouvert. Il ne s'agit pas d'un relativisme absolu, mais il s'agit de ne pas enfermer la science dans la vérité absolue tout en marquant qu'il y a des moyens spécifiques de validation.

Cet outil peut servir pour débattre avec les élèves des aspects que l'enseignant inclut dans l'IBST, comme la nécessité du choix d'un point de vue quand on étudie une situation, celle de construire un modèle hypothétique (qui peut se limiter à quelques variables et ne pas être mathématisé en termes de formules) et de construire ou mettre au point des expériences, etc. Ces points sont discutés dans le dernier chapitre de ce document.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

A. Pour chacune des affirmations suivantes, cochez une case qui rend compte de votre point de vue :						
(sous-population : Enseignants de physique, N=231)						
	Non réponse	Pas du tout d'accor d	Plutôt pas d'accor d	Plutôt d'accor d	Tout à fait d'accor d	Total
La physique a pour objectif de faire de nouvelles découvertes sur le monde qui nous entoure		5	19	94	113	231
La physique a pour objectif de faire de ce monde un meilleur endroit pour vivre	2	30	74	99	26	231
La physique a pour objectif d'établir la vérité sur les phénomènes qui nous entourent	7	31	40	74	79	231
La physique a pour objectif d'établir des lois qui interprètent et permettent de prévoir	1		3	40	187	231
.....						
Faire de la physique nécessite d'utiliser des théories, des modèles pour décrire et interpréter	2	2	22	85	120	231
Faire de la physique conduit à mettre au point et réaliser des expériences	1	2	11	111	106	231
Un phénomène peut être décrit par plusieurs modèles valides	2	5	11	107	106	231
La physique est une science qui peut remettre en cause ses propres théories	3		3	43	182	231
.....						

B. Pour vous, un modèle en physique, c'est (indiquez dans les cases correspondantes, par ordre de préférence, les 3 définitions avec lesquelles vous êtes le plus d'accord - 1 pour la meilleure proposition, etc.) :				
(sous-population des enseignants de physique, N=231)				
	% (Rang 1)	% (Rang 2)	% (Rang 3)	Rang moyen

Non réponse				
Un élément d'une théorie utilisé en science	3,8	9,5	16,0	2,41
Une situation idéale de référence	13,4	13,8	16,5	2,06
Une façon de décrire quelque chose de réel à l'aide d'éléments théoriques	48,0	22,5	16,5	1,63
Une simplification du réel	16,8	27,2	26,9	2,14
Une représentation du réel à l'aide de schémas et de formules	17,7	26,8	23,9	2,08

Tableau 1.1 : quelques questions du questionnaire sur le fonctionnement de la physique et les choix des enseignants de physique (N=231)

Ces résultats montrent bien une variété de points de vue ; par exemple si une majorité d'enseignants de sciences physiques choisit que « la physique a pour objectif d'établir des lois qui interprètent et permettent de prévoir », les points de vue sont beaucoup plus variés sur « la physique a pour objectif de faire de ce monde un meilleur endroit pour vivre ». Quant aux rôles du modèle, il ne semble pas y avoir d'unanimité, le choix majoritaire, qui est à moins de 50% pour le rang 1, est que « le modèle est une façon de décrire quelque chose de réel à l'aide d'éléments théoriques ». Ce choix n'est pas en contradiction avec les points de vue d'épistémologues comme Bunge (1973), Bachelard (1979) ou Hacking (1983/2005)

Deux outils pour élaborer des ressources d'enseignement en sciences en lien avec la modélisation

Deux outils de conception et d'analyse d'activités ou de séquences d'enseignement ont été créés en considérant que, lorsqu'on apprend les sciences, il est très difficile de mettre en relation la description d'une situation, les objets et les événements en jeu, et son interprétation avec les concepts scientifiques. Les activités (ou séquences) construites avec ces outils aident les élèves, à partir de leurs connaissances antérieures, à s'approprier les sciences ainsi que leur fonctionnement en termes de modélisation.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Ces outils sont fondés sur deux analyses théoriques relatives à l'apprentissage et au fonctionnement des sciences (Tiberghien, Vince & Gaidioz, 2009).

Concernant le fonctionnement des sciences, nous posons qu'il est essentiel que l'enseignement permette aux élèves de mettre en relation les situations matérielles, les expériences avec les théories et les modèles de la physique qu'ils soient qualitatifs ou fortement mathématisés. Plus généralement, nous posons qu'il est essentiel de mettre en relation le monde des objets et événements avec celui des théories et les modèles.

Concernant l'apprentissage, nous posons que les connaissances initiales des élèves jouent un rôle essentiel et que leur connaissance du monde matériel qui les entoure a été construite dès la naissance et comporte souvent une théorie causale sous-jacente (Vosniadou, 1994 ; Viennot, 1996 ; Tiberghien, 2004).

La figure 1.1 montre l'outil modélisation ; il permet l'analyse et la conception d'activités d'enseignement ; en particulier les activités doivent permettre aux élèves les cheminements correspondant aux flèches pleines noires. Cette figure montre les chemins que peuvent prendre les élèves quand ils étudient une situation matérielle quelle que soit la forme prise par l'activité dans la classe et en particulier dans le cas de l'IBST.



Figure 1.1 : outil modélisation avec l'illustration de cheminements possibles des élèves dans l'étude de situations matérielles, de théories ou de leurs relations (flèches noires : cheminements à favoriser dans l'enseignement de la physique, flèche hachurée : cheminement dont l'enseignant doit aider l'élève à prendre conscience en vue de l'éviter, flèches pointillés : cheminement dans la vie quotidienne)

Cet outil permet de varier les situations présentées dans l'étude d'un domaine, par exemple construire des activités qui aident à passer d'un point de vue de la vie de tous les jours sur une situation à un point de vue de la physique en termes d'objets et d'événements. Ce passage permet aux élèves d'apprendre à décrire les faits expérimentaux avec des mots adaptés car souvent dans la vie quotidienne la même situation ne va pas être décrite de la même façon. Ce passage est essentiel pour comprendre la physique. Prenons l'exemple d'un crayon posé sur une table. Il s'agit ici d'une description comprise par tous et utilisée dans la vie quotidienne de manière pertinente. Si on décrit cette situation du point de vue de la mécanique et du principe d'inertie, on va dire que le crayon est immobile, et on peut rajouter qu'il est en contact avec la table et que la Terre agit sur lui. Cette description, essentielle pour affirmer que les forces qui agissent sur lui se compensent (la force exercée par la Table et celle exercée par la Terre), ne se dit pas dans la vie quotidienne ; les élèves doivent l'apprendre. De même si on décrit cette situation du point de vue de l'énergie, on dira que le crayon est élevé ou en hauteur par rapport à la surface de la Terre, cette description est également spécifique de la physique et permet ensuite d'interpréter ce fait (hauteur du crayon) par l'énergie potentielle. Nous pensons qu'il est donc nécessaire que l'enseignement prenne en charge cet apprentissage et nous proposons des activités pour cela.

Ainsi dans la construction d'activités autour d'un même sujet, il est nécessaire de tenir compte des connaissances des élèves afin, quand cela est nécessaire, qu'ils puissent partir de leurs connaissances quotidiennes aussi bien théoriques que relevant des objets pour construire des connaissances en science (figure 1.1). Ceci conduit le professeur à aider les élèves à distinguer les connaissances quotidiennes des connaissances scientifiques et, en particulier à éviter d'utiliser leur théorie quotidienne (comme la causalité simple : une cause entraîne un effet) pour interpréter des événements. Par exemple quand une balle lancée verticalement en l'air monte, la causalité simple conduit à affirmer qu'il y a une force dans le sens du mouvement qui lui permet de monter ; l'effet est « la balle monte » donc il faut une cause : « une force dans le sens du mouvement ». Le langage prend une importance particulière, aussi bien pour acquérir des termes et des formes verbales de la physique pour la description des objets et événements et pour les concepts, que pour permettre un débat riche dans la classe. Cette attention au langage favorise la construction d'une signification partagée dans la classe du fait de son adaptation aux élèves ; cette adaptation aux élèves n'empêche pas que le langage soit rigoureux pour la discipline enseignée. Les élèves peuvent mieux assurer leur responsabilité vis-à-vis du savoir, poser des questions et en débattre, proposer de nouvelles idées en lien avec ce qui se passe dans la classe, etc. Ainsi, l'IBST est favorisé.

	Connaissances préalables des élèves en physique	Connaissances préalables des élèves de la vie quotidienne	Savoir à enseigner en physique dans la séquence
Théorie/Modèle	<p>Vitesse. Mouvement uniforme et non-uniforme.</p> <p><i>Ces concepts sont enseignés juste avant l'introduction de la force (seconde); les évaluations conduisent à penser que ces concepts sont au moins partiellement compris par les élèves</i></p>	<p>Un mouvement nécessite une force (dans son sens quotidien).</p> <p><i>Les travaux de recherche montre que la plupart des élèves considèrent que la force est la cause du mouvement– qui est caractérisé par la vitesse</i></p>	<p>Une force est exercée par un système sur un autre; et elle est représentée par un vecteur.</p> <p>Lois de la mécanique.</p> <p><i>Cette analyse du programme officiel est fondée sur notre approche de la modélisation</i></p>
Relations entre les deux mondes (Théorie/Modèle, Objets/Événements)	<p>Un objet est représenté par un point; sa trajectoire par une ligne; et sa vitesse moyenne par la longueur du trajet divisée par la durée nécessaire pour parcourir le trajet.</p> <p><i>À nouveau les évaluations conduisent à penser que les étudiants ont compris au moins partiellement la notion de vitesse moyenne.</i></p>	<p>Certains changements dans le mouvement nécessitent une action ou une force (dans son sens quotidien).</p> <p>Les situations dans lesquelles il n'y a pas de mouvement ne sont pas habituellement associées à une force (dans son sens quotidien) ou une action</p>	<p>Pour rendre compte de la relation entre la force et l'action il faut prendre des situations où il y a mouvement et sans mouvement.</p> <p>Quand il y a contact entre objets, il y a alors une force entre les systèmes représentant les objets. La Terre exerce une force sur les objets.</p> <p><i>Dans notre approche de la modélisation la force est un concept abstrait utilisé pour modéliser l'action qui est un terme utilisé pour décrire un événement dans lequel un objet agit sur un autre (même s'il n'y a pas de mouvement)</i></p>
Objets/	Situations avec différents	Situations mettant en jeu	L'action d'un objet sur un

Evénements	mouvements	différents types de mouvement, et des situations d'immobilité	autre (avec et sans mouvement et l'inverse. L'action est due au contact entre objets, ou l'action est à distance (dans des cas comme l'attraction gravitationnelle)
	<i>En physique, les situations d'immobilité ne sont pas traitées comme des cas particuliers ; elles sont des situations où $v=0$, il y a un continuum.</i>	<i>Dans les situations quotidiennes, la situation d'immobilité est habituellement traité très différemment de celle où il y a un mouvement</i>	

Tableau 1.2 : outil « distance des savoirs » qui permet d'expliciter ce que les élèves doivent apprendre et à partir de quelles connaissances.

Notons que nous avons conçu un outil proche sous la forme d'un tableau, il est appelé outil « distance des savoirs ». Il permet de développer des activités spécifiques mais aussi de vérifier la cohérence conceptuelle de la séquence et la variété des situations matérielles utilisées. Cet outil conduit à expliciter ce que l'élève sait déjà en physique et dans la vie quotidienne et l'acquisition visée en précisant si les connaissances sont théoriques ou relèvent de la description de situations en termes d'objets et d'événements. Le tableau 1.2. présente le cas de l'enseignement qui vise l'introduction de la force.

Un outil pour élaborer des ressources d'enseignement en lien avec les représentations

Un outil de conception et d'analyse d'activités a été créé à partir de la position qu'un concept scientifique met en jeu plusieurs représentations. Un concept est défini non seulement avec des phrases mais aussi avec des représentations géométriques, algébriques, des schémas, etc. Cet outil aide les élèves à construire du sens aux concepts en mettant en relation les différentes représentations.

Cet outil est fondé sur les hypothèses largement partagées relatives à l'apprentissage d'une

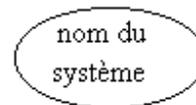
part et à l'importance de supports sémiotiques dans la communication. Du point de vue de l'apprentissage conceptuel, au moins en sciences et en mathématiques, l'utilisation de plusieurs formes de représentation et du langage naturel (avec des phrases) est essentiel. C'est dans les relations entre les représentations que la signification conceptuelle se construit. Ainsi dans la conception d'activités d'enseignement, il est nécessaire que les élèves comprennent les codes de chaque représentation et les relient au sens du concept et des relations conceptuelles en jeu. Comme le montre le DVD réalisé dans le cadre du projet Mind the Gap (Malkoun et al, 2010), la communication et en particulier les débats en classe sont favorisés par l'utilisation d'une représentation symbolique des actions de contact et à distance entre objets (figure 2.2).

Interactions : quand un système A agit sur un système B, **simultanément** B agit sur A ; on dit que A et B sont en interaction. L'action de A sur B est notée A/B et l'action de B sur A est notée B/A.

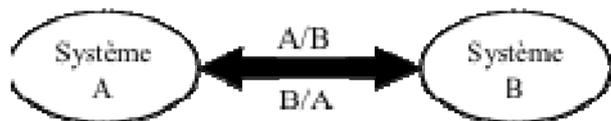
Cet énoncé est applicable dans toutes les situations, c'est-à-dire quand les systèmes sont au repos et aussi quand ils sont en mouvement.

Représentation

Représentation d'un système



Représentation d'une interaction "de contact"



Représentation d'une interaction "à distance"



Une fois un système choisi, on ne s'intéresse qu'à ses interactions avec les autres systèmes (systèmes extérieurs).

On représente ces interactions avec les autres systèmes sur le même schéma. Ce schéma s'appelle le diagramme *système-interaction*. Pour bien distinguer le système choisi des autres systèmes, on souligne son nom dans le diagramme.

Figure 2.2 : exemple de représentation symbolique pour aider à la compréhension des interactions en

Des principes qui permettent d'élaborer des activités en mathématiques au collège

Sept principes ont été définis pour permettre d'expliciter les choix faits dans l'élaboration d'activités pour la classe en algèbre au collège et pour favoriser leur appropriation par les professeurs utilisateurs des ressources.

Concernant, l'enseignement de l'algèbre au collège, nous sommes partis d'un premier constat selon lequel les élèves de 2^{nde} (grade 10, élèves de 15-16 ans) ont des difficultés importantes pour mobiliser leurs connaissances algébriques pour résoudre des problèmes (c'est une plainte constante des professeurs de lycée). En particulier, il semble que les élèves ont du mal à introduire une lettre dans un problème si on ne la leur donne pas (Coulange, 2000). Ceci provient du fait que, d'une part, l'aspect modélisation et preuve est peu mis en avant actuellement lors de l'introduction de l'algèbre élémentaire (déjà cité par Grugeon, 1995), et que, d'autre part, les types de tâches portant sur l'aspect purement technique du calcul algébrique prennent le pas sur d'autres types de tâches qui donneraient du sens à la pratique algébrique. Nous avons montré (Coppé & Grugeon, à paraître) par une analyse des manuels de 5^{ème} (grade 7, élèves de 12-13 ans) et 4^{ème} (grade 8, élèves de 13-14 ans) que les activités proposées ne prenaient pas en compte la nécessité d'introduction de lettres comme variables ou inconnues (les problèmes proposés pouvant être résolus facilement par des procédures arithmétiques) et que, dans la plupart des problèmes proposés au collège, on indiquait à l'élève la méthode à employer en donnant la variable «appelle x ... ».

Nous avons déterminé sept principes qui nous paraissent essentiels pour permettre un enseignement de l'algèbre qui montre aux élèves l'utilité et la force de l'outil algébrique. Ceux-ci sont de deux types : les trois premiers voire le quatrième (voir ci-dessous) sont généraux, ils concernent tout l'enseignement des mathématiques au collège et au lycée ; les autres sont plus spécifiques de l'algèbre. Parmi eux, certains portent plus particulièrement sur le sens et d'autres sur l'aspect technique.

Ces principes sont pour nous une référence explicite et partagée par le groupe de recherche.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Ils nous permettent de choisir des types de problèmes, de faire des jeux sur les variables didactiques et sur les registres de représentation et de proposer des formulations d'énoncés favorisant la recherche des élèves.

Les deux premiers sont bien sûr en lien très étroit avec l'IBST puisque nous soulignons l'importance de proposer aux élèves des problèmes suffisamment riches et ouverts pour leur donner l'occasion de chercher, de faire des conjectures, d'argumenter pour finalement donner du sens aux notions enseignées.

Nous présentons et commentons ci-dessous chacun de ces principes.

1 - Proposer aux élèves des problèmes nécessitant l'emploi des notions introduites afin de justifier cette introduction et de donner du sens

Ce premier principe général se fonde sur l'idée que l'on construit ses connaissances en résolvant des problèmes pour lesquels nos connaissances anciennes se révèlent insuffisantes ou inadaptées, et nécessitent la création de nouveaux outils qui seront, à leur tour, transformés en objets de connaissance dans le cadre de l'enseignement. Nous pensons que ce jeu entre, d'une part, connaissances anciennes et nouvelles et, d'autre part, entre le statut d'outil pour résoudre des problèmes et d'objet de connaissance se révèle à la base de notre enseignement actuel en France. On retrouve là, bien sûr, des fondements de la didactique des mathématiques (Brousseau, 1989, Douady, 1989).

2 – Proposer des problèmes dans lesquels on n'indique pas de méthode de résolution

Par ce principe, nous avons voulu aller contre une tendance actuelle à découper les problèmes et à les rendre très fermés (Betton & Coppé, 2005), ce qui est particulièrement vrai dans le cas des équations et des fonctions. Nous voulons aussi pointer les spécificités et les différences entre le raisonnement algébrique et le raisonnement arithmétique afin, d'une part, de laisser les élèves mettre en place différents types de raisonnement et, d'autre part, de trouver des problèmes qu'on peut difficilement résoudre par des méthodes arithmétiques. C'est ce qu'indique le programme officiel 2008 :

« Une attention particulière est apportée à l'introduction d'une lettre pour désigner un nombre inconnu dans des situations où le problème ne peut être facilement résolu par un raisonnement arithmétique. » (BO spécial n°6 du 28 août 2008).

C'est pourquoi nous avons élaboré des activités intitulées « Introduction de la lettre » avec ses différentes fonctions (variable, inconnue, indéterminée).

3 – Favoriser les liens entre des textes en langage naturel, des expressions numériques et des représentations géométriques pour donner du sens à certaines expressions algébriques

Nous soulignons ici l'importance des différents cadres ou registres de représentation sémiotique (Duval, 1993) à la fois dans les formulations d'énoncés et dans les choix des activités de traitement dans les différents registres (langue naturelle, écritures algébriques et dessins géométriques) et de conversion. Par exemple, en algèbre, on pense souvent que passer d'un texte en langue naturelle à une mise en équation est une simple traduction qui ne pose pas de problème aux élèves, ce qui est rarement le cas.

En considérant que l'algèbre est aussi un langage symbolique avec des règles spécifiques, nous souhaitons également travailler les deux aspects sens et dénotation d'une expression (Drouhard, 1992) au travers des formulations demandées.

A l'occasion de certains problèmes, nous visons à apprendre aux élèves à désigner par une écriture symbolique que nous institutionnalisons certaines propriétés des nombres : un nombre pair, un nombre divisible par 5, un nombre entier et son suivant, etc.

Enfin nous avons introduit une rubrique intitulée « Problèmes de synthèse » dans laquelle nous proposons des problèmes qui peuvent être résolus dans différents cadres, qui peuvent évoluer par un jeu sur les variables didactiques et donc, qui peuvent être proposés à différents niveaux de classe.

4 - Encourager les vérifications qui donnent du sens aux notions

Il est important que les élèves sachent, une fois un résultat trouvé, apprécier son degré de vraisemblance (ce que nous avons désigné sous le terme vérifications, Coppé, 1993). Ils doivent aussi être capables de contrôler des calculs, des étapes d'une démonstration, etc. Or, le professeur doit initier ce travail pour que l'élève puisse ensuite le réaliser seul.

Mais vérifier permet aussi à l'élève de donner du sens à ce qu'il fait. Par exemple, entraîner les élèves à *"Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques données"*, comme il est indiqué dans le programme de 5^{ème} (grade 7) peut permettre de rectifier des erreurs mais aussi faire rencontrer la notion de variable (on indique à l'élève que la lettre représente bien un nombre qui varie et qu'alors la phrase mathématique obtenue est vraie ou fausse).

Il y a donc là un double travail tout à fait important pour favoriser la compréhension des élèves et leur entrée dans l'algébrique. Il nous semble essentiel que le professeur mette en

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

place dans la classe des types d'exercices qui favorisent ce lien.

5 – Travailler sur la notion de formule qui prépare la notion de fonction

Par ce principe, nous voulons souligner que, d'une part le travail algébrique est un thème unificateur du programme de collège et que d'autre part l'entrée dans l'algèbre se fait tout au long du collège à travers diverses activités. Or, selon nous, ce sont les formules qui peuvent faire ce lien. Pour les élèves, c'est tout d'abord un procédé de calcul qui fournit un résultat numérique lorsqu'on affecte à la (ou aux) lettre(s) une ou des valeurs numériques. Nous pensons donc qu'à travers cela les élèves ont déjà rencontré l'idée de variable. Il nous semble donc important d'exploiter dans des exercices le lien avec les formules, soit en donnant des formules aux élèves et en faisant calculer et représenter graphiquement, soit en faisant établir des formules à partir de problèmes.

Nous avons d'ailleurs constaté dans les activités d'introduction de la lettre que les élèves utilisaient spontanément ce terme pour désigner les écritures produites soit pour établir une formule générale, soit pour produire une équation.

6 – Travailler sur la notion de preuve en algèbre

Comme nous l'avons dit en introduction, nous pensons qu'il faut proposer des types de tâches de preuve en algèbre. En effet ceux-ci vont permettre à l'élève de comprendre la puissance de l'outil algébrique tout d'abord pour faire des conjectures en utilisant la lettre comme remplaçant n'importe quel nombre d'un ensemble donné, puis pour les prouver en utilisant les règles du calcul algébrique qui fonctionneront bien alors comme des théorèmes avec le même statut qu'en géométrie.

Le programme officiel de 2008 donne une place à ces types de tâches, ce qui est nouveau :

« Le travail sur les nombres, sur le calcul numérique, puis sur le calcul littéral offre également des occasions de démontrer. » [BO spécial n°6 du 28 août 2008](#)

7 – Justifier les calculs par l'utilisation des règles algébriques clairement explicitées comme telles

Ce dernier principe vise à souligner l'importance de fournir aux élèves des éléments théoriques qui permettent de justifier et de contrôler les calculs algébriques et littéraux. Pour illustrer ce point, nous prendrons comme exemple la formule de la distributivité de la multiplication sur l'addition qui est introduite formellement en classe de 5^e, mais pour laquelle

il n'y a que peu de types de tâches en lien car ceux-ci arriveront en 4^{ème} ou 3^{ème}. Cette formule risque donc d'être assez vite oubliée par les élèves qui ne verront pas son utilité. Or, c'est elle qui permet de justifier toutes les règles de calcul littéral, de développement et de factorisation. Il revient donc au professeur de faire vivre cette formule pour qu'elle prenne tout son sens, c'est-à-dire autrement que pour faire des calculs de différentes façons (ce qui est essentiellement le cas actuellement).

Nous pensons que, contrairement à la géométrie où un travail important est fait pour exiger des justifications par des théorèmes, en algèbre, la question de la justification des règles de calcul n'est pas vraiment posée. En effet, on cherche à donner aux élèves des automatismes de calcul, ce qui est légitime. Or, un automatisme de calcul est fait pour être appliqué sans avoir à justifier les différentes étapes (c'est ce qui fait qu'il est rapide et performant). Mais on sait bien que pour contrôler les procédures de calcul, il est nécessaire d'avoir des éléments théoriques.

Quand nous rédigeons les activités proposées sur le site, nous faisons référence aux principes particulièrement en jeu. Cependant, ces principes ne donnent pas d'indications de nos choix en termes de gestion de classe. Ce travail d'explicitation est en cours. Il montrera d'autres liens avec la démarche d'investigation notamment l'importance du travail de groupe et des échanges et devrait permettre de travailler sur le point 6 de la démarche d'investigation « L'acquisition et la structuration des connaissances » point qui nous semble central pour l'acquisition des connaissances par les élèves et pour la pratique des professeurs.

