



HAL
open science

Effets d'une formation en démarche d'investigation sur les pratiques enseignantes : cas des enseignants tunisiens de physique

Jaafar Slimi

► To cite this version:

Jaafar Slimi. Effets d'une formation en démarche d'investigation sur les pratiques enseignantes : cas des enseignants tunisiens de physique. Education. Université de Bretagne occidentale - Brest; Université virtuelle de Tunis, 2019. Français. NNT : 2019BRES0073 . tel-02614098

HAL Id: tel-02614098

<https://theses.hal.science/tel-02614098>

Submitted on 20 May 2020

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

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

THÈSE DE DOCTORAT EN COTUTELLE INTERNATIONALE DE

L'UNIVERSITÉ VIRTUELLE DE TUNIS

Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université VIRTUELLE DE TUNIS

ÉCOLE DOCTORALE DIDACTIQUES, SCIENCES DE L'ENSEIGNEMENT, MÉTIERS

DE L'ÉDUCATION ET DE LA FORMATION

MENTION : DIDACTIQUE DES SCIENCES PHYSIQUES

L'UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE

COMUE UNIVERSITÉ BRETAGNE LOIRE

Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Bretagne Occidentale

ÉCOLE DOCTORALE N° 603

ÉDUCATION, LANGAGES, INTERACTION, COGNITION, CLINIQUE

SPÉCIALITÉ : SCIENCES DE L'ÉDUCATION

Par

Jaafar SLIMI

Effets d'une formation en démarche d'investigation sur les pratiques enseignantes.

Cas des enseignants tunisiens de physique

Thèse présentée et soutenue publiquement à Tunis, le 09 décembre 2019

Unités de recherche : Centre de Recherche Education, Cognition, Tice et Didactique (ECOTIDI)

Centre de recherche sur l'Education, les Apprentissages et la Didactique (CREAD)

Rapporteurs avant soutenance : Composition du Jury :

Madame Valérie MUNIER

Professeure, Université de Montpellier

Monsieur Mohamed TMAR

Professeur, Ecole Nationale Supérieure
d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis

Monsieur Abdelmajid NACEUR

Professeur, Université virtuelle de Tunis / Président

Monsieur Mohamed TMAR

Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis,
Université de Tunis / Rapporteur

Madame Valérie MUNIER

Professeure, Université de Montpellier / Rapporteur

Madame Ghislaine GUEUDET

Professeure, Université de Bretagne Occidentale / Examinatrice

Monsieur Jean-Marie BOILEVIN

Professeur, Université de Bretagne Occidentale / Directeur de thèse

Madame Chiraz BEN KILANI

Maitre de conférences HDR, Université virtuelle de Tunis /
co-directrice de thèse



Dédicaces

A la mémoire de mon père Ammar

C'est à ton âme que je dédie cette thèse

Que Dieu vous accueille dans son éternel paradis

A ma chère femme Hanen

Qui m'a soutenue durant ce long travail de recherche

Puisse le bon dieu nous procure santé et longue vie

A mes enfants : Ahmed, Balkiss, Mouadh et Youssef

Que dieu vous donne la santé, le bonheur, la prospérité et

la réussite

Remerciements

La réalisation de cette thèse a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

En premier lieu, je tiens à adresser toute ma gratitude et à exprimer toutes mes reconnaissances à l'égard de mes directeurs de thèse, monsieur Bassem Jamoussi et monsieur Jean-Marie Boilevin, pour la confiance qu'ils m'ont accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral, pour le temps conséquent qu'ils m'ont accordé et pour leurs multiples conseils. J'aimerais également dire à Jean-Marie à quel point j'ai apprécié sa grande disponibilité, ses qualités humaines d'écoute et de compréhension et son respect des délais serrés de relecture des documents que je lui ai adressés.

Mes grands remerciements s'adressent également à Madame Chiraz Ben Kilani pour sa disponibilité à chaque fois que j'ai sollicité son aide, ainsi que pour ses multiples conseils et encouragements, notamment lors de son encadrement de mon travail de master et de thèse.

Ma profonde gratitude et mes reconnaissances vont également aux membres du laboratoire CREAD pour la bienveillance avec laquelle ils m'ont accueilli et leur collaboration considérable à l'occasion de mes séjours à Rennes.

Je voudrais remercier vivement les rapporteurs de cette thèse Madame. Valérie Munier, Professeure de l'université de Montpellier et Monsieur. Mohamed Tmar, Professeur de l'école Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

Je tiens aussi à remercier Monsieur. Abdelmajid Naceur, Professeur de l'Université virtuelle de Tunis et Madame. Ghislaine Gueudet, Professeure de l'Université de Bretagne Occidentale, pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Un grand merci à M. Bechir Gammoudi et M. Moncef Ouni, professeurs des sciences physiques au lycée pilote de Sidi Bouzid, pour avoir accepté à participer dans cette recherche.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à M. Foued Deli directeur du lycée pilote de Sidi Bouzid pour m'avoir accueilli chaleureusement au sein de l'établissement dans le cadre des différentes enregistrements de classes et d'entretiens faites tout au long de cette recherche.

Table des matières

INTRODUCTION	11
I. LES ORIGINES DE LA RECHERCHE	11
I-1. CONSTAT DE TERRAIN	11
I-2. LA DÉSAFFECTION ENVERS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES	12
I-3. DÉFAILLANCE EN RAPPORTS AVEC LES ÉVALUATIONS INTERNATIONALES.....	12
I-4. INSCRIPTION DANS LES TRAVAUX DE RECHERCHES EXISTANTS.....	13
II. PLAN DE LA THÈSE	13
CHAPITRE 1 : LE SYSTÈME ÉDUCATIF TUNISIEN : ENJEUX ET DÉFIS	16
PLAN DU CHAPITRE 1	17
INTRODUCTION	18
I. LES DIFFÉRENTES RÉFORMES DU SYSTÈME ÉDUCATIF : ENJEUX ET DÉFIS	18
I-1. PREMIÈRE RÉFORME DE 1958.....	18
I-2. DEUXIÈME RÉFORME DE 1991	19
I-3. TROISIÈME RÉFORME DE 2002.....	19
II. ORGANISATION ACTUELLE DU SYSTÈME ÉDUCATIF TUNISIEN	19
II-1. ENSEIGNEMENT DE BASE	19
II-2. ENSEIGNEMENT SECONDAIRE	20
III. CONSTAT DE DÉSAFFECTION ENVERS LES FILIÈRES SCIENTIFIQUES	21
IV. PROGRAMMES TUNISIENS : L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES	25
V. LE SYSTÈME DE FORMATION	29
V-1. LA FORMATION INITIALE	29
V-2. LA FORMATION CONTINUE	30
V-3. LA FORMATION EN PHYSIQUE-CHIMIE.....	32
VI. EN GUISE DE CONCLUSION	33
CHAPITRE 2 : L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION	35
PLAN DU CHAPITRE 2	36
INTRODUCTION	37
I. LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE	38
I-1. REGARD ÉPISTÉMOLOGIQUE	38
I-1-1. Démarche déductive.....	38
I-1-2. Démarche déductive.....	40
I-1-3. Démarche hypothético-déductive.....	41

Table des matières

I-2. LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE EN SCIENCES EXPÉRIMENTALES : DE LA RECHERCHE AU CONTEXTE DE LA CLASSE ...	43
II. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION	44
II-1. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION DU POINT DE VUE DE L'INSTITUTION	45
<i>II-1-1. Contexte</i>	<i>45</i>
<i>II-1-2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans les prescriptions officielles ...</i>	<i>47</i>
<i>II-1-3. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et le développement de l'esprit scientifique</i>	<i>49</i>
<i>II-1-4. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans divers contextes</i>	<i>51</i>
II-1-4-1. AUX USA	51
II-1-4-2. EN FRANCE	52
II-2. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION DANS LES TRAVAUX DE RECHERCHES	56
<i>II-2-1. Diverses définitions et descriptions de la démarche d'investigation</i>	<i>58</i>
<i>II-2-2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les représentations des enseignants.....</i>	<i>61</i>
<i>II-2-3. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les pratiques de classes</i>	<i>63</i>
II-3. LES CONCEPTIONS : CONCEPT À FAIRE ÉMERGER DANS L'ENSEIGNEMENT FONDÉ SUR L'INVESTIGATION	66
II-4. L'APPRENTISSAGE COOPÉRATIF ET LE CONFLIT SOCIOCOGNITIF.....	68
III. EN GUISE DE CONCLUSION	69
CHAPITRE 3 : LA FORMATION POUR LA PROFESSIONNALISATION DES ENSEIGNANTS DU POINT DE VUE DE LA RECHERCHE : REVUE DE LITTÉRATURE	71
PLAN DU CHAPITRE 3	72
INTRODUCTION	73
I. LA FORMATION, LEVIER DE LA PROFESSIONNALISATION DES ENSEIGNANTS	73
II. LES DISPOSITIFS DE FORMATION ET LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL DES ENSEIGNANTS	77
III. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION : SUJET DE FORMATION DES ENSEIGNANTS	80
VII. EN GUISE DE CONCLUSION.....	83
CHAPITRE 4 : CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE.....	85
PLAN DU CHAPITRE 4.....	86
INTRODUCTION.....	87
I. LA THÉORIE DE L'ACTIVITÉ ET LES CONCEPTS ACTIVITÉ ET TÂCHE	87
I-1. LE CONCEPT D'ACTIVITÉ	87
I-2. LE CONCEPT DE TÂCHE.....	93

Table des matières

<i>I-2-1 But</i>	93
<i>I-2-2 Conditions</i>	94
II. ACTIVITÉ DE L'ENSEIGNANT SELON UNE VISÉE DE LA PSYCHOLOGIE ERGONOMIQUE	96
III. DES APPROCHES POUR L'ÉTUDE DES PRATIQUES ENSEIGNANTES	97
III-1. LA THÉORIE DE L'ACTION CONJOINTE EN DIDACTIQUE	97
III-2. LA DOUBLE APPROCHE DIDACTIQUE ET ERGONOMIQUE : UN CADRE D'ANALYSE DES PRATIQUES ENSEIGNANTES	98
<i>III-2-1. Les fondements théoriques de la double approche didactique et ergonomique</i>	98
<i>III-2-2. Revue de littérature</i>	102
III-2-2-1. PRATIQUES ORDINAIRES AVEC DES PROBLÈMES OUVERTS, CHOQUET (2017)	103
III-2-2-2. DIVERSITÉ, VARIABILITÉ ET CONVERGENCES DES PRATIQUES ENSEIGNANTES, RODITI (2015)	105
III-2-2-3. PRATIQUES D'ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES ET APPRENTISSAGES DES ÉLÈVES, CHESNAIS (2011)	108
III-2-2-4. UNE VIDÉO DE CLASSE AU SERVICE DE L'ANALYSE DES SÉANCES DE MATHÉMATIQUE, ROBERT (2004)	111
III-2-2-5. ACTIVITÉ ORDINAIRE D'UNE ENSEIGNANTE DE CHIMIE, KERMEN ET BARROSO (2013)	113
III-2-2-6. PRATIQUES ENSEIGNANTES DANS LES MILIEUX SOCIALEMENT DÉFAVORISÉS, MOLVINGER ET MUNIER (2014)	114
III-2-2-7. EN GUISE DE DISCUSSION	117
IV. PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE	118
CHAPITRE 5 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE	120
PLAN DU CHAPITRE 5	121
I- PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA RECHERCHE	122
II- RÉPARTITION CHRONOLOGIQUE	123
III- ENSEIGNANTS ET CLASSES OBSERVÉS	124
IV- RECUEIL DES DONNÉES	126
V- TRAITEMENT DES DONNÉES	127
V-1 LES FICHES DE TRAVAUX PRATIQUES DES SÉANCES OBSERVÉES	127
<i>V-1-1 Analyse a priori des fiches de travaux pratiques</i>	128
<i>V-1-2 Analyse globale des scénarios possibles</i>	129
V-2 LES DÉROULEMENTS DES SÉANCES DE CLASSES	130
<i>V-2-1. Traitement des données issues des observations de classes</i>	130

Table des matières

V-2-1-1. TRANSCRIPTIONS ET SYNOPSIS	130
V-2-1-2. RÉPARTITION DES ACTIVITÉS DES ÉLÈVES PENDANT CHAQUE PHASE.....	131
<i>V-2-2. Analyse des séances observés</i>	<i>132</i>
V-3. LES ACTIONS DE FORMATION	133
V-4. LES ENTRETIENS D'AUTO-CONFRONTATION.....	133
VI- RÉSUMÉ DE LA MÉTHODOLOGIE	134
VI-1. RECUEIL DES DONNÉES	134
VI-2. TRAITEMENT DES DONNÉES	134
CHAPITRE 6 : RÉSULTATS DES ANALYSES	135
PLAN DU CHAPITRE 6.....	136
I. LES SCÉNARIOS POTENTIELS DES DEUX ENSEIGNANTS	137
I-1 LES SCÉNARIOS POTENTIELS DE L'ENSEIGNANT P ₁	137
<i>I-1-1 Première séance</i>	<i>137</i>
<i>I-1-2 Deuxième séance.....</i>	<i>139</i>
<i>I-1-3 Troisième séance</i>	<i>145</i>
I-2 LES SCÉNARIOS POTENTIELS DE L'ENSEIGNANT P ₂	150
<i>I-2-1 Première séance</i>	<i>150</i>
<i>I-2-2 Deuxième séance.....</i>	<i>153</i>
<i>I-2-3 Troisième séance</i>	<i>158</i>
II. LES DÉROULEMENTS DES SÉANCES DE CLASSES	164
II-1 LES DÉROULEMENTS DE CLASSE DE P ₁	164
<i>II-1-1 Première séance</i>	<i>164</i>
<i>II-1-2 Deuxième séance.....</i>	<i>171</i>
<i>II-1-3 Troisième séance</i>	<i>183</i>
II-2 LES DÉROULEMENTS DE P ₂	196
<i>II-2-1 Première séance</i>	<i>196</i>
<i>II-2-2 Deuxième séance.....</i>	<i>201</i>
<i>II-2-3 Troisième séance</i>	<i>212</i>
II-3 ÉTUDE COMPARATIVE DES SÉANCES OBSERVÉES EN RÉFÉRENCE AUX ÉTAPES DE LA DÉMARCHE D'INVESTIGATION	226
III. CONCLUSION.....	228
CHAPITRE 7 : LOGIQUES D'ACTION DES DEUX ENSEIGNANTS ET DÉTERMINANTS DES PRATIQUES AVANT ET APRÈS FORMATION	230
PLAN DU CHAPITRE 7.....	231

Table des matières

I. RÉSULTATS DES RECHERCHES SUR LES PRATIQUES ENSEIGNANTES EN SCIENCES ET LA FORMATION DES ENSEIGNANTS	232
II. LES PRATIQUES DE P1 ET P2 : UNE ÉVOLUTION POSSIBLE PAR EFFET DE LA FORMATION	233
II-1 L'ENSEIGNANT P1.....	234
II-1-1 <i>la première observation</i>	234
II-1-2 <i>La deuxième observation</i>	238
II-1-3 <i>La troisième observation</i>	243
II-2 L'ENSEIGNANT P2.....	247
II-2-1 <i>La première observation</i>	248
II-2-2 <i>La deuxième observation</i>	251
II-2-3 <i>La troisième observation</i>	256
III. CONCLUSION.....	260
CHAPITRE 8 : CONCLUSION GÉNÉRALE, LIMITES ET PERSPECTIVES.....	265
PLAN DU CHAPITRE 8.....	266
CONCLUSION GÉNÉRALE, LIMITES ET PERSPECTIVES	267
I. RETOUR SUR LES QUESTIONS DE LA RECHERCHE	268
I.1 LOGIQUES D'ACTION DES DEUX ENSEIGNANTS DE PHYSIQUE	268
<i>Selon la composante cognitive des pratiques</i>	268
<i>Selon la composante médiative des pratiques</i>	270
I.2 RÉGULARITÉS ET VARIABILITÉS DANS LES PRATIQUES DES DEUX ENSEIGNANTS	273
I.3 LES DÉTERMINANTS DES PRATIQUES DES DEUX ENSEIGNANTS	275
<i>Selon la dimension institutionnelle des pratiques</i>	275
<i>Selon la dimension personnelle des pratiques</i>	277
<i>Selon la dimension sociale des pratiques</i>	278
I.4 LES EFFETS D'UNE FORMATION À L'ENSEIGNEMENT DE TYPE INVESTIGATION SUR LES PRATIQUES.....	278
<i>Selon la dimension cognitive des pratiques</i>	278
<i>Selon la dimension médiative des pratiques</i>	279
<i>Selon la dimension institutionnelle des pratiques</i>	280
II. LES LIMITES DE LA RECHERCHE.....	281
LIMITES EN RELATION AVEC LE NOMBRE D'ENSEIGNANTS OBSERVÉS.....	281
LIMITES EN RELATION AVEC LE REPÉRAGE D'APPRENTISSAGES POTENTIELS	281
LIMITES EN RELATION AVEC LES ACTIONS DE FORMATION DES ENSEIGNANTS	281
LIMITES EN RELATION AVEC LE RAPPORT CHERCHEUR/ENSEIGNANTS OBSERVÉS	282
III. PERSPECTIVES DE RECHERCHE	282

Table des matières

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	285
TABLE DES ILLUSTRATIONS	302
ANNEXES	306

Introduction

Notre recherche s'inscrit dans le cadre de la didactique des sciences physiques et prend en considération des éléments de la théorie de l'activité (Léontiev, 1978). Nous nous proposons dans ce travail de thèse d'étudier les pratiques de deux enseignants de physique, pour comprendre leurs logiques d'actions, les déterminants de leurs actions et les variabilités et les régularités dans leurs pratiques, lorsqu'ils mettent en œuvre, dans leur enseignement de la physique, une démarche fondée sur l'investigation, pour en tirer par la suite les effets de la formation des enseignants au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation sur leurs pratiques enseignantes.

Nous présentons ci-dessous les origines de notre recherche, puis nous détaillons le plan de la thèse.

I. Les origines de la recherche

I-1. Constat de terrain

Dans notre profession d'inspecteur de l'enseignement secondaire, nous constatons à travers des visites de classes et des accompagnements de professeur, que l'enseignement de la physique, dans le contexte tunisien, se fait le plus souvent sous la forme d'une démarche inductive, selon laquelle les lois et les principes sont induites par l'observation du réel (Gandit, Triquet & Guillaud, 2010). Les enseignants se donnent comme objectif majeur la recherche des lois, à travers des faits observables particuliers pour aboutir à des perspectives générales, sans pour autant que cet enseignement soit orienté vers la problématisation des situations inspirées du quotidien des élèves, c'est-à-dire un enseignement basé sur une démarche réellement constructive de la connaissance avec laquelle cette dernière serait une réponse à une question (Bachelard, 1938). Ainsi, il nous semble qu'il serait intéressant d'implanter un enseignement de la physique prenant appui sur des situations expérimentales profondément ancrées dans la réalité quotidienne, qui sollicitent les conceptions initiales de l'élève et l'amène à élaborer lui-même le problème traitable du point de vue de la physique.

Nous pensons ainsi au renouvellement des démarches adoptées dans l'enseignement des sciences, éventuellement pour l'enseignement de la physique, telles que l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, qui pourrait contribuer au changement au niveau des pratiques des enseignants, chaque fois que ces derniers sont formés pour mettre en place cette approche, et au niveau de l'apprentissage dans un environnement encourageant l'esprit créatif, productif et critique des élèves.

I-2. La désaffection envers l'enseignement des sciences

Les rapports du ministère de l'éducation tunisienne montrent que le taux d'orientation vers les filières scientifiques a subi continuellement une régression (ministère de l'éducation, 2015). Ainsi, certaines filières scientifiques deviennent peu attrayantes pour les élèves. Nous pensons que cette désaffection envers l'enseignement des sciences est liée à des facteurs en lien avec la complexité de certaines disciplines scientifiques telle que les mathématiques avec les effets négatifs qu'elles peuvent engendrer au niveau de l'enseignement de la physique, et éventuellement les méthodes d'enseignement, les approches pédagogiques et les pratiques enseignantes adoptées. (Boilevin, 2014 ; Boilevin et Ravanis, 2007 ; Boy, 1992 ; Venturini, 2004). Cette désaffection reste liée aussi à la manière d'enseigner les sciences, malgré les orientations décrites dans les curriculums privilégiant le recours à des méthodes selon lesquelles les apprenants deviennent capables de construire eux-mêmes leurs connaissances, de s'approprier des habiletés et de les intégrer dans des situations significatives (ministère de l'éducation, 2009). Toutefois, ces orientations restent le plus souvent au niveau de ce qui est prescrit dans les directives officielles. En effet, les pratiques de classes s'orientent généralement vers le suivi de démarches stéréotypées avec lesquelles les élèves construisent leurs connaissances selon des itinéraires définis par l'enseignant, dans lesquelles l'autonomie des élèves est souvent limitée. Par la suite, avec ces modalités de travail au sein de la classe, le rôle des élèves se réduit à une simple exécution de consignes, induisant ainsi un état de passivité dans la construction des différentes parties de la leçon de physique, ce qui génère une désaffection envers l'enseignement de la physique. En Tunisie, le taux d'orientation vers la section mathématique à la fin de la deuxième année secondaire (élèves âgés de 17 ans), a passé de 15,2 % à 11,7% entre les années scolaires 2009/2010 et 2012/2013. Pour la section sciences expérimentales, ce taux a passé de 23 % à 21,5 % entre les années scolaires 2010/2011 et 2012/2013, contre une augmentation du taux d'orientation vers la section économie et gestion de 18 % à 28,1 % entre les mêmes années scolaires (ministère de l'éducation, 2014). Nous renvoyant cette décroissance à une désaffection envers l'enseignement des sciences, pour des raisons diverses.

I-3. Défaillance en rapports avec les évaluations internationales

Le contenu de divers rapports internationaux (PISA, 2006, 2009 et 2015 ; TIMSS, 2007 et 2011) montre que le niveau des élèves tunisiens, ayant participé à ces évaluations internationales, est faible. Nous pensons que l'on peut renvoyer ce faible niveau à la manière dont les sciences sont enseignées dans le contexte éducatif tunisien.

En effet, comme le recours à l'enseignement de la physique, à travers la résolution des problèmes et l'utilisation des connaissances dans des situations significatives, sont rarement mises en place dans les classes de sciences en Tunisie, la participation des élèves dans ces types d'évaluations pourrait amener généralement à l'échec au niveau des résultats.

Les élèves tunisiens ne sont pas entraînés à des évaluations qui les invitent à mobiliser leurs connaissances pour expliquer des phénomènes en lien avec la vie quotidienne par le biais de pratiques enseignantes amenant l'élève à se questionner sur des faits réels, à formuler des hypothèses à confronter à ces faits, en vue de contribuer au développement de la pensée logique chez les élèves.

Notre travail de recherche trouve donc sa légitimité dans ces divers constats qui nous apparaissent comme des signes de problèmes aux niveaux de l'enseignement de la physique du point de vue des démarches mises en place, mais également du point de vue des pratiques des enseignants qui pourraient être en lien étroit avec les démarches pédagogiques mises en œuvre en classe.

I-4. Inscription dans les travaux de recherches existants

Notre recherche s'inscrit dans les champs des travaux qui s'intéressent à l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans le contexte français et également international (par exemple, Calmettes et Boilevin, 2014 ; Calmettes et Matheron, 2015 ; Park et Abell, 2008 ; Rocard *et al*, 2007 ; Rudolph, 2005) et le champ des travaux réalisés sur les pratiques enseignantes avec un cadrage théorique qui se réfère à la double approche didactique et ergonomique (Chesnais, 2009 ; Coulange et Robert, 2015 ; Kermen, 2017 ; Molvinger et Munier, 2014 ; Robert, Grugeon et Roditi, 2007 ; Robert et Rogalski, 2002).

Nous visons, par cette recherche, à étudier les possibilités d'évolution au niveau des pratiques enseignantes des enseignants de physique tunisien, après avoir mis en place un dispositif de formation autour de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation.

II. Plan de la thèse

Dans le premier chapitre réservé à la présentation du système éducatif tunisien, nous évoquons les trois réformes, à travers l'étude des évolutions des textes officiels entre l'année 1958 et l'année 2002 en termes d'enjeux et défis. Nous présentons également des constats de désaffection des élèves envers l'enseignement des sciences, à partir d'une analyse des résultats des élèves tunisiens dans les différentes évaluations internationales (PISA et TIMSS). Nous donnons par la suite un aperçu sur les finalités des programmes tunisiennes des sciences physiques, les démarches préconisées pour l'enseignement de la physique et la

logique selon laquelle sont construites les grilles des programmes (Ministère de l'éducation, 2010). Au terme de ce chapitre nous évoquons également l'organisation du système de formation dans ces deux formes, initiale et continue, à la lumière du référentiel de compétences adopté pour la formation du cadre enseignant.

Nous réservons le chapitre 2 aux démarches scientifiques dans l'enseignement des sciences. L'étude, selon un regard épistémologique des démarches inductives et déductives, nous conduit à l'introduction de la démarche hypothético-déductive comme démarche privilégiée dans l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Nous évoquons également l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans divers contextes éducatifs et selon les instructions officielles françaises que nous adoptons dans notre recherche (MEN, 2007). Nous présentons, par la suite, une revue de littérature sur les travaux de recherches au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, selon leurs champs d'intérêt. Au terme de ce chapitre, nous faisons le point sur les éventuels liens entre la mise en place de « la démarche d'investigation » et les pratiques enseignantes.

La formation des enseignants fait l'objet du troisième chapitre. Nous présentons une revue de littérature à travers laquelle nous parviendrons à exploiter les résultats de quelques recherches pour argumenter notre point de vue à propos des divers liens entre la formation des enseignants et la professionnalisation de ces derniers. Nous évoquons également l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation comme sujet de formation traité dans diverses recherches par le biais de divers dispositifs de formation.

Dans le but de répondre à nos questions de recherche, nous évoquons dans le chapitre 4 le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique (Robert et Rogalski, 2002) après avoir présenté quelques éléments et concepts relevant de la théorie de l'activité, dans laquelle s'inscrit notre cadre théorique. Nous présentons également, selon une vision synthétique et critique, une revue de littérature à propos de quelques recherches sur les pratiques enseignantes, menées selon le cadre de la double approche didactique et ergonomique dans les disciplines scientifiques. Au terme de ce chapitre, nous présentons notre problématique ainsi que nos questions de recherche.

Le chapitre 5 rend compte de notre cadre méthodologique. Nous adoptons la méthode de l'étude cas en suivant deux enseignants avant et après formation à la l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation

Nous présentons dans ce chapitre la méthode que nous adoptons dans le recueil et l'analyse des données. Nos analyses sont menées selon trois niveaux. Des analyses a priori de tout ce

Introduction

qui se rapporte aux différentes préparations qui précèdent les séances de classes, des analyses des déroulements de classes et des analyses post-séances à partir des données recueillies à travers les différents entretiens d'auto-confrontation menés avec les enseignants suivis.

Dans le chapitre 6, à travers des analyses a priori des différentes préparations, nous classons les diverses tâches prescrites, sur lesquelles les élèves sont invités à travailler, selon leurs natures, en tâches simples ou complexes (Robert, 2005). Cette classification, nous sert comme appui pour soulever les diverses activités attendues des élèves. Par la suite, nous proposons une analyse globale des scénarios possibles des deux enseignants observés (Chesnais, 2009). Ces analyses a priori nous permettent de reconstituer l'itinéraire cognitif que se donne chaque enseignant dans chacun des scénarios.

Dans un deuxième niveau, nous présentons les résultats des analyses des différents déroulements des séances de classe des deux enseignants observés. Ces analyses nous permettent de mettre l'accent sur les formes de travail avec leur répartition horaire, les interventions des enseignants auprès des élèves, leur rôle dans l'institutionnalisation du savoir, l'initiative qu'ils laissent aux élèves, les aides qu'ils apportent lors de chaque épisode de la leçon pour identifier « qui prend en charge les différentes adaptations identifiées dans l'analyse à priori » (Chesnais, 2009, p. 109).