Conclusion

Nous avons présenté différents outils élaborés par les groupes de recherche développement SESAMES pour l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques. C'est grâce à la collaboration entre les professeurs des groupes et avec les chercheurs que les points de vue sur les disciplines enseignées, sur les apprentissages et sur l'enseignement ont pu être explicités et fondés théoriquement ou sur l'expérience. Ces outils doivent permettre de favoriser une meilleure appropriation, par les professeurs utilisateurs, des documents pour la classe qui peuvent être en rupture avec les activités plus classiques proposées par exemple, dans les manuels. Enfin, ils sont utilisés, avec des formes adaptées, pour les stages de formation continue.

Comme nous l'avons dit plus haut, l'élaboration de ces types de documents est à poursuivre. Notons qu'en plus des outils présentés ici pour les concepteurs de ressources, nous avons

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

élaboré un outil à l'usage des enseignants qui n'ont pas de formation particulière de recherche en didactique dans le cas des sciences physiques. Nous l'avons appelé « cahier des charges » pour élaborer une activité (voir annexe 1). Il se fonde sur les mêmes points de vue théoriques mais les propositions se situent directement dans l'élaboration d'activité.

Nous envisageons également de déterminer s'il est possible, compte tenu des fondements épistémologiques et des contraintes d'enseignement différents, d'élaborer des outils communs pour les deux disciplines.

Chapitre 2 : Conception collaborative de ressources d'enseignement et pratique d'enseignement des concepteurs

Sylvie Coppé et Andrée Tiberghien, UMR ICAR (CNRS, Université de Lyon)

Dans le cadre du work-package nous avons mené un travail d'enquête par un questionnaire auprès des enseignants qui travaillent dans trois groupes différents de recherche-développement associés à notre unité de recherche en lien avec l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique). Notre but était de comprendre le rôle du travail collaboratif au sein de ces groupes et ses effets potentiels sur la pratique enseignante des participants et enfin de mieux connaître leur point de vue sur les potentialités de tels groupes.

Actuellement les membres des trois groupes qui travaillent dans le cadre de SESAMES (voir chapitre 1) ont quasiment tous répondu au questionnaire ; nous avons ainsi collecté 14 questionnaires. Deux de ces groupes ont été présentés ci-dessus, l'un regroupe des enseignants de mathématiques en collège, l'autre de sciences physiques en lycée, un troisième groupe est interdisciplinaire et travaille sur la motivation des élèves en favorisant les liens entre les disciplines pour établir des points communs pour le travail des élèves. Un groupe, qui a terminé l'an dernier après plusieurs années de travail collaboratif regroupait des enseignants de sciences physiques, travaillait sur la chimie ; un de ses membres a répondu. Dans la suite, nous considérons que la durée de participation à un groupe est d'environ 4 ans (3,9 en moyenne sur les 14 réponses).

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord présenter nos hypothèses, puis le questionnaire écrit construit comme instrument de l'enquête et les résultats obtenus.

Elaboration du questionnaire

Un questionnaire a été élaboré et passé aux enseignants participant aux groupes de recherche-développement SESAMES en vue de connaître leurs points de vue sur la pratique effective des groupes, l'importance qu'ils accordaient à la collaboration, et de déterminer si, d'après eux, leur

pratique avait évolué.

Orientation d'ensemble du questionnaire

Nous partons de la fonction officielle des groupes, ils ont pour but de *produire* des ressources d'enseignement. En plus de la production de documents utilisables en classe, le travail mené sur plusieurs années a conduit à élaborer des « outils de conceptions » comme cela est présenté dans le chapitre 1 pour les groupes de mathématiques et de sciences physiques. Pour le groupe pluridisciplinaire des hypothèses issues de la recherche sont rendues explicites aussi bien sur la mémorisation que sur la motivation. L'utilisation de ces outils et/ou idées théoriques, lors du travail collaboratif dans chaque groupe, conduit à des débats qui portent sur leur utilisation et donc sur des questions de pratique de classe. A la suite de Grangeat (voir annexe 1 de ce chapitre) nous considérons que l'utilisation régulière de ces outils/ou idées théoriques sur une assez longue période de temps (plusieurs années) conduit à une *évolution de la signification qui leur est attribuée* dans l'élaboration des ressources :

« ... la signification attribuée à l'objet du travail évolue (voir figure 2 de l'annexe). Cette transformation débute par un point de vue personnel et avance vers une catégorisation. Selon l'expérience des personnes, la nature de la communauté, l'organisation du travail, cette nouvelle signification peut être partagée dans le collectif ».

Nous considérons aussi que cette évolution ainsi que le partage au sein des groupes peuvent avoir des conséquences sur la pratique de classe elle-même. Nous reprenons là une conclusion de Rogalski (2005) qui indique que les effets d'un travail collaboratif portent à la fois sur les pratiques et sur les conceptualisations. Nous faisons donc l'hypothèse que pour les enseignants concepteurs de ressources, les effets de ce travail collaboratif ont porté sur leurs pratiques (soit pour la conception des séances/séquences de classe, soit pour leur réalisation) mais aussi sur leurs connaissances sur les savoirs à enseigner, sur leur épistémologie, sur les apprentissages des élèves. C'est un point important que nous avons voulu tester dans le questionnaire. Un autre point porte sur le fonctionnement du travail des groupes (partage collectif/individuel) et sur les caractéristiques de la collaboration, notamment, sur les éléments essentiels qui la favorisent et sur la nature et le rôle des outils de conception et d'analyse construits et explicitement partagés.

Les différentes parties du questionnaire

L'ensemble du questionnaire est donné en annexe (chapitre 2, annexe 2)

Les questions 1 à 8 portent sur des indications personnelles ; elles permettent de situer le groupe dans lequel travaille le professeur, son ancienneté et la façon dont il a intégré le groupe ; notamment, les questions 7 et 8 portent sur les attentes des professeurs pour entrer dans le groupe et sur leur degré de satisfaction actuel, si le travail effectif était en accord avec les attentes.

Les questions 9, 10 et 12 portent sur le travail réalisé dans le groupe (notamment en termes de thèmes travaillés), et sur l'importance des types de documents élaborés ; elles doivent nous permettre de vérifier si le travail souhaité est bien celui qui est réalisé. Nous avons essentiellement cherché à mieux connaître ce qui, pour chaque enseignant, est *l'objet de travail* du groupe auquel il appartient, quel est son avis sur plusieurs composantes du travail du groupe pour que les ressources produites puissent améliorer l'enseignement, (Q11), et sur les types de ressources effectivement produites toujours dans le but d'améliorer l'enseignement.

Les questions 11, 13 à 15 portent sur le travail collaboratif. Nous avons étudié certaines composantes de la collaboration au sein de chaque groupe (Q 11, 13a et b, 14). Il est comparé à des travaux collaboratifs qui peuvent avoir lieu dans les établissements scolaires (question 15). Le rôle du chercheur est questionné (question 14) puisque la particularité des groupes SESAMES est de faire travailler ensemble des professeurs et des chercheurs.

Les questions 16 à 22 cherchent à déterminer les effets du travail dans le groupe sur les pratiques.

Nous avons fait l'hypothèse que l'apport du travail dans les groupes SESAMES porterait fortement sur les dimensions suivantes du travail du professeur :

- l'analyse des savoirs à enseigner (aspect transposition),
- la préparation des séances de classe,
- la gestion de celles-ci.

Sur l'analyse des savoirs à enseigner, nous pensons que les réponses porteront sur :

- la prise en compte du fonctionnement de la physique, notamment à partir d'une analyse en termes de modélisation et d'une hypothèse d'apprentissage sur la nécessité de comprendre une description en termes d'objets et d'évènements et d'une autre hypothèse posant que l'apprentissage peut se faire par « petits éléments de savoir »
- la détermination de types de problèmes correspondant à une notion,
- la remise en cause des progressions standards.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

En ce qui concerne la préparation des séances, nous pensons retrouver le choix d'un type d'enseignement visant à :

- favoriser les débats, l'expression par les élèves de leur point de vue, des procédures personnelles, la prise en compte des erreurs,
- favoriser le travail en petits groupes,
- favoriser les articulations entre résolution de problèmes/réalisation d'activités et institutionnalisation,
- anticiper les procédures, les démarches des élèves pour affiner les questions, les informations données dans les consignes ainsi que l'aide aux élèves.

Enfin sur la gestion de classe, compte tenu du travail qui a été fait, nous pensons avoir les indications suivantes sur :

- l'articulation entre travail en petits groupe et retour au collectif,
- la gestion des cahiers d'élèves (entre les écrits du groupe et les formulations correctes,
- l'articulation entre phases de résolution de problèmes et phases d'institutionnalisation,
- la gestion de l'erreur,
- la mise en débat et la gestion des débats.

Pour terminer, la question 23, très ouverte, tente un résumé des points essentiels
« Vous souhaitez faire entrer un collègue dans le groupe, donnez-lui quelques arguments pour le convaincre ».

Résultats du questionnaire

Pour la présentation des résultats, nous prenons les deux principaux aspects testés dans le questionnaire : la pratique de travail du groupe et la pratique de classe.

Sur la pratique du groupe de recherche-développement (Groupes SESAMES)

Les résultats montrent que la pratique de la collaboration favorise non seulement la production de ressources mais également la production d'outils plus généraux de conception.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

1. Le point de vue des participants sur les perspectives et les travaux des groupes

Concernant les attentes des enseignants et les perspectives effectives du groupe, les réponses montrent que l'éventail des attentes se situe bien dans ces perspectives (Q 7 ET 8). On trouve ainsi le désir d'échanger sur sa pratique et de travailler en équipe (6/14), celui de réfléchir sur sa pratique (5/14) et de progresser en « trouvant des solutions ou en approfondissant ses connaissances théoriques et pratiques (6/14) et enfin certains enseignants explicitent le but officiel du groupe, produire des ressources (3/14).

Tous les enseignants sont unanimes pour dire que le travail effectif du groupe est en accord avec leurs attentes. Ceci n'est pas surprenant car sinon les enseignants auraient quitté le groupe (ce qui a été très rarement le cas pendant plus de 10 ans de ce type de travail). En revanche trois d'entre eux expriment des regrets bien différents : pas assez de temps de travail en groupe, la diffusion en ligne des productions est trop lente, et enfin un regret de consacrer trop de temps aux ressources pour les enseignants qui ne soient pas directement utilisables avec les élèves. On peut noter que 9/14 indiquent avoir intégré le groupe par connaissance d'une personne, ce qui montre aussi une certaine motivation à collaborer.

De même la question (Q9) demandant de donner 2 ou 3 thèmes que le groupe a travaillés fait apparaître un accord important entre les thèmes et l'objet effectif du travail (Q 9). La plupart des participants donnent des thèmes disciplinaires comme les sommes algébriques, les relatifs ou l'énergie qui ont été l'objet de travail d'une série de réunions. Mais ils indiquent aussi des thèmes plus liés aux méthodes d'enseignement comme la réflexion sur les activités, sur la correction d'une séance de Travaux pratiques, sur la démarche d'investigation, etc. De plus il apparaît que certains enseignants ont approfondi eux-mêmes certains de ces thèmes (Q10). Par exemple, des membres du groupe mathématiques collège ont plus particulièrement réfléchi aux activités rituelles de début de séance qui a donné lieu à un article (Piolti et Roubin, à paraître) mais ce n'était pas vraiment un thème de réflexion du groupe (même si il le devient).

2. Le point de vue sur la collaboration

Il apparaît également un accord important sur les éléments essentiels du travail du groupe (Q11, tableau 2.1). La majorité considère que les réunions régulières et surtout les échanges entre les enseignants et entre enseignants et chercheurs sont essentielles. L'idée de collaboration est donc fondamentale dans le travail du groupe. L'élaboration de séances ou de séquences associées à des essais en classe et de leur analyse font aussi la quasi unanimité. Il y a également une large majorité pour considérer que l'élaboration d'outils pour la conception est importante. En revanche l'organisation de stages de formation continue et la gestion du site Internet, qui correspondent à la fois à des attentes institutionnelles et à une valorisation des ressources, ne font pas l'unanimité. De fait, ces deux derniers éléments du

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

travail sont souvent assurés par les responsables du groupe et non par tous les participants. On peut comprendre cette position car ce sont des tâches qui prennent beaucoup de temps et qui peuvent être considérées comme faites en plus du travail d'élaboration.

Q.11 Parmi ces éléments, noter ceux qui vous paraissent essentiels pour la production de ressources en vue d'améliorer l'enseignement (ou pour aider les collègues) pour le travail fait dans le groupe SESAMES auquel vous participez (ou vous avez participé) ? de 1 (peu essentiel) à 3 (essentiel)	1 peu essentiel	2	3 essentiel	Non réponse
Le suivi du travail, les réunions régulières	1	2	10	1
Les discussions entre les professeurs du groupe	0	0	13	1
Les discussions entre professeurs et chercheurs	0	2	11	1
L'élaboration des séances/séquences de classe	1	1	11	1
L'élaboration des outils pour la conception des activités ou des progressions	0	4	9	1
L'élaboration des outils pour la gestion de classe	1	6	7	0
Les essais dans les classes, les analyses et les modifications faites en retour	0	2	12	0
La préparation des stages	4	4	5	1
La gestion du site	2	6	5	1

Tableau 2.1 : Eléments essentiels du travail des groupes (N total = 14)

Il ressort aussi que les enseignants sont en accord sur les ressources élaborées même s'ils considèrent que des ressources sont plus importantes que d'autres (tableau 2.2)

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

<p>1. Parmi les ressources proposées ci-dessous,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. séquence d'enseignement 2. problèmes/activités sur un thème 3. évolution/raffinement d'une séquence ou d'activités/problèmes 4. outils de formation/réflexion pour les enseignants 5. cahier des charges 6. autres <p>pourriez-vous en choisir 3 par ordre d'importance (de la plus importante à la moins importante) qui vous semblent être :</p>			
<p>- les plus importantes pour aider les collègues</p>			
	Nbre de fois l'item est choisi en rang 1	Nbre de fois choisi en rang 2	Nbre de fois choisi en rang 3
1. séquence d'enseignement	3	4	4
2. problèmes/activités sur un thème	6	3	2
3. évolution/raffinement d'une séquence ou d'activités/problèmes	0	3	0
4. outils de formation/réflexion pour les enseignants	5	2	5
5. cahier des charges	0	1	3

<p>- celles pour lesquelles le travail que peut faire un groupe comme ceux de Sesames (quelques enseignants, 1 ou 2 chercheurs, réunions régulières, ...) est le plus adapté</p>			
	Nbre de fois choisi en	Nbre de fois choisi en	Nbre de fois choisi

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

	rang 1	rang 2	en rang 3
1. séquence d'enseignement	2	4	1
2. problèmes/activités sur un thème	3	1	3
3. évolution/raffinement d'une séquence ou d'activités/problèmes	3	4	2
4. outils de formation/réflexion pour les enseignants	6	3	1
5. cahier des charges	0	1	5

Tableau 2.2 : questions concernant l'objet du travail des groupes du point de vue des participants (N=14)

Ces résultats nous montrent qu'une des hypothèses qui fonde les groupes de recherche SESAMES à savoir que pour faire évoluer les pratiques, il ne suffit pas de diffuser des activités pour la classe mais que d'autres types de documents sont nécessaires pour favoriser leur appropriation, est bien prise en compte par les professeurs des groupes.

Deux questions permettent de situer s'il y a un réel partage dans le groupe de vocabulaires ou de points communs (13a et b), deux éléments qui constituent des bases d'une réelle collaboration. Il ressort que la grande majorité affirme que le groupe a aidé à construire soit un vocabulaire commun et/des points communs (13/14). Certains points communs dépendent des groupes, ainsi pour le groupe « mathématiques en collège » apparaissent les choix présentés dans les principes (chapitre 1) mais aussi sur des points de vue sur les savoirs enseignés comme les nombres relatifs et pour le groupe physique ce sont les choix de la modélisation. Il apparaît également que des points communs portent sur les pratiques de classe comme le travail par activités ou problèmes.

Il est intéressant de noter que les enseignants citent un travail spécifique qui a eu lieu sur la comparaison entre les termes employés en mathématiques et en physique et que cela les a contraint à montrer les spécificités disciplinaires de certains termes.

Concernant les rôles attribués aux chercheurs il ressort que les apports théoriques, mais aussi le regard extérieur, le recul sont importants pour les enseignants.

Sur la pratique de classe

La principale influence sur la pratique de classe affirmée par les enseignants est le changement de leur façon de prendre en compte les élèves et en particulier leurs erreurs. Selon les enseignants, ce changement affecte les savoirs enseignés, la gestion de classe, et aussi l'évaluation.

Les réponses montrent une affirmation très claire des enseignants de l'influence du travail dans les groupes sur les pratiques de classe.

Les quatre composantes proposées de la pratique de classe (savoirs enseignés, gestion de classe, prise en compte des élèves, évaluation) ont été choisies. Le tableau 2.3 montre le nombre d'éléments proposés sur lesquels leur pratique a changé. Il est intéressant de noter que les éléments proposés y compris pour le savoir enseigné sont relatifs à plusieurs aspects de la pratique modifiée. Par exemple « l'enseignement des identités remarquables », a été cité comme un élément dont la pratique d'enseignement a été modifiée pour le savoir enseigné bien sûr mais aussi pour la gestion de la classe et pour l'évaluation. Ou encore « [mon] enseignement presque entièrement construit par activité et modèles » est cité pour le savoir enseigné la gestion de la classe et la prise en compte des élèves. Un thème d'ordre plus épistémologique comme « la distinction entre le monde des événements et celui des modèles » ou à des aspects plus transversaux comme « la rédaction des énoncés donnés aux élèves » sont également proposés par les enseignants.

Q16. Le groupe vous a –t -il aidé à modifier votre pratique	
Si oui, citez 2 ou 3 éléments. Préciser s'ils portent sur les savoirs, la gestion de classe, la prise en compte des élèves, l'évaluation ou autre.	
Éléments proposés sur	Nombre de propositions
savoirs enseignés	16
gestion de classe	17

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

prise en compte des élèves	17
évaluation	14
autre	1

Tableau 2.3 : nombre d'éléments proposés par les 14 enseignants

De même la majorité des enseignants affirment que leur pratique a évolué sur la façon de préparer leur enseignement (Q17), sur sa mise en œuvre dans la classe (Q18), sur les analyses de ce qui se passe dans la classe (Q19) et sur les évaluations (Q20) (tableau 2.4).

Avez-vous modifié		oui	non	NR
Q17	la façon de préparer votre enseignement	10	2	2
Q18	votre mise en œuvre dans la classe	11	2	1
Q19	analyses de ce qui se passe dans la classe	10	3	1
Q20	évaluations	7	5	2

Tableau 2.4 : modifications des pratiques de classe (NR :non réponse)

L'une des non-réponses vient d'un enseignant qui a fait partie d'un groupe dès sa première année d'enseignement et donc ne peut pas dire « ce qu'il aurait fait s'il n'avait pas été dans ce groupe ». C'est aussi bien la préparation que la mise en œuvre dans la classe qui est déclarée avoir été modifiée ; en revanche l'évaluation est déclarée moins souvent modifiée. La très grande majorité des modifications portent sur une plus grande attention aux élèves aussi bien dans la prise en compte du « niveau des élèves » dans la préparation que dans l'analyse fine de leurs réponses ou encore dans la prise en compte de tous les élèves. On retrouve aussi cette plus grande attention aux élèves dans la plus grande durée de travail en petits groupes laissée aux élèves (« laisser du temps aux élèves »). Une réponse est assez représentative : « j'ai accru ma demande de participation des élèves, y compris dans la gestion du débat. Je m'appuie beaucoup plus sur la parole des élèves et respecte plus leur niveau. Je tente de varier beaucoup plus les situations ».

Cette plus grande attention aux élèves est confirmée par les réponses à la question donnée tableau 2.5

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Est-ce que votre regard a évolué	Beaucoup (1)	Un peu (2)	Pas du tout (3)	NR
sur les programmes officiels	5	5	2	2
sur les discours institutionnels	5	3	4	2
sur les manuels	6	1	5	2
sur les ressources Internet	3	5	5	1
sur les élèves	6	5	2	1
sur l'anticipation de leurs réponses	8	4	1	1
sur l'anticipation leurs procédures, leurs démarches	9	3	1	1
sur les erreurs des élèves	11	2	0	1
sur les échanges avec vos collègues	4	7	2	1
Autres :	0	0	0	14

Tableau 2.5 : aspects sur lesquels les enseignants affirment avoir évolué (NR : non réponse)

Les réponses montrent que la quasi-totalité affirme avoir un autre regard sur les erreurs des élèves et également une majorité sur l'anticipation de leurs procédures/ démarches et leurs réponses. De plus les 13 enseignants, qui ont répondu, ont choisi au moins une fois « beaucoup ». (celui qui n'a pas répondu a démarré son enseignement en participant au groupe SESAMES). Une autre question (Q22) montre aussi que les enseignants (8 sur les 13 qui ont répondu) affirme avoir beaucoup modifié leur appréciation sur les capacités de débat des élèves.

Ainsi les réponses à l'ensemble des questions sur les pratiques montrent très fortement l'influence des groupes sur la prise en compte des élèves par les enseignants.

Nous ne retrouvons pas les autres critères que nous avons annoncés dans l'analyse a priori du questionnaire. Ils sont peut-être trop particuliers, trop précis et les enseignants qui ont répondu ont seulement donné de grandes tendances. Une autre explication est que la prise en compte des élèves occulte les autres points qui peuvent sembler mineurs.

Enfin, concernant l'influence du groupe sur la collaboration avec d'autres collègues de leur établissement (Q15), les réponses ne donnent pas une tendance nette (tableau 2.6).

Dans votre établissement, travaillez-vous avec d'autres collègues ?	oui
Souvent	8
Quelquefois	5
Jamais	1

Tableau 2.6 :collaboration entre collègues au sein d'un établissement

Il ressort qu'en priorité, les collègues collaborent avec des enseignants de la même discipline avec des formes de collaboration différentes qui ont pour but, outre les échanges de points de vue informels, soit d'élaborer des devoirs communs (ce qui constitue une injonction institutionnelle forte en France actuellement), soit des progressions communes. Quand ils collaborent avec des enseignants d'autres disciplines, c'est souvent pour régler des problèmes de classes difficiles. On trouve là ce que Rogalski (1994) appelle la « coopération distribuée ».

Les réponses à la dernière question ouverte (comment motiver quelqu'un à venir travailler dans le groupe) confirment les résultats puisque sur 12/14 réponses, les points qui sont mis en avant sont encore une fois le rôle de la collaboration (par le débat, la mise en commun, la réflexion collective) pour 8/12, pour remettre en question sa pratique (5/12), prendre de la distance (5/12), avoir un nouveau regard (2/12) afin de favoriser l'autonomie des élèves (3/12). L'élaboration de ressources n'apparaît qu'une fois, ce qui lui donne une moindre importance ; dans ce cas, elle apparaît comme un moyen et non comme l'objectif final.

Conclusion

Ce questionnaire montre l'accord entre les objectifs des enseignants et ceux des groupes de recherche-développement de ressources d'enseignement SESAMES. Il ressort que pour les enseignants l'essentiel est la construction d'activités/séquences d'enseignement en lien avec une importance majeure des discussions entre enseignants mais aussi avec les chercheurs. L'élaboration d'outils est aussi reconnue aussi bien pour la gestion de la classe que pour la conception de ressources. Ainsi la collaboration au sein du groupe est reconnue comme

essentielle.

Il est aussi important de prendre en compte que la majorité des enseignants affirment avoir modifié leur propre pratique d'enseignement en particulier dans leur rapport avec leurs élèves, en traitant leurs erreurs différemment, en leur laissant plus de temps de travail autonome, en tenant compte de leur niveau etc. Ce résultat correspond à celui d'une analyse portant sur 96 entretiens avec des enseignants : « *ces professionnels [...] disent comment ces activités collectives, initiées par les instances du système éducatif ou les acteurs locaux, constituent des ressources pour développer leurs compétences professionnelles dans le sens d'une meilleure attention portée à la diversité des apprenants et à la multiplicité des intervenants de l'éducation* » (Grangeat, et al., Grangeat, Rogalski, Lima & Gray, 2009, p. 164). On rejoint donc une modification des pratiques dans le sens proposé par l'IBST.