L'analyse des différents entretiens post-séances est exploitée pour justifier certains choix des enseignants et pour comprendre les contraintes de différents ordres qui entravent les actions des enseignants lors des déroulements des séances de classe.

Le chapitre 7 est réservé à l'exploitation des résultats des différentes analyses pour dégager les logiques d'action des deux enseignants. À partir d'une comparaison intra-individuelle, nous parvenons à dégager les régularités et les variabilités dans les pratiques des deux enseignants suite à la mise en œuvre de deux démarches différentes, dont l'une se rattache à l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, sujet de formation faite pour les deux enseignants suivis.

Dans la partie réservée à la conclusion, nous exploitons les résultats obtenus pour répondre à nos questions de recherches, éventuellement pour avancer des éléments de réponse concernant l'effet de la formation des enseignants en démarches d'investigation sur leurs pratiques ainsi que les limites de notre recherche. Nous proposons également des perspectives possibles qui se rattachent à l'étude de l'effet d'une telle formation sur les activités effectives des élèves et sur les apprentissages qui en découlent.

Chapitre 1 : Le système éducatif tunisien : enjeux et défis

Plan du chapitre 1

INTRODUCTION

I. LES DIFFÉRENTES RÉFORMES DU SYSTÈME ÉDUCATIF : ENJEUX ET DÉFIS

I-1. PREMIÈRE RÉFORME DE 1958

I-2. DEUXIÈME RÉFORME DE 1991

I-3. TROISIÈME RÉFORME DE 2002

II. ORGANISATION ACTUELLE DU SYSTÈME ÉDUCATIF TUNISIEN

II-1. ENSEIGNEMENT DE BASE

II-2. ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

III. CONSTAT DE DÉSAFFECTATION ENVERS LES FILIÈRES SCIENTIFIQUES

IV. PROGRAMMES TUNISIEN : L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES

V. LE SYSTÈME DE FORMATION

V-1. LA FORMATION INITIALE

V-2. LA FORMATION CONTINUE

V-3. LA FORMATION EN PHYSIQUE-CHIMIE

VI. EN GUISE DE CONCLUSION

Introduction

La situation sociale d'un pays est, dans une large mesure, dépendante de son système éducatif. Ce dernier soutient, à travers les valeurs et les principes qu'il instaure chez les élèves, la cohérence dans les divers liens sociétaux.

L'objet de ce chapitre est de présenter le système éducatif tunisien. Nous débutons par une lecture des trois réformes menées depuis l'indépendance et la philosophie éducative sur laquelle chacune de ces réformes prend appui, pour finir par l'organisation actuelle de ce système à travers la présentation des différents niveaux d'enseignement. Dans une deuxième étape, nous exposons notre propre lecture sur certaines défaillances du système éducatif au niveau de l'enseignement des disciplines scientifiques, en partant des rapports officiels ministériels et des résultats des évaluations des élèves tunisiens dans les programmes d'évaluation à l'échelle mondiale. Par la suite, nous nous intéressons à l'architecture avec laquelle sont conçus les programmes d'enseignement des disciplines scientifiques et plus précisément les programmes de la physique dans l'enseignement secondaire (pour les élèves âgés de 16 ans à 19 ans), en pointant la manière avec laquelle sont introduites les concepts physiques à enseigner et les démarches recommandées dans les prescriptions officielles. Nous finissons ce chapitre par la présentation du système de formation au sein du système éducatif avec les deux catégories, initiale et continue, de la formation, au niveau pluridisciplinaire puis au niveau de la formation des enseignants de physique.

I. Les différentes réformes du système éducatif : enjeux et défis

Depuis l'indépendance (1956), le système éducatif tunisien est passé par trois grandes réformes.

I-1. Première réforme de 1958

Cette réforme est définie par la loi n°58-118 du 4 novembre 1958.

À l'aube de l'indépendance, les Tunisiens se trouvaient face à un problème majeur en relation avec le taux élevé de l'analphabétisme. Il était donc indispensable d'instaurer un système éducatif dont le défi principal était d'assurer un enseignement gratuit visant à moderniser son contenu afin d'assurer les besoins du pays.

Pour ce système, les études se répartissent ainsi :

- cycle primaire dont la durée est de six ans, sanctionné par un examen national d'entrée au cycle moyen et secondaire ;

- cycle moyen sanctionné par un brevet d'enseignement moyen : commercial, industrielle et général ;
- cycle secondaire qui débouche sur un baccalauréat parmi les sections maths-science, maths-technique, lettre et économie ;

I-2. Deuxième réforme de 1991

La fin des années quatre-vingt est marquée par des changements remarquables au niveau du système éducatif tunisien à travers la réforme définie par la loi n°91-65 prescrite le 29 juillet 1991. Dans cette réforme, le législateur a confirmé la gratuité de l'enseignement et son obligation jusqu'à 16 ans. Ce système a instauré un enseignement de base avec deux cycles dont le premier est d'une durée de six ans (pour les élèves âgés de 6 ans à 11 ans) et le second dure trois ans (pour les élèves âgés de 12 ans à 14 ans). L'enseignement de base débouche sur un concours national d'obtention du diplôme de fin d'étude de l'enseignement de base et qui permet l'accès aux « lycées pilotes ¹ ». L'enseignement secondaire est réduit à quatre ans qui débouchent sur le baccalauréat avec les sections mathématiques, sciences expérimentales, sciences techniques, lettre et économie-gestion.

I-3. Troisième réforme de 2002

La loi d'orientation n°2002-80 du 23 juillet 2002 relative à l'éducation et à l'enseignement scolaire, « introduit une nouvelle réforme éducative et se présente comme le cadre juridique de la rénovation et de la dynamisation de l'école tunisienne » (Organisation générale du travail, 2013, p. 15). La nouvelle loi d'orientation « fait de l'éducation une priorité nationale absolue et de l'enseignement un droit fondamental garantis à tous » (Ibid, p.15).

Dans l'article 20 de la loi précitée, on signale que l'enseignement de base est obligatoire pour chaque élève âgé entre 6 et 16 ans.

II. Organisation actuelle du système éducatif Tunisien

Actuellement (à partir de 2002), l'enseignement est subdivisé en deux niveaux : enseignement de base et secondaire

II-1. Enseignement de base

L'enseignement de base est assuré à travers deux cycles : un cycle primaire et un cycle préparatoire.

¹ L'enseignement dans les lycées pilotes est destiné aux élèves majeurs ayant réussi un concours de fin du cycle de l'enseignement de base.

Le cycle primaire est d'une durée de six ans, dont les finalités visent à « doter l'apprenant des instruments d'acquisition du savoir, des mécanismes fondamentaux de l'expression orale et écrite, de la lecture et du calcul, de se doter des compétences de communication dans la langue arabe et au moins dans deux langues étrangères. Il vise en outre, à aider l'apprenant à développer de son esprit, son intelligence pratique, sa sensibilité artistique et ses potentialités physiques et manuelles, ainsi qu'à son éducation aux valeurs de citoyenneté et aux exigences de vivre ensemble » (Loi d'orientation relative à l'éducation et à l'enseignement scolaire 2008, p.5).

Ce premier cycle est sanctionné par un concours, au choix, pour l'accès aux collèges pilotes². Le cycle préparatoire, d'une durée de trois ans, présente des finalités visant à « doter l'apprenant des compétences de communication dans la langue arabe et au moins dans deux langues étrangères, et de lui faire acquérir les connaissances et les aptitudes requises dans les domaines scientifiques, techniques, artistiques et sociaux permettant l'intégration dans l'enseignement secondaire, la formation professionnelle ou l'insertion dans la société ». (Ibid, p.5). Pendant ce cycle, les disciplines scientifiques sont enseignées en langue arabe.

Au terme de ce cycle, les élèves (âges entre 15 et 17 ans) peuvent, selon leurs choix, participer à un concours national dans le but d'obtenir le diplôme de fin d'étude de l'enseignement de base et accéder, pour les meilleurs, à l'enseignement secondaire dans les lycées pilotes et pour les autres accèdent à l'enseignement secondaire dans les lycées secondaires.

II-2. Enseignement secondaire

L'enseignement secondaire est d'une durée de quatre ans, pendant lesquelles les disciplines scientifiques sont enseignées en langue française :

- Un tronc commun (première année) pendant lequel on prépare l'élève à choisir la filière qui lui convient, parmi cinq filières (sciences, technologie de l'informatique, lettre, économie et service et sport) ;
- Lors de la deuxième année, l'élève poursuit ses études dans l'une des filières suivantes : sciences, économie et services, lettre et technologie de l'informatique ;
- Un second cycle de l'enseignement secondaire (troisième et quatrième année) comportant six (6) sections : mathématiques, sciences expérimentales, sciences techniques, sciences de l'informatique, lettre et économie-gestion.

² L'enseignement dans les collèges pilotes est destiné pour les élèves majeures ayant réussi un concours de fin du cycle de l'enseignement primaire.

L'enseignement secondaire est sanctionné par l'examen du baccalauréat, au terme de la quatrième année, pour l'accès aux études universitaires.

L'objectif principal de l'enseignement secondaire est, selon la loi d'orientation de 2002, de « doter l'élève, en plus d'une culture générale solide, d'une formation approfondie dans l'un des champs du savoir ou d'une formation spécialisée dans une branche spécifique lui donnant la possibilité de poursuivre ses études dans le cycle universitaires, l'intégration dans la formation professionnelle ou l'insertion dans la vie active ».(Loi d'orientation relative à l'éducation et à l'enseignement scolaire 2002, p.6)

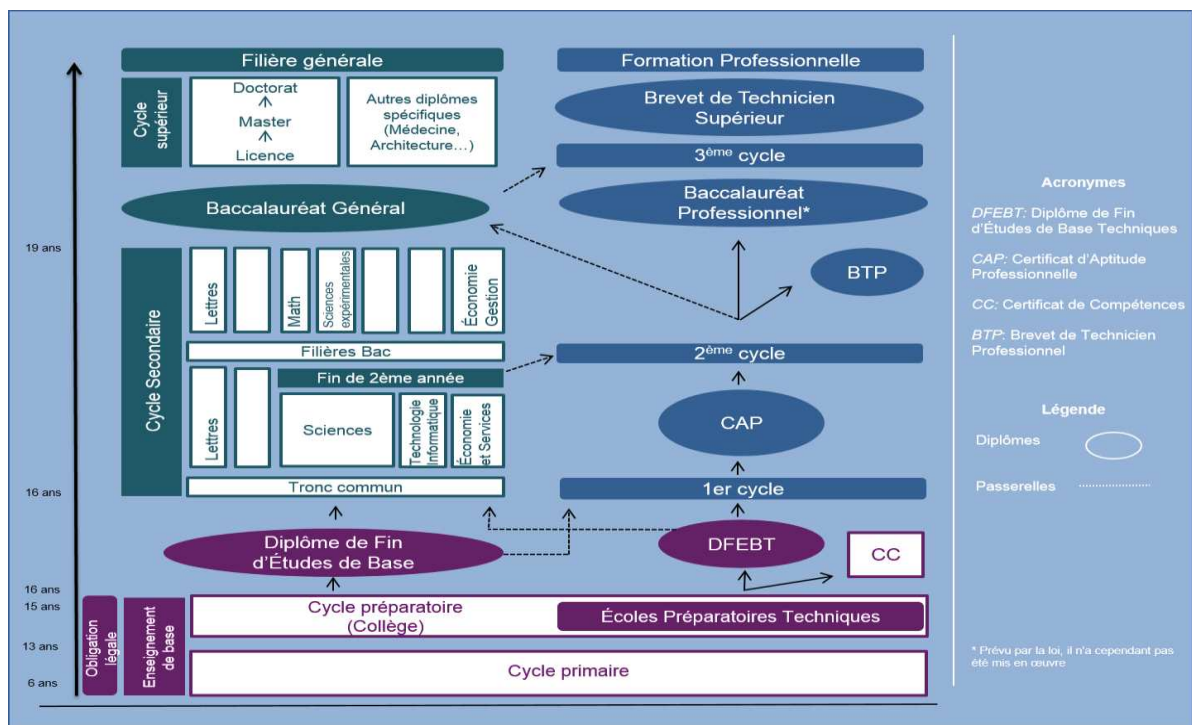


Figure 1: Structure du Système Educatif Tunisien

(Organisation générale du travail, 2014, p. 1)

III. Constat de désaffection envers les filières scientifiques

Les études menées par le ministère de l'éducation montrent qu'à la fin de la première année secondaire, le taux d'orientation vers les filières scientifiques, a subi une régression.

Le tableau 1, montre l'évolution des taux d'orientation à la fin de la première année secondaire.

Année scolaire	Taux (%)	
	Sciences	Technologie de l'informatique
2010/2011	49,4	12,2
2012/2013	43,1	9,5
2016/2017	47,9	8,2

Tableau 1: Evolution des taux d'orientation à la fin de la première année secondaire

(Ministère de l'Education, 2015)

Une lecture du contenu du tableau, montre qu'au sein des études scientifiques, la filaire science reste plus attirante pour les élèves avec un taux de 43,1 % en 2012. Toutefois, la technologie de l'informatique n'est pas privilégiée chez une grande part des élèves pour poursuivre leurs études dans le second cycle de l'enseignement secondaire (Ministère de l'Éducation, 2017).

Au terme de la deuxième année de l'enseignement secondaire, les élèves subissent une deuxième orientation vers différentes sections, pour qu'ils puissent accéder aux études dans les deux niveaux restants de l'enseignement secondaire (troisième et quatrième année de l'enseignement secondaire). Les statistiques, faites par le Ministère de l'Éducation, montre une nouvelle régression au niveau de l'orientation vers des sections scientifiques, comme l'indique le tableau qui suit :

Année scolaire	Taux (%)			
	Sciences expérimentales	Mathématiques	Sciences techniques	Sciences de l'informatique
2010/2011	23	15,5	13,5	9,7
2012/2013	21,5	11,7	13,9	7,4
2016/2017	22	10,3	15	4,8

Tableau 2 : Évolution des taux d'orientation à la fin de la deuxième année secondaire
(Ministère de l'Éducation, 2017)

À la fin de la deuxième année de l'enseignement secondaire, la section sciences expérimentales reste plus attirante pour les élèves, malgré la régression du taux d'orientation à cette section qui est passé de 23 % en 2011 à 22 % en 2017. Cependant, on note une grande désaffection envers la section sciences de l'informatique.

Les acquis des élèves

Avec la manière dont il est conçu, le système éducatif tunisien n'est plus en mesure de garantir à la majorité des élèves une formation de qualité. En effet, un grand nombre d'entre eux a des difficultés en langue française et en mathématiques, ce qui entrave leur communication, leur rédaction et leurs capacités à résoudre des problèmes (Organisation générale du travail, 2013).

Ce constat prend appui essentiellement sur les résultats des candidats tunisiens ayant participé aux évaluations internationales.

En 2015, dans le programme PISA (*Program for International Student Assessment*), les résultats des élèves ayant participé à cette évaluation étaient très faibles. En effet, la Tunisie a été classée 65ème sur les 70 pays participant à ce programme, avec un score moyen de 386 en

sciences (évolution moyenne sur 3 ans de 0), 361 en compréhension de l'écrit (évolution moyenne sur trois ans de - 21) et 367 en mathématiques (évolution moyenne sur trois ans de 4) pour une moyenne des pays de l'OCDE de 493. Lors de cette évaluation, le taux d'élèves tunisiens, peu performants dans l'ensemble des trois domaines d'évaluation, est de 57,3 %, tandis que le pourcentage d'élèves très performants dans au moins un domaine d'évaluation est de 0,6 % (OCDE, 2016).

Globalement, les performances des élèves tunisiens demeurent faibles et ne présentent pas d'évolutions particulières et notables par rapport aux résultats de l'enquête PISA de 2006.

Une étude comparative, montre que les résultats de la Tunisie au cours de cette évaluation n'ont pas évolué entre 2003 et 2015.

	PISA 2006			PISA 2009			PISA 2015		
	Score moyen OCDE	Score Tunisie	Classement	Score moyen OCDE	Score Tunisie	Classement	Score moyen OCDE	Score Tunisie	Classement
Culture									
Mathématique	359	496	39/40	371	499	60/65	490	367	67/70
Lecture	375	493	40/40	401	494	56/65	493	361	64/70
Culture Scientifique	500	386	37/40	501	401	55/65	493	386	65/70

Tableau 3 : score et classement de la Tunisie dans le programme de l'évaluation PISA (Organisation internationale du travail, 2014, p. 31)

À partir des résultats du programme d'évaluation PISA 2015, on peut ressortir les constats suivants :

- 1- Manque de performance au niveau du système éducatif tunisien. En effet, le pourcentage des élèves peu performants (sous le niveau 2³) dans les trois domaines d'évaluation, notamment dans le domaine des sciences, est d'environ 57 %. Ainsi, l'élève tunisien reste incapable de réaliser des performances positives dans les disciplines scientifiques et mathématiques. Ceci peut être expliqué par la non-adaptation des évaluations faites avec le contenu des programmes enseignés, notamment l'absence au niveau des programmes d'un contenu et des démarches qui pointent essentiellement vers le développement de la démarche scientifique, de l'esprit

³ Niveau pour lequel les élèves sont capables d'utiliser des connaissances de la vie quotidienne et des connaissances procédurales pour identifier une explication scientifique appropriée, interpréter des données et identifier la question qui est traitée de manière scientifique dans un dispositif expérimental simple.

critique et l'interprétation des phénomènes scientifiques qui dérivent de la vie quotidienne de l'élève.

- 2- le système éducatif reste incapable de favoriser l'excellence chez les élèves qui possèdent un potentiel important, ce qui est mis en évidence par la faiblesse au niveau du taux d'élèves très performants (niveau 5⁴ ou 6⁵) dans au moins un domaine d'évaluation ne dépasse pas 0,6% comparativement à la moyenne des pays de l'OCDE (15 %).

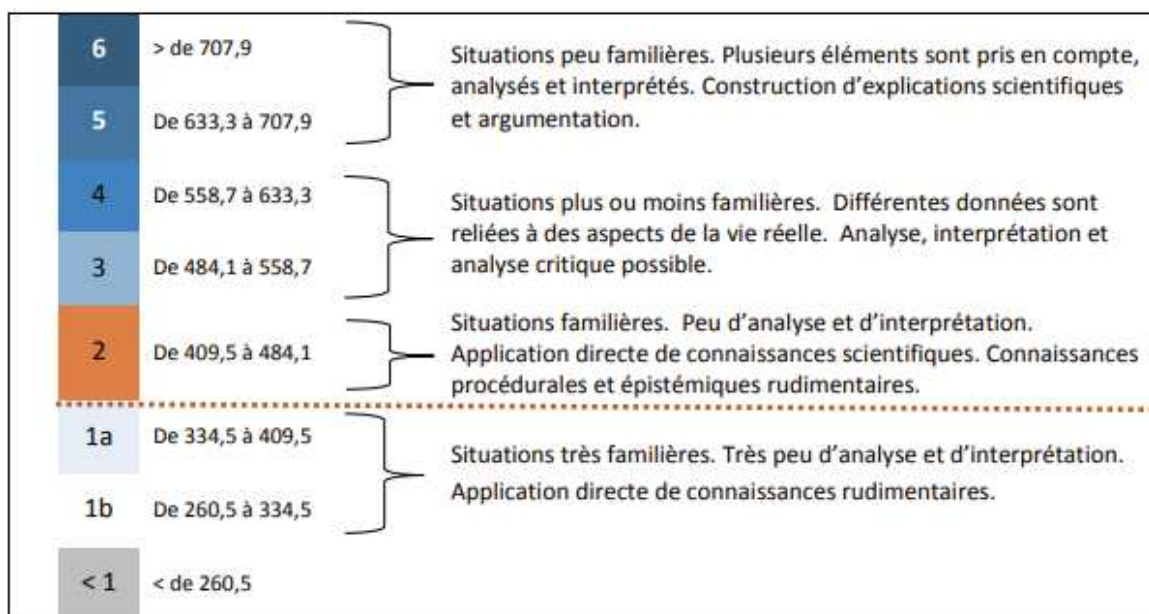


Figure 2 : Description synthétique des niveaux de culture scientifique
(Lafontaine, Crépin et Quittre, 2017)

- La Tunisie a noté des résultats faibles lors de sa participation au programme d'évaluation TIMSS depuis 1999.

⁴ Niveau pour lequel les élèves sont capables d'utiliser des notions scientifiques abstraites ou des concepts pour expliquer des phénomènes, des événements ou des processus non familiers et plus complexes, impliquant de multiples liens de causalité. Ils savent appliquer des connaissances épistémiques plus sophistiquées pour évaluer des designs expérimentaux alternatifs et justifier leur choix et utiliser des connaissances théoriques pour interpréter l'information ou faire des prédictions.

⁵ Niveau pour lequel les élèves sont capables de se baser sur une série de notions et de concepts scientifiques interconnectés, issus des sciences physiques, de la vie, de la terre et de l'espace, et d'utiliser des connaissances de contenu, procédurales et épistémiques pour fournir des hypothèses explicatives de phénomènes, d'événements ou de processus inédits ou pour faire des prédictions.

		2011		2007		2003		1999	
		4 ^{ème} (Élèves âgés de 10 ans)	8 ^{ème} (Élèves âgés de 14 ans)	4 ^{ème}	8 ^{ème}	4 ^{ème}	8 ^{ème}	4 ^{ème}	8 ^{ème}
Math	Score	359	425	327	420				
	Rang	47/50	38/42	33/36	32/49	25/45		29/38	
Sciences	Score	346	439	318	445				
	Rang	48/50	37/42	33/36	34/49	38/45		29/38	

**Tableau 4 : Résultats des élèves tunisiens selon les évaluations TIMSS
(Organisation internationale du travail, 2013, p.31)**

Des raisons diverses peuvent expliquer la faiblesse de ces résultats :

- Au niveau du système d'évaluation des acquis des élèves : la conception des outils d'évaluation, au niveau des disciplines scientifiques en Tunisie, reste basée sur des exercices type pour lesquels l'élève est invité essentiellement à mobiliser des connaissances déclaratives. La part de l'application de la démarche scientifique dans des situations proches de situations connues ou dans des situations nouvelles reste limitée ;
- Au niveau des habiletés des élèves : la résolution de problèmes et l'utilisation des connaissances dans des situations significatives ne font pas l'objet d'activités d'entraînement lors des séances d'enseignement ;
- L'absence de motivation face aux disciplines scientifiques, les attitudes diverses des élèves envers l'enseignement des sciences et le manque d'adhésion des élèves dans des activités extrascolaires en sciences ;
- Au niveau du temps imparti pour l'enseignement des sciences : l'horaire imparti à l'enseignement des sciences en Tunisie ne représente que 5 % de l'horaire global, au 2^{ème} cycle de base, contre 12 % à l'échelle mondiale (Organisation internationale du travail, 2014).

IV. Programmes tunisiens : l'enseignement des sciences physiques

L'enseignement des sciences physiques s'inscrit dans la logique de la réforme du système éducatif, conformément aux finalités de la loi d'orientation de l'éducation et de l'enseignement scolaire (Loi du 23 juillet 2002). Cette loi précise dans son article 56, que l'école assure « la formation cognitive des apprenants et de leur faire acquérir des méthodes de travail et de résolution de problèmes » (loi d'orientation de l'éducation et de

l'enseignement scolaire, 2002, p.1739). D'autre part, elle considère et que l'enseignement des mathématiques et des sciences vise à permettre aux apprenants de « maîtriser les diverses formes de la réflexion scientifique et de s'habituer à la pratique de la démonstration et de l'argumentation ainsi que de leur faire acquérir des compétences de résolution de problèmes et d'interprétation des phénomènes naturels et des faits humains » (Ministère de l'éducation, 2010, p.3).

À travers l'enseignement des sciences physiques au collège, les élèves sont en mesure de découvrir l'univers matériel. « Par l'observation et l'investigation (manipulations ; recherches documentaires ou sur terrain...), ils ont reconnu des interactions de tous les jours entre la matière et des phénomènes physiques courants (essentiellement ceux qui sous-tendent la nature) ; ils ont construit qualitativement des concepts et "dégagé" des lois qui régissent les phénomènes étudiés. En mettant à profit leurs acquis, ils se sont entraînés à proposer une explication ou une solution à des problèmes d'une complexité de degré moyen, à réaliser de petits projets et à s'approprier des manières de communiquer » (Ibid, 2010, p. 3).

En continuité avec l'enseignement de base, l'enseignement des sciences physiques au secondaire vise à permettre aux élèves de : développer leurs connaissances en culture scientifique afin de se faire une représentation logique des différents phénomènes naturels et à mieux se placer dans le monde moderne ; acquérir de l'autonomie à travers l'action et l'intervention active, pour bien apprendre et développer la prise d'initiative pour améliorer l'esprit créatif ; mettre en application, de manière continue le protocole de base de la démarche scientifique (cerner les éléments du problème posé, émettre des hypothèses, exploiter l'expérience, la recherche documentaire ou l'investigation sur le terrain pour confirmer ou infirmer les hypothèses émises, institutionnaliser, intégrer ...) ; affiner les habiletés méthodiques dans l'utilisation des TIC (Technologies de l'information et de la communication) et l'utilisation des données (recherche des informations, leur tri critérié, leur analyse...); apprendre aux élèves à transférer ces savoirs, savoir-faire et savoir être d'une manière intégrative dans des situations problèmes authentiques déclenchées par des phénomènes physico-chimiques (Ibid, 2010).

La grille des programmes de sciences physiques est construite autour des objectifs, en lien avec le contenu de la matière à enseigner. Des exemples d'activités et de raisonnement, pouvant servir comme support d'enseignement en classe, figurent pour chaque partie du programme (figures 3 et 4).

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relier l'intensité du courant à la quantité d'électricité ($Q = I.t$). ■ Mesurer l'intensité d'un courant électrique avec un ampèremètre. ■ Vérifier expérimentalement et appliquer la loi des nœuds. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qu'est-ce qu'un court circuit ? ▶ Pourquoi des fusibles sautent-ils ? 	<p>II-4. Intensité du courant : Mesure ; loi des nœuds</p>	2 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualiser une tension électrique sur un oscilloscope et la mesurer. ■ Mesurer la tension électrique avec un voltmètre. ■ Vérifier expérimentalement et appliquer la loi des mailles. ■ Utiliser le rhéostat dans un circuit pour faire varier l'intensité du courant ou la tension. ■ Utiliser les appareils électriques en respectant les règles de sécurité. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Que signifient les indications 1,5V sur une pile ronde, 4,5 V sur une pile plate, 220 V du courant du secteur ?... ▶ A partir de quel ordre de grandeur, la tension électrique devient-elle dangereuse pour l'homme ? 	<p>II-5. Tension électrique : Mesure ; loi des mailles</p>	2 h

Commentaires

Toutes les expériences d'électricité seront réalisées dans des conditions qui ne présentent aucun danger pour les élèves: on veillera au respect des règles de sécurité.

L'électrisation par frottement permettra de mettre en évidence l'existence de deux espèces d'électricité.

On montrera expérimentalement qu'il existe d'autres modes d'électrisation tout en se limitant à évoquer l'électrisation par contact et l'électrisation par influence (l'électrisation au moyen d'un rayonnement par exemple n'est pas au programme).

Pour interpréter l'électrisation, on admettra que les atomes sont des entités électriquement neutres formées d'un noyau porteur de charges électriques positives et d'électrons porteurs de charges électriques négatives. **L'électrisation apparaît comme un transfert d'électrons.**

On précisera que la charge électrique (ou quantité d'électricité) est une grandeur mesurable; son unité internationale est le coulomb (C).

13/80

Figure 3 : Extrait du programme tunisien des sciences physiques (1^{ère} année secondaire) (Programme des sciences physique 1^{ère} année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 13)

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ■ Construire point par point ou acquérir éventuellement à l'ordinateur la caractéristique d'un dipôle. ■ Reconnaître un conducteur ohmique et particulièrement le résistor par l'aspect de sa caractéristique $U = f(I)$. ■ Expliquer le principe de fonctionnement du rhéostat ou du potentiomètre. ■ Appliquer la loi d'Ohm relative à un conducteur ohmique pour calculer l'une des grandeurs I, U et R connaissant les deux autres. ■ Lire la valeur de la résistance d'un conducteur ohmique en utilisant le code des couleurs. ■ Déterminer la résistance du dipôle équivalent à l'association de conducteurs ohmiques en série, en parallèle et à l'association mixte. ■ Appliquer la loi de Joule. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Étudier l'évolution de la tension aux bornes d'un dipôle en fonction de l'intensité du courant qui y circule. ☑ ▶ S'entraîner à utiliser le code des couleurs pour préciser la résistance d'un résistor. ▶ Comparer la valeur de la résistance d'un conducteur ohmique mesurée avec un ohmmètre ou reconnue à l'aide du code des couleurs, à celle de la pente de la caractéristique correspondante. ▶ Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'une association de conducteurs ohmiques pour identifier le dipôle qui lui est équivalent. ☑ 	<p>III. Caractéristiques intensité-tension de dipôles électriques</p> <p>III-1. Récepteurs passifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracé de la caractéristique $U = f(I)$ d'une lampe à incandescence, d'une diode et d'un résistor - Loi d'Ohm relative à un conducteur ohmique - Associations de résistors en série et en parallèle - Loi de Joule <p>III-2. Récepteurs actifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracé de la caractéristique $U = f(I)$ - loi d'Ohm relative à un récepteur actif - Puissance utile et rendement 	5,5 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'un récepteur actif. ■ Appliquer la loi d'Ohm relative à un récepteur actif. ■ Calculer le rendement d'un récepteur actif. ■ Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'un générateur. ■ Mesurer la f.e.m. E d'un générateur. ■ Appliquer la loi d'Ohm relative à un générateur. ■ Calculer le rendement d'un générateur. ■ Caractériser le générateur équivalent à une association de générateurs en série et à une association en parallèle. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ A l'aide d'un wattmètre et d'un ampèremètre, étudier l'évolution de la puissance électrique consommée par un conducteur ohmique en fonction de l'intensité du courant qui y circule. ☑ ▶ Que signifie "Un moteur électrique plus puissant qu'un autre" ? ▶ Étudier expérimentalement l'évolution de la tension aux bornes d'un électrolyseur à électrodes inattaquables en fonction de l'intensité du courant qui y circule. ☑ ▶ Pourquoi le fonctionnement de certains appareils électroniques (Baladeur, appareil photo, télécommande...) nécessite plus d'une seule pile ? Comment ces piles sont-elles branchées ? ▶ Étudier expérimentalement l'évolution de la tension aux bornes d'un générateur en fonction de l'intensité du courant qu'il débite. ☑ 	<p>III-3. Dipôle générateur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracé de la caractéristique $U = f(I)$ - Loi d'Ohm relative à un générateur. - Puissance utile et rendement - Associations de générateurs : <ul style="list-style-type: none"> • en série • en parallèle • en opposition: Charge d'une batterie 	2 h 2,5 h

☑ : Activité pouvant mettre en jeu les TIC (Technologies de l'information et de la communication)

36/80

Figure 4 : Extrait du programme tunisien des sciences physiques (2^{ème} année secondaire) (Programme des sciences physique 1^{ère} année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 36)

Pour mettre en application les principes constructivistes et d'intégration des connaissances, assignés à l'enseignement de la matière (principes figurant dans les programmes, en accord avec les nouvelles orientations prescrites dans la loi d'orientation de l'éducation et de l'orientation scolaire), les instructions officielles invitent les enseignants à mener les activités de classe par le biais de méthodes actives, méthodes ayant pour but de permettre aux apprenants de construire eux-mêmes le savoir, de l'intégrer dans des situations authentiques et de s'approprier des habiletés d'ordre expérimental.

A travers les travaux pratiques que l'enseignant mène avec ses élèves en classe, la démarche avec laquelle les sciences physiques sont enseignées vise à amener l'élève à prendre une grande part d'initiative et de responsabilité dans la construction des connaissances et dans l'acquisition de savoir-faire. En effet, le contenu du programme incite les enseignants de sciences physiques à adopter en classe des pratiques qui amènent les élèves à formuler les hypothèses et à les confronter aux situations concrètes. Il contribue ainsi au développement de la pensée logique chez les élèves (Ibid, 2010).

Les instructions officielles invitent les enseignants de sciences physiques à stimuler la motivation des élèves et à favoriser chez eux la rétention ainsi que la compréhension, à travers le recours autant que possible à l'enseignement par le problème ou par le projet. Lors des séances de travaux pratiques en sciences physiques, le modèle « OHERIC » est le plus souvent présent comme une succession d'étapes d'un modèle unique de démarche scientifique, sans pour autant être institutionnalisé dans les programmes.

V. Le système de formation

V-1. La formation initiale

Créé en 1958, l'école normale pour la formation des professeurs des collèges et des lycées, assure la formation initiale des enseignants, dans les disciplines scientifiques et littéraires. C'est à travers des cours de psychopédagogie et de didactique et des stages d'initiation à l'enseignement organisés dans les établissements d'enseignement, que les enseignants sont préparés pour mener la tâche d'enseignement. Par la suite, l'enseignant s'engage dans l'enseignement, tout en étant encadré, lors de son cursus professionnel, par un inspecteur qui assure le suivi de l'enseignant.

Après les années 90, l'école normale n'assure plus la formation initiale des futurs enseignants de l'enseignement secondaire. Par la suite, cette mission est assurée entièrement par les autres établissements universitaires ayant comme mission principale la formation des étudiants dans des contenus scientifiques. C'est pour cette raison que certains établissements supérieurs ont

opté pour l'intégration, au niveau du deuxième cycle de la maîtrise, des cours de didactique et de techniques d'enseignement avec des séances de stages pratiques dans les établissements secondaires pour permettre l'initiation des étudiants à mener des séances de classes.

Le recrutement des enseignants se fait par la suite pour les étudiants titulaires des maîtrises (Bac + 4) ayant réussi au concours d'obtention du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement secondaire (Capes). Une session de formation, pendant un trimestre, au titre d'une initiation professionnelle sera par la suite organisée pour les candidats admis. Cette formation se déroule en deux volets :

- Un volet théorique permettant au futur enseignant de bénéficier des connaissances de bases en relation avec :
 - le système éducatif tunisien ;
 - la communication pédagogique ;
 - les approches pédagogiques ;
 - l'évaluation du travail de l'élève ;
 - la scénarisation des séquences d'enseignement/apprentissage ;
 - ...
- Un volet pratique pendant lequel les formés poursuivent un stage pratique, dirigé par un inspecteur pédagogique, dans les lycées et les collèges. Les futurs enseignants assistent, dans un premier temps, à des séances de cours ou de travaux pratiques assurées par des enseignants titulaires et, dans un deuxième temps, ils sont invités à animer eux-mêmes des classes en présence de leurs collègues et de l'inspecteur encadreur. Chaque séance de ce stage pratique est suivie par une discussion entre les différents participants dans le but d'améliorer le « rendement pédagogique » des enseignants formés.

V-2. La formation continue

Selon la loi d'orientation de l'éducation et de l'enseignement scolaire, les enseignants doivent participer, tout au long de leur carrière professionnelle, à la formation continue en tant qu'une « nécessité dictée par les mutations qui affectent le savoir et la société et par dévolution les métiers » (Loi d'orientation relative à l'éducation et à l'enseignement scolaire, 2002, p.1738).

La formation continue est assurée dans les centres régionaux de l'éducation et de la formation continue (CREFOC) qui accueillent les enseignants chaque année scolaire, pour poursuivre la formation en deux programmes :

Le système éducatif tunisien : enjeux et défis

- Programme national de développement des compétences qui couvre l'ensemble des disciplines enseignées. Les thèmes qui sont souvent abordés dans ce programme, couvrent les deux aspects scientifiques et pédagogiques ;
- Programme régional de formation, spécifique à chaque discipline au niveau de chaque région séparée. Dans la conception de ce programme, les formateurs prennent en considération les besoins effectifs des enseignants de manière à ce que cette formation permette le développement des compétences professionnelles.

Dans la mise en place des deux programmes annuels de formation, les formateurs peuvent exploiter le référentiel de compétences qui « traduit l'activité professionnelle en compétences, en composantes de compétences attendues, à construire des situations professionnelles dans lesquelles s'exerce l'activité professionnelle (approche située) et où sont mobilisées les ressources (connaissances professionnelles, capacités, attitudes) auxquelles les professionnels ont recours pour agir » (Référentiel national des compétences des enseignants, 2017, p.4).

Le référentiel de compétences (figures 5 et 6), construit autour de trois domaines de l'activité professionnelle (Professionalité enseignante et éthique professionnelle, Enseignement / apprentissage et Vie scolaire et environnement éducatif et social), représente un outil d'accompagnement des actions de formation, permettant ainsi l'évaluation de son contenu, et il soutient les régulations progressives et nécessaires des compétences.

1. Domaine 1 : Professionalité enseignante et éthique professionnelle			
Domaine 1 : Professionalité enseignante et éthique professionnelle			
Compétence C1 - S'engager dans la construction de sa professionalité enseignante			
Situations professionnelles	Composantes de compétence	Indicateurs	Critères
-Situations professionnelles tout au long de la trajectoire professionnelle dont : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestion de l'enseignement-apprentissage ▪ Dilemmes éthiques ▪ Réunions ▪ Sessions de formation continue, des séminaires, 	- Se situer par rapport aux valeurs inhérentes au métier d'enseignant	-L'enseignant agit conformément à la politique éducative -Il met en œuvre les textes officiels relatifs à l'exercice de la profession -Il se comporte conformément aux principes, aux valeurs et aux finalités qui fondent le système éducatif	-Engagement -Professionalisme -Pertinence -Efficacité -Réflexivité
	-Développer son identité professionnelle	-Il fonde son identité professionnelle sur les missions et les rôles de l'enseignant assurés dans tous les cycles	

Figure 5 : Extrait du référentiel de compétences, 2017, p.9

Situations professionnelles	Composantes de compétence	Indicateurs	Critères
des leçons témoins, des ateliers, ▪ Commissions ▪ Conseils de classes, d'établissement... ▪ Concours professionnels ▪ Pratiques innovantes, recherches, projets collectifs - Faire face à une situation avec un dilemme éthique	- Développer des compétences professionnelles et une posture de réflexivité en formation initiale et continue, en auto formation, en co formation et par analyse et mutualisation des pratiques - S'impliquer dans des démarches d'innovation, de créativité et de recherche	-Il participe activement à la formation continue, la co formation et l'auto formation -Il analyse ses pratiques et y apporte les régulations requises -Il construit son jugement et son raisonnement professionnel en justifiant ses choix et en les explicitant aux parties prenantes - Il s'engage dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel. Il exerce en tenant compte des changements de l'école et des mutations qui affectent le métier et la société. - Il actualise ses connaissances et met à jour les approches et les méthodes utilisées	

Figure 6 : Extrait du référentiel de compétences, 2017, p.

Dans le but de développer des modules et des outils de formation, le ministère de l'éducation a procédé à la création du Centre national de formation des formateurs en éducation CENAFFE (actuellement Centre international de formation des formateurs et de l'innovation pédagogique) destiné à la formation des formateurs (inspecteurs pédagogiques, conseiller pédagogiques, ...) et à l'élaboration des dispositifs de formations exploités par la suite dans la formation continue du cadre enseignant.

V-3. La formation en physique-chimie

La formation des enseignants de physique-chimie, fait partie des programmes de formation conçus à la fois à l'échelle nationale et à l'échelle régionale.

Au contenu du programme de formation à l'échelle nationale qui touche des thèmes d'ordres pédagogiques (scénarisation des séquences d'enseignement/apprentissage, approches pédagogiques dans l'enseignement des sciences physiques, évaluation du travail de l'élève, ...) et d'autres d'ordres scientifiques, s'ajoute un programme de formation à l'échelle régionale qui prend en considération les spécificités de la matière et les besoins des enseignants.

La formation au niveau local se fait le plus souvent à la carte, selon le besoin de chaque enseignant, tout en prenant en considération les constats faits par le cadre inspecteur lors des visites de classes. Souvent, ces formations se focalisent sur l'aspect pratique à travers des actions pendant lesquelles les enseignants s'entraînent sur des nouveaux matériels, préparent des scénarios pédagogiques basés sur l'expérimentation en relation avec le contenu du

programme, exploitation des nouvelles technologies dans l'enseignement des sciences physiques (EXAO, simulation, TBI, ...).



Figure 7 : Groupe d'enseignants participants à une formation en « démarche d'investigation »

VI. En guise de conclusion

L'analyse des finalités visées par les différentes réformes au niveau du système éducatif tunisien montre une convergence vers l'amélioration de la qualité de l'apprentissage, dans le but d'atteindre l'efficacité souhaitée dans le fonctionnement des différents éléments du système. Cependant, la spécificité qui fait que chaque réforme s'oriente uniquement vers le renouvellement du mode de fonctionnement de l'un des secteurs constitutifs du système éducatif pris à part (enseignement de base, enseignement secondaire, ...) renforce l'isolement de ces éléments qui devraient fonctionner en liens étroits l'un avec l'autre. C'est à travers ces constats qu'il paraît nécessaire, voir primordiale, de mener une réforme basée sur la philosophie d'articulation des différents domaines du système qui devraient fonctionner en parallèle, réforme qui tiendrait compte de la continuité entre les différentes étapes de scolarisation, dès le maternel jusqu'au secondaire. Au niveau des contenus, les réformes devraient être conçues de manière à mener des renouvellements dans les contenus à enseigner et des approches pédagogiques préconisées, de façons à prendre en considération la continuité entre ce qui est enseigné dans l'enseignement de base et ce qui est enseigné dans l'enseignement secondaire. Prévoir des approches pédagogiques nouvelles (enseignement des

sciences fondé sur l'investigation, la pédagogie de projet, ...), qui devraient être prescrites dans les instructions officielles des programmes, s'avère intéressant, selon nous, pour l'amélioration de la qualité de l'apprentissage.

Au niveau de la formation du cadre enseignant, nous notons des difficultés issues de :

- la fermeture des écoles destinées à la préparation des futurs enseignants et qui assurent une formation initiale de base ;
- la fermeture des instituts supérieurs de formation des maîtres de l'enseignement primaire ;
- le caractère limité de la formation continue, du fait que l'effort des encadreurs est essentiellement orienté vers la professionnalisation des enseignants stagiaires au détriment des enseignants titulaires. Ce constat pourrait être en lien avec le nombre insuffisant d'inspecteurs, qui assurent à la fois la formation initiale et la formation continue des enseignants, à côté des diverses autres tâches dans lesquelles ils sont engagés et qui pourrait entraver leur travail au niveau de la formation ;
- l'absence d'une stratégie ministérielle qui incite les enseignants à la recherche au sujet de l'enseignement et l'apprentissage, en vue de proposer des pistes qui amènent au développement des compétences professionnelles des enseignants et à la mise en œuvre de nouvelles approches et leurs impacts directs sur les acquisitions des élèves ;
- la mauvaise gestion des différentes ressources (humaines, matérielles, ...) au niveau des centres destinés à la formation des enseignants.

Ces différentes difficultés engendrent des formations initiales et continues marquées de certaines insuffisances au niveau de la conception des actions de formations dotées de l'efficacité attendue, de la mise en place de ces actions de formation et du suivi de l'impact de ces formations sur les actions de l'enseignant au sein de la classe.

En conclusion, pour affronter ces divers obstacles, il serait intéressant de renforcer la formation des enseignants en matière de didactique des disciplines, des approches pédagogiques modernes, d'histoire des sciences, ... au sein des établissements universitaires et au niveau des centres de formation, afin d'assurer une formation solide qui suit les évolutions mondiales dans ces domaines. Solliciter les enseignants, pour qu'ils mènent des recherches aux sujets de l'enseignement et de l'apprentissage, pourrait également améliorer leurs « rendements pédagogiques » en classe.

Chapitre 2 : L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation

Plan du chapitre 2

INTRODUCTION

I. LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

I-1. REGARD ÉPISTÉMOLOGIQUE

I-1-1. Démarche inductive

I-1-2. Démarche déductive

I-1-3. Démarche hypothético-déductive

I-2. LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE EN SCIENCES EXPÉRIMENTALES

II. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION

II-1. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION DU POINT DE VUE DE L'INSTITUTION

II-1-1. Contexte

II-1-2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans les prescriptions officielles

II-1-3. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et le développement de l'esprit scientifique

II-1-4. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans divers contextes

II-1-4-1. AUX USA

II-1-4-2. EN FRANCE

II-2. L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES FONDÉ SUR L'INVESTIGATION DANS LES TRAVAUX DE RECHERCHES

II-2-1. Diverses définitions et descriptions de la démarche d'investigation

II-2-2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les représentations des enseignants

II-2-3. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les pratiques de classes

II-3. LES CONCEPTIONS : CONCEPT À FAIRE ÉMERGER DANS L'ENSEIGNEMENT FONDÉ SUR L'INVESTIGATION

II-4. L'APPRENTISSAGE COOPÉRATIF ET LE CONFLIT SOCIOCOGNITIF

III. En guise de conclusion

Introduction

Dans son travail sur « la formation de l'esprit scientifique », Bachelard (1938) insiste sur le fait que le savoir se construit toujours contre l'évidence. L'accès à la science nécessite donc, de la part du chercheur mais aussi de la part de l'enseignant, la pratique de la démarche scientifique.

Dans le présent chapitre, nous présentons un regard épistémologique sur la démarche scientifique en sciences expérimentales, avec ses diverses évolutions depuis l'inductivisme. Ensuite, nous accédons à la démarche déductive, en prenant appui sur les objections soulevées dans diverses recherches au sujet de la démarche inductive. Ce regard épistémologique se rattache aussi à la démarche hypothético-déductive comme démarche de recherche aboutissant à la construction de modèles explicatifs des phénomènes quotidiens.

Dans une deuxième étape, nous nous intéressons à l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Nous présentons au début les démarches basées sur l'investigation scientifique d'un point de vue de l'institution dans divers contextes, tout en faisant le point sur le « canevas » construit autour des moments clés de la démarche d'investigation dans les instructions officielles françaises (MEN, 2007), que nous adopterons dans la suite de notre recherche.

Ensuite, à travers une revue de littérature, nous présentons les résultats de quelques recherches au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, en lien avec les représentations des enseignants à ce propos, et éventuellement avec celles des pratiques de classes.

Au terme de ce chapitre, nous faisons le point sur les conceptions et l'apprentissage coopératif comme leviers d'apprentissage dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation.

I. La démarche scientifique

I-1. Regard épistémologique

En sciences expérimentales, on distingue trois types de démarches :

I-1-1. Démarche déductive

C'est en 1620 que Francis Bacon invite à suivre une démarche partant « des sensations et des faits particuliers ; mais s'élevant avec lenteur par une marche graduelle et sans franchir aucun degré, elle n'arrive que bien tard aux propositions les plus générales ; cette dernière méthode est la véritable mais personne ne l'a encore tentée » (Bacon, 1620, cité par Darley, 1996, p. 34). L'induction selon Popper se définit comme « une inférence qui passe d'énoncés singuliers tels que les comptes rendus d'observation ou d'expérience, à des énoncés universels, tels des hypothèses ou des théories » (Popper, 1973, cité dans Bomchil et Darley, 1998, p. 86).

Selon la conception inductiviste, l'observation du réel induit les lois qui le régissent (Gandit, Triquet & Guillaud, 2010). Comte considère l'observation comme étant un « arbitre » de la pensée en instaurant le principe d'une science positive où « partant de faits observables définis relativement à l'observateur, les lois naturelles sont établies dans la constante subordination de l'imagination à l'observation » (Discours sur l'esprit positif 1844, cité par Darley, 1996, p. 34)). A son tour, Darley (1996) signale que la connaissance passe par la perception de faits observables considérés suffisamment pertinents. Pour lui, la raison doit s'exercer sur ces observables.

Pour cette démarche, le savoir est construit à travers l'observation du réel. Ainsi, à partir de l'observation du réel, on arrive à tirer, par induction, les lois qui le régissent. Une telle démarche permet donc d'exploiter les observations et les analyses particulières pour aboutir à des perspectives générales.

Dans le cadre inductiviste, « le problème, en tant que question clairement identifiée, n'est pas premier ; il ne devient important que secondairement, c'est-à-dire lorsque le chercheur possède suffisamment d'éléments objectifs pour le formuler » (Darley, 1996, p. 34). Cette approche a été critiquée par de nombreux épistémologues, notamment par Bachelard (1938), Popper (1985) et Chalmers (1987) qui dénie toute valeur opératoire à l'induction en tant que démarche de construction du savoir. Ainsi, Popper (1963) considère que l'induction « n'est ni une donnée psychologique, ni un fait de la vie courante, ni un phénomène propre à la démarche scientifique » (Popper, 1963, cité par Gandit *et al*, 2010, p. 2).

Avec cette approche, la généralisation d'une loi, issue de l'observation, nécessite trois conditions :

- i. le nombre d'observations devrait être élevé ;
- ii. la répétition dans une grande variété de conditions ;
- iii. le respect de la logique entre la loi et les énoncés singuliers. Aucun énoncé d'observation ne peut entrer en conflit avec la loi universelle qui en résulte.

Cependant, certains problèmes sont soulevés par l'induction, du fait que d'une part, l'élimination de la contradiction entre une observation avec les autres ne peut pas être facilement garantie et d'autre part, pour un même fait, les observations diffèrent selon les sujets.

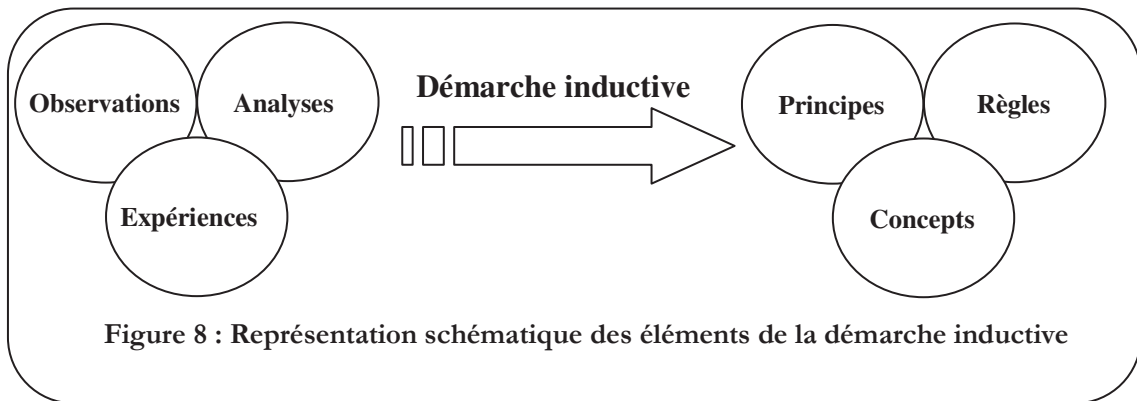
Mathé (2010) note que les limites de l'induction, ayant été formulés par Hume au 18^{ème} siècle, ont été identifiées au fil du temps : comment un ensemble fini d'observations sur des événements passés peut-il garantir que ces événements se produiront dans le futur ?

Le point de vue inductiviste de la connaissance a été contesté par Popper. Pour lui, la généralisation déduite à partir d'une série d'expériences ne pourra pas être appliquée à une situation nouvelle : « même après avoir observé la conjonction fréquente ou constante d'objets, nous n'avons aucune raison d'en tirer une quelconque inférence sur quelque objet au-delà de ceux dont nous avons fait l'expérience » (Blanchenay, 2005).

Bächtold (2012) évoque trois objections envers l'inductivisme naïf :

- Généralement, la théorie précède l'expérience. En effet, les scientifiques s'appuient sur des expériences déjà réalisées et mobilisent leur imagination pour émettre des hypothèses, à travers lesquelles ils seront guidés pour réaliser des expériences nouvelles. Ce qui a été signalé par Duhem et Bachelard ;
- Les données issues de l'observation et de l'expérience présupposent des connaissances qui déterminent ce que nous observons. Elles seront interprétées à travers des théories et des conceptions déjà admises. À ce propos, Popper affirme que l'homme n'observe pas « dans le vide » car l'observation empirique est toujours guidée par la théorie ;
- La généralisation d'un ensemble fini de données expérimentales sous la forme d'une théorie n'est plus univoque. En effet, un ensemble de données tirées d'expériences peut être décrit par plusieurs théories.

À travers une représentation schématique (figure 8), nous synthétisons les entrées en relation avec l'expérience première et les sorties généralisées de la démarche inductive, dans la construction des principes, règles et concepts.

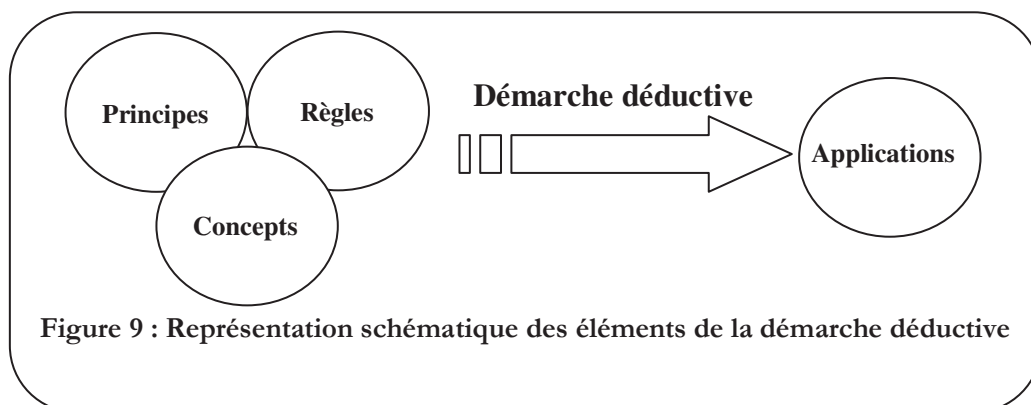


I-1-2. Démarche déductive

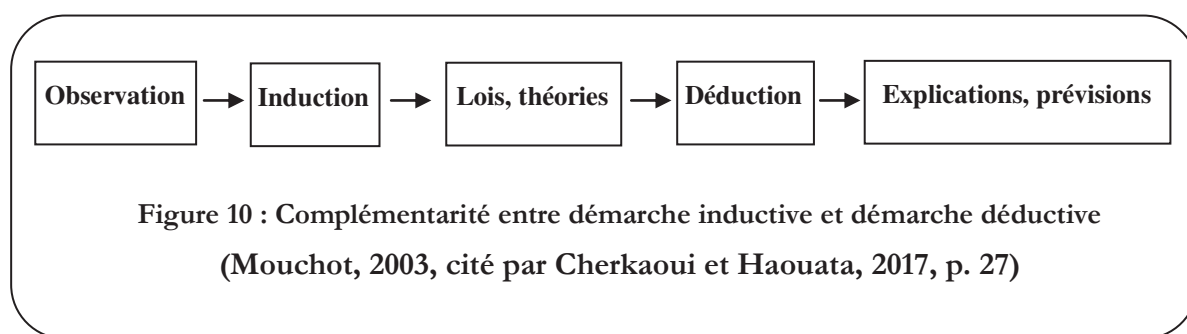
Contrairement à l'approche centrée sur l'induction, dans la démarche déductive, le réel n'est plus source de savoir. Le réel est objet de confrontation avec un modèle théorique et non source de savoir.