Chapitre 3 : Conception d'une formation de formateurs

Sylvie Coppé et Andrée Tiberghien (UMR ICAR, CNRS-Université de Lyon)

Introduction

Ce chapitre présente une expérience de formation de formateurs mise en place en janvier 2010 dans le cadre d'un stage de formation de formateurs de 5 jours à l'INRP « Former des enseignants en sciences physiques et en mathématiques ». Elle s'appuie en partie sur les travaux faits dans les groupes SESAMES et elle a constitué un moment de travail pluridisciplinaire à la fois pour les animateurs et les participants. Enfin la collaboration des participants a été favorisée dans le stage par des travaux de groupes et parce que certains participants sont venus en équipes.

Ce type de formation est nouveau dans la mesure où actuellement la plupart des formateurs d'enseignants ont suivi une formation universitaire et ont une pratique de la formation professionnelle d'enseignants sans avoir reçu de formation particulière sur leur pratique de formateurs.

L'objectif global de cette formation est de développer des compétences de conception de formation, pour cela les objectifs plus spécifiques sont les suivants :

- S'approprier des outils théoriques permettant une analyse critique de séquences et de situations d'enseignement existantes et la conception de nouvelles situations, afin de tester leur pertinence en formation ;
- Faire émerger des points communs et des différences dus aux choix épistémologiques dans l'approche des deux disciplines, mathématiques et sciences physiques ;
- Analyser des situations de classe effectives à partir de vidéos, interroger la relation entre conception et mise en œuvre de ces situations en classe.

Ces objectifs visent ainsi à développer les compétences dans l'analyse et la conception de séquences et activités d'enseignement sur la base d'outils théoriques et de leur propre expérience professionnelle.

À l'issue de ce stage, les formateurs-stagiaires doivent être capables d'aider les enseignants à structurer leurs progressions annuelles, à concevoir des séances et des séquences d'enseignement dans leur discipline en prenant en compte les aspects épistémologiques

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

propres à chaque discipline et les contraintes d'enseignement.

Dans ce chapitre, nous commentons successivement les trois objectifs de la formation puis l'objectif global.

Introduction et mise en oeuvre d'outils théoriques d'analyse et de conception

Des outils de conception intermédiaires entre les grandes théories (constructivisme, socioconstructivisme, etc.) sont nécessaires pour que les choix théoriques sous-jacents puissent être effectivement à l'œuvre ; ces outils reprennent des choix de diverses natures, sur le savoir, l'apprentissage, le fonctionnement de la classe.

Ce travail sur les outils s'inscrit dans un courant de recherche relativement récent dans lequel l'importance d'une construction théorique d'outils qui permettent de concevoir et d'analyse des ressources est soulignée. Nous mettons l'accent sur deux points.

Le premier porte sur l'importance d'une conception bien étayée pour que les processus itératifs d'essai dans la classe et de modification puissent être l'objet d'une analyse qui permette des améliorations non pas au cas par cas mais qui gardent la cohérence de la ressource. Ce point a été précisé ainsi :

« In recent years interest in design research has spread to mainstream circles in educational research (e.g. Kelly, 2003; Sandoval & Bell, 2004). It has been advocated as a mode of educational enquiry which not only provides systematic means for devising and refining novel learning and teaching environments, but couples this with the development of contextualised theories of learning and teaching (Design-Based Research Collective, 2003; van den Akker, Gravemeijer, McKenney, & Nieveen, 2006).

Nevertheless, while iterative refinement of a design through analysis of its implementation is undoubtedly important, the cogency and efficiency with which such revision can be achieved is influenced by the quality of the original design, and by the clarity and coherence of the intentions it expresses. Equally, revision of a design often involves taking account of aspects of the working situation which were not recognised

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

or prioritised in the original formulation of the design. Our argument is that the availability of design tools capable of identifying and addressing specific aspects of the situation under design can support both the initial formulation of a design and its subsequent refinement in the light of implementation. In short, producing robust designs and securing well-functioning implementations calls for development of a more systematic apparatus to guide the constructive process through which a design is generated and adapted. This, in turn, is intimately linked with the development of an explicit communal apparatus for design research, instantiated by the recent *Handbook of Design Research Methods in Education* (Kelly, Lesh, & Baek, 2008) and the *Design Principles Database* (Kali, 2008).” (Ruthven, Laborde, Leach & Tiberghien, 2009, p. 329).

Le deuxième point porte sur la nécessité de prendre conscience que les grandes théories comme le constructivisme ou le socio-constructivisme ne permettent pas de concevoir des ressources spécifiques :

« The distance between general orientation or grand theory and designed teaching materials is large; so it is not surprising that diSessa (2006) notes that different grand theories “often advocate similar instructional strategies. [...] The use of instructional analogies, metaphors, and visual models is widespread and not theory-distinctive” (p. 276).

It seems necessary to distinguish between general philosophical grand theories and the theories that do real work. The “real work” to design teaching sequences is diverse, there is a variety of decisions to be made relating to the specific teaching content, to the structure of its main aspects, to the order in which they are introduced, to the instructional strategies, and so on (Lopes et al., 2008). In particular, the type of classroom activity, the respective roles of the teacher and students, the teaching resources, the various possibilities of class organisation, the approximate duration of each activity, etc., should be decided according to the specific content to be introduced. Therefore the theoretical framework that does real work should include a variety of theoretical components. » (Tiberghien, Gaidioz & Vince, 2009, p. 2276)

Les outils comme ceux présentés dans le chapitre 2 (les choix didactiques) sont issus d’un travail de construction théorique. Nous sommes partis de grandes théories relatives aux trois pôles du triangle didactique que nous avons nommés enseignement, apprentissage, savoir. Pour l’apprentissage, nous nous situons dans le socio-constructivisme, pour le savoir dans la

perspective de la modélisation en sciences physiques et de la résolution de problème en mathématiques et pour l'enseignement nous nous sommes appuyés sur la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998) et sur celle plus récente et qui se situe dans la même ligne la théorie de l'action conjointe (Sensevy & Mercier, 2007).

La question qui se pose pour la formation de formateurs est la façon de présenter ces outils : présente-t-on leur construction théorique ou les introduit-on directement ? Dans cette formation, nous avons fait le choix de les introduire directement en signalant leur origine mais sans discuter leur construction. Aux outils présentés dans le chapitre 2, se sont ajoutées des présentations d'outils logiciels et de leur potentialité comme ceux de géométrie dynamique (Cabri géomètre par exemple) ainsi que des exemples de parcours de formation à distance dans le cadre du projet français « pairfom@nce » (<http://national.pairformance.education.fr/>).

En revanche, nous avons développé d'une part les liens épistémologiques et didactiques des outils avec l'IBST (ou démarche d'investigation) et la résolution de problème et d'autre part l'analyse des classes à partir de vidéos.

Choix épistémologiques et didactiques des deux disciplines, mathématiques et sciences physiques en lien avec la démarche d'investigation (IBST)

Une explicitation des choix épistémologiques concernant la modélisation, la résolution de problèmes et la mise en évidence des contraintes d'enseignement permettent de donner des outils théoriques aux professeurs en formation.

Le stage a comporté plusieurs moments d'exposés afin de permettre aux professeurs en formation d'avoir des références théoriques pour pouvoir expliciter et justifier leurs choix lors des formations. Ainsi, la question des références épistémologiques est particulièrement importante puisque, d'une part, elles ne sont pas les mêmes pour les deux disciplines et que d'autre part, la référence commune actuelle en France à la démarche d'investigation oblige à mettre en lumière des éléments communs ou différents entre les deux disciplines : la question de la modélisation et/ou de la résolution de problème, le rôle de l'expérimental ou de l'expérimentation, etc.

Une fois ces distinctions faites, nous avons mis en lumière des contraintes d'enseignement qui nous paraissent essentielles pour tenir compte des éléments de la pratique qui entrent en jeu lors de l'élaboration de séquences ou de l'observation de séances de classe : contraintes de temps d'enseignement, découpage des notions, responsabilité du savoir, etc. Ceci nous permet, selon nous, de réduire la distance évoquée dans le paragraphe précédent entre les théories de l'apprentissage et les situations d'enseignement en intégrant, dans les outils de conceptions les points de vue théorique sur l'apprentissage, le savoir et l'enseignement.

Comme nous l'avons dit dans les définitions de l'IBST, la question de la responsabilité de l'élève vis-à-vis du savoir est essentielle. Elle est en jeu en particulier mais pas exclusivement dans des activités expérimentales, dans des débats au sein de la classe, dans des interactions entre élèves en petits groupes. Ceci nécessite qu'un contrat c'est-à-dire un système d'attentes réciproques entre le professeur et ses élèves soit tel que chaque élève puisse faire des propositions, justes ou fausses, qui soient l'objet de débats argumentatifs. Avec cette perspective, la conception de situations ou de séquences ne se réduit pas à celle des ressources mais à leur mise en œuvre dans la classe ou en formation.

Analyse des classes à partir de vidéos

Des extraits vidéo de classe bien choisis donnent l'opportunité d'analyser des séances d'enseignement, de confronter les analyses en référence à la situation effective observée et de développer une analyse réflexive.

Cette partie est essentielle dans la formation de formateurs car elle peut jouer un triple rôle :

- Aider les formateurs stagiaires à s'approprier les outils introduits pour analyser des séances d'enseignement
- Développer leur compétence d'analyse de la pratique des enseignants qu'ils observent
- Permettre une analyse réflexive sur leur propre pratique d'enseignant voire de formateur.

Par exemple dans le cas des sciences physiques nous avons demandé d'analyser un extrait relatif à un travail d'investigation mené par deux élèves en petits groupes (figure 3.1). Le

tableau 3.1 donne un court passage de cet extrait ; il illustre les différents rôles que nous reprenons ci-dessous.

Situation 1

Maintenir immobile une balle sous l'eau.

1- À l'aide du modèle des interactions :

- représenter le diagramme balle-interactions;
- faire l'inventaire des forces agissant sur le système balle en précisant la direction et le sens de chacune.

2- En utilisant le modèle des lois de la mécanique, que pouvez-vous dire des forces qui s'exercent sur la balle ?

3- Proposer une représentation de ces forces.

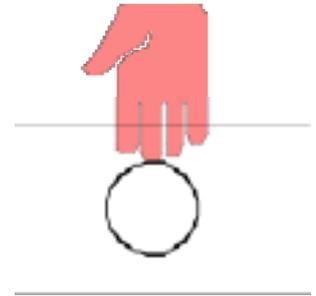


Figure 3.1 : Texte de l'activité donnée aux élèves pour un travail en petit groupe. Chaque groupe d'élèves disposent d'une balle de ping-pong dans un récipient plein d'eau

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

1. Fg (*appelle la prof*) madame
(*la prof arrive*)
2. Fg est-ce qu'il est juste notre diagramme (?)
3. P oui (0:16:34.0)
4. Fd et ici dans les forces qui s'exercent sur la balle il y a la force de notre main (elle appuie sur la table)
5. P hum (0:16:40.4)
6. Fd elle elle voulait dire la force de l'eau et moi j'aurais plutôt dit la force de l'air qui est dans la balle (0:16:44.6) parce que c'est l'air qui fait que la balle elle remonte (0:16:46.9)
7. P euh non c'est l'eau qui la pousse (0:16:50.5) c'est l'eau qui agit alors en fait la balle il faut que vous comptiez la balle c'est la coque et ce qu'il y a dedans hein c'est tout ça (P prend la balle dans ses mains) (0:16:59.7) c'est tout ça la balle d'accord (0:17:01.3) hein (elle remet la balle) et si elle remonte non c'est parce que l'eau pousse
-
20. Fg (*lit*) utilisez le modèle de la mécanique pour interpréter le fait que la balle reste immobile (0:17:35.8)
- 21 Les F regardent leur feuille
22. Fd (*en regardant la feuille du modèle*) eh ben il faut dire que les forces se compensent (0:17:43.1)
23. Fg oui mais comment tu (inaud.) faire comme ça tu en as trois de truc comment tu veux le faire (?) (0:17:48.0)
24. Fd hein (0:17:49.3)
25. Fg si t'as là (montre quelque chose sur sa feuille) là comment tu fais pour qu'elles se compensent si t'en as trois (0:17:52.9)
26. Fd eh ben il y en a deux qui vont être plus petites regarde
27. Fg hum
28. Fd il y a en a deux qui poussent vers le bas donc là généralement ça va être la terre et logiquement ça va être la terre et la main

Tableau 3.1 : Transcription d'un passage d'un extrait vidéo (présentant une discussion entre le professeur et deux élèves travaillant en petit groupe) proposé lors d'une formation de formateurs Fd et Fg sont les deux élèves et P est le professeur.

Aider les formateurs à s'appropriier les outils introduits pour analyser des séances d'enseignement

Dans ce cas, la demande est proche d'une pratique de recherche ; le formateur analyse une vidéo de classe de manière systématique à partir des outils introduits préalablement dans la formation. Ici par exemple, il s'agit d'étudier comment les élèves et le professeur décrivent leurs observations, et les relie au modèle de la physique en termes d'action, d'interaction et de forces en lien avec l'outil « modélisation ». Dans l'extrait présenté (transcription tableau 3 .1), il est clair par exemple que Fd utilise le terme de force dans le sens d'une action c'est-à-dire d'un événement et non dans le sens du concept ; ainsi l'intervention 6 illustre la façon dont les élèves interprètent la situation ; le professeur ne s'y trompe pas il reprend ce que dit Fd en formulant en termes d'action sans utiliser le mot de force. Cette analyse illustre combien le travail du professeur peut se faire au niveau très fin de la formulation.

La deuxième partie de l'extrait (à partir de l'intervention 20) montre que les élèves construisent des connaissances formelles sur la représentation vectorielle des forces (en 23 : « tu en as trois de trucs) » très en relation avec leur interprétation de la situation. Ainsi en 28 Fd dit qu'il y a deux forces qui poussent en se référant à la représentation vectorielle. Le formateur peut ainsi prendre conscience combien le sens construit par l'élève va « utiliser » à la fois les représentations symboliques, les parties formelles du savoir et la description de la situation elle-même. Si on vise à ce que les élèves construisent du savoir, la situation proposée doit lui mettre à disposition des éléments qui peuvent prendre sens pour lui dans cette construction. Ceci rejoint trois des éléments de notre cahier des charges fourni aux collègues enseignants qui participent à la construction de ressources (annexe du chapitre 1).

- L'objectif de l'activité ou le but doit être précis (le titre de l'activité peut parfois évoquer ce but).
- Chaque question posée n'implique pas un trop grand nombre de tâches.
- L'activité est construite de façon à réduire les difficultés qui ne font pas partie de l'enjeu de l'activité : conversions, changements d'unités, calculs compliqués, etc.

Ainsi notre approche de l'IBST vise à donner à l'élève une autonomie intellectuelle, la responsabilité du savoir. Cette responsabilité peut être assurée par l'élève même quand il s'agit d'un enseignement de physique formel comme la mécanique qui fait partie du programme officiel de la seconde (grade 10).

Développer leur compétence d'analyse de la pratique des enseignants qu'ils observent

Dans le court extrait présenté tableau 3.1, on voit que la demande des élèves ne se limite pas à savoir si leur diagramme est juste ou faux. Les diagrammes sont déjà utilisés dans la classe depuis plusieurs séances et ne sont pas l'enjeu de la situation. L'enjeu porte sur les forces et leur compensation ou non. La demande d'aide au professeur fait suite à un débat entre elles. Fd dans l'intervention 6 explicite leurs deux points, l'une pense que c'est l'eau qui agit alors que l'autre pense que c'est l'air dans la balle de ping-pong qui agit. Ces deux propositions montrent un aspect important de l'IBST, les élèves construisent des points de vue, dans l'échange et *sont capables de les formuler* comme c'est le cas dans l'intervention 6. Dans ce cas le professeur, dans l'intervention 7, donne la solution, elle tranche entre les deux propositions. Cela peut paraître contraire à la perspective de l'IBST, et conduit les formateurs à réfléchir par exemple sur le rôle du maître dans l'évolution du savoir dans la classe. A quel moment le maître tranche ou au contraire lance le débat ? Est-ce que le débat peut être mené sur tous les objets de savoir ? Faut-il sélectionner ? Si oui avec quels critères ?

Un autre aspect de l'analyse de la classe conduit à prendre l'ensemble d'une séance et non pas des extraits bien choisis. Il s'agit par exemple de prendre en compte les échelles temporelles de l'activité d'enseignement.

Ainsi à l'échelle de l'année académique ou de celle d'un grand thème (que nous situons à l'échelle macroscopique) l'analyse peut se faire du point de vue de la structure conceptuelle et du champ d'application associé (l'ensemble des situations/expériences étudiées) ainsi que du choix de la structure conceptuelle, de chacun des concepts/ notions/ démarches et de leur ordre d'introduction (qui peut être en spirale).

A l'échelle de la séance, niveau mésoscopique il y a plusieurs façons de caractériser les moments :

- Organisation de la classe (classe entière, petits groupes, individuel)
- Phases didactiques (introduction, exercice, activité; exposé, etc.)
- Thème (l'idée principale qui est traitée).

La figure 3.2 donne une idée de ces trois structurations d'une séance.

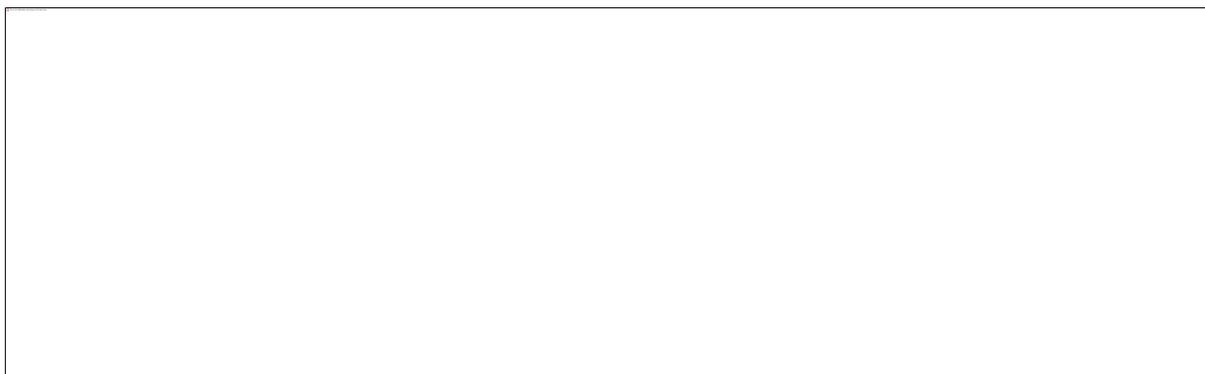


Figure 3.2 : exemple de structuration d'une séance selon l'organisation de la classe, les phases didactiques et les thèmes (cas d'une classe de 4^{ème} (grade 8) dans le domaine des circuits électriques)

Cette structuration peut être une aide à l'observation de la séance et en particulier prendre en compte les trois composantes de gestion de la classe et de la signification de l'activité via les thèmes (phases didactiques et thèmes). En général un observateur dans une classe situe son observation à ce niveau mésoscopique.

Le niveau microscopique peut être étudié différemment selon les approches. Le plus souvent pour les formateurs, il est pris en compte du point de vue des échanges entre le professeur et les élèves. Il est important de ne pas isoler des échanges mais de les situer dans la dynamique de la classe aux niveaux méso et macro.

Conception de situations de formation

La co-conception de situations de formation permet aux formateurs-stagiaires d'explicitier leurs points de vue, de les confronter et de les analyser quand ils ont à leur disposition des outils de conception.

Le développement de cette conception est fondé sur un travail collaboratif de projet à partir des outils et orientations théoriques présentés ci-dessus.

La consigne proposée vise à permettre un travail en petits groupes des formateurs stagiaires et à des échanges publics visant à expliciter les choix de formation et à les débattre (voir tableau 4.3).

Choix à faire : Une situation de formation existante déjà pratiquée ou au moins prévue.

Consigne

1. Décrire la situation dans le but de la faire comprendre aux autres; elle doit donc en particulier inclure :
 - les objectifs d'apprentissage ou de formation en ajoutant dans le cas d'une situation de formation les retombées pour les élèves (nouvelles démarches, apprentissage conceptuel, etc.)
 - la façon dont la situation se situe dans la progression
 - l'organisation et les types d'activité mis en oeuvre (y compris la gestion).
2. Analyser de la situation en particulier avec les outils présentés depuis le début de la formation. Expliciter ses potentialités et ses limites.
3. Faire évoluer la situation en s'appuyant sur la description et l'analyse et en utilisant les outils présentés depuis le début de la formation.

Tableau 4.3 : Consigne donnée aux formateurs stagiaires pour un travail collaboratif

Cette collaboration entre formateurs stagiaires est tout à fait cruciale pour la formation ; elle leur permet de mettre en œuvre les outils présentés dans le contexte de leur expérience personnelle, d'explicitier leurs choix au regard d'orientations théoriques, de partager des pratiques et, donc de favoriser ainsi une analyse réflexive.

Conclusion

Cette activité de formation montre le lien fort entre la formation d'une part et la conception et la mise en œuvre de ressources d'enseignement ainsi que leur analyse d'autre part. Elle montre l'importance d'avoir élaboré des « outils intermédiaires » qui sont opératoires pour l'enseignement effectif et, en même temps, sont fondés théoriquement. Ces outils constituent une aide pour les formateurs de maîtres pour comprendre les approches théoriques sous-jacentes et sont aussi opératoires dans leur propre activité de formation.

Cette activité de formation en mathématiques et en physique met au jour l'importance de choix généraux – comme donner une certaine responsabilité à l'élève du savoir à construire dans la classe – qui se déclinent de manière spécifique selon la discipline. Là aussi la

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

collaboration entre disciplines facilite l'explicitation des aspects génériques et spécifiques de l'enseignement.

Ces outils intermédiaires jouent un rôle essentiel dans l'élaboration d'une représentation opérative partagée qui fonde le travail collectif (Grangeat & Gray, 2008).

Chapitre 4 : Conception d'une formation à destination des enseignants débutants en formation initiale : Le rôle du conflit sociocognitif

Nadia Leroy & Michel Grangeat (L.S.E., Grenoble, France)

Ce chapitre présente un dispositif de formation à destination des enseignants débutants en sciences et en mathématiques en formation initiale. Il vise à inciter et à aider les enseignants débutants à instaurer, au sein de leur classe, des séquences d'enseignement fondées sur les Démarches d'Investigation (DI).

Seront présentées ici trois entrées importantes du dispositif : le cadre théorique et les objectifs sur lesquels repose la formation, les modalités de déroulement des séances ainsi que le matériel ayant servi de support théorique aux intervenants dans le cadre de l'animation de cette formation. L'évaluation des effets du dispositif ne fait pas l'objet de la présente section.

Situation et objectifs de la démarche

Il s'agit de créer, dans le cadre de la formation initiale des enseignants, des dispositifs qui permettent de les accompagner dans la construction de leur expérience professionnelle. Il s'agit de conduire un travail collectif et interactif avec les enseignants débutants.

Les Séminaires d'Analyse des Pratiques Professionnelles : un lieu d'échanges privilégié

Depuis de nombreuses années, des Séminaires d'Analyses des Pratiques Professionnelles (SAPP) ont été mis en place au sein des centres de formation initiale des enseignants (IUFM) dans le cadre de la professionnalisation du métier d'enseignant. Ces SAPP, dont l'objectif est de former les enseignants débutants à la réflexion sur leurs pratiques pédagogiques, peuvent être considérés comme un moyen de « *créer une culture de la*

réflexion » (Brookfield, 1995) parmi des enseignants qui souvent se retrouvent seuls face à leurs élèves et se plaignent de ne disposer que de très rares espaces consacrés à la réflexion collective.

Des travaux ont pourtant montré que le développement de réseaux d'enseignants et le travail collectif se révèlent être l'un des moteurs du développement des compétences professionnelles (Grangeat, 2008a, Grangeat et al., 2009). Les recherches menées par l'O2cpe⁵ montrent que, lorsque les enseignants peuvent bénéficier d'échanges organisés à propos de questions professionnelles, l'appui du collectif leur permet d'élargir le territoire de leurs interactions (Grangeat, 2007a; Grangeat, 2007b) et favorise ainsi leur développement professionnel.