Dans le cadre de cette démarche, on exploite l'énoncé des concepts et/ou de la règle pour accéder à la vérification à travers des exemples. Ainsi, la déduction se fonde sur le raisonnement, qui s'appuie sur les concepts et les règles existants, et s'oppose à l'empirisme comme étant source de savoir. C'est donc une démarche dont le but principal est l'explication. Les lois sont caractérisées par une grande part de subjectivité du fait qu'elles renvoient à des constructions humaines.

Dans le schéma de la figure 9, nous synthétisons la démarche déductive à travers une représentation schématique montrant le raisonnement dans les applications par le biais de ce qu'il existe comme principes, règles et concepts.



Dans le cadre de la recherche scientifique, les deux démarches sont complémentaires. En effet, les résultats issus de ces deux démarches se nourrissent selon le schéma élaboré par Mouchot (2003) (figure 10).



I-1-3. Démarche hypothético-déductive

Selon Claude Bernard (1865), la méthode expérimentale, en tant que méthode scientifique, est basée sur la vérification expérimentale d'une hypothèse.

Toutefois, la vérification de l'hypothèse n'est plus limitée à l'expérience. Cariou (2002) affirme qu'il serait déterminant de soumettre l'hypothèse au réel ou à ce qu'il jouait le même rôle, dans le sens où les hypothèses explicatives des phénomènes réelles, sont vérifiées à travers un travail d'investigation qui prend appui sur l'expérience, la recherche documentaire...

Selon l'épistémologue Roux (2007), le schéma hypothético-déductif est décrit ainsi :

« Soit H une hypothèse théorique qui est conforme à toutes les données dont on dispose. On en déduit une conséquence nouvelle, qui est expérimentalement testable. De deux choses l'une :

- i. Soit cette conséquence nouvelle se révèle contraire à l'expérience, on considère alors que l'hypothèse est infirmée ou encore réfutée par l'expérience E ;
- ii. Soit l'expérience est telle qu'on l'avait prévu par déduction, on considère alors que l'hypothèse est confirmée par E » (Roux, 2007).

La démarche hypothético-déductive doit renfermer les phases suivantes :

- Observation / questionnement
- Élaboration d'une hypothèse.
- Dédution de prédictions (qui peuvent être testées et éventuellement invalidées)
- Définition d'expériences pour pouvoir tester les prédictions
- Validation ou invalidation des hypothèses par l'expérience
- Validations permettant de consolider l'hypothèse.

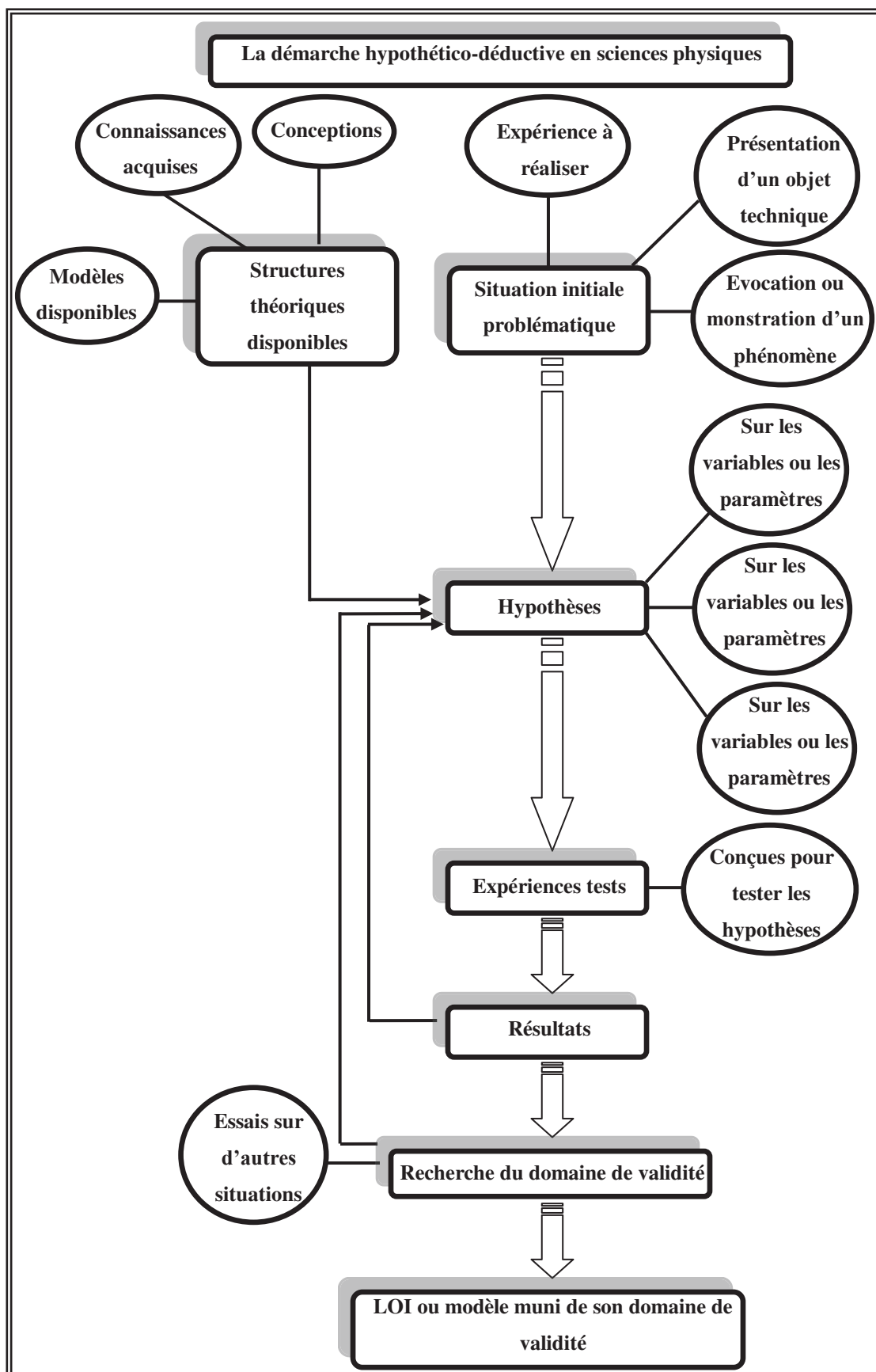


Figure 11 : Modèle de Robardet et Guillaud (1997, p. 85)

I-2. La démarche scientifique en sciences expérimentales : de la recherche au contexte de la classe

Il s'agit de « l'ensemble des moyens mis en œuvre pour atteindre un but fondé sur l'expérimentation scientifique » (Grand Larousse, 1961).

D'une manière générale, les chercheurs en didactique classent les démarches expérimentales en deux types : la démarche expérimentale du chercheur (ou savante) et celle dans le cadre scolaire. La première démarche permettant l'élaboration des concepts physiques se résume en six étapes (Guillon, 1996) :

1. formulation d'un problème de recherche ;
2. formulation des hypothèses ;
3. élaboration d'un protocole expérimental ;
4. réalisation pratique et résultats des mesures ;
5. analyse et interprétation des résultats ;
6. conclusion

Cette démarche n'est pas séquentielle et linéaire.

Les démarches pédagogiques préconisées dans les programmes, pour l'enseignement des sciences peuvent être basées sur l'expérimentation ou sur « la résolution de problème ».

En se plaçant dans un esprit pragmatique, la démarche expérimentale dans le contexte scolaire, doit permettre à l'élève de :

- chercher à satisfaire un besoin qui découle d'une nécessité d'avoir une réponse à une question qui l'interpelle. Cette question, devrait avoir un sens induit par un événement ou une situation inspirée de la vie quotidienne ;
- proposer des hypothèses explicatives pouvant répondre à la question de départ, en mobilisant certaines connaissances antérieures ou des conceptions en relation avec la situation posée ;
- élaborer des outils de recherche dans le but de répondre à la question posée et les mettre en œuvre ;
- retrouver des résultats/arguments, à partir des expériences, afin de valider ou d'infirmer les hypothèses formulées ;
- reformuler les hypothèses dans le cas de résultats négatives et finir par une institutionnalisation de nouveaux savoirs.

Ainsi à travers cette démarche, nous contribuons au développement de l'autonomie chez les élèves, de l'esprit critique et de la créativité.

Dans la figure qui suit, Guillon (1995) différencie quatre principaux types de démarches pour le physicien. Il les considère comme des prototypes de démarches.

Selon ce chercheur, le physicien, dans un groupe, adopte successivement ou simultanément, deux ou plusieurs de ces démarches (figure 12).

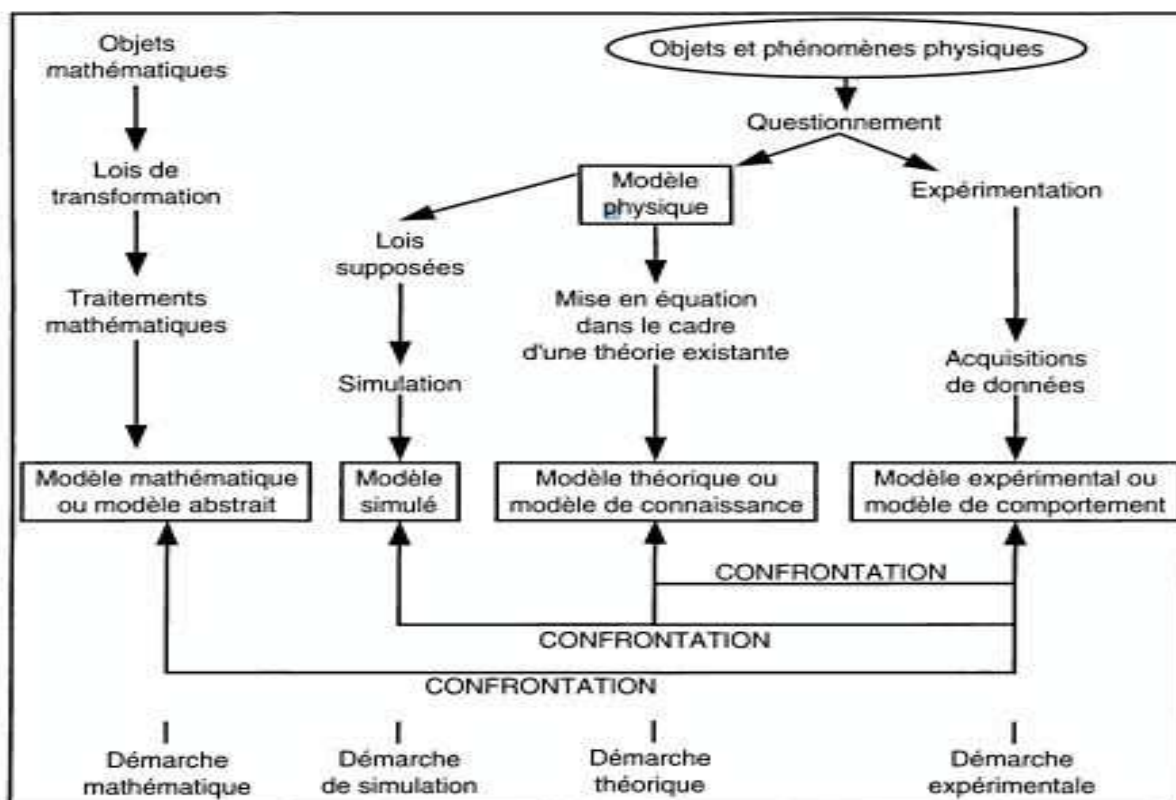


Figure 12 : principaux types de démarches pour le physicien (Guillon, 1995, p. 116)

Avec la démarche basée sur « l'expérimentation », la valorisation des travaux pratiques et l'acquisition des techniques de mesurage l'emporte sur la construction et la résolution des problèmes. Cependant, nous considérons que la démarche basée sur l'investigation favorise le questionnement de l'élève et ouvre vers d'autres activités qui s'ajoutent à l'expérimentation.

II. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation

L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation fait l'objet de diverses recherches avec des objectifs variés.

Nous détaillons dans cette partie les orientations institutionnelles vis-à-vis des démarches de types investigation dans différents contextes. Ensuite nous présentons les instructions officielles, en relations avec la démarche d'investigation, dans le contexte français.

À travers une revue de littérature, nous nous intéressons à quelques recherches faites au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation.

II-1. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation du point de vue de l'institution

II-1-1. Contexte

Les études sur l'enseignement des sciences, menées depuis quelques années, montrent une nécessité du renouvellement des démarches adoptées.

Les raisons justifiant cette tendance vers ces renouvellements sont diverses. Au niveau de l'enseignement des sciences, le recours à « la démarche d'investigation » permet de résoudre les problèmes qui découlent de la désaffection constatée chez les jeunes envers les études scientifiques (Boilevin, 2013b). De plus, selon des rapports institutionnels, une telle démarche suscite l'intérêt des élèves pour les études scientifiques et technologiques et permet de minimiser la désaffection envers les sciences (HLGSE, 2007) et encourage les jeunes vers ces études (High Level Group, 2004 ; Rocard *et al.*, 2007). Par exemple, pour Rocard *et al.* (2007, p. 12), « le passage de méthodes essentiellement déductives à des méthodes basées sur l'investigation est le meilleur moyen d'accroître l'intérêt pour les sciences ».

L'implantation de « la démarche d'investigation » vise à instaurer des stratégies d'apprentissage plus attrayantes et motivantes (Calmettes et Matheron, 2015). Aux Etats Unis, on recommande *l'Inquiry-based Science Education (IBSE)* parfois noté IBST (*Inquiry based Science Teaching*) centré sur l'action des élèves et basé sur le quotidien (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Selon DeBoer, l'un des buts essentiels de « la démarche d'investigation » est de renforcer l'autonomie et de développer le sens de la citoyenneté :

⁶[...] Not become scientists themselves, but how will be autonomous, independent thinkers. As informed citizens they should have an inquisitive and questioning attitude and a faith in their ability to ask an important questions and seek answers to those questions, be able to solve problems by drawing together necessary resources and work alone or others on project to see them through to completion.

(De Boer, 2004, p.19).

⁶ [...] Ne devenez pas scientifiques eux-mêmes, mais comment seront des penseurs autonomes et indépendants. En tant que citoyens informés, ils doivent avoir une attitude curieuse et interrogative et avoir confiance en leur capacité à poser des questions importantes et à chercher des réponses à ces questions, à pouvoir résoudre les problèmes en rassemblant les ressources nécessaires et en travaillant seuls ou avec d'autres personnes sur le projet, afin de les résoudre.

Dans différents curricula et standards d'enseignement scientifiques, on s'oriente vers l'investigation comme nouvelle approche permettant de développer chez les élèves l'esprit créatif et critique et d'exercer des activités de plus haut niveau cognitif. Selon Mathé, Méheut & De Hosson (2008), ces orientations apparaissent depuis 1990 de manière explicite dans : Sciences for all americans (AAAS, 1989), National Research Council (NRC, 1996), English National Science Curriculum, PISA (OCDE, 2001).

Dans le contexte français, l'idée de « démarche d'investigation » revient à la fin des années 1960 et au début des années 1970, notamment dans les travaux des équipes de l'INRP (Calmettes & Boilevin, 2014).

La démarche d'investigation a été institutionnalisée dans l'enseignement des sciences aux collèges comme étant le prolongement d'une pratique préconisée au primaire (Mathé *et all*, 2008). Cette démarche vise à dépasser les activités qui étaient centrées sur des apprentissages manipulatoires ou conceptuels et organisées selon des démarches stéréotypées, pour instaurer un enseignement des sciences fondé sur des investigations ouvertes (Jameau & Boilevin, 2015).

Dans le plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, on signale « la nécessité de rendre plus effectif l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, de lui assigner autant qu'il est possible une dimension expérimentale, de développer la capacité d'argumentation et de raisonnement des élèves, en même temps que leur appropriation progressive de concepts scientifiques » (MEN, 2000)

L'un des principaux objectifs de cette rénovation, est de rendre l'élève acteur principal dans le processus d'apprentissage : « les élèves construisent leurs apprentissages en étant acteurs des activités scientifiques » (MEN, 2000). Ajoutons que la démarche d'investigation est introduite suite aux résultats bénéfiques du programme « La main à la pâte » qui a permis de susciter l'intérêt des élèves pour les sciences :

⁷In France, inquiry-based science education (IBSE) was introduced with « La main à la pâte », a program launched by the French Academy of sciences in 1996. Tasks relating to scientific inquiry are encouraged, aiming to develop a scientific

⁷ En France, l'enseignement scientifique fondé sur l'investigation (IBSE) a été introduit avec «La main à la pâte», un programme lancé par l'Académie française des sciences en 1996. Les tâches liées à l'investigation scientifique sont encouragées, dans le but de développer une culture scientifique pour tous. Et susciter l'intérêt des étudiants pour la science.

literacy for all and raise students' interest in science. (Boilevin, Morge & Delsewieys, 2010, p.1).

Dans le contexte éducatif tunisien, la loi d'orientation relative à l'éducation et à l'enseignement scolaire indique que « les mathématiques et les sciences sont enseignées dans le but de permettre aux élèves de maîtriser les différentes formes de la pensée scientifique, de les exercer à l'usage des modes de raisonnement et d'argumentation, de les doter des compétences de résolution des problèmes et d'interprétation des phénomènes naturels et des faits humains » (loi d'orientation de l'éducation et de l'enseignement scolaire, 2002, p.10). Ces orientations sont traduites dans les programmes officiels des sciences physiques qui incitent les enseignants à adopter des démarches qui suscitent l'intérêt des élèves, et ce, en les impliquant davantage dans des activités de recherche et de production. À ce propos, on recommande le recours à un apprentissage basé sur les situations problèmes et l'investigation : « le professeur de physique chimie doit centrer son enseignement sur les élèves. Il ne doit pas hésiter à leur accorder l'initiative, et ce, en les impliquant régulièrement dans des activités **d'investigation**, de structuration et d'intégration, dans toutes les situations d'apprentissage... » (Programme de sciences physiques, 3^{ème} et 4^{ème} année de l'enseignement secondaire, 2009, p.6). Toutefois, il est à signaler que ces recommandations montrent une absence de références et de modalités de mise en application.

II-1-2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans les prescriptions officielles

Dans l'introduction des programmes, des mathématiques, SVT, physique et chimie, français (MEN, 2007), les concepteurs proposent une description détaillée de la démarche d'investigation à suivre pour l'ensemble des disciplines scientifiques (mathématiques, SVT, physique et chimie). Ils proposent dans ce but un « canevas⁸ » construit autour de « sept moments essentiels », tout en insistant sur le fait que « L'ordre dans lequel ils se succèdent ne constitue pas une trame à adopter d'une manière linéaire » (MEN, 2007, p. 5).

Les sept moments proposés dans les prescriptions sont :

1- Le choix d'une situation problème-problème par le professeur

La situation-problème de départ, doit permettre le développement des compétences visées par le programme, ce qui invite l'enseignant à « analyser les savoirs visés et déterminer les objectifs à atteindre ». L'enseignant est invité d'une part à prendre en considération, lors du

⁸ Dans notre recherche, ce canevas sera adopté dans notre formation organisée pour les enseignants au sujet de la démarche d'investigation.

choix de cette situation, des prè-requis des élèves en relation avec les nouvelles connaissances visées, et d'autre part à « identifier les conceptions ou les représentations des élèves, ainsi que les difficultés persistantes (analyse d'obstacles cognitifs et d'erreurs) »

Le choix étudié et réfléchi de la situation-problème, en fonction de ce que nous venons de mentionner, pourra garantir, avec un certain degré, la réussite des autres moments du canevas.

2- L'appropriation du problème par les élèves

Pendant cette phase, l'enseignant doit s'orienter vers l'aide à donner à ses élèves pour qu'ils arrivent à problématiser la situation posée et faire naître chez eux des questionnements. Ainsi, le travail des élèves pendant cette phase sera « guidé, par l'enseignant qui, éventuellement, les aides à reformuler les questions pour s'assurer de leurs sens, à les recentrer sur le problème à résoudre qui doit être compris par tous ». C'est lors de cette phase que les élèves s'approprient le problème à résoudre qui découle de la situation-problème de départ, tout en mobilisant leurs conceptions initiales et ce, à travers « l'émergence de solutions qu'ils proposent 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 ».

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

Pendant cette phase, les élèves sont amenés à proposer, de manière « orale ou écrite », des conjectures, des hypothèses explicatives et de protocoles possibles permettant de « tester ces hypothèses ou conjectures ». Ce travail peut être mené au niveau des élèves de manière individuelle ou en groupes. A ce stade, l'enseignant déclenche, au sein de la classe, un débat au sujet des différentes propositions dans le but de garder celles qui pourront faire l'objet d'un travail d'investigation par la suite.

4- L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves

À ce stade, les élèves sont impliqués dans des débats internes au niveau des groupes. C'est dans cette phase que les élèves procèdent à la description du dispositif d'étude, avant d'accéder à l'investigation à travers l'expérimentation, la recherche documentaire, la simulation informatique...

Cette investigation débouche par la suite sur un travail d'exploitation des résultats trouvés permettant une « recherche d'éléments de justification et de preuve, confrontation avec les conjectures et les hypothèses formulées précédemment ». Pendant cette phase, c'est aux élèves de mener cette investigation en toute autonomie. Cependant, l'enseignant est invité à jouer le rôle d'accompagnateur qui devrait intervenir aux moments propices pour donner

l'aide, qu'il juge nécessaire, aux élèves afin de leur permettre de dépasser certains obstacles qui risquent de les mettre dans un état de blocage.

5- L'échange argumenté autour des propositions élaborées

C'est une phase de discussion au sujet des résultats trouvés par les différents groupes, dans le but d'accéder au résultat attendu à travers les produits des différents groupes. L'échange pendant cette phase se fait à partir de la « communication au sein de la classe des solutions élaborées, des réponses apportées, des résultats obtenus, des interrogations qui demeurent » et par la « confrontation des propositions, débat autour de leur validité, recherche d'arguments ».

6- L'acquisition et la structuration des connaissances

Pendant cette étape, les résultats trouvés par les différents groupes sont discutés, ce qui permet, avec l'aide de l'enseignant, de mettre en évidence « de nouveaux éléments de savoir (notion, technique, méthode) utilisés au cours de la résolution ».

À travers l'aide de l'enseignant, les élèves « reformulent de manière écrite les connaissances nouvelles acquises en fin de séance ». Cette institutionnalisation doit tenir compte des démarches adoptées par les élèves.

Lors de cette phase, on développe chez les élèves l'esprit critique et ce, en les invitant à la « recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition d'expériences complémentaires ».

7- L'opérationnalisation des connaissances

Cette phase a pour objectif d'automatiser les procédures suivies lors de la séance. Elle permet également, de « maîtriser les formes d'expression liées aux connaissances travaillées : formes langagières ou symboliques, les représentations graphiques... (Entraînement), liens ».

L'opérationnalisation des connaissances, pourra évaluer « les connaissances et les compétences méthodologiques » chez les élèves à travers leur implication dans de « nouveaux problèmes permettant la mise en œuvre des connaissances acquises dans de nouveaux contextes (réinvestissement) ».

II-1-3. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et le développement de l'esprit scientifique

Prieur, Monod-Ansaldi & Fontanieu (2013) s'intéressent à aux termes qui caractérisent « l'esprit scientifique et l'esprit créatif (de contrôle) », dans le canevas d'une démarche d'investigation. Elles constatent que l'esprit créatif est privilégié dans ce canevas.

Dans le tableau qui suit, Prieur *et al.* (2013) repèrent les tâches prescrites dans les textes officiels, en lien avec les deux types d'esprit (scientifique et contrôle) :

Tâches privilégiant un esprit de contrôle	Tâches privilégiant un esprit scientifique
<ul style="list-style-type: none"> - confrontation de leurs (conceptions) éventuelles divergences - contrôle de l'isolement des paramètres - recherche de justifications - recherche d'éléments de justification et de preuve - confrontation avec les conjectures et hypothèses - analyse critique des expériences - exploitation des méthodes et des résultats - confrontation des propositions, débat autour de leur validité, recherche d'arguments - recherche des causes d'un éventuel désaccord - confrontation avec le savoir établi 	<ul style="list-style-type: none"> - formulation orale ou écrite de conjectures ou d'hypothèses - recherche d'explications - proposition d'expérience complémentaire - les élèves proposent des éléments de solution - élaboration éventuelle d'expériences

Tableau 5 : Tâches élèves privilégiant un esprit logique ou un esprit de contrôle, citées dans le canevas des DI (Prieur *et al*, 2013, p.57)

Dans une recherche menée sur les critères possibles caractérisant une démarche d'investigation, Cariou (2015) propose trois catégories de démarche d'investigation. La classification est faite selon le but de la mise en œuvre de cette démarche, le type d'interrogation présenté, l'objet d'étude et les diverses propositions des élèves attendues (tableau 6).

TYPE D'INVESTIGATION	But	Type d'interrogation	Ce qu'on recherche	Type de propositions
INVESTIGATION EXPLICATIVE	Comprendre	Problèmes explicatifs Comment expliquer ? Comment s'effectue ? Comment fonctionne ?	Des explications	des hypothèses explicatives
INVESTIGATION PRAGMATIQUE	Parvenir à...	Problèmes pragmatiques Comment faire ?	Des moyens	des moyens possibles, "hypothétiques"
INVESTIGATION INFORMATIVE	S'informer	Questions Quel ? Quand ? Quoi ? Où ? Est-ce que ? Combien ? Y a-t-il un lien entre... ?	Des informations (réponses)	des hypothèses factuelles

Tableau 6 : catégories de la démarche d'investigation (Cariou, 2015, p. 24)

II-1-4. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans divers contextes

II-1-4-1. Aux USA

Aux USA, *l'Inquiry-based Science Education (IBSE)* prend appui sur les travaux de John Dewey qui se rattachent à la « démarche d'enquête », en réponse à la crise remarquée dans le système éducatif (Dewey, 1993).

Les idées progressent au sujet des démarches dans l'enseignement, avec des appellations différentes. La publication des National Science Education Standards en 1996 (puis en 2000) qui encourage *l'Inquiry-based Science Education (IBSE)*, donne une légitimité à ces nouvelles orientations :

⁹ Inquiry is a multifaceted activity that involves making observations ; posing questions ; examining books and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing

⁹ L'investigation est une activité à multiples facettes qui implique de faire des observations ; poser des questions ; examiner des livres et d'autres sources d'information pour voir ce que l'on sait déjà ; planifier des enquêtes ; examiner ce que l'on sait déjà à la lumière des preuves expérimentales ; utiliser des outils pour recueillir, analyser et interpréter des données ; proposer des réponses, des explications et des prédictions et communiquer les résultats. L'investigation nécessite l'identification d'hypothèses, l'utilisation de la pensée critique et logique et la prise en compte d'autres explications. L'investigation scientifique fait référence aux diverses manières avec lesquelles les scientifiques étudient le monde naturel et proposent des explications fondées sur les preuves tirées de leurs travaux.

answers, explanations and predictions; and communicating the results. Inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration of alternative explanations” and “scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work (NRC, 1996, p. 23).

Les différents standards des USA, sont conçus dans le but de permettre aux élèves de réaliser des expériences à visées scientifiques, de poser des questions, de développer leurs capacités d'action et de pensée, de planifier et conduire des recherches, de développer l'esprit critique et logique, d'envisager des explications diverses et de communiquer avec des arguments scientifiques.

Les standards américains listent cinq caractères essentiels pour l'*inquiry* en relation avec les apprenants (NRC, 2000) :

- l'apprenant s'engage dans une question à tendance scientifique ;
- l'apprenant donne la priorité aux preuves lors de sa réponse aux questions posées ;
- l'apprenant fourni des explications :
- l'apprenant relie l'explication fournie aux connaissances scientifiques ;
- l'apprenant communique et justifie les explications.

II-1-4-2. En France

En France, la « démarche d'investigation » a été introduite dans les programmes du primaire en 2002. On la retrouve en 2008 dans les programmes de l'école primaire, on introduit la « démarche d'investigation » dans les compétences attendues à la fin du cycle 3 : « Pratiquer une démarche d'investigation : savoir observer, questionner ; manipuler et expérimenter, formuler une hypothèse et la tester, argumenter ; mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions ; exprimer et exploiter les résultats d'une mesure ou d'une recherche en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral ; maîtriser des connaissances dans divers domaines scientifiques ; mobiliser ses connaissances dans des contextes scientifiques différents et dans des activités de la vie courante (par exemple, apprécier l'équilibre d'un repas) ; exercer des habiletés manuelles, réaliser certains gestes techniques » (MEN, 2008, p. 28).

Pour les apprentissages scientifiques, on fait référence à l'esprit fondé par La *Main à la pâte* pour cette démarche : « Observation, questionnement, expérimentation et argumentation pratiqués, par exemple, selon l'esprit de la *Main à la pâte* sont essentiels pour atteindre ces buts ; c'est pourquoi les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une

démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique » (Ibid, p. 27).

Le site de la fondation La main à la pâte¹⁰, cherche à relancer un enseignement ayant comme objectif de « susciter au maximum l'activité des enfants : activité au sens où les enfants pratiquent eux-mêmes des expériences, activité au sens où ces expériences sont pensées et construites par eux. Certes, il importe de transmettre une pratique de la science comme action, interrogation, investigation, expérimentation et non pas comme somme de résultats figés à apprendre par cœur. Mais aussi, il importe de réfléchir et de construire intellectuellement, par le langage, ce qu'on fait dans les expériences. On se livre à des enquêtes sur les choses. Les enfants observent, s'interrogent, construisent un problème, se lancent dans des expérimentations pour résoudre ces problèmes. En même temps qu'ils cherchent des explications vraies sur les phénomènes, ils apprennent comment se construisent les connaissances et comment elles sont validées, ce qui fonde leur valeur en prévenant la tentation du dogmatisme » (Ernst, 1997, p.1).

Dans le but de faciliter la mise en place de la démarche d'investigation en classe, le site de la fondation La Main à la pâte propose un guide intitulé : La Démarche d'investigation : comment faire en classe ?, élaboré par Edith Saltiel, où figurent deux principes de base auxquelles obéit la démarche d'investigation : l'unité et la diversité (figure 13).

¹⁰ <https://www.fondation-lamap.org>

- **Unité³** : une caractéristique essentielle de ce type d'enseignement n'est pas d'enseigner uniquement les résultats de la science; mais de permettre aux enfants de construire les connaissances souhaitées en leur permettant d'exprimer leurs idées, d'explicitier leur raisonnement, de tester leurs hypothèses et de chercher à être rigoureux. Ce type de démarche s'articule sur le questionnement des élèves sur le monde réel. Ce questionnement conduit à l'acquisition de connaissances et de savoir faire, à la suite d'une investigation menée par les élèves eux-mêmes guidés par le maître.
- **Diversité des méthodes** : l'investigation réalisée par les élèves peut s'appuyer sur diverses méthodes, y compris au cours d'une même séance comme l'expérimentation directe, une réalisation matérielle (construction d'un objet, d'un modèle, recherche d'une solution technique), une observation directe ou assistée par un instrument (qui ne soit pas l'ordinateur), une recherche sur documents, une enquête, la réalisation d'une émission de radio, d'un petit film et une visite. Les élèves ne font pas qu'observer : ils peuvent identifier, classer, questionner, faire des prévisions en explicitant les raisons de leur choix, faire des simulations, expérimenter lorsque le sujet s'y prête, noter leurs observations, pour ensuite en faire une synthèse.

Il va de soi que ces méthodes d'accès sont complémentaires et sont à équilibrer en fonction du sujet d'étude. Cependant, à chaque fois que cela est possible l'action directe et l'expérimentation des élèves sont à privilégier.



Figure 13 : principes d'unité et de diversité de la démarche d'investigation

(Saltiel, 2005, p. 9)

Le guide présente la démarche d'investigation comme étant un processus itératif. Lors de la mise en œuvre de la démarche telle qu'elle a été présentée, à travers ses différentes étapes, un enseignant peut envisager, avec ses élèves, des allers et retours entre les différentes phases (figure 14).

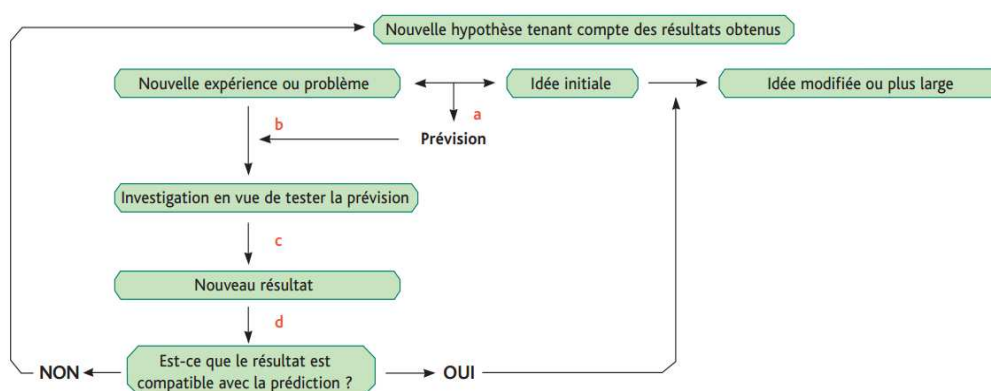


Figure14 : boucles possibles pour la démarche d'investigation en classe

(Saltiel, 2005, p. 10)

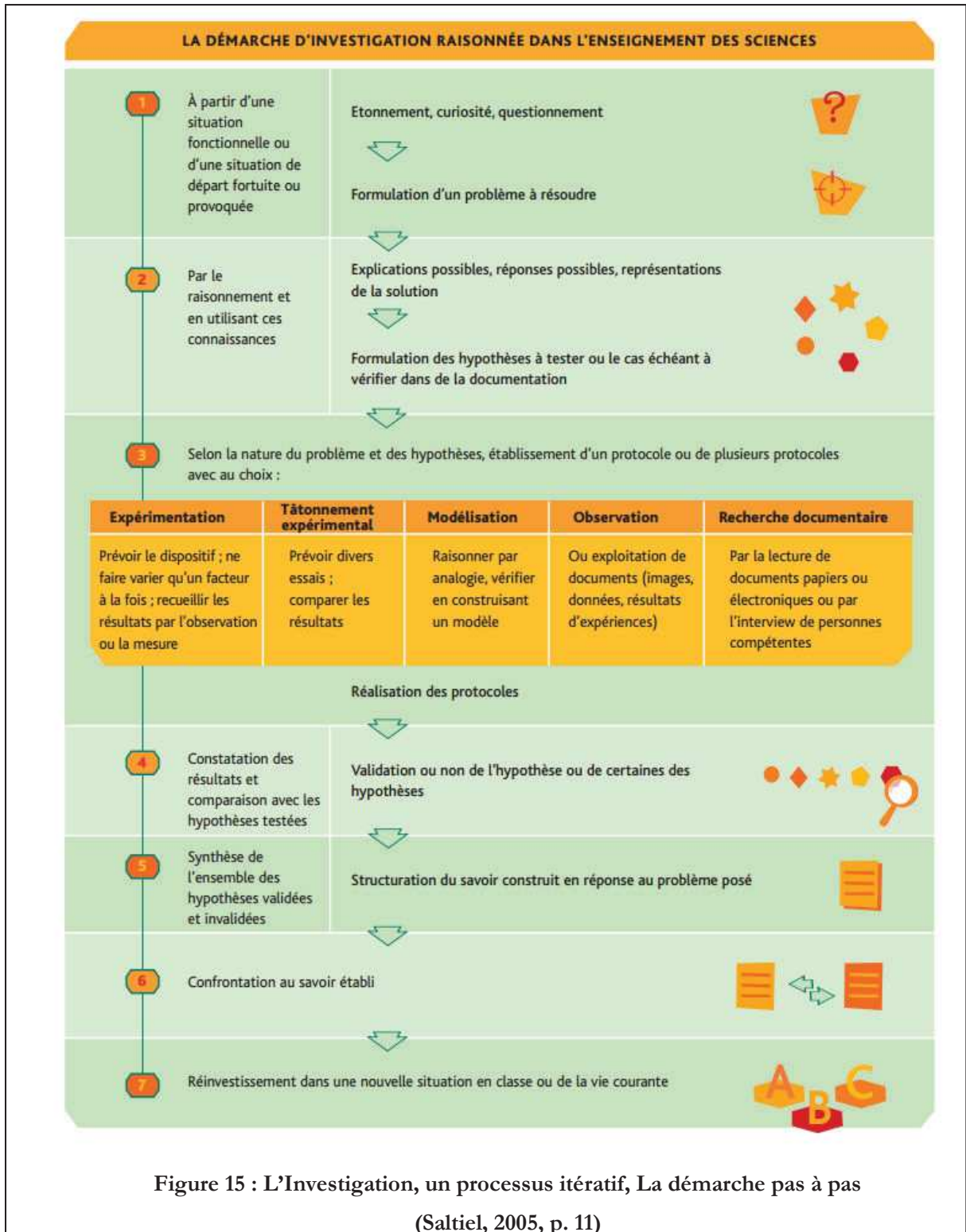


Figure 15 : L'Investigation, un processus itératif, La démarche pas à pas (Saltiel, 2005, p. 11)

Dans le tableau qui suit, Cariou (2015) relève des recouvrements et des particularités entre les caractères essentiels de l'*inquiry* dans le standard américain et les sept moments clés du canevas dans le contexte français.

Traits communs aux cinq <i>Essential Features</i> des <i>Standards</i> américains et aux sept <i>moments essentiels</i> du canevas français	
<ul style="list-style-type: none"> - L'appropriation d'un questionnement - La proposition d'idées ou d'actions - La participation à un recueil de données - L'élaboration d'explications - La communication et l'engagement dans un débat argumenté - La confrontation au savoir établi 	
Traits particuliers des <i>Essential Features</i> des <i>Standards</i> américains	Traits particuliers des <i>moments essentiels</i> du canevas français
<ul style="list-style-type: none"> - Explications élaborées à partir des données - Moyens divers de recueil de données - Usage nécessaire des mathématiques et de technologies - Importance de la part de responsabilité des élèves 	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptions des élèves identifiées et travaillées - Formulation d'hypothèses - « Réalisation de l'expérience » pour les sciences expérimentales - Inclusion d'une phase initiale de préparation par le professeur et d'une phase finale de mobilisation des connaissances

Tableau 7 : Caractéristiques des DI dans les textes officiels américains et français
(Cariou, 2015, p.4)

II-2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans les travaux de recherches

La démarche d'investigation a fait l'objet de plusieurs recherches, menées avec différents intérêts Boilevin (2010, 2013a), Calmettes (2009a, 2009b), Calmettes & Boilevin (2014), Calmettes & Matheron (2015), Cariou (2013), Gyllenpalm, Wickman & Holmgren (2010), Mathé (2010), Minner, Levy & Century (2009), Perron (2018)...

Certaines recherches s'intéressent aux effets produites sur les apprentissages des élèves, suite à la mise en place de ce type de démarches (Blanchard *et al*, 2009 ; Windschitl, 2003), tandis que d'autres recherches sont développées autour de la formation des enseignants au sujet de ces nouvelles démarches (Grangeat, 2013 ; Ostermeier, Prenzel & Duit, 2009).

Cette diversité de recherche au sujet de l'enseignement fondé sur l'investigation couvre un vaste champ de disciplines. Dans le tableau qui suit, figurent quelques travaux de recherches sur la démarche d'investigation pour quelques disciplines (tableau 8).

Articles	Auteurs / date	Discipline / intérêt
La « démarche d'investigation » dans les collèges français Démarche d'investigation et formation	Mathé / 2010	Physique / Enjeux didactiques de la démarche d'investigation.
La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège	Venturini et Tiberghien / 2012	Physique / mise en œuvre des nouveaux programmes de sciences physiques au collège
Les déterminants de la construction et de la mise en œuvre de démarches d'investigation chez deux enseignants de physique-chimie au collège	Jameau et Boilevin / 2015	Physique / déterminants de l'action enseignante lors de la construction et la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation.
Investigation des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance	Millar / 1996	Physique / approche scientifique de la recherche
Open-ended problem solving in school chemistry: a preliminary investigation.	Reid et Yang / 2002	Chimie / Activité d'investigation ouverte en chimie
Inquiry in project-based science classrooms : initial attempts by middle school students	Krajcik et al / 1998	Chimie / description de manière réaliste ce que font les collégiens et les difficultés qu'ils rencontrent lors de leur première rencontre avec l'apprentissage par investigation.
Des lycéens face à une investigation à caractère expérimental : un exemple en 1ère S	Schneeberger et Rodriguez / 1999	Science de la vie et de la terre / attitude des élèves face à une investigation scientifique à caractère expérimental.
Aperçu sur la place de la démarche d'investigation en sciences expérimentales dans l'enseignement du secondaire qualifiant : cas de l'académie de la ville de Fes	Kouchou et al / 2017	Sciences expérimentales / représentations des enseignants du secondaire qualifiant sur le concept de la démarche d'investigation.
La mise en oeuvre d'une démarche d'investigation à l'école élémentaire.	Molvinger / 2017	Sciences à l'école élémentaire / pratiques enseignantes lors d'une

		séance de sciences de type démarche d'investigation.
Discursive roles of the teacher during class sessions for students presenting their science investigations.	Oh / 2005	Sciences / pratiques discursives d'un professeur de sciences coréen

Tableau 8 : recherches pluridisciplinaires en démarche d'investigation

Une revue de littérature sur les recherches faites au sujet de la démarche d'investigation nous amène à une catégorisation des intérêts de quelques recherches.

II-2-1. Diverses définitions et descriptions de la démarche d'investigation

L'étude de quelques recherches au sujet de la démarche d'investigation montre une diversité dans les définitions proposées pour la démarche d'investigation, selon les choix que se donnent les chercheurs.

Millar (1996) considère que la démarche d'investigation est une méthode pour faire la science. Il s'agit donc d'une méthode à travers laquelle l'élève est décideur de ce qu'il peut observer ou mesurer, modifier ou manipuler et ce qu'il pourra utiliser. Par la suite, l'élève pourra résoudre un problème face auquel il se trouve à travers une approche ouverte. Dans cette définition, Millar soulève l'importance de l'autonomie que doit avoir l'élève pour résoudre certains problèmes par la démarche d'investigation.

Linn, Davis et Bell (2004) considèrent l'investigation comme étant « engaging students in the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, debating with peers, seeking information from experts, and forming coherent arguments » (p. 4).

Cariou (2015) signale que dans cette définition, Linn et al. (2004) n'ont pas précisé que la nécessité de la présence d'une manière conjointe de tous ces aspects est une condition nécessaire pour considérer l'ensemble comme étant une investigation.

Morge & Boilevin (2007) définissent l'investigation d'une manière plus large à travers des critères. Ils considèrent, en s'appuyant sur un ensemble de situations, qu'une séquence d'enseignement est considérée comme étant une séquence d'investigation, si :

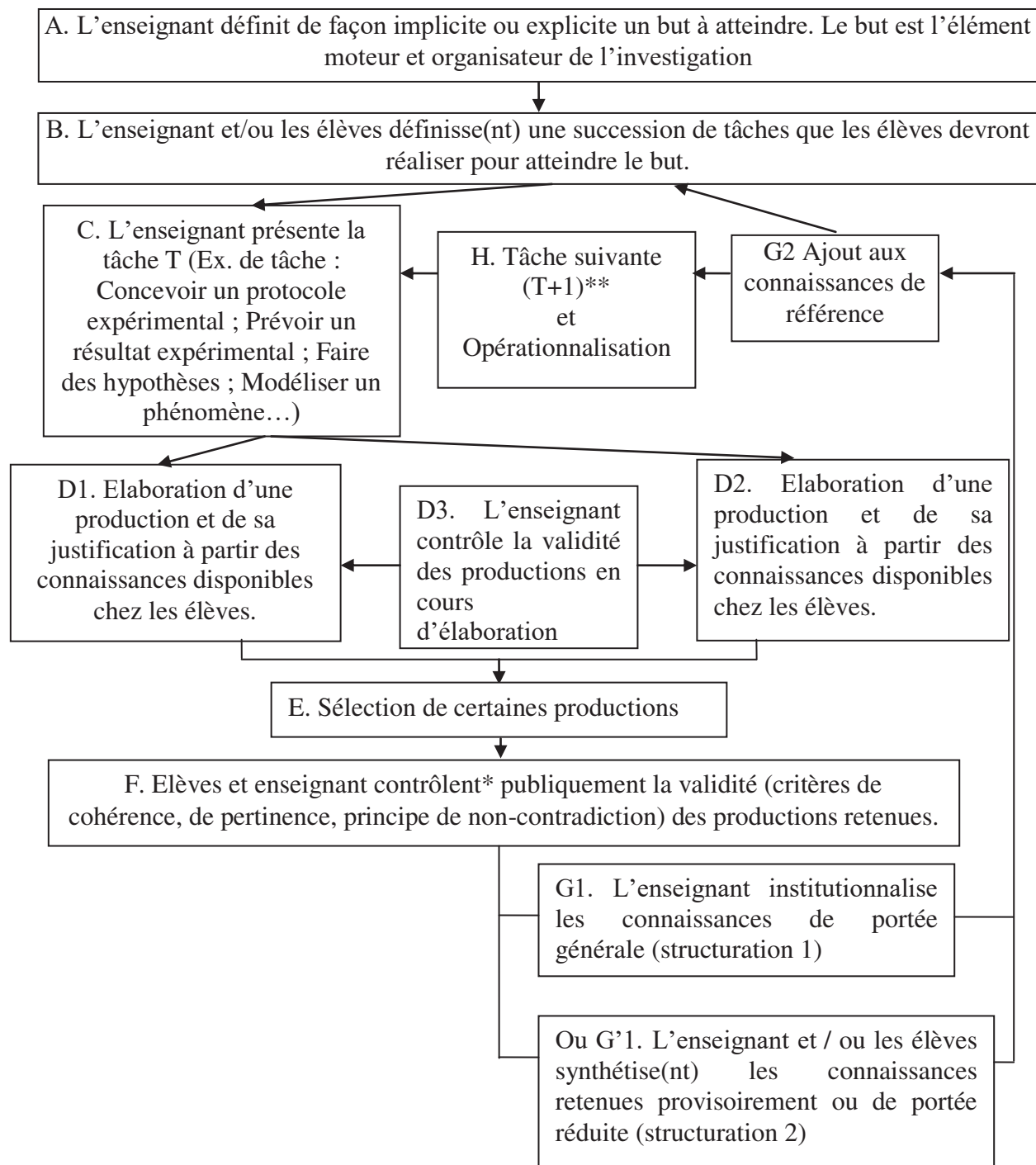
- la séquence est constituée d'un ensemble de tâches enchaînées ;
- les productions élaborées par les élèves doivent répondre aux tâches ;

- les élèves participent au contrôle des productions en exploitant les moyens nécessaires ;
- le contrôle des productions se fait par la recherche de leur validité, leur cohérence (par opposition à la recherche de correspondance entre la production réalisée par les élèves et le savoir scientifique de l'enseignant) ;
- la réalisation des tâches amène les élèves à effectuer un apprentissage. Il ne s'agit pas uniquement d'un réinvestissement de connaissances ;
- les tâches réalisées ne se réduisent pas à des tâches d'ordre expérimentales. Il s'agit aussi de réaliser des tâches d'ordre conceptuel.

Ils ajoutent que les situations d'apprentissage qui se basent sur la démarche d'investigation s'appuient sur l'hypothèse socioconstructiviste. Ce résultat est confirmé par Mathé (2010) qui souligne que « la conception et la mise en œuvre dans les classes de telles démarches (DI) supposent, sur le plan pédagogique, un déplacement d'un point de vue transmission-application vers un cadre socioconstructiviste qui donne davantage la responsabilité aux élèves en termes de développement de démarches et d'élaboration de savoirs » (Mathé, 2010, p. 20).

Morge & Boilevin (2007) proposent un modèle de déroulement d'une séquence d'investigation par enchaînement de tâches (figure 16), qui pourrait constituer un outil permettant d'analyser, comparer, choisir, concevoir et mettre en œuvre des séquences d'investigation. Le modèle ainsi élaboré, prend en considération la construction et l'évolution des connaissances mises en jeu au cours d'une séquence d'investigation, ainsi que le rôle joué par les élèves et l'enseignant au cours de cette évolution.

Ce modèle, est représenté par un ensemble d'actions repérées par des lettres (A, B, C, D, etc.). Dans le cas d'évènements qui se déroulent simultanément, on leur accorde la même lettre, avec des différents numéros (D1, D2 et D3).



* Action potentiellement problématique. Il y a un problème si l'apparition d'une contradiction ne peut être levée sans remettre en cause les connaissances tenues pour acquises par les élèves, c'est-à-dire sans remettre en cause leurs conceptions.

** La réalisation d'une tâche correspond à une boucle complète de C à H.

Figure 16 : Modélisation des actions réalisées au cours d'une séquence d'investigation

(Morge et Boilevin, 2007)

Neil & Mike (2008, p. 25) soulèvent les caractéristiques suivantes de l'investigation :

1- The task is based on an open problem – open in the sense that there are numerous approaches to solution ; 2- Initially, the student(s) are presented with the problem, and must discover for themselves the nature of the problem, and in particular to identify what knowledge and skills they will need to investigate and develop in order to solve the problem ; 3- Where students are required to demonstrate self analysis and critical thinking in order to choose between a number of possible solutions and approaches ; 4- Where the teacher or lecturer acts as a facilitator in the process – but avoids simply providing solutions or being prescriptive in approaches¹¹.

II-2-2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les représentations des enseignants

L'introduction de l'investigation dans différents standards et curriculums vise essentiellement à développer l'enseignement scientifique et à aider les élèves, pour qu'ils arrivent à appréhender les problèmes scientifiques en lien avec leur quotidien. Le rôle de l'enseignant est majeur dans la mise en place de ces orientations, à travers les instructions officielles. Cependant, les représentations professionnelles des enseignants sur la démarche d'investigation et les instructions en vigueur pourront affecter sa mise en application. Dans ce qui suit, nous présentons, à partir des résultats de quelques recherches, certaines représentations construites par les enseignants de la démarche d'investigation.

Prieur *et al.* (2013) soulèvent, dans une recherche menée avec des enseignants de mathématiques, SVT, SPC et technologie, des représentations au sujet de la démarche d'investigation, d'une part au regard des finalités et des modèles d'apprentissage, et d'autre part, des références épistémologiques de ces démarches dans les programmes. Ces chercheurs signalent que « l'acquisition de savoirs épistémologiques autres que le développement de capacités méthodologiques n'apparaît pas dans les représentations des enseignants des différentes disciplines » (Prieur *et al.*, 2013, p. 71).

¹¹ 1- La tâche est basée sur un problème ouvert ; ouvert dans le sens où il existe de nombreuses approches de solution ; 2- Dans un premier temps, le (s) étudiant (s) se voit présenter le problème et doit découvrir par lui-même la nature du problème, et en particulier identifier les connaissances et compétences qu'il va falloir explorer et développer pour résoudre le problème; 3- Lorsque les étudiants sont tenus de faire preuve d'autoanalyse et de réflexion critique afin de choisir entre plusieurs solutions et approches possibles; 4- Lorsque l'enseignant joue le rôle de facilitateur dans le processus - mais évite simplement de proposer des solutions ou d'adopter des approches normatives.

Du côté épistémologique, la recherche montre que les représentations des enseignants, en relation avec les registres liés aux caractéristiques de la démarche d'investigation, sont en « *tension* » entre plusieurs pôles. L'une des tensions identifiées est celle qui dérive des représentations qui relient la démarche d'investigation à la démarche de type hypothético-déductive (« registre démarche scientifique expérimentale ») et des représentations reliant la démarche d'investigation à la résolution de problème mettant en jeu des activités de recherche (« registre résolution de problème »).

Les chercheurs soulignent que chez les enseignants, on observe « des représentations mosaïques juxtaposant des éléments liés aux prescriptions communes, des éléments issus des programmes disciplinaires actuels et des éléments liés à l'épistémologie scolaire des disciplines dépendant en partie des programmes précédents » (Prieur *et al.*, 2013, p. 72).

Monod-Ansaldi, Vince, Prieur & Fontanieu (2011) signalent des postures épistémologiques divergentes entre les enseignants de mathématiques et ceux des sciences expérimentales. Selon eux, les enseignants de mathématiques réfèrent, dans leurs représentations sur les concepts relatifs à la démarche d'investigation, à des savoirs à caractère formel. De leur côté, les enseignants de sciences expérimentales considèrent les savoirs de leurs disciplines dans une visée de modélisation du réel. Ces savoirs sont évolutifs et sont construits d'une manière collective. En relation avec le statut de l'hypothèse dans l'enseignement fondé sur l'investigation, Monod-Ansaldi *et al.* (2011) dégagent des classes différentes dépendant des disciplines. En mathématiques, l'hypothèse est équivalente à une supposition à démontrer. Pour les enseignants de SVT, l'hypothèse fait partie d'une démarche hypothético-déductive. Pour ceux de SPC, ils l'inscrivent dans une démarche inductive, dont l'objectif principal est la motivation des élèves.

Au sujet des représentations relatives à la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation, Boilevin, Delsérieys-Pedregosa, Brandt-Pomares & Coupaud (2016) signalent des difficultés évoquées par les enseignants. Ces derniers considèrent que les situations d'enseignement mises en place n'arrivent pas à satisfaire les « enjeux » de ces démarches. Dans cette recherche, les chercheurs signalent qu'une étude menée à Singapour au niveau des enseignants confirmés et ceux en formation initiale « révèle, de plus, une tension au sein des classes, conséquence du dilemme ressenti par les enseignants, qu'ils soient confirmés ou en situation initiale. Bien que conscients des aspects de la méthode d'enseignement par investigation (place importante de l'élève, résolution des activités ouvertes, non dirigée, attitude de l'élève particulière reposant sur la curiosité et l'enthousiasme), les enseignants

auraient peine à se détacher de la méthode conventionnelle (place importante de l'enseignant, rôle facilitateur de l'enseignant, importance du contenu, les connaissances : source des apprentissages, peu de confiance sur les capacités des élèves) » (Boilevin *et al.*, 2016, p. 15). Ainsi, ces enseignants restent attachés à un enseignement dans lequel la place qu'occupe l'enseignant est plus importante que celle accordée à l'élève.

II-2-3. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les pratiques de classes

Différents travaux centrés sur la description des nouvelles pratiques enseignantes basées sur la démarche d'investigation mettent l'accent sur les difficultés qui entravent les changements des pratiques. Ces changements dépendent à la fois du contexte dans lequel est introduite cette démarche, de la manière dont les instructions officielles sont abordées, de la formation nécessaire aux enseignants et aussi de l'appropriation d'une telle démarche.

Mathé *et al.* (2008) s'interrogent sur les adaptations que les enseignants apportent sur la démarche d'investigation, dans leurs pratiques effectives. A travers l'analyse des fiches de préparation disponibles sur les sites académiques, les chercheurs dégagent des décalages entre le contenu des textes officiels et ce qui est proposé dans les fiches. L'étude montre que la manière avec laquelle les situations de départ sont posées ne permet pas l'émergence de problème scientifique sur lequel les élèves pourront travailler par la suite. De plus, le nombre assez élevé de problèmes engendre une diversité au niveau des tâches pour les élèves tels que les questionnements induits par l'observation, l'émission d'hypothèse et la proposition de protocole expérimental. Cependant, dans la plupart des cas, les propositions des élèves sont mises de côté et remplacées par des interventions de l'enseignant qui intervient pour guider les élèves.