Les SAPP qui se fondent sur ce double principe : accompagner les enseignants débutants dans leur formation et les aider dans la construction de leur expérience professionnelle constituent alors une réelle opportunité de conduire un travail collectif et interactif avec les enseignants débutants. Ces séances d'analyse des pratiques au cours desquelles la réflexion des praticiens est accompagnée par un spécialiste extérieur – formateur, chercheur ou autre – présentent l'intérêt d'apporter un bénéfice et une sorte de garantie supplémentaire à cette élaboration d'une manière de penser commune. En outre, elles constituent autant d'occasions de rencontres et de verbalisations qui favorisent la construction d'une représentation de l'activité partagée entre acteurs.

La construction d'un espace professionnel partagé devrait ainsi permettre aux enseignants débutants de réfléchir ensemble, avec les formateurs, à la manière dont certaines stratégies d'enseignement – en l'occurrence les démarches d'investigation – conduisent à surmonter différents points qui peuvent poser problème dans une classe. Cette élaboration d'un monde commun se révèle alors essentielle.

Les séances d'analyse des pratiques – dans la mesure où elles impliquent l'organisation d'un groupe constitué de pairs – ont donc été mobilisées pour mettre en place notre dispositif de formation fondé sur le Travail Collectif Enseignant (TCE). On conçoit donc, comme cela sera développé plus loin, le TCE comme une entité (Rogalski, 2005) caractérisée par une manière particulière d'organiser les interactions et d'intégrer les actions de chaque individu vers un but commun.

Le rôle du conflit sociocognitif dans les échanges

La mise en place d'un espace d'interactions entre les professionnels apparaît comme essentielle pour leur permettre de prendre de la distance par rapport à leurs pratiques

⁵ Observatoire des Compétences Professionnelles des Enseignantes et des enseignants dans les activités de Coopération et de Partenariat Éducatifs

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

professionnelles et parvenir ainsi à élaborer et à conduire efficacement des plans d'action à long terme. Cependant, pour être constructifs, les échanges produits doivent remplir certaines conditions au regard de la régulation des conflits qu'ils peuvent occasionner.

Nous nous sommes interrogés sur la manière de créer les conditions, les opportunités et les buts d'un travail collectif qui soient pertinents par rapport aux objectifs que nous nous étions fixés : favoriser la mise en place, par les enseignants débutants, de stratégies d'enseignement fondées sur les DI, par l'élaboration, au cours d'un dispositif de formation, d'un Conflit SocioCognitif (CSC) au sein du groupe.

Le principal obstacle à surmonter est alors de prévoir comment coordonner les actions des enseignants débutants de façon à provoquer un tel CSC. En effet, si le CSC, sous certaines conditions, est un élément déclencheur de progrès cognitifs et, par extension, de développement professionnel, il reste parfois difficile pour les formateurs de conduire un débat constructif lors du travail collectif et ce, notamment en raison de l'absence de procédure clairement définie pour mener à bien cette tâche. De fait, les interactions entre professionnels doivent être organisées non pas autour des personnes mais à propos de la tâche à réaliser. En d'autres termes, c'est autour d'enjeux épistémiques que le conflit provoqué par des points de vue divergents doit être régulé, c'est-à-dire sur le fond d'une problématique au plan cognitif et non sur le plan relationnel (Darnon, Butera & Mugny, 2008).

Dans ses modalités de fonctionnement classique, le SAPP est conçu comme un lieu d'échanges libres au sein duquel des cadres de référence expérientiels sont mobilisés de manière rétrospective. On part des pratiques des enseignants débutants en classe afin de réaliser un travail d'analyse. Généralement, un enseignant expose son expérience issue d'une séquence de classe puis une discussion s'engage avec les collègues constituant l'auditoire. Ce mode de fonctionnement vise à placer les enseignants débutants dans une posture de mise en mots de leurs pratiques dans le but de modifier leur positionnement professionnel (Wittorski, 2008). Dans ce type de fonctionnement le degré de structuration de la séance par l'animateur est relativement souple dans la mesure où l'animateur propose un découpage plus ou moins précis de l'ordre de réalisation des activités proposées en séance.

La difficulté posée par ce type de démarche tient dans le fait qu'elle augmente le risque que la personne exposant se sente en position de « jugé » et entre ainsi dans un processus défensif de justification de soi plutôt que dans un réel débat d'idées avec ses collègues. Or, lorsque l'on entre dans cette logique de justification, il est probable que les interventions des uns et des autres ne soient – dans le meilleur des cas – que des avis de complaisance visant essentiellement à préserver le collègue exposant. Le groupe remplit alors une fonction d'étayage peu adéquate car elle consiste en une régulation relationnelle du CSC. De ce fait, la question des interventions des formateurs au sein de ce mode de déroulement se pose

aussi : comment intervenir pour que le débat soit réellement constructif alors que les enseignants débutants exposants peuvent s'engager dans un processus défensif et que certains de leurs collègues feront tout pour de ne pas les mettre en difficulté ?

Au regard des interrogations soulevées et des apports théoriques qui ont nourri notre réflexion, nous avons proposé deux principes pour concevoir des SAPP susceptibles de générer le CSC et de conduire à une régulation épistémique de ce dernier.

1. Suivre le déroulement propre à la « constructive controversy » (Johnson & Johnson, 2009) : proposition du thème par le formateur à l'avance, travail préparatoire de la séance par les enseignants débutants regroupés en deux groupes selon une posture prédéfinie (i.e. pour ou contre le changement des pratiques), exposé par chacun des groupes, discussion et échange, mise en commun des arguments, synthèse avec recours aux savoirs externes par l'intermédiaire de l'intervenant. Cette structuration de l'animation est susceptible de faciliter le cadrage par l'intervenant.

2. Faire en sorte que l'intervenant se présente comme ayant la responsabilité de la médiation de manière à garantir le maintien du conflit sur la tâche et non sur la relation. L'expertise du formateur sera alors de créer les conditions favorables à cet engagement (Le Boterf, 2003) dans le conflit mais également favorables à la régulation épistémique du conflit.

Modalités de déroulement des SAPP S-TEAM

Les enseignants débutants ont à identifier dans leur propre expérience pratique des arguments favorables ou non à la question qui sera débattue collectivement.

Les questions qui sont traitées lors des SAPP seront annoncées à l'avance par le formateur.

Le formateur indique aux enseignants débutants, pour la séance de SAPP suivante, de repérer dans leurs pratiques de classe, des éléments qui vont soutenir des arguments favorables à la réponse ou des arguments inverses. Le but de l'ensemble des enseignants débutants étant au final d'atteindre un consensus quant au rôle de la DI sur la motivation des élèves.

Le mode de désignation des groupes – favorable vs opposition – est totalement arbitraire et ne vise pas à recueillir l'opinion à laquelle adhèrent effectivement les enseignants débutants mais simplement à orienter leur travail de préparation du SAPP de manière à garantir l'émergence d'un conflit. Le fait de confronter deux groupes sur une question censée

soulever la controverse est en effet plus à même de produire une régulation épistémique du CSC. De plus, le fait d'être désigné pour soutenir une position – ou son contraire – contribue à considérer la question traitée comme un problème professionnel à résoudre et non comme une posture personnelle à défendre.

Ainsi, si la structure d'analyse classique des SAPP consistant en une mise en perspective de l'expérience des enseignants débutants avec des apports théoriques est conservée, c'est le mode d'exposition de l'expérience qui est modifiée. Le fait de demander aux enseignants débutants de travailler en deux groupes évite qu'une seule personne se présente face à un groupe. Nous posons que cela est moins stigmatisant et diminue le risque de régulation relationnelle dans la mesure où l'individu est inscrit dans un groupe désigné pour défendre une position intellectuelle et pratique.

Plusieurs phases distinctes structurent la séance :

a. Phase de préparation

En début de séance, le formateur propose l'activité à analyser. Les enseignants débutants, en petits groupes (3-4), préparent des arguments « avantages » ou « limites ». Pour cela ils peuvent mobiliser toute source d'information qu'ils jugent pertinente (études ou expérience personnelle) mais ne peuvent faire appel à des opinions générales. Après une dizaine de minutes, ils se regroupent selon la position « avantages » ou « limites » afin de synthétiser « secrètement » leurs arguments, chacun de leur côté. Le but de cette phase de travail préparatoire, qui dure 20 minutes, est de rechercher des informations pertinentes et de les organiser de manière à pouvoir étayer le point de vue assigné par le formateur mais également de veiller à ce que la position défendue soit recevable par le groupe défendant le point de vue opposé (i. e. les arguments proposés doivent être pertinents en fonction des pratiques de classe).

b. Phase de présentation

Les membres de chaque groupe présentent leurs arguments successivement : d'abord le groupe « avantages » puis le groupe « limites » ou inversement, mais les arguments des uns et des autres ne doivent pas se croiser (un groupe après l'autre). Chaque groupe s'efforce d'être convaincant et persuasif lorsqu'il expose ses arguments et par la suite écoute attentivement les arguments proposés par la position opposée. Cette phase dure 15 minutes environ.

c. Phase d'engagement dans la discussion

Une fois que chaque groupe a exposé ses arguments, les enseignants débutants s'engagent dans une discussion ouverte en échangeant leurs idées et en discutant les points de

désaccords. Le but est que chacun analyse et critique la position de l'opposition en pointant les éventuelles incohérences dans le raisonnement, l'incompatibilité des arguments ou l'insuffisance des informations présentées de manière à provoquer une régulation épistémique. Les enseignants débutants devront mettre à l'épreuve les arguments développés par la position opposée tout en réfutant les attaques qui auront été formulées à l'égard de la position qu'ils auront eu à défendre. Dans cette phase de discussion, le formateur devra animer la discussion en jouant le rôle de l'avocat du diable de manière à encourager les échanges et l'argumentation. Cette phase dure 20 minutes environ.

d. Phase d'inversement des perspectives

Le formateur demande ensuite à chaque groupe de présenter ce qui, dans la position opposée, a paru le plus pertinent. Le but est ici d'encourager la décentration de sa propre position et d'inciter chaque enseignant débutant à adopter les deux points de vue simultanément. Cette phase dure 10 minutes environ.

e. Phase de synthèse et de création d'une position commune

Enfin, les enseignants débutants laissent de côté leur rôle de groupe à position unique (avantages/limites) et tentent de faire la synthèse des meilleurs arguments développés par chaque position de manière à produire une position commune. Cette phase dure 10 minutes environ.

Le formateur peut alors faire la synthèse au tableau tout en faisant référence aux résultats des recherches, travaux et expériences sur la question. Cette phase dure 10 minutes environ. Cet apport vise surtout à mettre la pertinence des pratiques des enseignants en perspective avec les apports de la recherche

f. Pro-action

Les participants indiquent, chacun individuellement, ce qu'ils retiennent et ce qu'ils pensent intéressant de mettre en place dans une classe. Cette étape se fait par écrit. A la séance d'après, chaque participant indique ce qu'il a mis en place ou non durant le temps qui s'est écoulé. Cette phase dure 15 minutes environ

Présentation du matériel : les « fiches SAPP S-TEAM »

Les séminaires sont préparés conjointement par l'équipe des formateurs et les chercheurs. Cette préparation débouche sur l'élaboration de fiches destinées à étayer la « phase de synthèse et de création d'une position commune » du séminaire.

Ce dispositif de formation fondé sur le travail collectif et visant à inciter les enseignants à mettre en application des pratiques basées sur les démarches d'investigation (DI) s'est étalé sur trois séances de deux heures chacune réparties sur deux mois. Au cours de ces trois séances, une grande question a servi de fil conducteur : Comment les DI permettent-elles de soutenir voire de générer de la motivation des élèves ?

Pour chaque séance, le thème général a été décliné en fonction de trois focalisations particulières sur laquelle nous souhaitons faire porter l'activité réflexive des enseignants débutants : la diversité des apprenants, leur autonomie et l'autorégulation des apprentissages,

Le but était de construire avec les enseignants l'idée selon laquelle les DI représentent un cadre dans lequel inscrire des pratiques enseignantes susceptibles de favoriser la motivation et les apprentissages des élèves. En effet, certaines pratiques enseignantes peuvent servir de levier pour favoriser la motivation des élèves (e.g. gestion de la diversité, soutien de l'autonomie, encouragement à l'autorégulation). Les DI – dans la mesure où elles sont un moyen de tenir compte de la diversité des élèves, de leur offrir plus d'autonomie et d'intervenir sur les stratégies d'autorégulation des apprentissages – sont alors présentées comme un cadre au sein duquel il est possible d'analyser les pratiques enseignantes propices à la motivation des élèves à l'égard des sciences.

Trois questions ont été proposées aux enseignants débutants. Les séquences d'enseignement fondées sur les DI, permettent-elles réellement à l'enseignant de :

1. prendre en compte la diversité de ses élèves ?
2. donner plus d'autonomie à ses élèves ?
3. donner à ses élèves les moyens de conduire et de contrôler eux-mêmes leurs apprentissages ?

Pour l'élaboration des fiches SAPP (présentées en annexe), nous avons dans un premier temps identifié dans l'introduction commune aux disciplines scientifiques et plus précisément dans le canevas proposé pour la DI (cf. BO du 22 juillet 2006), les processus motivationnels qui peuvent être mis en œuvre dans les différentes étapes présentées. Cette base d'analyse a servi à proposer des pistes d'action (qui figurent dans la section « proposition de pistes d'action - phase de synthèse » de chaque fiche). Ces dernières se fondent sur les apports des deux grandes théories motivationnelles que sont la théorie de l'autodétermination et la

théorie des buts d'accomplissement⁶ qui proposent chacune une conceptualisation particulière de l'environnement/climat motivationnel de classe.

Nous insistons toutefois sur le fait les pistes d'action proposées dans les « fiches SAPP » ne constituent en aucun cas une norme prescrite aux intervenants mais qu'elles doivent plutôt être considérées comme un cadre servant de guide à la phase de synthèse. Ce cadre pouvant être enrichi et adapté en fonction des échanges produits au cours des débats entre enseignants débutants.

Conclusion

Dans ce dispositif, le travail collectif des enseignants débutants prend la forme d'un séminaire au cours duquel les participants ont à résoudre un conflit sociocognitif. On tente d'éviter le maintien et le renforcement des représentations initiales qui découlent du sentiment de se sentir attaqué que développent parfois les personnes qui exposent leur propre cas. Dans cette mesure, de manière à ce que ce conflit porte uniquement sur la tâche, les positions défendues sont fixées arbitrairement et sont inversées en cours de séance ; de plus, les arguments développés doivent faire référence aux pratiques professionnelles des participants et non à leurs croyances. Cette forme de débat, centré sur la tâche, correspond à celle qui existe, de manière moins formalisée, lorsque des équipes d'enseignants préparent des séquences de classe en commun.

⁶ Le lecteur intéressé par une synthèse de ces deux théories pourra se référer à Leroy, N. (2009). *Impact du contexte scolaire sur la motivation et ses conséquences au plan des apprentissages*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Education, Université Pierre-Mendès-France - Grenoble 2. (<http://upmf-grenoble.fr/sciedu/leroy/these%20et%20annexes%20finales.pdf>)

Chapitre 5 : Démarche d'investigation et résolution de problèmes en mathématiques : analyse des programmes officiels français

Sylvie Coppé, UMR ICAR (CNRS-Université de Lyon)

En France, la démarche d'investigation a été introduite en 2005 dans les programmes officiels du collège (élèves de 11 à 15 ans) pour toutes les sciences et les mathématiques, comme un outil pédagogique visant à développer l'autonomie des élèves, le goût pour la recherche, la motivation pour les sciences. Cette méthode a été développée dans les autres pays européens et elle est connue sous le nom de Inquiry Based Learning. Le rapport Rocard, 2007 préconise cette nouvelle méthode d'enseignement pour lutter contre la désaffection des élèves pour les études scientifiques. Ils définissent « inquiry » en référence à Linn, Davis, & Bell, 2004) :

« By definition, inquiry is the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, and forming coherent arguments (quoted by Rocard et al. 2007, p.9). »

Le rapport explique qu'à travers cela, il y a bien une volonté de changer les pratiques d'enseignement et aussi la place du professeur et de l'élève : d'une approche « top down transmission » dans laquelle le professeur présente les savoirs et leurs applications à l'élève qui doit les appliquer vers une approche « bottom up » où le professeur laisse l'élève faire des essais, se tromper, revenir en arrière, etc.

En France, pour les mathématiques, depuis une trentaine d'années, les programmes officiels préconisent plutôt un enseignement basé sur la résolution de problèmes, c'est-à-dire faisant l'hypothèse que l'on apprend en trouvant des solutions à des problèmes bien choisis, pour lesquels la connaissance visée est une solution optimale.

Dans ce chapitre, nous allons faire une étude de ces programmes officiels de mathématiques français du collège pour montrer les évolutions en ce qui concerne la place et la fonction de la résolution de problèmes, puis nous verrons quels liens on peut faire avec la démarche d'investigation, plus récemment introduite.

Notons que le rapport Rocard prend en compte ces deux références.

« In mathematics teaching, the education community often refers to “Problem-Based Learning” (PBL) rather than to IBSE. In fact, mathematics education may easily use a

problem- based approach while, in many cases, the use of experiments is more difficult. Problem-Based Learning describes a learning environment where problems drive the learning. That is, learning begins with a problem to be solved, and the problem is posed in such a way that children need to gain new knowledge before they can solve the problem. Rather than seeking a single correct answer, children interpret the problem, gather needed information, identify possible solutions, evaluate options and present conclusions. Inquiry-Based Science Education is a problem-based approach but goes beyond it with the importance given to the experimental approach. » (op. cit. p. 9).

La notion de problème dans les programmes de mathématiques français

Nous ferons plus particulièrement porter notre analyse sur les programmes de collège (élèves de 11 à 15 ans) depuis la fin de la période des « mathématiques modernes », ce qu'on a appelé la contre-réforme (même si nous citons quelques passages des programmes de lycée). Nous choisissons ce niveau car c'est là qu'a été introduite la démarche d'investigation, mais nous avons montré une évolution semblable dans les programmes de l'école primaire (Coppé et Houdement, à paraître). Au lycée, d'autres évolutions qui visent les mêmes buts (permettre aux élèves de faire des essais, des recherches, ne pas proposer que des exercices de réinvestissement proches du savoir enseigné, mettre les mathématiques en lien avec les autres disciplines) ont eu lieu comme l'introduction des TPE Travaux Personnels Encadrés et la tentative de mettre en place une épreuve expérimentale de mathématiques au baccalauréat qui a finalement été abandonnée en 2010.

Programmes de 1968

Dans les programmes correspondant à ce qu'on a appelé la réforme des mathématiques modernes (arrêté du 29 juillet 1968 appliqué en 69 en classe de 6^{ème}, puis dans les autres classes les années suivantes) on peut noter qu'il n'y aucune indication sur les problèmes. A cette époque, les programmes sont très courts (de une à deux pages). Ils sont constitués de l'énoncé des notions mathématiques à enseigner sous forme de thèmes (par exemple « Relations »). Quelques pages désignées par « Instructions » précisent ces notions.

Programme de mars 1977 appliqué en septembre 1978 en classe de 6^{ème} (ce qu'on appelle « la contre réforme »)

A partir du programme de 1978, il y a une rupture avec le formalisme, la résolution de problème devient une notion centrale.

On trouve un premier commentaire qui peut laisser penser que les auteurs des programmes veulent une rupture avec le formalisme et la construction axiomatique des notions qui avait cours pendant la période précédente.

« La théorie n'est pas un but en soi, mais un outil pour répondre à des questions que pose la vie : technologie, physique, économie. De ce point de vue l'analyse de situations et la résolution de problèmes jouent un rôle majeur. » (BO n°11 du 24 mars 1977, p. 30)

Ainsi, à partir de cette date, on peut voir apparaître deux idées que l'on retrouve depuis avec différentes formulations :

- les mathématiques sont un outil pour répondre à des questions qui se posent, par exemple, dans d'autres disciplines ;
- il y a un lien fort entre apprentissage des mathématiques et résolution de problèmes sans que sa nature soit clairement explicitée.

Enfin, on peut noter que la rédaction des programmes évolue, puisque le nombre de pages d'introduction ou de commentaires augmente de façon significative. Dans ces parties, on trouve non seulement des instructions qui portent sur les notions à enseigner, mais aussi sur les finalités et objectifs des mathématiques et, des injonctions qui vont se préciser au fil du temps, sur les pratiques (désignées sous le terme « Organisation de l'enseignement »). Cependant ces programmes ne développent pas les modalités de ce nouveau fonctionnement souhaité.

Programme de 1981 appliqué en septembre 82 en classe de 2^{nde}

Il apparaît le terme « activité de l'élève » qui sera toujours repris dans les programmes suivants.

«A la base de tout bon apprentissage, il y a le contact avec une pratique sensorielle et concrète, la stimulation de l'activité personnelle de l'élève, l'élaboration de moyens d'investigation aussitôt applicables au monde qui l'entoure. » (BO du 5 mars 1981, p. 1)

...

« La classe de mathématiques est, dans son rôle essentiel, un lieu de découverte, d'exploration de situations plus ou moins aisément maîtrisables, de réflexion sur des problèmes résolus. » (op.cit., p.1)

...

« L'activité mathématique ne s'identifie pas au déroulement d'une suite bien ordonnée de théorèmes. Il importe que toute introduction d'une notion ou d'un théorème soit précédée de l'étude d'une situation assez riche pour en attester l'intérêt et qu'elle soit suivie immédiatement d'applications substantielles. » (op.cit., p. 1)

On pointe une certaine tension entre ce qui est appelé un « exposé artificiel de logique mathématique » et les activités et problèmes. Cependant, à ce moment-là, il semble que ceux-ci interviennent surtout en entraînement ou en réinvestissement. Le programme affirme qu'ils doivent être nombreux et souligne l'importance du travail à la maison.

En 1984, dans un bilan du programme appliqué depuis trois ans en classe de 2^{nde} (grade 10, élèves de 15-16 ans), les auteurs déplorent le trop grand nombre d'exposés théoriques ou synthétiques et l'abus d'exercices mal définis, c'est-à-dire soit abordables mais coupés de tout contexte et trop techniques ou trop difficiles. Par cela, ils demandent une diversification des activités mathématiques proposées aux élèves et invitent les enseignants à changer leurs pratiques sur ce qu'on peut appeler le cours magistral.

Programmes de 1985

Les notions mathématiques doivent être introduites comme des outils de résolution de problèmes. L'accent est mis sur la mise en activité des élèves.

Il est réaffirmé que le questionnement et la résolution de problèmes permettent de donner du sens aux notions enseignées.

« Il est essentiel que les connaissances prennent du sens pour l'élève à partir des questions qu'il se pose. Il est tout aussi essentiel qu'il sache les mobiliser pour résoudre des problèmes. » (BO n° 44 du 12 décembre 1985)

Mais surtout, un changement important intervient puisqu'une nouvelle place est assignée aux problèmes puisqu'ils peuvent (doivent) être proposés pour introduire des notions.

« L'activité de chaque élève doit être privilégiée, sans délaisser l'objectif

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

d'acquisitions communes. Dès lors, seront choisies des situations créant un problème dont la solution fera intervenir des "outils", c'est-à-dire des techniques ou des notions déjà acquises, afin d'aboutir à la découverte ou à l'assimilation de notions nouvelles. Lorsque celles-ci auront été bien maîtrisées, elles fourniront à leur tour de nouveaux "outils", qui permettront un cheminement vers une connaissance meilleure ou différente.

Les activités choisies doivent :

- permettre un démarrage possible pour tous les élèves, donc ne donner que des consignes très simples et n'exiger que les connaissances solidement acquises par tous;
- créer rapidement une situation assez riche pour provoquer des conjectures;
- rendre possible la mise en jeu des outils prévus ;
- fournir aux élèves, aussi souvent que possible, des occasions de contrôle de leurs résultats, tout en favorisant un nouvel enrichissement ; on y parvient, par exemple, en prévoyant divers cheminements qui permettent de fructueuses comparaisons.