Dans une recherche menée selon une autre perspective, Oh (2005) s'intéresse à la pratique d'un enseignant lors de la phase de présentation des résultats faisant partie de la démarche d'investigation. L'auteur identifie trois rôles que l'enseignant arrive à jouer pendant cette phase : il rend intelligible les connaissances scientifiques développées, valorise et intervient dans le perfectionnement du produit présenté et aide à la construction de l'apprentissage et du savoir. Ces différents rôles permettent de développer d'une manière remarquable les pratiques des enseignants par rapport aux pratiques ordinaires pour lesquelles les interactions entre les intervenants au sein de la classe sont moins encouragées. Dans cette étude, l'auteur soulève une nouvelle manière adoptée par les enseignants pour une gestion bien réfléchie du temps, pour garantir l'efficacité attendue de cette nouvelle démarche.

À travers le suivi des enseignants pendant deux années consécutives, Jameau & Boilevin (2015) mènent une recherche ayant pour but la reconnaissance des déterminants de l'action enseignante pendant la construction et la mise en œuvre des séances d'enseignement fondé sur la démarche d'investigation. Le cadrage théorique de l'étude se réfère à la didactique des sciences et à la didactique professionnelle. Le suivi des enseignants recouvre à la fois les activités de classe et hors classes. A travers une analyse des tâches prescrites aux élèves et des buts des enseignants, les auteurs arrivent à identifier les déterminants des actions des enseignants, en se référant à un repérage de critères sur lesquels s'appuient les enseignants lors de la construction d'une démarche d'investigation. Les chercheurs soulèvent différents éléments intervenant dans les déterminants de l'action enseignante :

- les connaissances professionnelles des enseignants mobilisées au cours de la préparation du contenu d'enseignement et lors de sa mise en œuvre ;
- les connaissances des enseignants concernant la manière avec laquelle les élèves apprennent les sciences ;
- l'épistémologie de la matière ;
- l'historique des apprentissages qui sont construits lors des séances de classes.

Dans le cadre d'un programme destiné à favoriser la mise en œuvre de l'enseignement par investigation, Roehrig & Luft (2004) ont étudié les pratiques enseignantes à partir d'observations des activités de classe. Les analyses de ces activités sont complétées par des entretiens dans le but d'identifier les conceptions des enseignants concernant la nature des sciences et du travail des scientifiques, leur niveau de formation pédagogique et de connaissances scientifiques, pour pouvoir établir des liens avec les difficultés rencontrés lors de la mise en œuvre d'un enseignement fondé sur l'investigation et les points de blocage éventuels. Les analyses ont permis de soulever trois profils d'enseignants : ceux qui sont bien adaptés aux nouvelles pratiques, les « *process-oriented teachers* » qui mettent en première place l'élaboration de protocoles, et les enseignants traditionnels qui optent pour une pédagogie transmissive. Les auteurs constatent qu'aucun facteur particulier du parcours et de conceptions des enseignants ne peut être mis en relation avec une pratique effective de l'investigation et donc qu'il n'y a pas de prédictions possibles sur l'activité de l'enseignant. Un enseignant ayant une bonne compréhension de la nature des sciences, et qui est motivé pour un enseignement fondé sur l'investigation, peut sous-estimer les capacités d'apprentissage des élèves et il devient donc peu opérationnel dans son activité. L'étude montre que les contraintes et les limites rencontrées lors de la mise en œuvre d'un

enseignement fondé sur l'investigation au niveau des enseignants relèvent d'un ensemble complexe et singulier pour chaque enseignant. Les chercheurs proposent la mise en place de formations et d'ateliers sur des difficultés particulières par groupe d'enseignants concernés pour les surmonter.

Dans une recherche qui vise l'étude de la cohérence entre milieu et contrat didactique, Cross & Grangeat (2014) analysent les jeux d'apprentissage en se référant à la théorie de l'action conjointe en didactique. L'étude est menée à travers le suivi de quatre enseignants de collège observés lors d'une séance d'enseignement fondée sur l'investigation. Les chercheurs montrent, à partir de l'analyse du contenu des enregistrements vidéo des séances de classes, que l'anticipation des ruptures de contrat didactique et la régulation de la cohérence entre contrat et milieu didactique nécessite un choix réfléchi et une analyse de toute situation proposée aux élèves.

Plusieurs recherches traitent la mise en place d'un enseignement fondé sur l'investigation de la part d'enseignants débutants.

Venturini & Tiberghien (2012) analysent une séance d'enseignement fondé sur la démarche d'investigation réalisé par un enseignant débutant. La recherche se réfère à la théorie de l'action conjointe en didactique. Les auteurs montrent une volonté chez l'enseignant débutant à satisfaire les exigences institutionnelles en relation avec la mise en œuvre de la démarche d'investigation. Avec cette volonté, ils arrivent à soulever certaines difficultés devant cette mise en œuvre. Ils proposent des pistes d'accompagnement à la mise en œuvre de ce type d'enseignement, à travers la formation et l'évaluation.

Calmettes (2009b) présente une étude qui s'intéresse aux pratiques de classe pour des enseignants n'ayant pas la même expérience. Le suivi des enseignants se fait à travers des séances à l'IUFM¹² et des séances de classes. Des enregistrements de classes, des entretiens et des fiches de préparation sont exploitées dans l'analyse des pratiques des enseignants. Le chercheur soulève dans cette recherche différentes contraintes dans la mise en place d'une démarche d'investigation, la durée de la séance étant l'une de ces contraintes. En effet, les enseignants n'arrivent pas, le plus souvent, à mener une séance avec démarche d'investigation avec les sept moments du canevas. Généralement, la phase d'opérationnalisation sera reportée à la séance qui suit. D'autres difficultés existent au niveau de l'appropriation, par les élèves, du problème qui découle des situations-problèmes de départ. Ces dernières peuvent être

¹² Institut universitaire de formation des maîtres, remplacés par les écoles supérieures du professorat et de l'éducation.

construites et présentées sous différentes formes selon l'âge des élèves et les niveaux enseignés.

Dans son travail de thèse, Ben Jemaa (2017) s'est intéressé à la mise en place d'une démarche d'investigation avec simulation informatique pour un enseignant tunisien confirmé et débutant en démarche d'investigation. Le chercheur adopte dans son étude la théorie de l'action conjointe en didactique, comme cadre théorique de référence.

Le chercheur adopte dans son étude l'approche d'enseignement par PCDR au scénario construit sur quatre moments : Préviation, Confrontation, Discussion et Résolution (PCDR).

Une analyse a priori de la séance d'enseignement par PCDR, et identifié ainsi les jeux potentiellement jouables des différentes phases de la séance de TP sur simulation prévue.

À travers une analyse à posteriori et le développement des descripteurs des jeux didactiques (jeu de préparation, jeu de transition et jeux d'investigations), le chercheur arrive à délimiter et à distinguer le jeu d'investigation des autres jeux, c'est-à-dire de localiser dans chaque phase de la séance les différents moments de l'enseignement par PCDR.

L'étude montre que tous les jeux d'investigation prévus sont joués. D'autre part, les confrontations des réponses des élèves aux questions de prévisions avec les résultats trouvés par simulation ont abouti à des débats scientifiques qui montrent qu'il y a eu déstabilisation et qui affectent les conceptions des élèves.

Dans cette recherche, l'accent est aussi mis sur les différentes manières avec lesquelles les enseignants abordent les conceptions erronées des élèves.

II-3. Les conceptions : concept à faire émerger dans l'enseignement fondé sur l'investigation

Le concept de « représentation » prend ses origines avec les sciences sociales. En 1898, Durkheim a donné la différence entre les représentations individuelles et les représentations collectives. Ce concept a été par la suite développé par Moscovici sous l'expression de « représentation sociale », afin de définir une modalité de connaissance particulière, permettant la communication sociale distincte de l'univers de la pensée scientifique (Moscovici, 1961).

Dans les années 1970 et 1980, les études empiriques de Piaget sur les conceptions des enfants ont influencé de manière remarquable les recherches en didactique des sciences (Driver & Easley, 1978). Ces études ont permis d'aboutir aux premiers résultats concernant un ensemble de conceptions à propos de l'espace, le temps, la force,...(Bächtold, 2012).

En psychologie génétique, Jean Piaget exploite les conceptions explicites des élèves comme moyen d'accès aux structures cognitives (Ibid, p.11), avec lesquelles les élèves arrivent à expliquer certains phénomènes de leur vécu quotidien.

Dans l'une de ses recherches à propos de ce concept, Giordan signale que les conceptions exprimées par les élèves, sont considérées comme éléments qui déclenchent les activités d'enseignement (Giordan, 1996). Ces conceptions doivent être prises en considération dans l'apprentissage des concepts scientifiques, à travers leurs émergences au début des activités d'apprentissages.

Bachelard, considère que la « connaissance générale » est un obstacle à la pensée scientifique (Bachelard, 1938). Les explications fournies par les enfants à propos de certains types de phénomènes, sont profondément enracinés, bien intégrés, et systématiquement utilisés. Ce qui pourrait renforcer la résistance au changement au niveau de ces modèles d'explication généralement erronés.

Une conception « n'est pas ce qui émerge en classe, c'est-à-dire ce que l'élève dit, écrit ou fait. Une conception correspond à la structure de pensée sous-jacente qui est à l'origine de ce que l'élève pense, dit, écrit ou dessine » (Giordan, 1996, p.2).

Giordan (1996) ajoute qu'une conception a pour origine l'expérience antérieure du sujet (figure 17). Elle sera mobilisée pour comprendre le monde qui l'entoure. Selon Giordan, toute conception est constituée d'éléments totalement en interaction :

- le problème : la mise en œuvre de la conception est induite par l'ensemble des questions ou des phénomènes vécus ;
- le cadre de références : une nouvelle conception est produite par mobilisation d'autres conceptions ;
- le mode opératoire : chaque conception prend appui sur les raisonnements et les interprétations propres du sujet, à travers lesquelles il arrive à des éléments en relation et de faire des inférences ;
- le réseau sémantique : le réseau de significations capable de donner à la conception un sens spécifique ;
- les signifiants : l'ensemble des signes, traces et symboles permettant la production et l'interprétation de la conception.

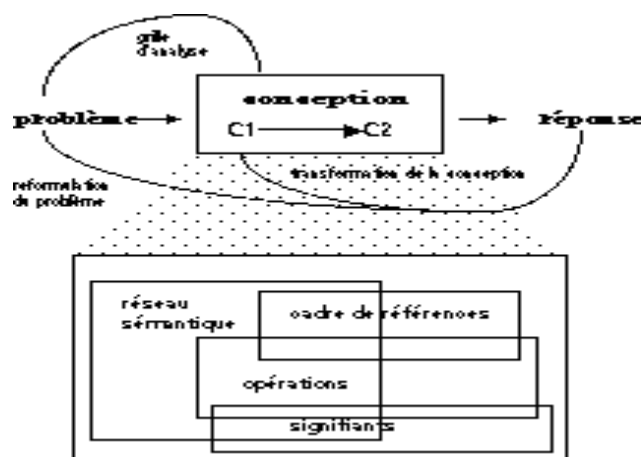


Figure 17 : Caractéristique d'une conception
(Giordan, 1996, p.2)

Faire émerger les conceptions initiales des élèves au début d'une séquence d'apprentissage est intéressant. Mais, est-il suffisant de collecter ces conceptions, pour entamer une nouvelle séquence d'apprentissage ?

Giordan (1996) affirme que le plus important ne réside pas dans l'expression de l'élève, mais c'est la structure sous-jacente qui serait à l'origine de cette expression. Deux niveaux sont à distinguer : niveau superficiel correspondant aux productions des élèves et un niveau plus profond qui correspond au réseau immergé des hypothèses explicatives (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997).

II-4. L'apprentissage coopératif et le conflit sociocognitif

Selon une approche socioconstructiviste de l'apprentissage, plusieurs études évoquent le rôle de l'interaction sociale dans le processus de construction des connaissances.

En 1994, Brown et Campione (cité par Bordage, 2010) signalent l'importance du développement de certaines pratiques (si minimes soient-elles) chez les élèves, favorisant une vision collective de la construction des connaissances, au sein d'une communauté d'apprenants. Pour ces auteurs, les élèves, doivent être placés « dans un processus de recherche et leur demander d'étudier, ensemble et en profondeur, des sujets d'un certain degré de complexité » ce qui « requièrent de ces élèves qu'ils posent des hypothèses, établissent des relations, effectuent des vérifications, tirent des conclusions ; bref, qu'ils construisent collectivement leurs connaissances » (Bordage, 2010, p. 713).

Bereiter & Scardamalia (2003) considèrent que l'apprentissage est un processus social et que l'interaction sociale est lieu et moyen de construction de connaissances.

Pour Dewey (1927, cité par Baudrit, 2005), l'école est une communauté de vie dans laquelle les élèves sont amenés à coopérer. L'un de ses projets est de donner aux élèves « l'habitude de réfléchir de façon critique sur l'expérience vécue dans un cadre de vie communautaire démocratique » (Baudrit, 2005). Cette approche est favorisée dans l'*IBSE* où l'élève est invité à mener une investigation visant à confirmer ou réfuter des hypothèses énoncées (au sein d'un groupe) en relation avec un problème ou une situation posée par l'enseignant.

Au début des années 80, un concept de base est développé dans le champ de la psychologie sociale génétique : le conflit socio cognitif. Ce concept montre l'importance des interactions sociales dans l'apprentissage.

III. En guise de conclusion

À la lumière de ce que nous venons de présenter dans ce chapitre, nous nous rendons compte que l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation est un objet de recherche, selon divers axes. À partir de l'analyse de certaines recherches, il est intéressant de signaler qu'il n'existe pas de définition univoque de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, puisque ni les institutions, ni les chercheurs, ne sont d'accord entre eux. Et on ne parle même pas des différences entre enseignants. Par ailleurs, Il nous semble que sa mise en place dans le contexte de la classe est fortement dépendante du rôle de l'enseignant, de son appropriation de ce type de démarche et également de celui des élèves.

Sur le plan de l'apprentissage, les recherches au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation soulèvent un développement au niveau des compétences des élèves dans le sens où elle contribue au développement de l'esprit de recherche, de la créativité, de l'esprit critique et de l'engagement dans le travail collaboratif. Dans cette perspective, les élèves ont des responsabilités vis-à-vis des savoirs en jeu du fait que ce type d'enseignement engage les élèves dans un processus de construction de savoirs problématisés (Lhoste & Le Marquis, 2012). Il reste à voir si la mise en œuvre des démarches d'investigation pourrait toujours favoriser les conditions nécessaires permettant à l'élève de s'engager réellement dans le processus de construction des savoirs scientifiques.

Au niveau des pratiques enseignantes, certaines recherches (Monod-Ansaldi *et al.*, 2011 ; Prieur *et al.*, 2013) montrent que les enseignants se donnent des représentations différentes en ce qui se rattache à l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation au niveau de la conception qui précède la mise en œuvre en classe mais, aussi au niveau de la manière avec laquelle cet enseignement est mis en place. Le rôle des enseignants, selon ces recherches (Mathé *et al.*, 2010 ; Oh, 2005), est majeur, tant ils doivent déployer des efforts remarquables

pour adapter leurs pratiques avec les démarches de type investigation. Ces adaptations, qui s'avèrent nécessaires au niveau des pratiques enseignantes pour répondre aux exigences de la mise en œuvre de ces démarches de type investigation, renvoient à la nécessité de pousser la formation en relation avec la mise en place de ce type de démarche en classe et c'est ce que nous proposons de détailler dans le chapitre 3.

**Chapitre 3 : La formation pour la professionnalisation des
enseignants du point de vue de la recherche : revue de littérature**

Plan du chapitre 3

Introduction

- I. La formation levier de la professionnalisation des enseignants**
- II. Les dispositifs de formation et le développement professionnel des enseignants**
- III. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation : sujet de formation des enseignants**
- IV. En guise de conclusion**

Introduction

A partir des années 1990, plusieurs travaux de recherche sont centrés sur la professionnalisation de la formation des enseignants (Violet, 2005 ; Bodergat, 2006 ; Roquet, 2009 ; Guibert & Lazuech, 2010 ; Clanet, 2010 ; Lapostolle, 2013) avec différents enjeux. Dans certaines études, les chercheurs s'intéressent à l'observation de la formation des enseignants menées avec différents dispositifs tels que l'analyse de pratique, le rapport aux savoirs et le mémoire professionnel (Altet, 1999 ; Boilevin, 2001 ; Calmettes, 2008).

Dans d'autres recherches (Dumet, 2010 ; Clerc & Martin, 2011), l'accent est mis sur la description et la compréhension des différentes dimensions de la formation, afin de ressortir les dynamiques d'interaction entre les différents acteurs.

Pour certains travaux (Perez-Roux, 2015 ; Maroy, 2006 ; Lenoir & Vanhulle, 2006), les recherches sont orientées vers l'étude des effets des contextes institutionnels et des conditions de mise en œuvre de la formation, sur l'enseignement et le métier d'enseignant.

Dans ce chapitre, on s'intéresse, à travers une revue de littérature, aux différentes dimensions et angles de recherches au sujet de la formation comme un levier de la professionnalisation des enseignants.

L'accent est mis au début sur les recherches dans le contexte général des études faites en didactique des disciplines. Par la suite, nous nous intéressons aux recherches menées sur les formations s'appuyant sur la démarche d'investigation comme dispositif de formation.

I. La formation, levier de la professionnalisation des enseignants

La professionnalisation dans le domaine du travail représente pendant ces dernières années un intérêt majeur, notamment dans le domaine de l'enseignement. Cette professionnalisation vise le développement des compétences professionnelles et l'amélioration de la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage.

Dans ses recherches sur la formation entre la théorie et la pratique, Perrenoud (1994a) considère l'enseignement comme un métier qui s'oriente vers une voie de professionnalisation. La prise en considération de cette évolution du métier d'enseignant pousse vers l'étude de l'impact d'une telle évolution sur la formation.

Bourdoncle (2000) distingue plusieurs sens du terme professionnalisation en relation avec :

- l'activité. C'est par le biais de ce processus que l'activité prend le statut de profession ;
- le groupe exerçant l'activité ;

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

- les savoirs en lien avec l'activité. Orientation vers des savoirs procéduraux et des compétences ;
- la formation à l'activité. La professionnalisation de la formation se fait à travers la mise en place d'un programme de formation ayant pour objectif le développement des compétences et des savoirs professionnels, en s'appuyant sur des méthodes « spécifiques » (résolution de problèmes, analyse des pratiques...). Ce qui rend la formation en lien étroit avec le milieu professionnel dans lequel s'exerce l'activité, notamment l'activité enseignante.

Bourdoncle (1991) relie la professionnalisation de toute activité et éventuellement l'activité enseignante, aux aspects pratiques et professionnels de la formation. « Le passage d'une démarche intuitive à une démarche rationnelle, qui accompagne la professionnalisation de toute activité, lorsqu'elle passe du stade « artisanal » au stade « scientifique », exige, pour qu'il y ait une véritable professionnalisation, que soit prise en charge par l'université non seulement la théorisation de la pratique, mais aussi et surtout les aspects pratiques et professionnels de la formation » (Bourdoncle, 1991, p.83).

Selon Altet (2010), un vrai processus de professionnalisation de la formation des futurs enseignants a été déclenché avec la création des IUFM et cela en rupture avec la formation modélisante antérieure. Altet considère que le modèle d'enseignant professionnel représente une visée principale de la formation au sein des IUFM et que « des dispositifs intégrateurs et des situations de formation sont mis en place à cette fin : séances d'analyse de pratiques entre pairs, rédaction d'un mémoire professionnel, formations didactiques et transversales. Ces situations contribuent à la mise en œuvre d'une formation professionnalisante » (Altet, 2010, p. 16). Dans cet article, Altet considère que le défi, au niveau des IUFM, réside dans l'articulation entre la professionnalisation de la formation et l'universitarisation au service de la profession d'enseignant. Ce qui revient à concevoir un « nouveau » curriculum qui doit prendre en considération le savoir-faire propre des IUFM et l'implication des formateurs, chercheurs de l'université, praticiens, ... dans la logique de la professionnalisation de la formation initiale au sein des IUFM.

Dans une étude qui s'intéresse aux processus de construction de l'identité professionnelle et au rapport à la formation initiale des enseignants du second degré en France, Perez-Roux (2015) cherche, de son côté, à expliciter la manière avec laquelle fonctionnent certains dispositifs ayant une intension réflexive tels que l'analyse des pratiques professionnelles et le mémoire professionnel et d'en sortir, en s'appuyant sur le discours des formés, l'intérêt et les

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

limites de ces dispositifs. Les enquêtes sur lesquelles se base cette recherche, réalisées en 2004-2005 et 2010-2011, montrent des différences au niveau de l'appropriation de ces dispositifs en fonction de leur articulation avec d'autres aspects de la formation : moment de leur exploitation au cours de l'année, les contextes institutionnels entre les IUFM et l'établissement dans lesquelles se tient la formation. Cette étude montre la nécessité d'avoir une certaine complémentarité des approches, avec lesquelles la formation des stagiaires est faite, pour pouvoir construire chez le futur enseignant une identité professionnelle qui répond aux enjeux de responsabilité et d'autonomie, à côté des compétences didactiques, pédagogiques, éthiques et communicationnelles qui répondent aux exigences institutionnelles. Certes, les formations initiale et continue contribuent à la professionnalisation des enseignants, stagiaires et titulaires, dans l'exercice du métier. Cependant, d'autres facteurs s'imposent dans ce processus de développement professionnel. Uwamariya & Mukamurera (2005) considèrent que le développement professionnel des enseignants en tant que processus de changement, de transformation, à travers lequel les enseignants réussissent à améliorer leur pratique, doit être étudié selon différentes approches complémentaires et à travers la prise en compte des différentes ressources, éventuellement la formation initiale et continue. Toutefois, tout travail qui vise la professionnalisation des enseignants nécessite, de la part de ces derniers, une volonté et un désir pour le développement des pratiques. Dans cette vision, Uwamariya & Mukamurera accordent à l'enseignant un rôle majeur dans son propre développement professionnel. Ils signalent qu'il peut mobiliser différentes ressources, pour qu'il parvienne à maîtriser son métier et à acquérir les connaissances dont il a besoin, entre autres l'analyse de pratique, en tant que dispositif de formation, et son intervention dans certaines activités, éventuellement celles qui se déroulent lors des séances de formation continue. A l'égard de la formation continue, les deux chercheurs signalent que « de par ses diverses formes et les mesures incitatives pour y participer, la formation continue est un moyen et un lieu de rencontre des enseignants qui veulent non seulement apprendre, mais aussi échanger et discuter de leur expérience afin de s'enrichir mutuellement » (Uwamariya & Mukamurera, 2005, p. 142).

Le processus de professionnalisation du métier d'enseignant doit donc être l'une des visées de la formation continue, sans pour autant négliger la prise en considération de ce processus lors de la formation initiale. En décrivant la formation continue comme vecteur de professionnalisation de l'enseignement, Perrenoud (1994b) soulève la nécessité de la prise de conscience du processus de professionnalisation de l'enseignement par les différents

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

intervenants dans la formation continue. Pour lui, les acteurs de la formation continue doivent avoir une représentation claire pour atteindre la professionnalisation à long terme, et le travail qui vise cette professionnalisation doit être mené en partenariat avec les responsables de la formation initiale. L'atteinte de cet objectif, suppose que les programmes conçus pour la formation initiale doivent être élaborés dans le sens de la professionnalisation.

Perrenoud, avance quelques secteurs dans lesquelles la formation continue pourra contribuer à la professionnalisation du métier d'enseignant tels que le travail sur la résolution des problèmes, la démarche favorisant la construction d'une éthique professionnelle, la formation à la pratique réflexive sur et dans l'action, la participation à la construction d'une identité professionnelle...

Dans son étude sur la professionnalisation des enseignants, à partir d'une entrée sociologique, Perez-Roux (2016) s'intéresse aux processus de construction de la professionnalité enseignante, aux dynamiques d'insertion professionnelle et aux ressources plurielles mobilisées par les néo-enseignants du secondaire. En relation avec les apports de la formation initiale et continue pour les néo-enseignants, dans leur insertion dans le métier, la recherche montre que la moitié des néo-enseignants interrogés trouvent que la formation initiale est bonne et utile en ce qui se rattache à leur professionnalisation. La didactique disciplinaire, la pédagogie et l'analyse des pratiques de stage sont des contenus, traités pendant la formation initiale, considérés comme utiles dans l'exercice du métier avec des taux différents.

Au sujet de la formation continue, l'étude montre une convergence vers la nécessité, avec une grande priorité, de la formation disciplinaire avec une ouverture mesurée aux problématiques transversales, centrées plus largement sur le métier.

D'un autre côté, la conception des actions de formation doit prendre appui sur l'état des lieux du terrain où s'exerce l'action enseignante, afin de repérer les interventions permettant d'accéder au développement des compétences des enseignants. Wittorski (2008) considère que la formation doit remplir certaines conditions pour qu'elle soit professionnalisante. « Une telle formation suppose probablement une analyse préalable du travail réel pour identifier les compétences à développer en formation (nécessité d'identifier des compétences visées et des compétences validées par le secteur professionnel). Elle suppose également de penser la formation par finalité d'action ; or, on pense souvent spontanément la formation par apport disciplinaire. Elle suppose ensuite une diversification des modalités pédagogiques : au-delà du cours (les compétences ne s'enseignent pas, loin de constituer des énoncés, elles relèvent surtout de modalités d'action en situation), prévoir des mises en situation (propices au

développement des compétences) et des moments d'analyse de pratiques (pour leur exploitation). Elle nécessite enfin de mettre en place une évaluation des compétences (c'est-à-dire une évaluation des modalités d'action effectives des sujets) et non seulement une évaluation des savoirs (c'est-à-dire des énoncés « déclaratifs » sur des propriétés d'objets ou d'actions). Cela conduit à partager le pouvoir de conception de la formation avec les milieux professionnels, tout en faisant évoluer le métier de formateur : un formateur capable d'élaborer des situations problèmes, de développer l'analyse de pratiques... » (Wittorski, 2008, p. 115).

II. Les dispositifs de formation et le développement professionnel des enseignants

Les actions de formation organisées pour les enseignants visent principalement à améliorer la qualité de l'apprentissage et à développer les compétences à enseigner. L'atteinte de ces finalités nécessite, entre autre, l'installation de dispositifs de formation répondant à des problématiques en lien avec les pratiques de terrain et l'adhésion des différents intervenants dans la formation. Ainsi, comprendre et connaître un dispositif revient à analyser ses utilisations, c'est-à-dire à la fois les modalités de son appropriation par les formés, mais également son inscription dans un contexte réel de classe et, surtout, les effets pratiques qui en résultent.

Dans la recherche, les dispositifs de formation instaurés et étudiés sont divers et à visées différentes. Par exemple, Altet (1991) présente une étude visant à analyser un dispositif central de formation mis en place de façon originale à l'IUFM des Pays-de-la-Loire : le « Groupe de Référence ». Le dispositif a été conçu comme l'élément clef d'un système par alternance. L'objectif de cette recherche était d'identifier les caractéristiques de ce dispositif de formation, conçu comme un aller et retour « pratique-théorie-pratique », centré sur l'analyse de pratiques et sur une approche globale du métier d'enseignant et la mise en place d'une politique de formation cohérente. Les résultats de l'analyse ont permis de repérer les « nouveautés du dispositif Groupe de Référence » et de son fonctionnement, et de voir en quoi il est innovant et a produit une redéfinition des fonctions des formateurs, de nouvelles positions, des « déplacements », des recompositions identitaires, de nouveaux rapports entre les différents formateurs de l'Institut et du terrain. L'étude a permis de montrer en quoi le Groupe de Référence est un dispositif réellement « émergent » qui prend corps et est une

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

structure professionnalisante qui s'appuie sur une nouvelle théorisation de la formation initiale.

La recherche montre l'installation, à travers ce dispositif de formation, d'une « nouvelle éthique de formation centrée sur la formation entre pairs, la place de la parole et de l'expression de stagiaires acteurs de leur formation, le rôle de la dimension groupale, de la responsabilisation des stagiaires et de la responsabilité du formateur responsable » (Altet, 1999, p.41).