Elles nécessitent une synthèse, brève, qui porte non seulement sur les quelques notions, résultats et outils de base que les élèves doivent connaître, mais aussi sur les méthodes de résolution de problèmes qui les mettent en jeu. » (op.cit., p. 20)

A partir de cette date, la citation suivante sera reprise dans chacun des programmes qui vont suivre.

On peut voir là des influences des recherches en didactique des mathématiques comme la théorie des situations de Brousseau, 1986 et la dialectique outil/objet (Douady, 1986). Ces recherches sont faites avec une hypothèse constructiviste dans laquelle la notion de problème est fondamentale, ainsi que les processus d'assimilation et d'accommodation.

« Dans la didactique moderne, l'enseignement est la dévolution à l'élève d'une situation adidactique, correcte, l'apprentissage est une adaptation à cette situation. »
[...]

« Le maître doit effectuer, non la communication d'une connaissance, mais la dévolution d'un bon problème » Brousseau, 1998.

Brousseau indique que le professeur doit permettre à l'élève de rencontrer la connaissance visée en résolvant un (des) problème(s) dans lesquels cette connaissance constitue un moyen optimal de résolution sans que le professeur montre à l'élève comment il faut faire.

Il y a donc une injonction institutionnelle forte à proposer ce que les manuels appelleront ensuite des « activités d'introduction ou de découverte ». Les problèmes proposés dans ces

activités doivent posséder les caractéristiques suivantes : permettre d'élaborer des conjectures (ainsi, on ne demande pas une seule réponse tout de suite, l'élève doit chercher, faire des essais, contrôler, revenir en arrière, etc), de faire fonctionner les connaissances visées comme des outils et donner des moyens de contrôle aux élèves.

Programmes de 1995

L'activité mathématique est caractérisée par des phases lors de la résolution de problème.

Dans la continuité, ces programmes fixent à l'enseignement des mathématiques le but de développer la formation du citoyen. Des liens sont faits avec ce qui est enseigné à l'école primaire et avec les autres disciplines, apparaît le terme de « démarche scientifique ».

« Il est également important de souligner le sens, l'intérêt, la portée des connaissances mathématiques en les enseignant en interaction avec les autres disciplines et avec la vie quotidienne (pourcentages, échelles, représentations graphiques...) et en utilisant les moyens modernes de communication (informatique, banques de données, audiovisuel...). » (arrêté du 22 novembre 1995, p. 18)

Enfin, ce ne sont plus les problèmes qui sont caractérisés mais l'activité mathématique dans son ensemble.

« Au collège, les mathématiques contribuent, avec d'autres disciplines, à entraîner les élèves à la pratique d'une démarche scientifique. L'objectif est de développer conjointement et progressivement les capacités d'expérimentation et de raisonnement, d'imagination et d'analyse critique. Elles contribuent ainsi à la formation du futur citoyen.

À travers la résolution de problèmes, la modélisation de quelques situations et l'apprentissage progressif de la démonstration, les élèves peuvent prendre conscience petit à petit de ce qu'est une véritable activité mathématique :

- identifier un problème,
- conjecturer un résultat,
- expérimenter sur des exemples,
- bâtir une argumentation,
- mettre en forme une solution,

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

- contrôler les résultats obtenus et évaluer leur pertinence en fonction du problème étudié. » (op.cit., p. 15)

Les critères visent à favoriser la mise en activité des élèves sur des tâches qui ne consistent plus en l'application de règles ou de techniques, mais qui doivent permettre la recherche et le questionnement des élèves. On encourage encore une fois les conjectures, l'expérimentation et les vérifications. Il faut bien distinguer le terme « expérimentation » de celui « d'expérience » qui est réservée aux autres sciences. Il nous semble que c'est là un point important qui était cité dans le rapport Rocard.

On peut aussi faire l'hypothèse que le développement des outils informatiques, calculatrices, logiciels de géométrie dynamique, tableurs favorise des changements dans l'activité mathématique puisque ceux-ci permettent de faire des essais multiples, de conjecturer à partir de cas « limites », de faire des calculs rapidement, de dépasser des problèmes techniques, etc.

Telle quelle est décrite, l'activité mathématique semble particulièrement linéaire et inductive. Or on sait bien que les étapes ne se réalisent pas forcément dans cet ordre. Par exemple, l'expérimentation sur des exemples peut avoir lieu pour trouver une conjecture ou pour la vérifier, des contrôles sont faits à toutes les étapes, mais ce ne sont pas les mêmes. Enfin la place des savoirs anciens ou nouveaux n'est pas envisagée. On peut donc penser que pour mettre en œuvre une telle démarche, l'enseignant devra avoir une réflexion épistémologique importante.

Enfin, on ne donne toujours pas d'indications aux professeurs pour mettre en œuvre cette démarche dans la classe en termes d'organisation de la classe, de rapports au savoir des élèves, de prise en compte des erreurs, de la place de l'évaluation, etc.

Programmes de 2005, 2007 et 2008 (les réformes se succèdent mais les changements sont mineurs)

La démarche d'investigation est introduite dans l'« Introduction générale pour le collège » dans l'introduction des programmes officiels pour les disciplines scientifiques incluant les mathématiques.

Les auteurs proposent une « Introduction générale pour le collège » concernant les mathématiques dans laquelle il y a une tentative de mise en cohérence des enseignements

à la fois sur finalités, les contenus et sur des points essentiels qui concernent les apprentissages mathématiques et leur enseignement. Ainsi, le point intitulé « Une place centrale pour la résolution de problèmes » reprend les paragraphes déjà cités ci-dessus pour les programmes de 85 et 95 et est complété par :

« Si la résolution de problèmes permet de déboucher sur l'établissement de connaissances nouvelles, elle est également un moyen privilégié d'en élargir le sens et d'en assurer la maîtrise. Pour cela, les situations plus ouvertes, dans lesquelles les élèves doivent solliciter en autonomie les connaissances acquises, jouent un rôle important. Leur traitement nécessite initiative et imagination et peut être réalisé en faisant appel à différentes stratégies qui doivent être explicitées et confrontées, sans nécessairement que soit privilégiée l'une d'entre elles.

L'utilisation d'outils logiciels est particulièrement importante et doit être privilégiée chaque fois qu'elle est une aide à l'imagination, à la formulation de conjectures ou au calcul. » (BO HS n°5 du 9 septembre 2004, p. 2)

De plus, ces programmes mettent l'accent sur la pluridisciplinarité.

« À l'issue de ses études au collège, l'élève doit s'être construit une première représentation globale et cohérente du monde dans lequel il vit. Il doit pouvoir apporter des éléments de réponse simples mais cohérents aux questions : « Comment est constitué le monde dans lequel je vis ? », « Quelle y est ma place ? », « Quelles sont les responsabilités individuelles et collectives ? ». » (BO HS n° 5 du 25 août 2005, p. 4)

Pour favoriser les rencontres entre les disciplines, les auteurs des programmes ont rédigé une « Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques » dans laquelle sont introduits, d'une part les Thèmes de convergence qui doivent être traités par plusieurs professeurs d'une même classe (par exemple, l'énergie, l'environnement, le développement durable, etc) et d'autre part, la démarche d'investigation.

Celle-ci est présentée comme une démarche d'apprentissage basée sur la mise en questionnement et en activité des élèves, avec cependant des différences épistémologiques suivant les disciplines :

- pour les mathématiques, la résolution de problèmes et la validation par la démonstration,
- pour les sciences, la formulation d'hypothèses et la validation par l'expérimentation.

Cependant, on ne fait pas référence à la place du modèle et de la modélisation, même si

cette démarche de modélisation est sous-jacente dans la validation qui ne peut se faire que par l'intermédiaire d'un modèle.

« La démarche d'investigation présente des analogies entre son application au domaine des sciences expérimentales et à celui des mathématiques. La spécificité de chacun de ces domaines, liée à leurs objets d'étude respectifs et à leurs méthodes de preuve, conduit cependant à quelques différences dans la réalisation. Une éducation scientifique complète se doit de faire prendre conscience aux élèves à la fois de la proximité de ces démarches (résolution de problèmes, formulation respectivement d'hypothèses explicatives et de conjectures) et des particularités de chacune d'entre elles, notamment en ce qui concerne la validation, par l'expérimentation d'un côté, par la démonstration de l'autre. » (op.cit., p. 6)

Mais elle se présente aussi comme une démarche d'enseignement qui est décrite par sept phases (nous ne citons que les phases, le texte intégral sur la démarche d'investigation est en annexe) .

- Choix d'une situation-problème par le professeur, à partir de l'analyse des savoirs visés, des objectifs à atteindre, des acquis initiaux, des conceptions des élèves ;
- Appropriation du problème par l'élève, reformulation, émergence d'éléments de solution suscitant le questionnement ;
- Formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles, élaboration d'expériences pour tester ces hypothèses et conjectures, communication de conjectures, hypothèses et protocoles expérimentaux ;
- Investigation ou résolution du problème conduite par les élèves par des débats en groupe, par une description/réalisation de l'expérience, exploitation de méthodes et résultats, recherche d'éléments de justification et de preuve ;
- Échange argumenté autour des propositions élaborées par la confrontation des propositions, le débat sur leur validité ;
- Acquisition et structuration des connaissances par la mise en évidence, avec l'enseignant, de nouveaux éléments de savoir ;
- Opérationnalisation des connaissances par des exercices pour automatiser certaines procédures, nouveaux problèmes de réinvestissement, évaluation.

De nouveau cette démarche est présentée comme relativement inductive : on ne fait aucune référence à la place du modèle et de la modélisation, ni à la place et au rôle des savoirs, ce qui nous semble être des points à expliciter plus largement.

On retrouve dans ces étapes des éléments que nous avons cités pour la résolution de problèmes comme le choix d'un problème qui favorise des procédures de recherche ou d'expérimentation, les moyens de contrôle. Mais le discours est beaucoup plus explicite sur les méthodes didactiques et pédagogiques que les professeurs devront mettre en œuvre dans les classes pour favoriser la démarche d'investigation. Ainsi, l'étape 1 indique que des choix sont à faire lors de la préparation des séances en fonction des conceptions initiales des élèves. Les étapes 4 et 5 mettent l'accent sur les interactions nécessaires entre élèves. Enfin, on décrit bien une démarche d'enseignement complète avec des phases de découverte, d'introduction mais aussi d'institutionnalisation des savoirs et de réinvestissement.

On a donc ici à la fois une démarche d'apprentissage pour les élèves et une démarche d'enseignement pour les professeurs qui englobe tous les aspects d'une dynamique entre savoirs anciens et nouveaux.

Conclusion

Dans cette étude, nous avons montré qu'à travers les différents changements de programmes de mathématiques depuis un peu plus de trente ans, se dessinait une évolution de la place et de la fonction des mathématiques dans l'enseignement mais aussi une évolution dans les pratiques des professeurs.

Ainsi, nous avons mis en évidence une évolution dans les finalités de l'enseignement des mathématiques 1978. On perçoit une volonté des auteurs de programme de faire entrer les mathématiques dans la société. Ainsi il est fait explicitement référence au lien avec le monde réel à la formation du citoyen depuis 1995. De plus les liens avec les autres disciplines et les enseignements précédents sont affirmés.

Une autre évolution concerne la place et l'importance de la résolution de problèmes : au début pour donner du sens aux notions, surtout en réinvestissement, pour faire fonctionner les connaissances mathématiques, puis participant à la construction des concepts, comme introduction.

Enfin les injonctions à changer les pratiques deviennent plus explicites et plus précises afin de passer d'enseignement basé sur des exposés magistraux des notions mathématiques dans un ordre logique à la mise en activité des élèves par la résolution de problèmes pour favoriser les apprentissages. On insiste sur la dynamique d'apprentissage : outil/objet/ nouvel outil.

Depuis 2005 on a introduit la « démarche d'investigation » avec un schéma d'application et des phases. Même si on perçoit tout de même une certaine gêne des auteurs entre

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

démarche d'investigation et résolution de problèmes, à cause d'origines épistémologiques différentes, on tend bien vers des mêmes buts : rendre l'enseignement des sciences plus vivant, plus actif et plus motivant et faire évoluer les responsabilités des professeurs et des élèves face aux savoirs.

Chapitre 6 : Démarches scientifiques et démarches d'investigation Etudes menées en didactique des sciences

Eric Triquet (IUFM de Grenoble, LEPS-LIRDHIST – Lyon 1) et Jean-Claude Guillaud (IUFM de Grenoble, Université Joseph Fourier)

Contexte

En France, à la suite du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (PRESTE) la démarche d'investigation est présente dans les programmes de collèges des disciplines scientifiques (MEN, 2005⁷, 2008)⁸. C'est ici, comme le souligne Mathé et al. (2008), le modèle « hypothético-déductif » mis en œuvre par le chercheur qui semble constituer la référence première. S'il est précisé que l'investigation peut prendre des formes diverses, l'accent semble bien mis sur la mise à l'épreuve d'hypothèses pour lequel la dimension expérimentale apparaît centrale.

Nous proposons ci-dessous de mettre en perspective les recommandations officielles concernant la mise en œuvre de la démarche d'investigation (introduction commune des programmes de sciences de collège 2008) avec les principaux résultats des études didactiques portant sur les pratiques effectives de mise en œuvre d'une démarche d'investigation scientifique dans les classes.

⁷MEN (2005). « Programmes de l'enseignement des mathématiques, des SVT, de la physique-chimie. Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques ». *BOEN Hors Série n° 5 du 25 août 2005*

⁸MEN (2008). « Programmes de l'enseignement des mathématiques, des SVT, de la physique-chimie. Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques ». *BOEN Spécial n°6 du 28 août 2008*

Les études en didactique sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation scientifique

Nous proposons un bref état des travaux en didactique qui se sont centrés sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation scientifique en classe. Seules les trois premières étapes, de la démarche telle qu'elle est présentée dans les programmes de sciences au collège en France seront prises en comptes : Situation-problème et appropriation par les élèves ; formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles ; investigation par l'expérimentation.

Dès les années 1990, des travaux français portant sur la mise en œuvre d'une investigation scientifique en classe (Johsua, 1989 ; Orlandi, 1991 ; Johsua et Dupin, 1993, Nott, 1996 ; Darley, 1996, Coquidé, 1998) ont montré que *c'est une démarche extrêmement linéaire, formelle, et stéréotypée qui est proposée le plus souvent aux élèves. Ils relèvent en outre que les activités proposées conduisent très souvent à des généralisations hâtives, construites selon une approche empirique et inductive.* La démarche d'investigation scientifique est dévoilée sous une forme épurée, voire réductrice, conduisant non seulement à donner une image déformée des fondements, principes et modalités du travail de recherche mais aussi à évacuer tout questionnement à son sujet et sur la nature des savoirs scientifiques. En fait, elle apparaît conçue – avant tout – comme un support permettant, comme l'enseignement traditionnel, d'enseigner les résultats de la science (Schneeberger & Rodriguez, 1999).

Les nombreuses contraintes institutionnelles et didactiques qui pèsent sur l'enseignement scientifique au niveau de l'enseignement secondaire expliqueraient pour partie le constat (Bomchil & Darley, 1998). D'autres études, elles aussi déjà anciennes, mettent en cause les représentations des enseignants, lesquelles seraient fondées sur des modèles épistémologiques proches du sens commun rencontrés chez la plupart des non-scientifiques et qui, en définitive, seraient peu éloignés de ceux des élèves eux-mêmes (Lakin et Wellington, 1994 ; Roletto, 1998 ; Abd-El-Khalick et Lederman, 2000). L'absence de toute expérience de recherche pour la plupart des enseignants tiendrait ici une part importante. La plupart des analyses décrivent en fait les enseignants comme plutôt réalistes et naturalistes (Désautel, 1989, Darley, 1993, Robardet, 1995). Que les enseignants aient une conception

de la construction des connaissances dans les sciences expérimentales où l'induction joue un rôle important semble assez bien ressortir de ces études, soulignent Bomchill et Darley (1998). Mais, ajoutent-ils, il s'agit d'une induction empirique, fortement imprégnée de réalisme qui n'aurait pas grand-chose à voir avec le positivisme et sa vision idéaliste du monde.

Dans la pratique effective de l'enseignement des années 1995-2000, une recherche menée dans le cadre européen par Tiberghien et al. (2001) relève des différences selon les disciplines : si les travaux pratiques de chimie sont orientés vers « apprendre à suivre un protocole », ceux de biologie semblent accorder une place plus importante à la construction de ce protocole en vue de résoudre un problème, quant à ceux de physique ils visent plutôt l'apprentissage de lois. Dans tous les cas on est loin des démarches mises en œuvre dans la recherche.

Pour qu'une activité pratique puisse permettre aux élèves d'approcher au plus près la réalité complexe de la recherche scientifique, il est impératif, selon Millar (1996), de proposer aux élèves des situations au travers desquelles ils peuvent vivre de l'intérieur tout ou partie des pratiques effectives du scientifique. De ce point de vue, à la suite d'autres auteurs, il souligne l'intérêt des activités pratiques d'investigation ouvertes. En France, cette approche a d'abord inspiré les promoteurs de la démarche du projet « main à la pâte » puis du « plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école » (PRESTE), diversement suivi par les enseignants du premier degré. Si au niveau de l'enseignement secondaire dire autrement pour les non français la mise en œuvre de pratiques d'investigation est demeurée limitée, un temps, à des dispositifs particuliers (option science expérimentale en 1ère Scientifique, (élèves de 16-17 ans) au début des années 1990), elle est aujourd'hui mise en avant de façon explicite dans les instructions officielles pour le collège. Comme nous l'avons déjà précisé dans l'introduction c'est ici le modèle « hypothético-déductif » mis en œuvre par le chercheur qui semble constituer la référence première et l'accent semble bien mis sur la mise à l'épreuve d'hypothèses ou de conjectures pour lequel la dimension expérimentale apparaît centrale (Mathé et al., 2008).

Nous reprenons les trois premières étapes de la démarche en suivant le canevas proposé dans le programme officiel de présentation de l'introduction commune aux sciences expérimentales pour le collège (Education Nationale, 2008) : Situation-problème et appropriation par les élèves ; formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles ; investigation par l'expérimentation.

Situation-problème et appropriation par les élèves

Gil Perez (1993) note devant l'échec de l'apprentissage par la redécouverte une

réorientation de la démarche s'est opérée vers un modèle d'une part orienté par le problème scientifique, d'autre part en référence à l'activité des chercheurs. Brunet (1998) fait remonter à l'année 1987 l'enseignement par problèmes scientifiques dans notre enseignement, certainement en référence à l'École pragmatique nord-américaine (James, Peirce, Dewey). Progressivement c'est la notion de situation-problème qui va s'imposer en France ; l'intérêt qu'y voient Roland Flageul et Maryline Coquidé (1999) est qu'elle permet de centrer les apprentissages à la fois au niveau des connaissances et aussi au niveau des procédures d'élaboration des connaissances.

Un point qui nous paraît important à souligner : Dans situation-problème, il y a l'idée de « situation » comme point de départ, comme point d'ancrage de la réflexion, situation dans laquelle les concepts manipulés par les élèves vont prendre – à la fin de la démarche – un sens conforme aux concepts scientifiques que l'on veut faire construire.

Sans qu'une linéarité soit imposée, *les étapes relatives au problème à traiter apparaissent en première place dans le canevas de la démarche d'investigation des instructions officielles*. Pour la première rubrique intitulée « le choix d'une situation problème », le document du ministère demande aux enseignants d'élaborer un scénario d'enseignement en prenant en compte les savoirs visés, les acquis initiaux des élèves mais aussi les conceptions et difficultés persistantes, regroupant ici dans un même terme obstacles cognitifs et erreurs.

La rubrique « appropriation du problème par les élèves » qui fait suite insiste d'une part sur le rôle de l'enseignant pour aider à la reformulation par l'élève des questions et pour leur donner sens, d'autre part sur l'importance de laisser les élèves proposer leurs éléments de solution en vue de travailler leurs conceptions initiales.

Mathé & al. (2008) critiquent cette contextualisation telle qu'elle est mise en œuvre par certains enseignants. Outre que le critère principal semble être l'ancrage sur la « vie quotidienne », ils soulignent qu'elles procèdent dans de nombreux cas de « mise en récit » dont ils dénoncent le caractère quelque peu enfantin (alors que cette mise en scène est vue comme une source de motivation). Cet aspect en fait n'est pas nouveau. Bomchil et Darley (1998) avaient déjà pointé, dix ans plus tôt, le côté parfois artificiel des problèmes posés en classe de science et le fait que la phase de formulation, intégrée à une situation concrète, tendait – paradoxalement – à exclure l'élève. En pratique, ces derniers avaient observé une fermeture progressive du problème à l'origine de la formulation de l'hypothèse (plus rarement des hypothèses), l'enseignant imposant aux élèves de prendre en compte un ensemble de données jugées par lui indispensables. Prendre conscience d'un problème, soulignait Fabre (1999), suppose un arrière plan de connaissances pour que le problème prenne sens, or celui-ci, semble-t-il n'est que rarement mobilisé. Comme le souligne Darley (2007) le problème se situe à l'exacte frontière entre le supposé connu et l'inconnu et il est

donc absolument nécessaire d'avoir fait le rappel des connaissances en jeu. Faute de quoi, les problèmes pris en charge en classe de sciences ne peuvent prendre la forme de véritables constructions intellectuelles, et c'est, nous semble-t-il, là un obstacle fort à la prise de en charge par l'élève du problème comme étant le sien.

L'autre point fort est que dans l'intitulé même de cette étape, le terme de situation problème est utilisé, sans qu'il soit d'ailleurs défini. La centration de celle-ci sur les conceptions et obstacles des apprenants renvoie donc à la définition qu'ont pu en proposer des didacticiens comme Astolfi (1993) et Robardet (2001). Mais si la situation problème doit alors être perçue comme une véritable énigme, si elle vise effectivement le dépassement des obstacles, pour Orange (1993) elle est dès lors plutôt adaptée aux problèmes « extraordinaires » qui peuvent être reliées historiquement au problème de rupture des révolutions scientifiques évoqués plus haut. De fait, si on le suit, elles ne sauraient être systématisées et cela impose même une limitation de la quantité de situations problèmes réellement utilisables lors de l'application des programmes d'enseignement. Au-delà se pose la question du statut épistémologique des problèmes transposés en classe. Sur ce point, Mathé et al. (2008) ont montré que sur le terrain s'exprimait une grande diversité. Leur analyse de fiches TP proposées par des enseignants et mis en ligne sur divers sites académiques ont révélé différents types de problèmes que l'on peut regrouper en deux catégories :

- des problèmes à caractère technique : identification d'une substance chimique, mise au point d'un dispositif permettant d'obtenir un effet souhaité ;
- des problèmes à caractère « plus théorique » : interprétation d'un phénomène, établissement d'une relation entre deux concepts.

Ils soulignent avec beaucoup d'à-propos *qu'un même objectif du programme peut donner lieu à des problèmes de différentes natures, certains objectifs⁹ se prêtant néanmoins davantage à certains types de problèmes. Au niveau des instructions officielles il n'y aurait donc aucune prise en compte du fait que les problèmes n'ont pas tous le même statut épistémologique. Par ailleurs, pour Orange (1997) les savoirs scolaires proposés dans les programmes ne seraient pas en relation avec de réels problèmes scientifiques et fonctionneraient toujours comme des savoirs opérants extrinsèques.*

⁹ Ils donnent comme exemples : « étudier un phénomène, ses conditions d'apparition, les variables dont il dépend » ; ou encore « en donner une interprétation, une explication ». A l'inverse les objectifs « réaliser le test de reconnaissance de l'eau par la sulfate de cuivre anhydre » ; ou « décrire ce test » leur semblent se prêter beaucoup moins à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation.

La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles

Selon Favre et Rancoul (1993), *la possibilité d'expliciter des énoncés qui ont le statut d'hypothèses provisoires dont on précise progressivement le domaine de validité en utilisant une attitude réflexive est un critère fort de la démarche d'investigation scientifique.*

L'étape en question, telle que formulée dans le canevas introductif du ministère, débute dans les faits avec la phase d'appropriation du problème par les élèves : « les élèves proposent des éléments de solution qui permettent de travailler sur leurs conceptions initiales ». Cette précision est d'importance tant la mise en place du problème et formulation des hypothèses vont de pair, sont en interaction et se nourrissent l'une de l'autre (Darley, 2007). Et d'ajouter qu'en formulant une hypothèse, l'élève a, de manière plus ou moins consciente, mobilisé des connaissances.