En cohérence avec les objectifs de cette étude, les résultats ont permis de montrer qu'avec le Groupe de Référence, le travail se focalise plutôt sur l'aspect pratique du métier d'enseignant, à travers le développement des compétences professionnelles et le « savoir-enseigner ». Ainsi, le travail au niveau des groupes de formation se centre sur les aspects pédagogiques et didactiques contre un retrait du disciplinaire et l'abandon de la prédominance de tout aspect théorique de la formation. Dans cette mise en place des Groupes de Référence, le rôle des formateurs est reconstitué dans le sens de création d'autres relations et d'un vrai partenariat entre les formateurs de l'IUFM visant à mettre réellement le stagiaire au centre de sa formation.

Certes, le développement des compétences professionnelles des enseignants les invite à repenser continuellement leurs pratiques de classe, à travers l'analyse de leurs actions. Ce travail nécessite des échanges réguliers avec les pairs et les formateurs, afin d'accentuer le travail des enseignants sur des pistes d'amélioration des modalités d'enseignement. Toutefois, cet échange au sein de la communauté enseignante reste en forte dépendance d'une formation présentielle dont les actes ne sont pas fréquents, ce qui incite les acteurs à repenser autrement le déroulement de la formation. Dans une recherche sur la formation de l'enseignant réflexif, Magnoler (2010) présente un modèle de formation « on line » pour les enseignants titulaires qui a été mis en place par l'Université des études de Macerata (Italie) depuis 2006. Ce modèle a été conçu pour le parcours d'un master destiné aux enseignants titulaires dans le cadre de la formation continue. Le processus s'étale sur trois années.

Le but était de construire, avec les enseignants, des pratiques de réflexion qui les aident à trouver des modalités et des instruments personnalisés pour repenser leurs propres actions et aussi la formation continue. L'itinéraire formatif du master était constitué de trois unités de formation (la communauté et les savoirs, l'amélioration des compétences et le bilan) destinées aux participants, divisés par classes virtuelles, chaque classe étant suivie par un formateur/chercheur et par un tuteur expérimenté dans le domaine tant des technologies que

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

des contenus développés au cours du master. Pendant la formation, les enseignants sont mis dans des conditions qui les aident à prendre conscience de leur propre façon de concevoir la didactique, de mettre en application des modèles donnés de planification et d'analyser leur propre expérience et celle des autres pour découvrir les régularités et les différences, selon les contextes où ils ont opéré.

L'étude montre un autre modèle de formation « on line » en réseau qui invite les acteurs à expliciter toutes les pensées des enseignants et des formateurs, ce qui met en œuvre une expérience d'apprentissage basé sur l'écriture.

Magnoler avance que « la réflexion sur les écritures d'autrui, favorisée par des outils asynchrones tels que le forum, provoque le développement d'opinions personnelles, le repérage de connaissances et la construction d'argumentations. La connexion des écritures, facilitée par la structure technologique, aide à reconstruire des parcours personnels et collectifs, en faisant naître des histoires professionnelles » (Magnoler, 2010, p. 94). Dans le forum, le caractère social et la réflexion des participants dans la formation sont mis en évidence par deux pratiques :

- la communication écrite, à travers le réseau, par le participant, dans son propre message, des extraits des textes des autres enseignants, pour les commenter et pour plus d'approfondissement. Il en résulte un réseau d'écritures portant toutes les propositions des différents participants dans le forum ;
- l'enseignant, en s'adressant à la communauté, termine son message afin que les intervenants reprennent et étendent ce qui est affirmé dans le spot. « Des expressions telles que « ...qu'en pensez-vous ? » offrent des relances vers les pratiques de la réflexion écrite individuelle, qui naissent du discours collectif et ensuite y reviennent, après avoir exploré d'autres trajectoires et proposé d'autres points de vue » (Magnoler, 2010, p. 94).

Dans une recherche qui adopte l'analyse de l'activité professionnelle des enseignants stagiaires, dans leur formation initiale, en situation réelle, Leblanc (2007) montre en quoi cette démarche de formation représente une voie pertinente pour gérer autrement la formation des enseignants, de manière à ce qu'elle soit sur une piste de professionnalisation permettant le développement des compétences professionnelles de l'enseignant stagiaire.

Pour concrétiser ces orientations dans le contexte de la formation initiale des enseignants stagiaires, le chercheur présente deux dispositifs qui se basent sur la confrontation à des séquences vidéo de pairs.

Le premier dispositif de « simulation » consiste dans un premier temps à l'observation rapide d'un extrait vidéo d'un imprévu. Ensuite, le stagiaire procède à une description à chaud de sa perception initiale de la situation présentée. Puis dans un deuxième temps, le stagiaire décrit ses actions en se « mettant à la place » de l'enseignant et enfin, les formés procèdent à une mutualisation des différents « couplages perception-action » élaborés par les différents stagiaires (échanges uniquement entre les stagiaires). Ce dispositif « vise à développer la capacité, chez les stagiaires, à prélever des indices pertinents en relation avec un contexte particulier de la classe et à élaborer des pistes d'interventions plus adaptées en relation avec leur propre pratique » (Leblanc, 2007, p. 25).

Le travail sur le deuxième dispositif « d'analyse de l'activité située », se fait selon les étapes suivantes : description précise de l'activité (de l'enseignant et / ou des élèves) en s'appuyant sur les traces de l'activité (enregistrement vidéo, auto-confrontation...) ; analyse de l'activité à travers les expériences et les connaissances de l'enseignant ; explicitation des expériences proches et comparaison avec celles des pairs ; conceptualisation à partir des outils théoriques et recherche d'un consensus sur les actions efficaces et inefficaces.

La formation des enseignants stagiaires sur ces deux dispositifs de formation, les amène progressivement à être capables de porter un regard sur leur pratique. Toutefois, l'atteinte de cet objectif reste conditionnée à une clarification apportée par les formateurs concernant leur rapport à l'enseignement de la discipline et aux prescriptions, ce qui permet d'engager les stagiaires dans des débats professionnels et des échanges de différents points de vue, permettant de développer leur pratique et de créer chez eux d'autres.

III. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation : sujet de formation des enseignants

La formation initiale et continue des enseignants, contribue à la fois au développement de compétences professionnelles et à l'appropriation de nouvelles méthodes d'enseignement. Cette formation est organisée, autour des savoirs disciplinaires dans le but de renforcer cet aspect chez les enseignants, comme elle peut prendre d'autres formes en relation avec les champs de la didactique, de la pédagogie et des renouvellements dans les méthodes d'enseignement, à travers la mise en place de certains dispositifs de formation, dans le but de développer le côté du savoir enseigné. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation faisant partie des renouvellements dans l'enseignement des sciences, notamment dans l'enseignement de la physique, a fait l'objet de plusieurs recherches dans le contexte de la

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

classe ou de la formation des enseignants. Dans ce qui suit, nous présentons certains résultats issus des recherches au sujet de la formation des enseignants en démarche d'investigation

Dans un travail de thèse ayant comme but l'étude de l'appropriation par les enseignants de la « démarche d'investigation » comme méthode d'enseignement faisant partie des programmes de collège français, Mathé (2013) part de l'analyse des fiches de préparation de séquences d'investigation élaborées par un certain nombre d'enseignants, pour mettre en évidence une variabilité dans les problèmes et les démarches que les enseignants proposent au sein de leurs classes. Elle met en évidence également des confusions dans l'utilisation de certaines notions clé de la démarche d'investigation : les conceptions initiales et la notion d'hypothèse. Ensuite, une formatrice organise trois séances de formation, au profit des enseignants, prenant en considération des données préliminaires et autour des deux notions pré-citées. Des questionnaires et des enregistrements audio d'une séance de travail en groupes, consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation, ont montré une meilleure maîtrise, en fin de formation, des notions visées. L'étude a abouti à l'analyse des stratégies mises en place par les enseignants pour tenter de concilier les exigences des programmes avec les contraintes institutionnelles et matérielles qui s'imposent à eux.

Les recherches sur la mise en place de la démarche d'investigation tel quelle est prescrites dans les instructions officielles, ont permis de soulever des différences au niveau de la manière avec laquelle les enseignants appliquent cette démarche, à côté de certaines difficultés face auxquelles se trouvent ces enseignants en mettent en ouvre cette démarche dans l'enseignement des sciences (Calmettes, 2009 ; Marlot & Morge, 2016 ; Mathé *et al.*, 2008). Dépasser ces difficultés de mise en œuvre et minimiser les variabilités constatées dans l'application de cette démarche, incite les chercheurs, les formateurs et les enseignants à renforcer la formation à ce sujet, pour contribuer au développement des pratiques des enseignants dans ces renouvellements au niveau des démarches d'enseignement des sciences. Boilevin *et al.* (2012), s'intéressent au sujet de l'enseignement des sciences et de la technologie fondé sur l'investigation. Ils analysent cette démarche d'un point de vue de la transposition didactique, en présentant, dans leur étude, un dispositif de formation permettant aux chercheurs et praticiens de collaborer.

L'étude tente de répondre à la question de recherche : « le travail d'un groupe d'enseignants et de chercheurs permet-il de mettre en évidence les enjeux d'un enseignement fondé sur l'investigation, et les conditions favorisant sa mise en œuvre ? » (Boilevin *et al.*, 2012, p. 244).

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

La recherche s'inscrit donc dans une perspective de mise en place de pratique collaborative entre différents acteurs.

Le dispositif de formation consiste à la création de groupes de développement (chercheurs, formateurs et enseignants de différentes disciplines), assurant un développement au niveau des connaissances en relation avec l'éducation et la formation et notamment au niveau des connaissances des participants au sujet de la démarche d'investigation et donc une participation à leur formation. « Il s'agit d'accompagner la transposition pour les enseignants qui expérimenteront de nouvelles situations d'enseignement – apprentissage en amenant les membres du groupe à partager d'abord une culture commune au sujet de l'enseignement fondé sur l'investigation » (Boilevin *et al.*, 2012, p. 246). Le travail mené par les différents intervenants, pendant une durée de deux années, alterne entre un travail individuel et collectif, à propos des pratiques d'enseignement fondé sur l'investigation, permet la construction d'un cadre théorique commun au sein du groupe, et s'achève par l'élaboration d'un modèle commun d'enseignement fondé sur l'investigation. « Le travail entrepris montre clairement que l'appropriation de la démarche par les enseignants est d'autant plus pertinente qu'elle les amène à interroger en profondeur leur pratique d'enseignement à la lumière d'un éclairage didactique qui les aide à adopter la démarche pour ce qu'elle porte en elle de potentiel d'aide à l'apprentissage » (Boilevin *et al.*, 2012, p. 252).

Le prolongement de cette étude, à travers l'observation en classe de la manière avec laquelle les élèves seront impliqués dans les différentes tâches et la procédure de mise en application de cette démarche, suite aux différents éclairages théoriques, pourra mettre le point sur l'effet d'une telle démarche d'une part sur les apprentissages visés, et d'autre part, sur le développement des pratiques enseignantes.

L'aspect collaboratif dans les recherches visant le développement des compétences des enseignants utilisant l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation a été étudié au niveau de l'interdisciplinarité, pour dégager les liens entre des contenus différents et les complémentarités possibles. Magee & Flessner (2012) mènent une étude dans laquelle ils examinent l'effet de promouvoir l'enseignement fondé sur l'investigation grâce à la collaboration entre des futurs enseignants de sciences et de mathématiques, dans un programme de formation des enseignants du cycle élémentaire. Au cours de la collaboration, les enseignants stagiaires ont connu 3 types d'investigation considérés comme moyen permettant de favoriser une meilleure compréhension de l'enseignement fondé sur l'investigation. Les expériences, qui ont été proposées aux participants, comprenaient une

investigation dans le domaine scientifique et une investigation de mathématiques où les élèves étaient les futurs enseignants et une mise en place d'un enseignement fondé sur l'investigation, pendant un cours de sciences, menée par les enseignants stagiaires. Pendant et après le semestre de la collaboration, les données ont été recueillies pour évaluer l'impact des expériences d'investigation sur l'application en classe de la méthode d'enseignement fondée sur l'investigation par les futurs enseignants. Le travail des élèves et des enseignants sur le terrain indique que ces futurs enseignants ont pu identifier, affronter et se débattre avec les complexités de l'enseignement scientifique fondé sur l'investigation.

Les résultats de la recherche montrent que les multiples expériences réalisées ont permis aux élèves d'échanger, de collaborer et d'apprendre davantage sur l'enseignement fondé sur l'investigation d'une manière réaliste. En classe, les futurs enseignants se détachent de la dépendance excessive sur les leçons dirigées et s'orientent plus vers des initiatives encourageant l'investigation.

L'étude, à travers ces types d'expériences interdisciplinaires, aide les enseignants stagiaires à comprendre qu'un enseignement efficace est celui dans lequel sont établis des liens solides à partir des champs de contenu de plusieurs disciplines. Ainsi la culture, le statu socio-économique, ... doivent être inclus dans tout programme de formation qui prend en charge l'enseignement fondé sur l'investigation.

VII. En guise de conclusion

Les effets de la formation sur les pratiques enseignantes sont des enjeux importants de diverses recherches (Bru, 2002 ; Samurcay & Vergnaud, 2000 ; Uwamariya & Mukamurera, 2005...).

Il est important de signaler que la formation continue des enseignants, contribue à l'amélioration de la qualité de l'apprentissage à travers le développement des pratiques des enseignants. C'est en tirant profit de la richesse des échanges lors de la formation et les expériences personnelles vécues par les enseignants au sein des classes, que ces derniers arrivent à développer leurs pratiques enseignantes. Par ailleurs, nous pensons que la manière avec laquelle est conçue une action de formation reste déterminante au niveau de l'effet de son contenu sur les apprentissages des élèves. Une formation organisée autour des activités d'apprentissage conçus avec les nouvelles démarches, pourrait favoriser à l'enseignant des moments d'apprentissage qui seront par la suite transmis aux élèves et peut avoir des effets positifs sur l'apprentissage des élèves et des développements remarquables sur les pratiques des enseignants mais, avec quel degré de motivation de la part des enseignants ?

La formation pour la professionnalisation des enseignants du point de vue de la recherche

En effet, la réussite des formations visant le renouvellement des pratiques enseignantes et les manières avec lesquelles sont mises en place des séquences d'enseignement, est étroitement liée à la manière avec laquelle se comportent les enseignants vis-à-vis des changements au niveau de l'enseignement et l'apprentissage.

Chapitre 4 : Cadre théorique et problématique de la recherche

Plan du chapitre 4

INTRODUCTION

I. LA THÉORIE DE L'ACTIVITÉ ET LES CONCEPTS ACTIVITÉ ET TÂCHE

I-1. LE CONCEPT ACTIVITÉ

I-2. LE CONCEPT TÂCHE

I-2-1 But

I-2-2 Conditions

II. ACTIVITÉ DE L'ENSEIGNANT SELON UNE VISÉE DE LA PSYCHOLOGIE ERGONOMIQUE

III. DES APPROCHES POUR L'ÉTUDE DES PRATIQUES ENSEIGNANTES

III-1. LA THÉORIE DE L'ACTION CONJOINTE EN DIDACTIQUE

III-2. LA DOUBLE APPROCHE DIDACTIQUE ET ERGONOMIQUE : UN CADRE D'ANALYSE DES PRATIQUES

ENSEIGNANTES :

III-2-1. Les fondements théoriques de la double approche didactique et ergonomiques

III-2-2. Revue de littérature

III-2-2-1. PRATIQUES ORDINAIRES AVEC DES PROBLÈMES OUVERTS, CHOQUET (2017)

III-2-2-2. DIVERSITÉ, VARIABILITÉ ET CONVERGENCES DES PRATIQUES ENSEIGNANTES, RODITI (2015)

III-2-2-3. PRATIQUES D'ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES ET APPRENTISSAGES DES ÉLÈVES, CHESNAIS (2011)

III-2-2-4. UNE VIDÉO DE CLASSE AU SERVICE DE L'ANALYSE DES SÉANCES DE MATHÉMATIQUE, ROBERT (2004)

III-2-2-5. ACTIVITÉ ORDINAIRE D'UNE ENSEIGNANTE DE CHIMIE, KERMEN ET BARROSO (2013)

III-2-2-6. PRATIQUES ENSEIGNANTES DANS LES MILIEUX SOCIALEMENT DÉFAVORISÉS, MOLVINGER ET MUNIER (2014)

III-2-2-7. EN GUISE DE DISCUSSION

IV. PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE

Introduction

Nous proposons dans ce chapitre de présenter quelques concepts clés de la théorie de l'activité (Léontiev, 1978) dans laquelle s'inscrit le cadre de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002) que nous adoptons comme cadre théorique de référence pour notre recherche.

L'analyse de l'activité enseignante est l'un des objets majeurs de nombreuses recherches (Chesnais, 2009 ; Kermen, 2017 ; Molvinger & Munier, 2014 ; Robert, 2008, 2014). Ces recherches se réfèrent, dans leurs analyses des activités enseignantes, au cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique, dans une visée compréhensive des activités des enseignants à travers la construction des logiques d'actions qu'ils se donnent, la recherche des régularités et des variabilités dans les pratiques interpersonnelles mais aussi intra-personnelles, la recherche des déterminants de ces pratiques.

Nous présentons, dans la deuxième partie de ce chapitre, les éléments de bases de notre cadre théorique, que nous mobilisons dans l'analyse des pratiques de deux enseignants de physique, tout en faisant le point sur des études faites selon le même regard théorique.

A la lumière de notre cadrage théorique, nous présentons la problématique de notre recherche qui sera suivie par les questions de recherche sur lesquelles nous proposons d'apporter des éléments de réponses au terme de ce travail.

I. La théorie de l'activité et les concepts activité et tâche

I-1. Le concept d'activité

Leontiev (1976, cité par Leplat & Hoc, 1983) considère que le concept d'activité est étroitement lié à la notion de motif. Ainsi, l'activité n'existe pas sans un motif explicité objectivement et subjectivement. De même, tout comme la notion de motif est liée au concept d'activité, le concept de l'objet est lié au concept d'action.

Notons qu'il est nécessaire de toujours faire face à des activités spécifiques, dont chacune répond à un besoin précis du sujet, et dirigée vers un objet de ce besoin. Cette activité s'éteint à la suite de la satisfaction de ce besoin. Cependant, elle pourra être produite de nouveau avec des nouvelles conditions (ibid).

Les activités concrètes peuvent différer entre elles en fonction de diverses caractéristiques : selon leur forme, les méthodes de leur mise en œuvre, en fonction de leur intensité émotionnelle, de leurs exigences de temps et d'espace, de leurs mécanismes biologique d'éducation physique, etc. (ibid). Avec cette diversité d'activités, Leontiev (1976, cité par

Leplat & Hoc, 1983) renvoie la distinction entre elles à la différence entre leurs objets. Ainsi, c'est l'objet qui constitue le motif de l'activité qui lui donne une direction bien déterminée. Le motif peut être soit matériel, soit idéal, que ce soit dans la perception ou exclusivement dans l'imagination ou dans la pensée.

Leontiev propose un modèle simplifié de l'activité étalé sur trois niveaux : activité, action et opération. Pour lui, l'activité et l'action constituent de véritables réalités. Une seule et même action permet d'accomplir diverses activités et peut être transférée d'une activité à une autre. Il avance que l'activité humaine n'existe que sous la forme d'action ou d'une chaîne d'actions. Par exemple, l'activité sociale réside dans les actions (actes) de la société.

Dans sa vision de l'activité humaine, Leontiev (1976, cité par Leplat & Hoc, 1983) relie l'action aux méthodes avec lesquelles elle pourra être accomplie. Ces méthodes constituent le troisième niveau du modèle simplifié de l'activité chez Leontiev : les opérations.

Dans le contexte de la psychologie de l'activité, il est nécessaire de distinguer entre les termes actions et opérations. Ces dernières se produisent dans certaines conditions et par la suite elles sont dépendantes des conditions dans lesquelles elles se produisent. Cependant, les actions dépendent de l'objectif visé. Si on garde le même objectif d'action et que l'on modifie les conditions de réalisations des opérations, le changement affecte uniquement le contenu opérationnel de l'action (ibid).

Dans un nouveau regard de la théorie de l'activité, Engeström (2001) ajoute la dimension de communauté. Il considère que le concept d'activité met l'accent sur les interrelations complexes entre le sujet individuel et sa communauté. Engeström (2001) signale les limites du modèle construit par Leontiev. En effet, Leontiev a expliqué la différence cruciale entre l'action individuelle et une activité collective. Cependant, il n'a jamais tenté d'étendre le modèle original de Vygotski vers un modèle de système d'activité collective (Engeström, 2001, p. 134). La modélisation de l'activité dans laquelle apparaît la dimension de communauté, élaborée par Engeström, est présentée dans la figure 18 :

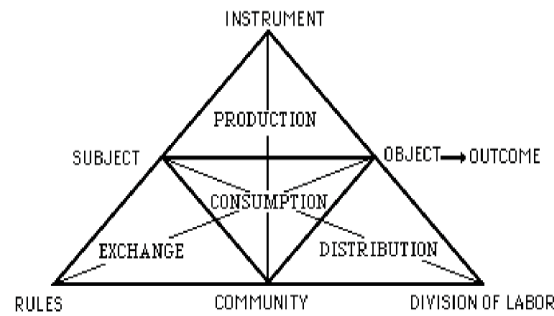


Figure 18 : The structure of human activity
(Engeström, 1987, p.78 cité par Engeström, 2001)

Dans cette figure, le triangle, qui traduit l'idée de médiation culturelle chez Vygotski exprimée comme la triade du sujet, de l'objet et la médiation d'artefact, est élargi pour inclure d'autres composants tels que la répartition du travail, la communauté et les règles. Pour illustrer ce modèle en termes d'éducation, nous empreintons un exemple de Karasavvidis :

« [...] the subject in an educational activity system is the teacher and the object is his/her student and the learning of this student. The mediational means include textbooks, audiovisual aids and materials, instructional strategies, etc. The rules include the educational laws, the national curriculum, school rules, classroom and instructional rules, timetables, schedules, etc. The community includes students, teachers, school administration, and the parent–teacher association. Finally, labor is distributed among teachers, school subjects, different units, mediating artifacts, and modes of work ¹³ » (Karasavvidis, 2009, p. 438).

Le modèle que présente Engeström suggère la possibilité d'analyser une multitude de relations au sein de la structure d'activité. Cependant, la tâche essentielle est toujours de saisir l'ensemble systémique, et non pas seulement des connexions distinctes (Engeström, 2001).

Dans sa forme actuelle, la théorie de l'activité s'appuie sur cinq principes (Engeström, 2001, p. 136).

¹³... La matière dans un système d'activités éducatives est l'enseignant et l'objet est son élève et l'apprentissage de cet élève. Les moyens médiatiques comprennent les manuels scolaires, les supports et matériels audiovisuels, les stratégies pédagogiques, etc. Les règles incluent les lois sur l'éducation, le programme national, les règles scolaires, les règles de classe et d'enseignement, les horaires, les horaires, etc. La communauté comprend les étudiants, les enseignants, l'administration et l'association parents-enseignants. Enfin, le travail est réparti entre les enseignants, les matières scolaires, différentes unités, des artefacts médiateurs et les modes de travail.

- Premier principe :

Le système d'activité représente une unité d'analyse. En tenant compte des inter-relations entre les différentes composantes du système, l'analyse doit porter sur l'ensemble du système d'activité et l'influence partagée entre ses composantes. « A collective, artifact-mediated and object-oriented activity system, seen in its network relations to other activity systems, is taken as the prime unit of analysis» (Engeström, 2001, p. 136). « For instance, when examining teachers' perceptions and practices, [...] other components will be considered simultaneously, since teachers' perceptions and practices are constructed and reconstructed by all components of the activity system » (Kim, 2008, p. 32).

Par ailleurs, l'analyse d'un système d'activité doit prendre en considération les relations entre ses différentes composantes et aussi des relations qu'il peut avoir avec d'autres systèmes d'activités.

- Second principe :

Les membres engagés au sein d'un même système d'activité sont divers.

«An activity system is always a community of multiple points of view, traditions and interests. The division of labor in an activity creates different positions for the participants, the participants carry their own diverse histories, and the activity system itself carries multiple layers and strands of history engraved in its artifacts, rules and conventions. The multi-voicedness is multiplied in networks of interacting activity systems. It is a source of trouble and a source of innovation, demanding actions of translation and negotiation¹⁴» (Engeström, 2001, p. 136).

Dans le contexte scolaire, l'analyse d'un système d'activité doit prendre en considération les différents intervenants dans l'action éducative : l'enseignant, les élèves, le corps administratif, les ressources, la culture d'une institution...

«In an educational setting, those components will be reflected in the actions and interactions carried out by teachers, students, administrators, stakeholders, and the

¹⁴ Un système d'activités est toujours une communauté de points de vue, de traditions et d'intérêts multiples. La division du travail dans une activité crée différentes positions pour les participants. Ces derniers portent leurs propres histoires, et le système d'activités lui-même porte de multiples couches et fils d'histoire gravés dans ses artefacts, règles et conventions. La multi-voix est multipliée dans des réseaux de systèmes d'activité en interaction. C'est une source d'ennuis et d'innovation, exigeant des actions de traduction et de négociation.

students' family members. No classroom, teacher, or group of students exists in a vacuum sheltered from these various influences ¹⁵» (Farrelly, 2012, p. 52).

- Troisième principe :

En relation avec l'historicité de tout système d'activité. « Activity systems take shape and get transformed over lengthy periods of time. Their problems and potentials can only be understood against their own history » (Engeström, 2001, p. 136).

Tout système d'activité se forme et se transforme donc sur de longues périodes temporelles en fonction des personnes qui y sont engagées, ainsi que de ses relations avec les autres systèmes d'activité (Desmeules, 2017)

«The historicity of an educational activity system takes into account the local history of policy making, program development, cycles of power shifting with the coming and going of administrators and teachers, curricular decision making, professional development for teachers and of course the ever-evolving learner profiles of incoming refugee and immigrant populations ¹⁶» (Farrelly, 2012, p. 53).

- Quatrième principe :

Un système d'activité se change et se transforme en fonction des contradictions au sein duquel elles coexistent. « The central role of contradictions as sources of change and development. Contradictions are not the same as problems or conflicts. Contradictions are historically accumulating structural tensions within and between activity systems » (Engeström, 2001, p. 137).

Ainsi, si les contradictions peuvent être la source de conflits, elles peuvent aussi et surtout, par leur prise en considération, conduire à des innovations durables permettant de faire positivement évoluer le système d'activité (Engeström, 2008, cité dans Desmeules, 2017, p. 52-53).

Dans cette nouvelle vision de la théorie d'activité, Engeström distingue quatre niveaux de contradictions :

¹⁵ Dans un contexte éducatif, ces éléments se refléteront dans les actions et les interactions menées par les enseignants, les élèves, les administrateurs, les intervenants et les membres de la famille des élèves. Il n'existe pas de classe, d'enseignant ou de groupe d'élèves à l'abri de ces diverses influences.

¹⁶ L'historicité du système d'activités éducatives tient compte de l'histoire locale de l'élaboration des politiques, de l'élaboration des programmes, des cycles de transfert du pouvoir avec le départ et l'arrivée des administrateurs et des enseignants, de la prise de décision en matière de programmes, du perfectionnement professionnel des enseignants et, bien sûr, de l'évolution constante du profil des apprenants des populations immigrantes et des réfugiés

un premier niveau concernant les contradictions qui pourraient se retrouver au sein des composantes internes d'un système d'activité ; un second niveau de contradiction au niveau de la relation entre deux composantes d'un système d'activité suite à l'intervention d'un nouvel élément ; un troisième niveau de contradiction se produisant entre le système d'activité lui-même et un nouvel élément imposé par un autre système d'activité plus avancé ; un quatrième niveau de contradiction qui survient entre deux systèmes d'activités reliés entre eux.