Deux points sont ici à discuter : le premier concerne la nature de l'hypothèse, et notamment celle de la distinction prévision / prédiction ; le second renvoie à l'implication de l'élève dans son élaboration et sa formulation, et plus largement aux modalités de la situation.

A la suite de Popper, Mathé et al. (2008) proposent de distinguer *deux grands types d'hypothèses* :

- *des hypothèses comme anticipation de « mise en relation de concepts » ;*
- *des hypothèses « mise en relation d'un phénomène et d'un concept ».*

Il convient, soulignent-ils, de les différencier des simples prévisions, de nature essentiellement empiriques.

L'analyse des fiches conçues par des enseignants et mis en ligne sur le site du ministère leur a permis de mettre en avant le fait que le terme « hypothèse » est utilisé selon des sens variés. En premier lieu, ils notent que peu de fiches comportent une phase de formulation d'hypothèses et que dans les autres cas il peut s'agir soit de prévision (en relation notamment avec des problèmes à caractères techniques), soit de propositions de protocoles expérimentaux permettant d'obtenir un effet. De ce point de vue, le regroupement au sein du canevas « officiel » de la formulation des hypothèses et des protocoles possibles n'est pas de nature, sur ce point précis, à permettre une clarification. Au cours des entretiens avec les enseignants auteurs de ces fiches, ils font d'ailleurs le constat d'une confusion entre ces différents aspects. Certains enseignants, mentionnent-ils, semblent même utiliser ce terme comme équivalent d'une proposition conditionnelle, de « droit à l'erreur », que ce soit dans le domaine théorique ou pratique (Mathé et al., 2008, p. 59), et non comme un moment permettant un travail sur ces erreurs.

L'autre aspect se rapporte à l'engagement de l'élève au niveau de la sélection et la

formulation des conjectures et hypothèses, implication appelée de ses vœux par le texte du ministère. Là encore, les études réalisées sur la mise en œuvre de la démarche d'investigation scientifique dans les classes révèlent de vraies difficultés. Les auteurs suscités, notent que les hypothèses peuvent être imposées aux élèves par le texte même des fiches. En fait il semble que ces derniers sont soit placés dans des situations très contraintes, soit tout simplement peu associés à ce travail ou de façon très guidée.

En premier lieu, pour Schnneberger et Rodriguez (1999) les élèves sont fréquemment confrontés à des expériences qui visent chacune à valider une seule hypothèse – de façon courante l'hypothèse, correspondant au savoir visé – donc la question du choix est éludée. Mais, quand plusieurs propositions s'expriment, la sélection de l'hypothèse à tester fait très souvent intervenir l'autorité de l'enseignant et non, comme le regrettent Bomchill et Darley (1998). les critères énoncés par Claude Bernard et auxquels devrait être soumise toute proposition pour avoir le statut d'hypothèse scientifique, à savoir sa capacité à être testée expérimentalement et ne pas être en désaccord avec les données déjà disponibles. Et, en l'absence de toute explicitation des résultats expérimentaux, les élèves, soulignent-ils, ne sont plus en mesure de prendre conscience du rôle de l'hypothèse qui est de diriger la production de faits expérimentaux. Dès lors, selon eux, les données expérimentales sont à considérer comme des données au sens mathématique, c'est-à-dire des axiomes sur lesquels on pourra fonder un raisonnement déductif (et non plus hypothético-déductif).

Investigation par l'expérimentation

Pour cette 3^{ème} étape, le canevas ministériel insiste sur deux points :

- comme pour la phase d'hypothèse, l'importance d'une implication forte de l'élève, tant au niveau de la conception que lors de la réalisation des expériences, avec ici une insistance particulière sur la nécessité de promouvoir des confrontations entre les différentes propositions des élèves ;
- le statut de l'expérience, présentée comme moyen de tester les conjectures et hypothèses.

*Une première synthèse des études menées sur la question (Johsua et Dupin, 1993) mettait déjà en avant qu'au niveau de l'enseignement secondaire, les expériences sont principalement utilisées dans une perspective d'illustration de concepts, de vérification d'une loi, ou dans une démarche inductive (manipulation, observations et mesures, **conclusions**)¹⁰. Néanmoins il semble que ce ne soit pas là une spécificité française*

¹⁰ En France l'option sciences expérimentales de 1ère S des lycées a sans doute fait ici exception mais les enseignants et les élèves disposaient alors d'un temps conséquent et d'un cadre peu contraignant pour l'investigation empirique.

(Windschiti, 2003). De fait, les élèves se trouvent souvent confrontés à des expériences qui visent chacune à vérifier ou confirmer (et non à tester donc) une seule hypothèse correspondant au savoir visé (Schnneberger & Rodriguez, 1999).

Même à l'université l'absence de problématisation des protocoles semble une règle quasi générale note Darley (1996). En s'appuyant sur des analyses de Travaux Pratiques menées dans le cadre de sa thèse, il note que l'action (la manipulation) est survalorisée et rarement justifiée d'un point de vue théorique ; elle apparaît comme l'élément premier et spontané de la démarche de recherche (ouvrir ses yeux et manipuler d'abord, recueillir des indices et réfléchir ensuite) (Darley, 1996, p. 41).

De plus, les recherches citées ont mis en avant un engagement relativement faible des élèves, placés le plus souvent en situation d'exécuter des manipulations. D'une part les élèves n'ont que rarement le choix du protocole à adopter d'autre part la procédure de l'enseignant consiste à donner aux élèves une succession de consignes écrites et/ou orales très précises à accomplir. Dans ce cas, concluent ces auteurs, expérimenter revient à appliquer scrupuleusement des consignes données par le professeur.

La recherche de Mathé et al. (2008), plus récente, semble pointer une légère évolution. *Toutes les fiches analysées donnent une place importante à la réalisation d'expériences et la répartition des rôles entre l'enseignant et les élèves présente des différences d'une fiche à l'autre. L'option médiane apparaît majoritaire, l'élaboration des protocoles étant présentée comme à la charge des élèves mais avec des interventions plus ou moins marquées de l'enseignant. Si l'autonomie complète sur la phase de conception est apparue encore marginale (du fait des consignes, des contraintes de matériel), la réalisation en revanche semble le plus souvent à la charge des élèves. Ce qui fait dire à ces auteurs que l'expérimentation en TP au collège est encore largement limitée à une simple phase de manipulation, et ce malgré les incitations ministérielles.*

Mais, des propositions nouvelles, émanant de didacticiens des sciences, apparaissent – de ce point de vue – plus ambitieuses. Les séquences présentées dans l'ouvrage de Morge et Boilevin (2007) ménagent, au niveau de chaque étape, une large place à l'activité des élèves. Elles témoignent en outre de la variété des investigations qui peuvent être mises en œuvre dans les classes. Néanmoins, s'ils mettent en avant la référence à la pratique du chercheur, en privilégiant notamment une approche hypothético-déductive, ils insistent sur le fait qu'il s'agit là seulement d'une référence et qu'il ne convient aucunement de « reproduire » en classe un laboratoire de recherche scientifique. Par ailleurs, Coquidé, Fortin et Rumelhard (2009) soulignent que dans les sciences de la nature, il peut être difficile d'élaborer des situations qui garantissent à la fois une liberté de l'élève dans l'investigation et simultanément la construction conceptuelle visée par la situation.

En guise de conclusion

Cette présentation s'est limitée aux trois étapes de la démarche d'investigation (situation-problème, formation d'hypothèses et investigation expérimentale), principalement étudiées dans les recherches en didactique. Il conviendrait d'élargir cet état des lieux à d'autres temps de la démarche (échanges argumentés, acquisition, structuration et mobilisation des connaissances), pour lesquels les travaux existants ne sont pas directement liés à la mise en œuvre de démarches d'investigation. Par ailleurs, d'autres modes d'investigation (recherche documentaire, modélisation, ...) mériterait également d'être étudiés dans ce cadre.

Cette focalisation nouvelle sur la démarche d'investigation (DI) fait de son développement un enjeu fort de la formation des enseignants. Elle implique, au delà d'une réflexion sur les pratiques à mettre en œuvre, un travail sur les représentations des formés au sujet de cette démarche, d'une part au plan épistémologique, d'autre part au plan didactique.

Références

- Abd-El-Khalick F., & Lederman N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science : a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665- 701.
- Ames, C. (1984). Competitive, cooperative, and individualistic goal structures: A cognitive motivational analysis. In R. Ames & C. Ames (dir.), *Research on motivation in education : Student motivation* (Vol. 1, p. 177-208). New York, NY : Academic Press.
- Ames, C. (1992). Achievement goals and the classroom motivational climate. In D. H. Schunk & J. L. Meece (dir.), *Student perceptions in the classroom* (p.327-347). NJ : Erlbaum.
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre & M. Thellier (Eds.), *Elaboration et justification des modèles* (Vol. 1, pp. 3-19). Paris: Maloine S.A.
- Betton, S. & Coppé, S. (2005). Favoriser l'activité mathématique dans la classe : ouvrir les problèmes. *Bulletin de l'association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public* 461, 733-748.
- Bomchill S., & Darley B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? *Aster*, 26, 86-108.
- Brookfield, S.D. (1995). *Becoming a critically reflective teacher*. San Francisco : Jossey-Bass
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques* vol 7/2, 33-116. Grenoble : La Pensée Sauvage Editions.
- Brousseau G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics*. Dordrecht:. Kluwer Academic Publishers.
- Brousseau, G. (1998) *Théorie des Situations Didactiques* (1970-1990). Grenoble : La Pensée sauvage.
- Bunge, M. (1973). *Method and matter*. Dordrecht-Holland.: D. Reidel publishing company.
- Calmette B. (2009). Démarche d'investigation en Physique. Des textes officiels aux pratiques de classe, *Spirales*, 43, 139-148.
- Cariou J.-Y. (2002). La formation de l'esprit scientifique. Trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC. *Biologie Géologie*, 2, 279-318.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

- Cauzinille-Marmeche E., Mathieu J., & Weil-Barais A., (1983). *Les savants en herbe*. Berne : Peter Lang.
- Coppé, S & Grugeon, B. (à paraître). Le calcul littéral au collège : quelle articulation entre sens et technique ? *Actes du colloque de la CORFEM*, Caen, juin 2009.
- Coppé, S & Houdement, C. (à paraître). Résolution de problèmes à l'école primaire française : perspectives curriculaire et didactique. *Actes du colloque de COPIRELEM*, Auch, juin 2009.
- Coppé, S. (1993). *Processus de vérification en mathématiques chez les élèves de première scientifique en situation de devoir surveillé*. Thèse de l'Université Claude Bernard. Lyon I.
- Coquidé M., Fortin M., & Rumelhard G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limite, *Aster*, 49, 51-78.
- Coquidé M.-L., & al. (1999). Résistance du réel dans les pratiques expérimentales. *Aster*, 28, 107-130.
- Coulange, L. (2000). *Etude 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 équations en classe de troisième*. Thèse de l'Université de Grenoble.
- Darley B. (1996). Exemple d'une transposition didactique de la démarche scientifique dans un TP de biologie en DEUG 2ème année. *Didaskalia*, 9, 57-78.
- Darley B. (2005). Tentative de définition de quelques mots usuels en usage dans l'enseignement des sciences expérimentales. *Biologie-géologie*, 2, 265-277.
- Darley B. (2007). La démarche d'investigation et son vocabulaire. *Grand N*, 79, 99-112.
- Darley B. (2008). La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences. *Grand N*, 82, 31-52.
- Darnon, C., Butera, F., & Mugny, G. (2008). *Des conflits pour apprendre*. Grenoble: PUG.
- Desautels J., & Iaroche M. (1993). *Qu'est-ce que le savoir scientifique ?* Québec : Presse de l'Université Laval.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational enquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- diSessa, A. (2006). A history of conceptual change research: threads and fault lines. In K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 265-282). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7/2, 5-31.
- Drouhard, J. P. (1992). *Les écritures symboliques de l'algèbre élémentaire*. Thèse de l'Université de Paris 7.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. Strasbourg : *Annales de didactique et de Science Cognitives* 5, 37-65.
- Dweck, C.S. (1998). The development of early self-conceptions: Their relevance for motivational processes. In J. Heckhausen & C.S. Dweck (Eds.), *Motivation and self-regulation across the life span* (pp. 257-280). Cambridge: Cambridge University Press.
- Fabre M. (1999). *Situations problèmes et savoirs scolaires*. Paris : PUF.
- Favre D., & Rancoul Y. (1999). Peut-on décontextualiser la démarche scientifique ? *Aster*, 16, 29-46.
- Flageul R., & Coquidé M.-L (1999). Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs à sa mise en œuvre à l'école élémentaire. *Aster*, 28, 33-56.
- Gil-Perez D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, 17, 41-64
- Grangeat, M. (1999). Processus cognitifs et différenciation pédagogique. In Depover & Noël, *L'évaluation des compétences et des processus cognitifs, modèles, pratiques et contextes*. De Boeck.
- Grangeat, M. (2007a). Contribution d'une évaluation des dispositifs d'enseignement à la modification des conceptions professionnelles des enseignants. In M. Behrens (Ed.), *La qualité en éducation. Pour réfléchir à la formation de demain* (pp. 99-125). Montréal : Presses Universitaires du Québec.
- Grangeat, M. (2007b). Des dispositifs visant à développer les compétences des enseignants dans les activités collectives. In Symposium « Analyser le travail collectif des enseignants et des formateurs ». *Actes du Congrès international AREF*. Strasbourg : ULP
- Grangeat, M. (2008). *Coopérations et partenariats pour enseigner. Pratiques de l'éducation prioritaire*. Créteil : CRDP-SCEREN
- Grangeat, M., & Gray, P. (2007). Factors influencing teachers' professional competence development. *Journal of Vocational Education and Training*, 59(4), 485-501.
- Grangeat, M., Rogalski, J., Lima, L., & Gray, P. (2009). Analyser le travail collectif des enseignants : effets du contexte de l'activité sur les conceptualisations des acteurs.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Revue Suisse des Sciences de l'Éducation, 31 (1), 151-168.

Grugeon, B. (1995). *Étude des rapports institutionnels et des rapports personnels des élèves à l'algèbre élémentaire dans la transition entre deux cycles d'enseignement : BEP et Première G*. Thèse de l'Université de Paris VII.

Hacking, I. (1983/2005). *Representing an Intervening*. Cambridge: University Press Cambridge.

INRP (2010). *Formation de formateurs*. Retrieved : <http://www.inrp.fr/formation-formateurs/catalogue-des-formations/formations-2009-2010/former-les-enseignants-en-sciences-physiques-et-en-mathematiques/former-les-enseignants-en-sciences-physiques-et-en-mathematiques-1>

Jagacinski, C., Nicholls, J. G.(1987). Competence and affect in task involvement and ego involvement: The impact of social comparison information. *Journal of Educational psychology*, 79, 107-114

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). Energizing learning: The instructional power of conflict. *Educational Researcher*, 38, 37-51

Joshua S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *Aster*, 8, 29-54.

Joshua S., & Dupin J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.

Jorgensen, C. (2005). An inquiry-based instruction planning model that accommodates student diversity. *International Journal of Whole Schooling*, 1(2),5-14

Kali, Y. (2008). The Design Principles Database as a means for promoting design-based research. In A. E. Kelly, R. A. Lesh & J. Y. Baek (Eds.), *Handbook of Design Research Methods in Education* (pp. 423-438). London & New York: Routledge.

Kelly, A. E. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-4.

Kelly, A. E., Lesh, R. A., & Baek, J. Y. (Eds.). (2008). *Handbook of design research methods in education. Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*. New York: Routledge.

Lakin S., & Wellington (1994). Who will teach the « nature of science » ? : teachers' views of science and their implication for science education. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 175-190.

Le Boterf, G. (2003). L'ingénierie : concevoir des dispositifs dans des environnements complexes et évolutifs. *Éducation permanente*, 157 (4), 53-60.

Lepper, M. R., & Hodell, M. (1989). Intrinsic motivation in the classroom. In C. Ames & R.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

- Ames (Eds.), *Research on Motivation in Education: Goals and cognitions* (Vol. 3, pp. 73-105). New York: Academic Press
- Leroy, N. (2009). *Impact du contexte scolaire sur la motivation et ses conséquences au plan des apprentissages*. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation, Université Pierre-Mendès-France - Grenoble 2
- Lopes, J. B., Silva, A. A., Cravino, J. P., Costa, N., Marques, L., & Campos, C. (2008). Transversal Traits in Science Education Research Relevant for Teaching and Research: A Meta-interpretative Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 574-599.
- Malkoun, L., Coince, D., Tiberghien, A., Vince, J., & Groupe des professeurs SESAMES lycée. (2009). *Aider les élèves à apprendre. Réduire la distance entre les professeurs et les élèves / Helping students to learn. Mind the gap between teachers and students*. Lyon, France: UMR ICAR, Mind the Gap, FP7, project 217725.
- Mathé S., Méheut M., & De Hosson C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux. *Didaskalia*, 32, 41-76.
- Méheut M. (2006). Science Education Research and the Training of Science Teachers. *Science teaching in schools in Europe, policies and research*. Bruxelles, Eurydice, 55-72.
- Méheut M., De Hosson C., & Thauvin-Roy E. (2006). TP top, situation-problème, démarche d'investigation. *Bulletin de l'Union des physiciens*, 100, 835-846.
- Millar R. (1996). Investigation des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*, 9, 9-30.
- Morge L., & Boilevin J.-M. (dir.). (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN et CRDP d'Auvergne.
- Nott M. (1996). When the black box springs open : practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 7, 807-818.
- Orange C., Beorchea, F. Ducrocq, P. & Orange, D. (1999). Réel de terrain, réel de laboratoire et construction de problèmes en sciences de la Vie et de la Terre. *Aster*, 28, 107-130.
- Orange C. (1997). *Problème et modélisation en biologie*. Paris : PUF.
- Orlandi E. (1993). Conceptions des enseignants sur la démarche scientifique. *Aster*, 13, 111-132.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *A Report to the Nuffield Foundation* London: Nuffield foundation)

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

- Peterfalvi, B. (1991). Apprentissage de méthodes par la réflexion distanciée. In : "L'élève épistémologue". *Aster*. 12 . p. 185-217
- Piolti, C. & Roubin, S. (à paraître). Le calcul réfléchi : entre sens et technique. *Revue de l'APMEP*.
- Robardet G. (1995). *Didactique des sciences physiques et formation des maîtres : contribution à l'analyse d'un objet naissant*. Thèse : Université J. Fourier–Grenoble 1.
- Robardet G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union des physiciens*, 836, 1173-1190
- Robardet G., & Guillaud J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences*. Paris : PUF.
- Rocard, M., Cesrmley, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Herniksson, H., & Hemmo, V. (2007). Science education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Retrieved March 2010, from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le Travail Humain*, 57(4), 425- 443.
- Rogalski, J. (2002). Training for collective competence in rare and unpredictable situations. In N. Boreham, R. Samurçay, & M. Fisher (Éd.), *Work Process Knowledge* (p. 134-147). London: Routledge.
- Rogalski, J. (2005). Le travail collaboratif dans la réalisation des tâches collectives. In J. Lautrey & J. F. Richard (Eds.), *L'intelligence* (pp. 147-159). Paris: Hermès.
- Roletto E. (1998). La science et les connaissances scientifiques, *Aster*, 26, 11-30.
- Ruthven, K., Leach, J., Laborde, C., & Tiberghien, A. (2009). Design Tools in Didactical Research: Instrumenting the Epistemological and Cognitive Aspects of the Design of Teaching Sequences. *Educational Researcher*, 38(5), 329-342.
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54-67.
- Ryder J., & Leach J. (1998). Enseigner les pratiques effectives de la science : expérience d'étudiants en projets de recherche. *Didaskalia*, 12, 39-62.
- Sandoval, W. A., & Bell, P. (2004). Design-based research methods for studying learning in context: Introduction. *Educational Psychologist*, 39(4), 199-201.
- Schneeberger P., & Rodriguez R. (1999). Des lycéens face à une investigation à caractère expérimental en première S. *Aster*, 28, 79-106.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble : Éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

(PUR).

SESAMES. (2007-2010). Pour les Professeurs et leurs Elèves un Guide pour l'Apprentissage des Sciences et leur Enseignement (PEGASE). Retrieved March 2010, from pegase.inrp.fr.

Tiberghien A., Veillard L., le Marechal J-F, Buty C., & Millar R, (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85, 483-508.

Tiberghien, A. (2004). Causalité dans l'apprentissage des sciences. *Intellectica*, 38(1), 69-102.

Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275 - 2314.

Tiberghien, A., Vince, J., Gaidioz, P., & Coince, D. (sous presse). Professional development of teachers and researchers in a collaborative development of teaching resources. In C. Linder, L. Ostman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson & A. MacKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy*. New York: Routledge.

van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). Introducing educational design research. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.) *Educational Design Research* (pp. 3-7). London & New York: Routledge.

Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique. La part du sens commun*. Bruxelles: De Boeck.

Vosnadiou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.

Windschitl M. (2003). Inquiry projects in science teacher education : what can investigative experience reveal about teacher thinking and eventual classroom practice ? *Science Education*, 87, 1, 112-143.

Wittorski, R. (2008). Professionnaliser la formation : enjeux, modalités, difficultés. *Formation Emploi*, 101, 105-117.

Les textes officiels du MEN (Ministère de l'Éducation Nationale)

Bulletin Officiel de la République française n°11 du 24 mars 1977

Bulletin Officiel de la République française du 5 mars 1981

Bulletin Officiel de la République française n° 44 du 12 décembre 1985

Arrêté du 22 novembre 1995

Bulletin Officiel de la République française Hors Série n°5 du 9 septembre 2004

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Bulletin Officiel de la République française *Hors Série n° 5 du 25 août 2005*

Bulletin Officiel de la République française *Spécial n°6 du 28 août 2008*

Chapitre 1 Annexe : Cahier de charges proposé par le groupe SESAMES pour les enseignants de lycée en sciences physiques

Cahier des charges

Ce que nous entendons par activité :

L'activité permet à l'élève de découvrir un nouveau savoir ou savoir-faire, cela la différencie d'un exercice qui est un outil d'entraînement, de répétition. L'activité doit permettre à l'élève une grande autonomie : il doit pouvoir comprendre l'énoncé sans aide et doit pouvoir fournir des réponses aux questions posées. Ces réponses peuvent être incorrectes du point de vue de la physique.

Situation de l'activité dans l'organisation des connaissances :

L'activité doit s'insérer dans une progression, il est donc important d'évaluer avant sa rédaction ce qui a été introduit avant et sur quelles connaissances l'élève peut s'appuyer lorsqu'il l'aborde.

Critères qui nous paraissent essentiels :

- L'objectif de l'activité ou le but doit être précis (le titre de l'activité peut parfois évoquer ce but).
- Chaque question posée n'implique pas un trop grand nombre de tâches.
- L'activité est construite de façon à réduire les difficultés qui ne font pas partie de l'enjeu de l'activité : conversions, changements d'unités, calculs compliqués, etc.
- Quand cela est possible, l'attention des élèves est attirée sur les mots désignant des concepts dont le sens est différent en physique, dans la vie quotidienne, en mathématiques ; une ou plusieurs questions de l'activité peuvent être consacrées à cette difficulté.
- Le sens des termes justifier, décrire, montrer, indiquer, etc. est rendu le plus explicite possible. Par exemple : justifier à l'aide des observations, justifier à l'aide des connaissances de la vie quotidienne, justifier à l'aide du modèle, justifier par un calcul, justifier à l'aide des données du texte... Les demandes implicites liées à un contrat plus ou moins clairement établi avec les élèves en classe sont évitées.
- Quand cela est pertinent, la justification auprès des élèves du choix de l'expérience,

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

des paramètres, du matériel utilisé est pris en charge dans l'activité afin de rendre la démarche du physicien moins arbitraire.

- Le texte de l'activité distingue ce qui relève des objets et des événements (monde matériel) et ce qui relève des théories et des modèles. Par exemple il est préférable de dire que l'air peut être décrit dans les conditions de l'expérience par le modèle du gaz parfait plutôt que dans l'expérience l'air est un gaz parfait.

De plus, quand cela est possible :

- Il est intéressant d'inviter l'élève à prévoir ce qui va se passer, ce qu'il va voir avant l'expérience.
- Il est primordial, quand le sujet s'y prête, d'aider les élèves à exprimer ce qu'ils savent sur le sujet que cela soit en lien avec leurs connaissances quotidiennes ou avec ce qu'ils ont appris en physique (conceptions).
- Afin de permettre à tous les élèves d'adhérer à la démarche, il est préférable de commencer une séquence par une activité simple ne demandant que des connaissances antérieures bien stabilisées.
- Une activité est là pour favoriser le débat entre élèves, ils peuvent par exemple se mettre d'accord à plusieurs sur la réponse à apporter à la question posée avant de la rédiger. Il est important que l'élève conserve une trace de ses réponses, la correction de l'activité ne doit pas faire disparaître la réponse de l'élève mais doit l'accompagner.

Chapitre 2 Annexe 1 : Étudier le travail collectif enseignant

Michel Grangeat – 2010

La théorie de l'activité constitue un cadre théorique utile pour comprendre les aspects collectifs du travail enseignant. Elle est fondée sur l'idée selon laquelle, pour comprendre l'individu au travail, il faut étudier les interactions qui existent dans le contexte de son activité et celles que cette personne entretient avec ce contexte. La communauté des professionnels est un des éléments de ce contexte.

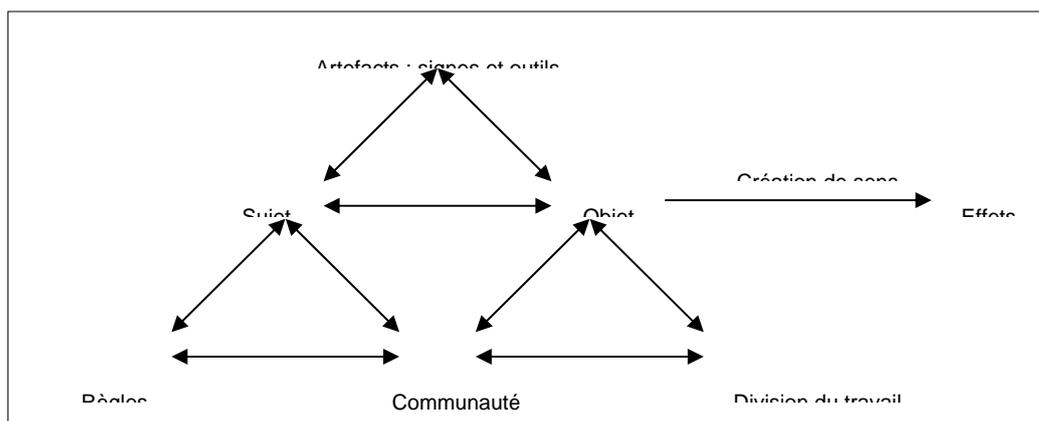


Figure 1 : Le système d'activité de l'individu au travail

Selon le modèle proposé par Engeström (2001), l'individu est partie prenante d'un ensemble représenté par son système d'activité, voire par ses systèmes d'activité (cf. figure 1). Ces systèmes, qui correspondent à chaque situation de travail, sont orientés par les buts qui permettent d'obtenir les effets souhaités à travers les objets de l'activité. Ils dépendent des artefacts et de la manière dont le sujet se les approprie ; des règles d'action et du répertoire de règles disponibles ; de la manière dont le travail est divisé, organisé ; du type de communauté dans lequel le sujet est inscrit, de la culture de cette communauté ; des relations que l'acteur entretient avec chacun de ces éléments. Le moteur du développement est situé dans le fait d'avoir à surmonter les contradictions dues à des changements dans la communauté, les règles prescrites, les outils, etc. L'ensemble des éléments de ce système d'activité qui est pris en compte par chaque professionnel et qui contribue à guider son action constitue le modèle opératif individuel (Grangeat & Gray, 2007). L'organisation et

l'étendue de ce modèle caractérisent le développement professionnel : l'activité professionnelle est plus adéquate quand la personne prend mieux en compte les différents éléments du système (Grangeat, 2008).

Cependant, les aspects collectifs du travail jouent un rôle de plus en plus important dans l'activité des personnes, y compris dans l'enseignement. Les chercheurs s'efforcent donc d'établir des cadres théoriques et méthodologiques permettant de comprendre la manière dont les personnes connectent leurs activités au sein des collectifs et des réseaux. Une modélisation consiste à penser que la signification attribuée à l'objet du travail évolue (cf. figure 2). Cette transformation débute par un point de vue personnel (e.g. objet 1: un élève spécifique sous la responsabilité de tel enseignant) et avance vers une catégorisation (e.g. objet 2 : un apprenant présentant telle caractéristique). Selon l'expérience des personnes, la nature de la communauté, l'organisation du travail, cette nouvelle signification peut être partagée dans le collectif (e.g. objet 3 : une signification construite collectivement de la situation de l'apprenant et du plan d'action qui lui est destiné). La communauté des professionnels inscrit ses réflexions et organise ses actions à l'intérieur de cette espèce de monde commun que l'on peut nommer une représentation opérative partagée (Rogalski, 2002).

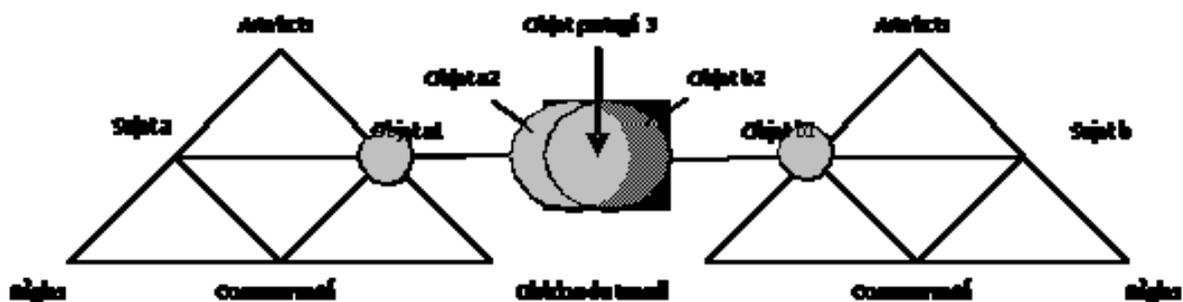


Figure 2 : Articulation entre les systèmes d'activité de deux personnes

L'évolution de l'étendue de cette signification commune et la nature de son articulation avec les règles prescrites marqueraient le développement professionnel des personnes dans le cadre du collectif. La formation professionnelle contribue à l'élaboration de ce monde commun lorsqu'elle vise à permettre aux acteurs de co-construire de nouvelles significations partagées (Stevenson, 2000). C'est l'application pratique de cette idée qui est testée, dans le cadre du projet européen S-TEAM, à travers les séminaires d'analyse des pratiques professionnelles (SAPP) dans lesquels sont impliqués les enseignants débutants ou à travers les groupes SESAMES pour les enseignants en poste.

Référence

- Engeström, Y., & Young, M. (2001). Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-56,157-61.
- Grangeat, M. (2008). Teachers' knowledge: a synthesis between personal goals, collective culture and conceptual knowledge. Paper for European Conference on Educational Research (ECER), Gothenburg, Sweden. Retrieved from <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/176227.pdf>
- Grangeat, M., & Gray, P. (2007). Factors influencing teachers' professional competence development. *Journal of Vocational Education & Training*, 59(4), 485-501.
- Rogalski, J. (2002). Training for collective competence in rare and unpredictable situations. In N. Boreham, R. Samurçay, & M. Fisher (Éd.), *Work Process Knowledge* (p. 134-147). London: Routledge.
- Stevenson, J. (2000). Working Knowledge. *Journal of Vocational Education & Training*, 52(3), 503.

Chapitre 2 Annexe 2 : Questionnaire destiné aux professeurs qui ont participé aux groupes SESAMES

1. Vous êtes professeur de mathématiques de sciences physiques

Autre (précisez)

2. Actuellement vous enseignez en Collège en Lycée

3. Quelle est votre ancienneté dans le métier ?

4. Depuis combien de temps participez-vous au travail des groupes SESAMES ?

ou pendant combien de temps avez-vous participé au travail des groupes SESAMES ?

5. A quel groupe SESAMES appartenez-vous ou avez-vous appartenu ?

SESAMES mathématiques années

SESAMES pluridisciplinaire années

SESAMES physique lycée années

SESAMES chimie années

6. Comment avez-vous intégré un groupe SESAMES ?

par connaissance d'une personne du groupe

lors d'un stage

par le site

sollicité par quelqu'un

autre (précisez) :

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

7. Quelles ont été vos motivations et questions pour participer aux groupes SESAMES ?

8. Le travail effectif du groupe est-il en accord avec ce que vous attendiez ?

Oui en quoi

Non en quoi

9. Citer 2 ou 3 thèmes importants que le groupe a travaillés cette année ou les années précédentes (ces thèmes peuvent être relatifs aux savoirs, à la gestion de classe, à l'évaluation, etc).

10. Citer 2 ou 3 thèmes que vous avez approfondis vous-même en lien avec ceux cités ci-dessus.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

11. Parmi ces éléments, noter ceux qui vous paraissent essentiels pour la production de ressources en vue d'améliorer l'enseignement (ou pour aider les collègues) pour le travail fait dans le groupe SESAMES auquel vous participez (ou vous avez participé) ? de 1 (peu essentiel) à 3 (essentiel)

1 peu essentiel	2	3 essentiel
--------------------	---	----------------

Le suivi du travail, les réunions régulières

Les discussions entre les professeurs du groupe

Les discussions entre professeurs et chercheurs

L'élaboration des séances/séquences de classe

L'élaboration des outils pour la conception des activités ou des progressions

L'élaboration des outils pour la gestion de classe

Les essais dans les classes, les analyses et les modifications faites en retour

La préparation des stages

La gestion du site

Autre :

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

12. Parmi les ressources proposées ci-dessous,

séquence d'enseignement

problèmes/activités sur un thème

évolution/raffinement d'une séquence ou d'activités/problèmes

outils de formation/réflexion pour les enseignants

cahier des charges

autres

Pourriez-vous en choisir 3 par ordre d'importance (de la plus importante à la moins importante) qui vous semblent être :

-les plus importantes pour aider les collègues

- celles pour lesquelles le travail que peut faire un groupe comme ceux de Sesames (quelques enseignants, 1 ou 2 chercheurs, réunions régulières, ...) est le plus adapté

13. Le groupe vous a-t-il aidé à construire ?

Un vocabulaire commun citez quelques exemples :

Des points de vue communs sur quoi et lesquels :

Autres précisez

14. Quel(s) rôle(s) attribuez-vous aux chercheurs ?

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

15. Dans votre établissement, travaillez –vous avec d’autres collègues ?

oui souvent quelquefois non jamais

Si oui, avec quels collègues ?

Sur quoi porte votre collaboration ?

16. Le groupe vous a –t -il aidé à modifier votre pratique ? oui non

Si oui, citez 2 ou 3 éléments. Préciser s’ils portent sur les savoirs, la gestion de classe, la prise en compte des élèves, l’évaluation ou autre.

Savoirs enseignés	Gestion de classe	Prise en compte des élèves	Evaluatio n	autre
----------------------	-------------------------	-------------------------------------	----------------	-------

17. Avez vous modifié la façon de préparer votre enseignement ? oui non

Si oui, comment ?

18. Avez-vous modifié votre mise en œuvre dans la classe ? oui non

Si oui, comment ?

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

19. Avez-vous modifié les analyses de ce qui se passe dans la classe ?

oui non

en quoi ?

Avez vous modifié vos évaluations ? oui non

En quoi ?

20. Est ce que votre regard a évolué ?

Beaucoup Un peu Pas du
tout

sur les programmes officiels

sur les discours institutionnels

sur les manuels

sur les ressources Internet

sur les élèves

sur l'anticipation de leurs réponses

sur l'anticipation leurs procédures, leur
démarches

sur les erreurs des élèves

sur les échanges avec vos collègues

Autres :

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

21. Concernant les élèves, est ce que vous avez modifié votre appréciation sur :

Beaucoup	Un peu	Pas du tout
----------	--------	-------------

leur capacité à trouver

leur capacité à travailler ensemble

leur capacité à débattre

leur capacité à trouver leurs erreurs

leur investissement

Autres :

22. Vous souhaitez faire entrer un dans le groupe, donnez lui quelques arguments pour le convaincre

Merci du temps passé à remplir ce questionnaire

Chapitre 3 Annexe : Programme des journées de formation de formateurs

Former des enseignants en sciences physiques et en mathématiques : outils d'analyse, de conception et de mise en œuvre de situations d'enseignement et de formation (INRP, janvier 2010)

Semaine du 11 au 15 janvier 2010

Module 1 : Outils d'analyse de situations d'enseignement et de formation en sciences physiques et en mathématiques

Lundi 11 janvier 2010	
<i>Ancrages épistémologiques et théories d'enseignement et d'apprentissage</i>	
9h30-10h30	Ouverture. Présentation de la formation. Recueil des attentes des participants. <i>Didier Coince, Sylvie Coppé, Jana Trgalova</i>
10h30-11h30	Exposé « La modélisation en sciences physiques : comprendre le fonctionnement des sciences physiques pour mieux les enseigner et les apprendre » <i>Andrée Tiberghien, Didier Coince</i>
11h30-12h00	Travail par groupes autour des hypothèses d'apprentissages <i>Didier Coince, Patrice Venturini</i>
12h00-13h30	Pause déjeuner : repas pris ensemble dans un restaurant près de l'INRP
13h30-14h30	Mise en commun des discussions et débat
14h30-15h15	Exposé « Eléments d'épistémologie et hypothèses d'apprentissage pour l'enseignement des mathématiques » <i>Sylvie Coppé, Jana Trgalova</i>
15h30-17h15	<i>Atelier d'analyse de quelques situations de physique et de mathématiques</i> <i>Didier Coince, Jana Trgalova</i>

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

17h15-18h00	Discussion sur les contenus de la journée Didier Coince, Andrée Tiberghien, Sylvie Coppé, Jana Trgalova
-------------	--

Mardi 12 janvier 2010	
<i>Outils pour analyser des situations d'enseignement</i>	
8h30-9h30	Exposés : 1. Contraintes institutionnelles de l'enseignement <i>Sylvie Coppé</i> 2. Différents types de dialogues <i>Patrice Venturini</i> 3. Principes conduisant à un engagement disciplinaire productif <i>Patrice Venturini</i>
9h30-10h30	Présentation d'outils et de grilles d'analyse de situations <i>Gilles Aldon, Didier Coince</i>
10h45-12h30	Ateliers disciplinaires d'analyse des activités et des situations à l'aide d'outils et grilles présentées <i>Gilles Aldon, Didier Coince</i>
12h30-14h00	Pause déjeuner : repas libre pris dans des restaurants alentours
14h00-15h30	Ateliers (suite)
15h30-16h00	Mise en commun des ateliers <i>Gilles Aldon, Didier Coince</i>
16h00-16h30	Bilan des deux premières journées <i>Didier Coince, Sylvie Coppé et Jana Trgalova</i>

Module 2 : Outils et modèles de conception et de mise en œuvre de situations d'enseignement et de formation en sciences physiques et en mathématiques

Mercredi 13 janvier 2010	
Outils pour concevoir des situations d'enseignement	
9h30-11h00	Conception de situations pour la classe (exposés) <i>Didier Coince, Sylvie Coppé, Sophie Soury-Lavergne</i>
11h00-12h00	Présentation de deux situations par les stagiaires <i>Sophie Soury-Lavergne</i>
12h00-12h30	Lien entre le contrat didactique et les hypothèses d'apprentissage <i>Didier Coince, Andrée Tiberghien</i>
12h30-14h00	Pause déjeuner
14h00-17h00	Ateliers d'élaboration de situations d'enseignement ou de formation <i>Didier Coince, Sophie Soury-Lavergne</i>

Jeudi 14 janvier 2010	
Outils pour concevoir des situations d'enseignement et pour analyser leur mise en œuvre en classe	
9h00-10h30	Ateliers d'élaboration de situations d'enseignement (suite) <i>Didier Coince, Sophie Soury-Lavergne</i>
10h30-12h00	Analyse croisée des débuts de production <i>Didier Coince, Jana Trgalova</i>
12h00-13h30	Pause déjeuner
13h30-15h30	Atelier (suite) : Retour à la conception de situations suite aux retours critiques <i>Didier Coince, Jana Trgalova</i>
15h45-17h00	Analyse de déroulement de situations de classe à partir de vidéos <i>Sylvie Coppé, Andrée Tiberghien</i>

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

Vendredi 15 janvier 2010	
Point de vue du formateur	
9h00-10h30	Les stagiaires comme formateurs <i>Sylvie Coppé, Andrée Tiberghien</i>
10h30-11h30	Différents modèles de formation <i>Sylvie Coppé</i>
11h30-12h30	Présentation de dispositifs de formation <i>Interventions de stagiaires</i>
12h30-14h00	Pause déjeuner
14h00-15h00	Présentation de dispositifs de formation <i>Didier Coince, Sophie Soury-Lavergne</i>
15h00-16h00	Bilan de la formation <i>Sylvie Coppé, Didier Coince et Jana Trgalova</i>

Chapitre 4 Annexe : Fiches SAPP S-TEAM

Fiche “Motivation, diversité des élèves et démarches d’investigations

FICHE SAPP S-TEAM

MOTIVATION, DIVERSITE DES ELEVES ET DEMARCHES D’INVESTIGATION

PROPOSITION DE PISTES D’ACTION - PHASE DE SYNTHESE

Le choix d’une situation problème par le professeur

Au cours de cette première étape l’enseignant doit déterminer les objectifs à atteindre par les élèves et mettre en place un scénario d’enseignement qui tienne compte de la diversité du niveau initial des élèves et de leurs représentations initiales

Il est donc nécessaire de choisir un domaine d’étude qui fasse partie de l’environnement culturel des élèves. Les élèves ont en effet beaucoup d’idées sur les phénomènes qu’ils ont pu rencontrer dans leur expérience personnelle. Il est donc important de sonder ces idées ou « représentations initiales » car cela aide l’enseignant à prendre connaissance du raisonnement des élèves et ainsi à proposer une activité qui soit leur adaptée.

Pour qu’un élève cherche effectivement à résoudre un problème il faut que celui-ci ait un sens pour lui. Or, ce problème aura d’autant plus de sens que l’élève aura lui-même participé à son émergence. Il faut que le problème proposé devienne son problème. Sonder ses conceptions initiales permet donc de mettre en place le problème à résoudre et de lui donner un ancrage au niveau de son vécu et de son expérience personnelle. Les élèves seront plus susceptibles de s’engager dans l’apprentissage et de se focaliser sur la compréhension du contenu d’une activité lorsqu’ils perçoivent des raisons significatives de s’engager dans cette dernière et lorsque la tâche présente une pertinence d’un point de vue personnel. Pour cela on peut sensibiliser les élèves à se poser certaines questions (quelle utilité cette activité a-t-elle pour moi dans ma vie quotidienne ? et dans ma vie scolaire ? Comment cette activité peut elle me servir dans la future profession. ?).

Toutefois s’il est important d’insister sur les retombées et sur l’utilité des activités proposées,

il est également nécessaire de valoriser les apprentissages en soi de manière à ce que l'activité ne soit pas simplement accomplie pour des raisons extrinsèques et éviter ainsi de promouvoir de type de motivation. Il ne suffit pas simplement valoriser les conséquences de l'apprentissage, encore faut-il insister sur l'apprentissage en tant que tel et la satisfaction de mieux comprendre le monde qui les entoure.

L'appropriation du problème par les élèves

Dans la phase d'appropriation du problème par les élèves, il est préconisé de faire émerger les différents éléments de solutions proposés par les élèves de manière à travailler sur les conceptions initiales de ces derniers notamment par la confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème à résoudre.

Au cours de cette phase, c'est l'enseignant qui a en charge la gestion des modes de groupement des élèves. Or, ce mode de regroupement peut avoir des implications différentes selon certaines caractéristiques des élèves.

Les stratégies de regroupement des élèves doivent donc tenir compte de leur diversité et viser la constitution de groupes où chacun se sent capable d'apporter une contribution significative.

Slavin (cf site www.successforall.net) propose trois éléments clé pour structurer le travail de groupe pour le rendre efficace

1. Insister sur l'identification au groupe : c'est-à-dire constituer des groupes hétérogènes au sein desquels c'est le but commun qui compte.
2. Toutefois, si chaque groupe travaille pour un but commun en collaboration pour résoudre un problème, chaque élève est responsable individuellement de l'atteinte d'un sous-but dans la mesure où ce n'est pas le groupe qui doit être évalué mais chaque production individuelle produite au sein du groupe.
3. Des opportunités de réussite équitable pour tous : les élèves et les différents groupes ne doivent pas être mis en compétition les uns avec les autres. Les élèves sont mis en compétition avec eux-mêmes (c'est-à-dire en compétition avec leur performance passée ce qui implique des comparaisons auto-référencées plutôt qu'hétéro-référencées). De cette façon, chaque élève au sein du groupe a des chances égales de réussite.

L a phase d'échange argumenté autour des propositions élaborées par les élèves

Au cours de cette phase d'échanges, les enseignants ont pour mission d'accompagner le

débat autour de la validité des propositions et des arguments formulés par les élèves.

L'enseignant peut alors délivrer un certain nombre de feedback aux élèves.

Les récompenses/ les compliments sont souvent utilisés pour inciter les élèves à s'engager dans des comportements désirés et pour les motiver (Lepper et Hodell, 1989). Or, ces derniers ne produisent pas toujours les effets désirés même s'ils sont délivrés avec de bonnes intentions. Sous certaines conditions ils peuvent avoir des effets contre-intuitifs.

Ryan et Deci (2000) ont notamment montré qu'elles pouvaient produire une diminution de la motivation intrinsèque lorsqu'ils sont perçus comme contrôlants (récompenses associées à un niveau de performance atteint ou compliment relatif à l'intelligence) ou non (feedback relatifs aux efforts, compliment concernant la progression de l'élève).

En outre, ces différents types de feedback peuvent avoir des conséquences différentes au plan de la motivation selon le niveau de perception de soi des élèves ou selon le type de buts d'accomplissement qu'ils poursuivent. Étant donné que l'enseignant ne maîtrise pas ce genre de facteurs et n'a souvent pas connaissance du niveau de confiance en soi ou des buts poursuivis par les élèves, il serait plus pertinent de récompenser les élèves pour leurs efforts (dans l'élaboration des conjectures, d'hypothèses) pour accroître leur motivation car l'attribution d'un échec ou d'un succès aux efforts entraîne un sentiment de contrôle ainsi qu'une association entre réussite et effort ce qui *in fine* encourage l'orientation vers la maîtrise. Les travaux de Dweck (1998) ont montré que les élèves récompensés pour leur intelligence s'orientaient davantage vers des buts compétitifs que des élèves récompensés pour leurs efforts qui eux, se focalisaient sur l'amélioration de leur niveau personnel.

Phase d'élaboration de la connaissance

Cette phase concerne, outre les exercices qui permettent d'automatiser certaines procédures et de mettre en œuvre des connaissances acquises dans de nouveaux contextes (réinvestissement), une phase d'évaluation des connaissances et des compétences méthodologiques.

La façon dont les élèves sont évalués est l'un des facteurs les plus saillants de la classe qui puisse affecter la motivation de l'élève. La question qui se pose ici relève de l'importance des perceptions qu'ont les élèves de ces évaluations.

Ames et Ames (1984a, 1992) avancent qu'une évaluation qui accentue les habiletés en soulignant les réponses correctes et les comparaisons sociales favorisent une orientation vers la compétition. L'annonce des différents scores dans un ordre décroissant ou bien encore les classements publics constituent maintes occasions d'établir des comparaisons normatives qui ont un impact défavorable sur leur motivation. En effet un élève classé faible

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

aura tendance à éviter la prise de risque afin de préserver une bonne image de lui-même et cela se concrétisera par des buts d'évitement dont on sait qu'ils sont nuisibles à la motivation. Par ailleurs, les notes, lorsqu'elles sont perçues comme une tentative de contrôle (interrogation surprise), sont ressenties comme des contraintes et font ainsi baisser le sentiment d'autonomie des élèves. De fait, les élèves s'engagent dans des stratégies d'apprentissage superficielles ce qui cause *in fine* de faibles apprentissages.

Comme le soulignent Jagacinski et Nicholls, (1987) ce qui est problématique n'est pas la disponibilité de l'information normative mais plutôt son accentuation par le type d'évaluation.

Pour contrer ces effets négatifs il devient alors important d'évaluer les progressions individuelles de chaque élève et de les référer à l'atteinte des objectifs fixés au départ (importance du feedback mais aussi du positionnement de l'élève par rapport à l'atteinte du but.)

Si l'élève compare ses performances présentes à ses performances antérieures, il est possible de lui faire prendre conscience de ses progrès personnels. Ceci est notamment réalisable par la mise en place d'un contrôle continu visant l'évaluation de buts à courts termes plutôt que de mettre en place des évaluations périodiques. Ces progrès leur fourniront des indices sur lesquels ils pourront se fonder plus fréquemment pour juger leur compétence plutôt que d'établir un jugement négatif qui se cristallise dans le temps et qui n'est que faiblement renseigné au cours de l'année. En rendant la satisfaction personnelle dépendante de son propre niveau, l'élève se crée des auto-encouragements pour persister dans ses efforts jusqu'à ce que ses performances atteignent le niveau désiré. La satisfaction anticipée de l'atteinte du niveau fixé fournit également des éléments de motivation et des encouragements immédiats qui guident les efforts.

Le contrôle continu permet aussi à l'enseignant d'avoir une trace des progressions individuelles des élèves et pas seulement un niveau de performance à un moment donné. Les feedback qu'ils peuvent ensuite délivrer à leurs élèves seront fondés sur les progressions individuelles de chacun.

Fiche “Motivation, autonomie des élèves et démarches d’investigations

FICHE SAPP S-TEAM

MOTIVATION, AUTONOMIE DES ELEVES ET DEMARCHES D’INVESTIGATION

PROPOSITION DE PISTES D’ACTION - PHASE DE SYNTHESE

La notion d’autonomie est très présente dans les activités ouvertes et les activités fondées sur les DI dans la mesure où ce sont des stratégies d’enseignement qui sont censées être centrées sur l’élève et laisser place à la manipulation, à l’expérimentation et au travail en groupe (situation au cours de laquelle les élèves doivent faire preuve d’initiative).

L’un des objectifs DI est d’encourager les élèves à devenir plus autonomes, à faire des choix dans le domaine des idées (dévoiler leurs représentations initiales) comme dans le domaine des comportements (prise de décision et mise en œuvre d’une expérimentation).

On préconise alors l’utilisation du travail par groupe de petit effectif (binôme ou groupes de 3 élèves) de manière à favoriser la **collaboration et la participation** de chacun.

Le but poursuivi est alors de permettre à l’élève de s’émanciper vis-à-vis de l’enseignant, afin de contrôler une part de ses apprentissages. L’enseignant n’est donc plus celui qui toujours impose, désigne ou édicte, il devient une ressource pour mieux apprendre.

Ce faisant, il encourage les élèves à **s’approprier le problème** (que cherche-t-on ?) et à s’émanciper.

Cette émancipation/autonomisation se caractérise selon Grangeat (1999) par trois espaces (cf. figure 1).

Se distancier	<p>C’est établir un espace entre soi et l’activité pédagogique.</p> <p>C’est réinvestir dans des contextes plus ou moins éloignés, une connaissance acquise par ailleurs.</p> <p>Afin d’attribuer aux savoirs scolaires un sens suffisant pour les considérer comme des objets intellectuels répondant à une classe de problèmes</p>
---------------	--



S'émanciper	C'est se libérer de l'emprise directe de l'enseignant Et construire soi-même son activité intellectuelle. C'est utiliser son intelligence en dehors de la présence de tout éducateur. Afin d'exercer un contrôle sur l'extension de sa connaissance du monde, une régulation de son évolution intellectuelle.
Se détacher	C'est quitter ses routines, ses cadres de pensée habituels, tout ce qui semble aller de soi. C'est modifier ses propres inclinations spontanées. Afin d'établir une coordination entre son propre point de vue initial et celui d'autrui, d'enrichir son répertoire de stratégies cognitives.
La réussite des apprentissages, c'est toujours améliorer l'autonomisation.	

Figure 1 : les trois domaines d'autonomisation

Plus spécifiquement, dans DI les différentes étapes du canevas peuvent être mises au service de ce processus d'autonomisation des élèves.

L'appropriation du problème ou du projet par les élèves (se détacher)

Dans la phase d'appropriation du problème présentée dans le canevas de la DI, on peut soutenir l'autonomie des élèves en les incitant à **faire émerger les éléments de solution** notamment en provoquant la confrontation de leurs éventuelles divergences.

Il est alors important **d'attribuer une responsabilité individuelle** à chaque élève au sein du groupe : car c'est la production individuelle qui compte avec un objectif de progression personnelle.

La pratique volontaire d'une activité pour l'intérêt qu'elle présente en elle-même est considérée comme la plus souhaitable et la plus adaptée aux apprentissages scolaires dans la mesure où elle pousse l'individu à rechercher des situations présentant un certain niveau de défi, à exercer ses capacités et à persévérer face à la difficulté

Mise en œuvre de la recherche ou du projet (s'émanciper)

Dans cette seconde phase, l'enseignant doit jouer le rôle de **guide** en aidant notamment les élèves à formuler les questions à recentrer les débats internes à chaque groupe d'élèves en

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

encourageant l'expression de ces derniers en aidant notamment à reformuler leurs questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le problème à résoudre qui doit être compris par tous.

Il doit également donner des indications concernant la progression des élèves dans la construction de la démarche mise en place par les élèves pour répondre aux questions posées par la situation-problème (ou situation déclenchante). C'est en cela que l'enseignant doit jouer ce rôle de guidage et garder à l'esprit que l'élève doit être acteur (un agent autonome / autodéterminé) et non un exécutant.

Pour assurer ce rôle de **guidage**, l'enseignant peut fournir à l'élève un certain nombre d'information sur sa progression personnelle (i.e. des feedback informatif). Ces derniers devant être fondés sur une norme auto référencée de progression et non des feedback normatifs de comparaison (« untel a mieux réussi que toi »). Les feedback comparatifs étant source de pression sur le sentiment de compétence et d'autonomie et ferait baisser la motivation intrinsèque.

Il peut également, fournir des opportunités de développer l'indépendance et la responsabilité des élèves. **Développer de façon coordonnée** des capacités techniques et intellectuelles.

L'enseignant s'efforce d'utiliser un langage de type informationnel, c'est-à-dire un mode de communication qui permettrait à l'élève de repérer les éléments lui permettant de poser un diagnostic sur les causes de ses difficultés éventuelles et les points pouvant être améliorés.

Échanges argumentés autour des propositions élaborées par les élèves **(se détacher)**

Récompenser les élèves pour leurs efforts (élaboration des conjectures, conduite de la recherche) : provoquer une focalisation des élèves sur l'amélioration de leur niveau personnel.

Formuler des attentes élevées pour tous les élèves y compris ceux dont le niveau scolaire est faible : montrer que l'enseignant a des objectifs pour eux et s'efforce de les aider.

Reconnaître les difficultés rencontrées par les élèves : soutenir le sentiment et la perception de compétence.

Informer les élèves sur leurs **progrès** et l'atteinte des objectifs fixés : encourager.

Élaboration de la connaissance (s'émanciper, se détacher)

Bâtir un environnement d'acceptation et de valorisation entre les élèves pour que chacun se sente capable d'apporter une contribution significative.

Élargir les formes d'interactions sociales pour valoriser le développement de compétences sociales et encourager les valeurs humaines.

Délivrer des messages visant à communiquer la signification, l'utilité et l'importance associées aux comportements dans lesquels l'enseignant souhaiterait voir les élèves s'engager.

Reconnaître les affects, c'est-à-dire à prendre en considération les réactions émotionnelles manifestées par les élèves au cours de l'apprentissage.

Réinvestissement (se distancier, s'émanciper, se détacher)

L'enseignant guide la classe dans la réponse à la question « à quoi va servir ce que l'on a appris? ». L'enseignant doit institutionnaliser les connaissances, c'est-à-dire valider les connaissances qui auront été produites par les élèves tout au long de la démarche d'investigation.

L'enjeu ici est de conduire les élèves à reconnaître et à identifier leurs connaissances de manière à réellement s'approprier et à internaliser les savoirs.

Les connaissances produites par les élèves doivent donc servir de ressources et doivent être réutilisées par l'enseignant de manière à consolider les connaissances et à ce que les élèves internalisent ces dernières.

Cette phase d'objectivation des connaissances est centrale dans le processus d'autonomisation des élèves. S'ils disposent d'une base de connaissances réellement internalisées (qu'ils ont fait siennes), à ce moment là, ils peuvent être réellement autonomes dans la réalisation des activités proposées en classe.

Fiche “Motivation, métacognition et démarches d’investigations

FICHE SAPP S-TEAM

MOTIVATION, METACOGNTION ET DEMARCHES D’INVESTIGATION

PROPOSITION DE PISTES D’ACTION - PHASE DE SYNTHESE

Le rôle de l’enseignant

L’idée de départ qui transparait dès la première phase du canevas de la DI est de faire travailler les élèves sur leurs représentations initiales au sein de situations susceptibles de produire un conflit sociocognitif (travail en groupes) et de déboucher sur une réorganisation conceptuelle.

Le canevas proposé pour la DI permet d’alterner les phases d’immersion dans l’activité (manipulation) et les phases de désimmersion (moment de distanciation, passage du niveau de l’action à un niveau verbal) au cours desquels il se détache de l’action pour en reconsidérer le sens. C’est ce détachement qui permet alors à l’élève de porter un regard d’une autre nature sur ce qu’il fait. Ce regard distancié autorise *in fine* les critiques et permet la décentration de l’élève

Des études dans le courant des styles cognitifs, ont montré que tous les individus n’utilisent pas de la même façon l’activité métacognitive (certains sont plus enclins à le faire spontanément, d’autres n’y ont pas ou que très rarement recours). Le rôle de l’enseignant pour créer des situations déclenchantes ou des situations problème est alors important.

L’enseignant peut en effet organiser ses séquences en se fondant sur des productions d’élèves qui seraient discutées au sein de la classe de manière à faire apparaître à l’ensemble du groupe classe des façons de faire contrastées pour une même tâche. Il peut également proposer différents outils possibles pour accomplir une tâche et demander aux élèves de les essayer et de les comparer.

Il est également possible d’inciter explicitement les élèves, sur la base de leur démarche, à observer, comparer et inférer les procédures utilisées.

Pour que les **élèves s'approprient le problème** proposé par l'enseignant et que l'activité métacognitive aient lieu il faut donc veiller à ce que les situations problème ou situation déclenchante soient fondées sur les représentations initiales des élèves.

(On verra également plus loin que l'identification par l'enseignant de ces représentations n'est possible que si ce dernier stimule la verbalisation par les élèves des stratégies utilisées. Ces stratégies peuvent constituer des obstacles cognitifs que l'enseignant doit considérer lorsqu'il élabore la situation problème. En cela l'activité métacognitive des élèves se révèle également un support nécessaire à l'enseignant dans le choix de la situation de départ)

Le rôle de l'écrit

Au cours de la **phase de formulation des conjectures, d'hypothèses et de protocoles** deux alternatives sont possible : la verbalisation et/ou la mise à l'écrit

L'écriture est un support qui joue un rôle important dans l'activité réflexive car elle peut servir de support pour travailler sur les opérations mentales et échanger à leur sujet. Il est en effet utile de pouvoir disposer de traces écrites sur les démarches utilisées par les élèves pour trouver des régularités entre les démarches utilisées au cours de différentes activités ouvertes. Les traces écrites ont, dans ce cas là, le statut de matière première sur laquelle repose cette activité réflexive et constituent de précieux outils dans la démarche de régulation des stratégies cognitives.

Elles peuvent également constituer le processus réflexif en lui-même dans la mesure où, en écrivant, on réfléchit à ses procédures mentales. L'écriture contribue en quelque sorte à la structuration des idées et notamment des idées que l'élève a quant à ses procédures mentales.

En outre, elles peuvent être considérées comme le témoin des procédures utilisées antérieurement et peuvent ainsi faire apparaître des obstacles cognitifs responsables d'erreurs récurrentes que l'enseignant pourra alors prendre en compte lorsqu'il **choisira des situations –problèmes** pour les séquences ultérieures.

Enfin, les traces écrites sont des outils qui permettent de communiquer sur ses propres idées et de les confronter à des comparaisons qui sont le moteur de l'activité métacognitive.

En ce qui concerne le type de traces écrites, il peut tout aussi bien s'agir de productions de l'élève (les élèves écrivent leurs idées) que d'idées exprimées par les élèves au cours de discussions entre élèves (notamment pendant la **phase de résolution de problème conduite par les élèves** ou **d'échanges argumentés autour des propositions élaborées**) qui sont également très riches. A ce titre, l'enseignant peut consigner les verbalisations qui

lui semblent intéressantes.

Concernant la forme, les écrits peuvent être des schémas ou tableaux synoptiques qui sont des outils particulièrement pertinents pour favoriser l'activité réflexive dans la mesure où ils permettent de symboliser un ensemble d'opérations organisées (organisation d'une expérimentation par exemple). Ce caractère organisé permet ainsi de repérer le raisonnement qui sous-tend l'activité des élèves (cet aspect apparaît dans la phase **d'opérationnalisation des connaissances**).

Comme l'indique Peterfalvi (1991), le passage d'un langage verbal écrit à une représentation graphique et inversement peut se révéler être une bonne stratégie de distanciation dans le sens où le passage d'une forme extensive (écrit) à une forme condensée (tableau synoptique, graphique) oblige à une sélection des éléments à retenir et favorise en cela une certaine abstraction. De l'autre côté, le passage du graphique à l'écriture constitue un bon moyen d'inciter les élèves à nuancer les idées véhiculées par le schéma et à adopter des procédures plus analytiques.

Le rôle des confrontations

Au sein des DI, la confrontation joue un rôle central. Les moments de débats entre élèves apparaissent à plusieurs moments clé de la démarche d'investigation ; au cours de **la phase d'appropriation du problème par les élèves, la phase de résolution du problème, dans la phase d'échanges argumentés autour des propositions** mais aussi au cours de **la phase d'acquisition et de structuration des connaissances**.

Les confrontations permettent de construire le problème mais en plus elles permettent aux élèves de se l'approprier dans la mesure où il émerge d'une distanciation réflexive sur les procédures qu'ils ont eux-mêmes utilisées et qui les ont conduits à élaborer le problème.

Ces moments de confrontation jouent un rôle central dans l'émergence du conflit sociocognitif qui occasionne à son tour un retour réflexif visant à élaborer des démarches alternatives et à réajuster des procédures cognitives inefficaces.

Peterfalvi (1991) propose plusieurs méthodes pour stimuler cette confrontation.

Notamment inciter les élèves à comparer différentes démarches utilisées ou différentes productions issues d'une même activité. On favorise ici une diversification des productions de manière à faire émerger une réelle comparaison. Les supports sélectionnés par l'enseignant doivent être assez hétérogènes et contrastées pour que la confrontation ait bien lieu.

Lors des discussions au sein du groupe au cours desquelles les élèves présentent leur démarche à la classe, l'objectif est de leur faire prendre connaissance des procédures

utilisées par les camarades et de les obliger à se décentrer par rapport à leur propre démarche de manière à pouvoir éprouver la pertinence d'une démarche par rapport à une autre. Lorsque l'élève peut prendre connaissance de ce qui a été réalisé dans les autres groupes, il prend alors conscience que d'autres démarches que la sienne sont possibles, il peut également emprunter des éléments d'autres productions pour compléter, modifier ou optimiser sa propre activité cognitive.

En ce qui concerne le climat de classe établi par l'enseignant dans lequel ces confrontations doivent avoir lieu, on a tout intérêt à ménager un maximum de liberté de manière à ce qu'émergent un maximum de productions et de procédures diversifiées. De cette façon, la confrontation portera sur des comparaisons plus riches. La liberté permettant ainsi de garantir une grande richesse et une grande diversité qui sera garante des comparaisons effectives de démarche ce qui *in fine* permet aux élèves de prendre conscience de leurs propres procédures.

De la même façon que pour l'écrit, la confrontation entre les élèves permet à l'enseignant d'identifier les représentations des élèves et les obstacles cognitifs persistants chez ces derniers. Cette prise de connaissance des représentations des élèves pourra alors constituer une base pour l'élaboration de scénarii d'enseignement pour les prochaines séquences en DI.

Le rôle du climat de sécurisation de la classe et le statut de l'erreur

L'une des conditions de facilitation de l'activité métacognitive est de permettre aux élèves de mettre eux-mêmes en place des démarches dont ils pourront éprouver les limites grâce à la confrontation et à la mise à l'épreuve. L'erreur constitue alors une occasion pour les élèves de reconsidérer les procédures utilisées.

Ainsi, si les moments d'échanges au sein de la classe sont favorisés par les DI ce n'est pas seulement pour que les convergences apparaissent, c'est également pour que puissent s'exprimer les divergences.

Le problème que posent ces situations d'émergence des contradictions est qu'elles peuvent être vécues par les élèves comme des situations à risques dans la mesure où elles peuvent fragiliser leur confiance en soi et leur assurance. Réfléchir à sa façon de penser suppose d'analyser ses propres faiblesses de raisonnement. Cette prise de risques par l'élève suppose donc un climat permissif au sein duquel l'erreur est autorisée et avouable. Sans cela, les élèves ayant des difficultés ne se livreront pas à cette activité de distanciation métacognitive (Peterfalvi, 1991).

L'erreur doit donc être reconnue comme faisant partie intégrante du processus d'apprentissage, elle doit être reconnue et acceptée par l'enseignant. En insistant sur la

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

contribution et l'utilité de l'erreur pour apprendre, l'enseignant pourra aider les élèves à se lancer pleinement dans l'expression et l'analyse de leurs propres procédures cognitives. Il est en effet important que l'élève cerne le statut de l'erreur comme une condition *sine qua none* du progrès et de l'apprentissage. En insistant sur le caractère constructif de l'erreur, l'enseignant peut parvenir à neutraliser le sentiment de perte de confiance en soi et de faiblesse que certains élèves peuvent éprouver en cas d'échec et ainsi les encourager à une réflexion sur les raisons de cet échec.

Chapitre 5 Annexe : La Démarche d'investigation dans les programmes de 2005, 2008

Repères pour la mise en œuvre

1. Divers aspects d'une démarche d'investigation

Cette démarche s'appuie sur le questionnement des élèves sur le monde réel (en sciences expérimentales et en technologie) et sur la résolution de problèmes (en mathématiques). Les investigations réalisées avec l'aide du professeur, l'élaboration de réponses et la recherche d'explications ou de justifications débouchent sur l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et sur la mise au point de savoir-faire techniques.

Dans le domaine des sciences expérimentales et de la technologie, chaque fois qu'elles sont possibles, matériellement et déontologiquement, l'observation, l'expérimentation ou l'action directe par les élèves sur le réel doivent être privilégiées.

Une séance d'investigation doit être conclue par des activités de synthèse et de structuration organisées par l'enseignant, à partir des travaux effectués par la classe. Celles-ci portent non seulement sur les quelques notions, définitions, résultats et outils de base mis en évidence, que les élèves doivent connaître et peuvent désormais utiliser, mais elles sont aussi l'occasion de dégager et d'explicitier les méthodes que nécessite leur mise en oeuvre.

2. Canevas d'une séquence d'investigation

Ce canevas n'a pas la prétention de définir « la » méthode d'enseignement, ni celle de figer de façon exhaustive un déroulement imposé. Une séquence est constituée en général de plusieurs séances relatives à un même sujet d'étude.

Par commodité de présentation, sept moments essentiels ont été identifiés. L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter de manière linéaire. En fonction des sujets, un aller et retour entre ces moments est tout à fait souhaitable, et le temps consacré à chacun doit être adapté au projet pédagogique de l'enseignant.

Les modes de gestion des regroupements d'élèves, du binôme au groupe-classe selon les activités et les objectifs visés, favorisent l'expression sous toutes ses formes et permettent un accès progressif à l'autonomie.

S-TEAM deliverable 4b: Teacher collaboration and Inquiry based learning,

La spécificité de chaque discipline conduit à penser différemment, dans une démarche d'investigation, le rôle de l'expérience et le choix du problème à résoudre. Le canevas proposé doit donc être aménagé pour chaque discipline.

Le choix d'une situation - problème:

- analyser les savoirs visés et déterminer les objectifs à atteindre ;
- repérer les acquis initiaux des élèves ;
- identifier les conceptions ou les représentations des élèves, ainsi que les difficultés persistantes (analyse d'obstacles cognitifs et d'erreurs) ;
- élaborer un scénario d'enseignement en fonction de l'analyse de ces différents éléments.

L'appropriation du problème par les élèves :

Les élèves proposent des éléments de solution qui permettent de travailler sur leurs conceptions initiales, notamment par confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème à résoudre.

L'enseignant guide le travail des élèves et, éventuellement, l'aide à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le problème à résoudre qui doit être compris par tous. Ce guidage ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales mais au contraire à faire naître le questionnement.

La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles :

- formulation orale ou écrite de conjectures ou d'hypothèses par les élèves (ou les groupes) ;
- élaboration éventuelle d'expériences, destinées à tester ces hypothèses ou conjectures ;
- communication à la classe des conjectures ou des hypothèses et des éventuels protocoles expérimentaux proposés.

L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves :

- moments de débat interne au groupe d'élèves ;
- contrôle de l'isolement des paramètres et de leur variation, description et réalisation de l'expérience (schémas, description écrite) dans le cas des sciences expérimentales, réalisation en technologie ;
- description et exploitation des méthodes et des résultats ; recherche d'éléments de justification et de preuve, confrontation avec les conjectures et les hypothèses formulées précédemment.

L'échange argumenté autour des propositions élaborées :

- communication au sein de la classe des solutions élaborées, des réponses apportées, des résultats obtenus, des interrogations qui demeurent ;

-confrontation des propositions, débat autour de leur validité, recherche d'arguments ; en mathématiques, cet échange peut se terminer par le constat qu'il existe plusieurs voies pour parvenir au résultat attendu et par l'élaboration collective de preuves.

L'acquisition et la structuration des connaissances :

-mise en évidence, avec l'aide de l'enseignant, de nouveaux éléments de savoir (notion, technique, méthode) utilisés au cours de la résolution,

- confrontation avec le savoir établi (comme autre forme de recours à la recherche documentaire, recours au manuel), en respectant des niveaux de formulation accessibles aux élèves, donc inspirés des productions auxquelles les groupes sont parvenus ;

- recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition d'expériences complémentaires,

- reformulation écrite par les élèves, avec l'aide du professeur, des connaissances nouvelles acquises en fin de séquence.

La mobilisation des connaissances :

- exercices permettant d'automatiser certaines procédures, de maîtriser les formes d'expression liées aux connaissances travaillées : formes langagières ou symboliques, représentations graphiques... (entraînement), liens ;

-nouveaux problèmes permettant la mise en œuvre des connaissances acquises dans de nouveaux contextes (réinvestissement) ; - évaluation des connaissances et des compétences méthodologiques.

S-TEAM Partners

ISBN 978-82-93118-03-9

Cyprus	• European University – Cyprus *
Czech R.	• University of South Bohemia *
Denmark	• University of Copenhagen * • Aarhus Universitet
Estonia	• University of Tallinn *
Finland	• Abo Akademi University • Helsinki University * • University of Jyväskylä
France	• Centre National de la Recherche Scientifique • Université Pierre Mendes-France * • Université Rennes 2 – Haute Bretagne
Germany	• Friedrich Schiller University of Jena ⁽¹⁾ • Leibniz Institute for Science Education at the University of Kiel * • Technical University Munich ⁽²⁾
Israel	• Technion – Israel Institute of Technology *
Lithuania	• Kaunas University of Technology * • Vilnius Pedagogical University
Norway	• Norwegian University of Science and Technology (coordinator) • University of Oslo *
Spain	• Universidade de Santiago de Compostela *
Sweden	• Karlstad University* ⁽³⁾ • Mälardalen University
Turkey	• Hacettepe University * • Gazi University
UK	• University of Bristol * • University of Leeds • University of Strathclyde *

* National Liaison Partner

(1) To March 2010, (2) From April 2010 (3) From June 2010