- Cinquième principe :

Les systèmes d'activités se transforment au cours du temps. « Activity systems move through relatively long cycles of qualitative transformations » (Engeström, 2001, p. 138).

De son côté, Goigoux (2007) articule l'activité de l'enseignant à trois éléments :

- la situation de travail : cadre institutionnel, organisation du travail, prescription...
- l'enseignant : savoirs et savoir-faire, conceptions, valeurs et croyances, expérience et formation...
- les élèves : rapport au savoir, compétences individuelles et collectives...

L'activité de l'enseignant peut être considérée comme étant une activité multifinalisée et donc orientée vers plusieurs directions (Leplat, 1992 cité par Goigoux 2007).

Goigoux (2007) cite trois principales directions :

- vers les élèves : individuellement (l'enseignant est un facilitateur des apprentissages, dans différents registres cognitifs et sociaux : instruire et éduquer) et collectivement (considère la classe en tant que groupe social qui maintient avec lui des rapports dont les règles ne sont ni totalement données à l'avance, ni définitivement établies) ;
- vers les autres intervenants de l'environnement scolaire : l'enseignant vise à valoriser ses interventions professionnelles devant les autres, intègre son activité à celles des autres enseignants, les parents, le personnel responsable de l'établissement scolaire ;
- vers l'enseignant lui-même : les choix de l'enseignant dépendent des avantages et des pertes qu'il peut avoir sur le plan personnel de son activité en fonction de ses propres buts, de son estime de soi, de la santé, de son intégration dans le milieu professionnel, du degré de la reconnaissance sociale, de l'avancé de sa carrière, etc.

Dans une perspective psychologique, analyser une situation professionnelle prend en considération les notions d'activités et de tâches et les rapports éventuels entre elles (Leplat & Hoc, 1983).

I-2. Le concept de tâche

Dans les conceptions couramment utilisées, la tâche renvoie à tout ce qui est à faire (Leplat & Hoc, 1983).

Léontiev (1976, cité par Leplat & Hoc, 1983) définit la tâche comme étant un but prescrit dans certaines conditions. Ainsi, une tâche à faire renvoie à une obligation incitant l'exécuter à la réaliser avec des conditions. Par exemple, un enseignant de sciences physiques est invité à réaliser par lui-même les expériences de chimie et de physique, pendant lesquelles sont utilisés des produits chimiques dangereux et qui pourront produire des effets indésirables chez les élèves suite à une mauvaise manipulation, tout en veillant à ce que ces expériences soient observables par tous les élèves. Dans cet exemple, l'enseignant exécute une tâche prescrite dans le programme dans le but de réaliser une expérience menant à la construction d'un savoir par les élèves. Notons ici que dans les situations d'enseignement, une tâche représente l'un des éléments constitutifs de la dynamique de l'enseignement-apprentissage.

Le Ny (1992) considère la tâche comme étant une « situation dans laquelle une personne a un problème à résoudre ou un but à atteindre » (Le Ny, 1992, p. 775). Donc, la personne ne sera impliquée dans l'exécution d'une tâche que pour répondre à un besoin de surmonter un problème qui survient ou pour atteindre un but fixé. De son côté, Leplat (2004) articule la tâche avec le but à atteindre et les conditions dans lesquelles il doit être atteint.

Pour Noulin (1992, p. 32), la tâche recouvre tout ce qui définit le travail de chacun au sein d'une structure donnée :

- les objectifs prescrits à la lumière desquelles le travail est réalisé ;
- la manière, les consignes et procédures imposées pour l'atteinte de ces objectifs ;
- les moyens techniques disponibles (outils, machines) ;
- la répartition des tâches entre les différents opérateurs ;
- les conditions temporelles du travail (horaires, durées) ;
- les conditions sociales (qualification, salaires) ;
- l'environnement physique du travail.

À partir de ces définitions, nous soulèvon deux composantes déterminantes du concept tâche : les conditions de sa réalisation et le but visé par l'accomplissement de cette tâche.

I-2-1 But

Un but est tout ce qui doit être réalisé, que l'on peut confondre avec l'état final (Leplat & Hoc, 1983). Il est défini à travers un ou plusieurs critères, permettant d'accéder à l'évaluation

de la performance, sans toutefois omettre qu'un sujet peut avoir plusieurs buts plus ou moins compatibles : vitesse/précision, production/sécurité/satisfaction, par exemple (Leplat, 2004). Leplat & Hoc (1983) soulignent qu'il est possible d'avoir des différences entre les procédés de description et d'évaluation d'un but avec celui de sa mise en œuvre. Ainsi, l'opération de mesure de la dimension d'une pièce technique peut ne pas correspondre à l'opération aboutissant à l'obtention de cette dimension (Munier & Passelaigue, 2012). En physique, par exemple, une série de mesures en électricité (mesure de l'intensité de courant électrique, de la tension électrique, de la résistance d'un conducteur Ohmique...) est soumise à des conditions environnementales (instrument de mesure, expérimentateur...) qui peuvent modifier les résultats.

I-2-2 Conditions

Les conditions avec lesquelles un but pourra être atteint peuvent être exprimées selon l'un des trois points de vue suivants (Leplat & Hoc, 1983) :

- les états constitutifs du parcours permettant d'accéder à l'état final qu'est le but ;
- les opérations adoptées lors du parcours de ces états ;
- la procédure mise en œuvre pour y parvenir, à travers une combinaison possible entre les différentes opérations.

Leplat & Hoc (1983) signalent que l'atteinte du but peut être soumise à diverses contraintes, pour chaque point de vue :

- contraintes sur les états qui se rattachent tant à l'état initial qu'aux états intermédiaires. Ce qui induit une nécessité de description précise des différents états. Description à travers un double découpage de la situation en unités : découpage dans le temps pour un processus continu et décomposition des états en valeurs des variables qui le constituent. Ce qui nous amène à une caractérisation de la tâche dans un espace d'états plus ou moins large et plus ou moins bien défini ;
- contraintes liées aux opérations adoptées qui se rattachent aux conditions de validité de telles opérations ;
- contraintes en relation avec la procédure de mise en œuvre d'un dispositif, qui se présente sous forme d'un ensemble de règles élémentaires, permettant l'atteinte du but.

Dans l'analyse de l'activité dans une situation de travail, Leplat & Hoc (1983) distinguent deux types de tâches : la tâche prescrite et la tâche effective.

Une tâche prescrite est définie comme étant « une tâche conçue par celui qui en commande l'exécution » (ibid, 1983, p. 52). Si on considère l'exemple d'un programme conçu pour

l'enseignement d'une matière, les consignes qui se rapportent à la manière préconisée pour le traitement de chaque thème et qui figurent dans ce programme, représentent des tâches prescrites conçues par les concepteurs de ce programme. Leplat et Hoc avancent que les consignes, les instructions, les modes d'emploi, qui représentent tous des tâches prescrites, peuvent faciliter l'exécution de la tâche, tout comme elles peuvent engendrer des éléments de perturbation au sujet lors de son exécution de cette tâche. En effet, des consignes et des prescriptions inefficaces, voir inutiles, laissent tomber le sujet dans une exigence, selon lui, de prise en considération de ces consignes sans pour autant qu'il arrive à les exploiter dans l'exécution de la tâche. Ce qui pourrait engendrer chez le sujet une perturbation tel que la perte de temps et par la suite une tâche mal exécutée.

La connaissance de la tâche prescrite s'avère nécessaire, voire un élément de base lors de l'analyse d'une situation de travail. Cependant, pour analyser l'activité d'un sujet, on ne doit pas se contenter de la tâche prescrite. En effet, l'activité n'exprime pas nécessairement les exigences de la tâche prescrite (ibid, 1983). Il serait donc nécessaire de distinguer entre tâche prescrite, renvoyant à ce qui est demandé au sujet et une nouvelle tâche en relation avec ce que le sujet fait effectivement : la tâche effective (ibid, 1983). Elle est étroitement liée à la tâche prescrite et aux caractéristiques de fonctionnement du sujet (Leplat, 2004). L'absence de prise en considération de la tâche effective, à côté de la tâche prescrite, pour analyser une situation de travail, engendre le plus souvent des écarts entre tâche et activité, des incohérences qui sont « bien insuffisante pour élaborer un modèle de l'activité » (Hoc, 1987, p. 23).

Visser (1992) considère la tâche effective comme étant une « interprétation de la tâche prescrite qui peut conduire à la violation de certaines contraintes ou, plus souvent, par l'ajout de contraintes supplémentaires » (Visser & Falzon, 1992, p. 35).

Dans le but de catégoriser les tâches selon leurs fonctions, Veyrac (1998) présente d'autres concepts qui sont proches du concept tâche effective. Dans le tableau 9, Veyrac introduit une distinction entre tâche redéfinie et tâche actualisée chaque fois qu'on parle de tâche effective. Elle présente la tâche comprise comme étant une réponse à la question qu'est-ce que vous croyez qu'on attend de vous ? qui peut être posé à un agent qui se trouve devant une tâche prescrite. Veyrac considère une tâche appropriée toute tâche qu'un agent se donne à faire pour accéder à l'activité.

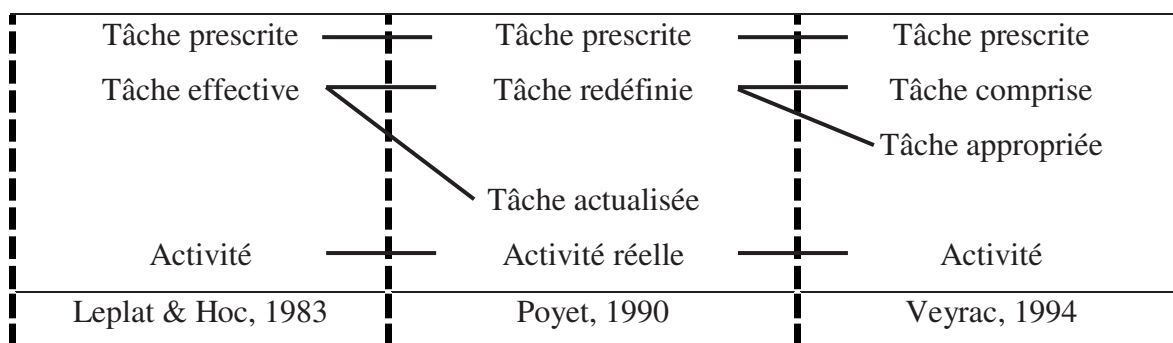


Tableau 9 : Mise en relation de quelques concepts de tâche (Veyrac, 1998, p. 45)

II. Activité de l'enseignant selon une visée de la psychologie ergonomique

En psychologie ergonomique, le travail de l'enseignant est considéré comme étant un cas de gestion d'un environnement dynamique (Rogalski, 2007). Dans cette visée, l'enseignant mène une activité qui englobe ce qu'il fait (le réalisable de ces actions), ses diagnostics, ses anticipations, ses inférences (non observables) à côté de ce qu'il souhaite faire et ne parviendra pas à réaliser (ibid, 2007).

Rogalski considère que l'activité de l'enseignant est guidée par différents déterminants :

- des déterminants qui se rattachent à l'enseignant en relation avec ses compétences envers le contenu enseigné et aussi envers ses interventions didactiques sur les élèves. Ajoutons ici que les représentations dont l'enseignant se fait du travail qu'il mène, son autonomie dans le contexte de son travail et la manière avec laquelle il arrive à gérer ses émotions, font partie des lignes directrices qui orientent son activité en situation d'enseignement ;
- les prescriptions officielles et les programmes d'enseignement ;
- les propriétés des élèves vers lesquelles s'oriente son activité à côté des ressources et des contraintes dans le contexte de la situation scolaire ;
- les comportements ou (les attitudes) des responsables de la direction de l'établissement qui pourraient faciliter ou gêner l'intervention de l'enseignant.

Les effets de l'activité de l'enseignant sont divers (Rogalski, 2007). Ils se rattachent d'une part à l'enseignant, et d'autre part, aux rapports des élèves avec le contenu enseigné. Pour l'enseignant, la nature de l'activité réalisée peut influencer les dimensions cognitives, physiques, physiologiques et émotionnelles.

Rogalski considère que l'objet de l'action, dans la situation d'enseignement, représente « le rapport entre les élèves et le contenu enseigné, rapport que l'enseignant vise à modifier pour

atteindre des objectifs de connaissance ou de compétence. La nature dynamique de ce rapport conduit à considérer l'enseignement comme gestion d'un environnement dynamique particulier » (Rogalski, 2007, p.1).

III. Des approches pour l'étude des pratiques enseignantes

Diverses sont les études faites à partir de séances de classe sous l'angle de différents cadres théoriques (Robert, 2014) : des recherches qui étudient plus particulièrement les aspects socio-linguistiques ou sociologiques, des recherches centrées sur l'action conjointes entre l'enseignant et les élèves, ...

III-1. La théorie de l'action conjointe en didactique

La théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) peut être classée dans la catégorie « des théories qualitatives » (Sensevy, Maurice, Clanet & Murillo, 2008). Dans la vision wittgensteinienne, les actions didactiques sont décrites dans la TACD à travers une grammaire fondamentale. Dans cette théorie, la relation didactique est considérée comme un jeu ou une transaction dans laquelle le professeur (l'un des éléments de la relation didactique) gagne chaque fois que l'élève gagne (deuxième élément de la relation didactique), c'est-à-dire lorsque cet élève parvient à apprendre (ibid, 2008).

Sensevy (2007) considère que le concept d'« action » est compatible à la fois avec le concept « pratique » dans le sens de Bourdieu et avec celui de « l'activité » dans le sens de la théorie de l'activité. En se référant à la signification du terme « didactique », il considère que « l'action didactique » renvoie à « ce que les individus font dans des lieux (des institutions) où l'on enseigne et où l'on apprend » (ibid, p. 6). Venturini (2012) ajoute qu'elle est donc fondée sur la communication entre l'enseignant et l'élève.

Une « action didactique » se caractérise par deux dimensions (Sensevy, 2007) :

- elle se voit « conjointe » du fait qu'elle se produit au sein des institutions didactiques dans lesquelles l'enseignement et l'apprentissage se produisent simultanément. Ce qui suppose que dans ces institutions, on enseigne à des personnes censées apprendre ;
- la relation entre le professeur et l'élève, basée sur ce type d'action, est centrée sur le savoir. Cette action est une « co-action modelée par le savoir » (Sensevy, 2006).

La coordination est nécessaire dans toute action conjointe (Sensevy, 2011). Ainsi, dans une situation de classe, la réussite de toute activité visant la construction d'un nouveau savoir suppose des interventions coopératives et coordonnées de la part de l'enseignant et des élèves. Par la suite, « l'action conjointe, en tant que coopérative et coordonnée, est constituée d'actions participatives » (Sensevy, 2011, p. 49).

De plus, Sensevy (2007) considère les interactions professeur-élèves comme étant des « transactions » dont l'objet principal est le savoir en jeu. Ainsi l'action didactique en relation avec ces transactions est considérée comme un « jeu didactique ».

Avec la théorie de l'action conjointe en didactique, l'action de l'enseignant est décrite du côté des interactions avec les élèves et du côté des savoirs co-construits. Les interventions de l'enseignant sont alors décrites selon une vision didactique traduisant les parcours cognitifs adoptés et les interactions au sein de la classe. Toutefois, l'étude des pratiques enseignantes sous l'angle de cette théorie ne prend pas en considération les facteurs extérieurs à la classe et se limite ainsi aux déroulements au sein de la classe, sans pour autant prendre en considération les déterminants en lien avec l'exercice du métier (Robert et al., 2007) dans une perspective ergonomique.

III-2. La double approche didactique et ergonomique : un cadre d'analyse des pratiques enseignantes

III-2-1. Les fondements théoriques de la double approche didactique et ergonomique

Le cadre de la double approche didactique et ergonomique est un cadre théorique adopté dans différentes recherches pour l'analyse des pratiques enseignantes, essentiellement dans l'enseignement des mathématiques, qui « s'inscrit dans le cadre de la théorie de l'activité » (Kermen, p. 93).

Robert & Rogalski (2002) montrent que l'analyse des pratiques de classes peut se faire en s'appuyant sur deux visées : une visée didactique « pour analyser d'un premier point de vue les pratiques en classe d'un enseignant particulier, sur un contenu précis, en relation avec les apprentissages potentiels des élèves associés a priori à ces pratiques » et l'autre dérivant de l'ergonomie cognitive pour pouvoir accéder au métier de l'enseignant et à « son insertion dans le collectif des enseignants et des enseignantes ».

Ces auteures (Robert & Rogalski, 2002) proposent un cadre d'analyse des pratiques enseignantes élaboré autour de cinq dimensions :

- une dimension cognitive qui traduit les parcours cognitifs adoptés par les enseignants à travers les contenus et les scénarios conçus. C'est aussi « la manière dont le professeur prévoit et élabore une succession de tâches [...] que modélise la composante cognitive » (Coulange & Robert, 2015. p. 84). Cette dimension « traduit ce qui correspond aux choix et aux anticipations de l'enseignant sur les contenus, les tâches, leur organisation, leur quantité, leur ordre, leur complexité, leur insertion dans une progression qui dépasse la

séance, et les prévisions de gestion pour la séance » (Masselot & Robert, 2007. p.19). Une telle dimension met donc l'accent sur « l'environnement » en relation avec le contenu disciplinaire enseigné et les différents choix cognitifs de l'enseignant. Robert & Rogalski (2002) détaillent cette composante en deux niveaux du contenu mis en jeu :

- d'une manière globale, à l'échelle de l'enseignement d'une notion, à un niveau scolaire donné, il s'agit de préciser, à travers la reconstitution du scénario sur l'ensemble des séances correspondantes, les dialectiques organisées pour les élèves entre savoir ancien et savoir nouveau, et entre décontextualisation et contextualisation des savoirs en jeu ;
- localement, pendant chaque séance, il est nécessaire de préciser les savoirs exposés en classe, qu'ils soient généraux (décontextualisés), génériques (avec un moindre degré d'abstraction) ou « meta » (qui portent sur des savoirs disciplinaires, méthodes, etc.) (Robert, 1998).

En d'autres termes, ce travail réside dans la description de « la nature des tâches prévues pour les élèves — notamment en termes de découpages des questions, d'étapes, de longueurs des problèmes, de niveaux de mises en fonctionnement des connaissances attendus. Ceci renvoie en effet à des activités d'élèves mettant en jeu les connaissances de manière plus ou moins isolée, ce qui nous semble lié à l'organisation des connaissances fondamentale pour les apprentissages » (Robert & Rogalski, 2002, p. 510).

- une dimension médiative qui se rattache, d'une part, aux interactions au sein de la classe entre l'enseignant et les élèves et, d'autre part, les accompagnements que l'enseignant accorde aux élèves...

La composante médiative englobe donc « les déroulements, les improvisations, les discours, l'enrôlement des élèves, la dévolution des consignes, l'accompagnement des élèves dans la réalisation de la tâche, les modes de validation, les expositions de connaissances » (Masselot & Robert, 2007. p.19).

À travers cette dimension, il serait donc possible de repérer les pistes que l'enseignant confère pour ses différents élèves, sur les différentes activités possibles au sein de la séance de classe...

- une dimension personnelle permettant de renseigner sur les représentations de l'enseignant concernant la tâche à accomplir, son expérience professionnelle...

Cette composante traduit tout ce qui est propre à l'enseignant, ses connaissances scientifiques, ses conceptions sur la physique (dans notre cas), sa vision à propos de l'enseignement de la matière, ses attitudes à l'égard de sa mission professionnelle, ...

- une dimension sociale relative à l'environnement de l'enseignant, ses relations avec le cadre administratif, ses collègues dans l'établissement, les autres professeurs de physique au sein du même lycée, la relation avec le préparateur au laboratoire, les parents d'élèves.

Cette composante « caractérise la façon dont l'enseignant fait avec les choix collectifs des collègues de l'établissement, les habitudes professionnelles des enseignants de physique-chimie » (Kermen, 2017, p. 27) ;

- une dimension institutionnelle en relation avec les programmes officiels et les instructions en vigueur, l'avancement dans l'application du programme, les exigences de l'institution, le nombre d'élève en classe et pour chaque groupe, la disponibilité du matériel didactique spécifique à la physique, la répartition horaire des séances de physique en cours et en travaux pratiques, les recommandations des inspecteurs...

Cette composante « renvoie en partie, à la façon dont le professeur s'approprie, interroge les contenus des programmes officiels ou des ressources mises à sa disposition » (Coulange & Robert, 2015, p.84)

Notons ici que les deux premières dimensions (cognitive et médiative) relèvent de l'approche didactique et visent à analyser ce qui se produit effectivement en classe, du discours de l'enseignant aux activités proposées et réalisées par les élèves. Elles se centrent principalement sur ce que l'enseignant réalise en classe, et ce en terme de contenu. La combinaison des ces deux dimensions permet de dégager les logiques d'action de l'enseignant prenant en considération ses activités (Robert & Rogalski, 2002). Une telle approche est didactique du fait qu'elle tend à analyser les pratiques de l'enseignant vis-à-vis des objectifs d'apprentissage assignés pour les élèves et les outils exploités dans la mise en place des séances de classe, ainsi que dans la préparation, afin d'atteindre ces objectifs.

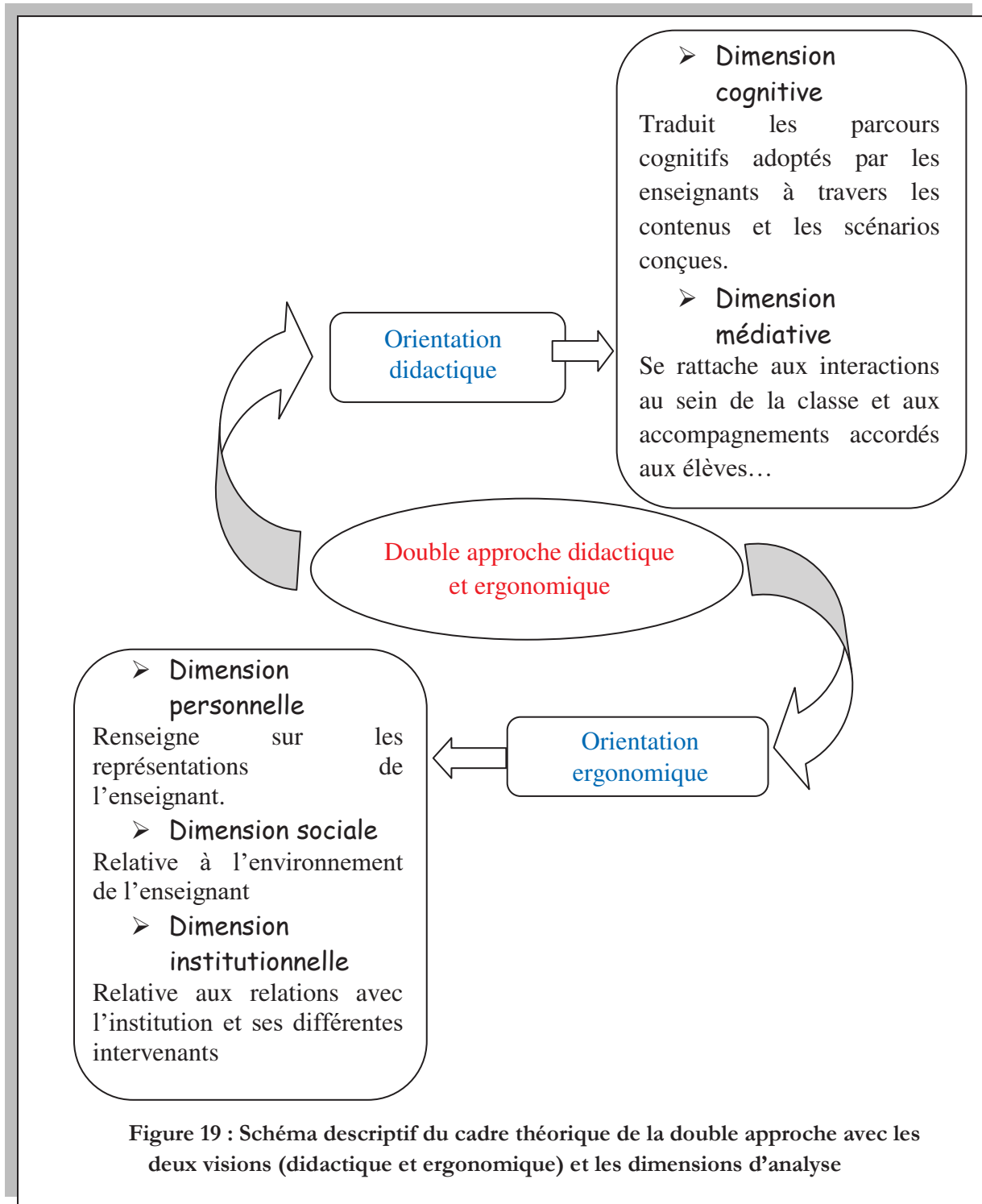
Les trois autres dimensions (personnelle, sociale et institutionnelle) relèvent de l'approche ergonomique qui vise à « intégrer » le métier d'enseignant. Dans cette approche, les trois dimensions « permettent de préciser certains déterminants, y compris extérieurs à la classe » (Robert, 2004, p. 56). Cette approche est donc ergonomique dans le sens où elle considère le métier d'enseignant comme étant un métier qui relève du champ professionnel. Dans cette approche, on prend en considération les contraintes qui entravent l'exercice de ce métier, les

représentations personnelles de l'enseignant et ses relations avec l'environnement de son métier.

Masselot & Robert (2007) ajoutent à ces cinq dimensions une analyse complémentaire qui vise à accéder «aux variabilités et aux évolutions individuelles dans le travail réel» (Masselot & Robert, 2007, p. 21) :

- un niveau micro, à travers lequel on pourra étudier tous les actes non réfléchis de la part de l'enseignant, ses discours non préparés, le mode d'exploitation du tableau, son emplacement dans la salle de classe pendant la séance...
- un niveau local, dans lequel on pourra accéder à une comparaison entre la préparation faite par l'enseignant et ses improvisations en classe pour pouvoir repérer ce qu'il fait en termes d'adaptations ;
- un niveau macro, dans lequel on pourra dégager les différentes intentions de l'enseignant, ses projets et ses préparations à long terme.

Dans le schéma de la figure 19, nous présentons une représentation schématique montrant les dimensions relatives à chacune des approches didactique et ergonomique. La complémentarité entre les deux approches permet une analyse des pratiques enseignantes dans leurs dimensions cognitive et médiative, mais en prenant en considération les conditions de l'exercice du métier à travers les dimensions institutionnelle, sociale et personnelle.



III-2-2. Revue de littérature

Nous présentons dans cette partie quelques contributions au sujet des pratiques enseignantes. Pour ces différentes recherches, faisant référence au cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique, nous focalisons notre synthèse sur les questions auxquelles les

auteurs cherchent à répondre, la méthodologie suivie et les résultats sur lesquels débouche chacune de ces recherches.

III-2-2-1. Pratiques ordinaires avec des problèmes ouverts, Choquet (2017)

Dans son article qui présente une partie d'une recherche menée dans le cadre d'une thèse, Choquet (2017) se propose d'étudier les pratiques ordinaires de cinq professeurs des écoles, exploitant des problèmes ouverts (Arsac & Mante, 2007). La recherche s'appuie sur le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002). En effet, l'étude des savoirs et savoir-faire mis en jeu lors de l'exploitation des problèmes ouverts en classe, et éventuellement des modalités et des choix de mise en œuvre, sont liés à une vision didactique pour l'étude des pratiques enseignantes en lien avec les apprentissages potentiels des élèves. De plus, la prise en compte de la vision personnelle de l'enseignant, de son environnement social et de son implication dans l'institution, renvoie à une vision ergonomique dans l'étude des pratiques enseignantes, se rattachant à l'exercice du métier d'enseignant et des différentes contraintes qui en découlent.

L'étude vise à repérer les profils des enseignants qui proposent dans leur classe des problèmes ouverts, en exploitant les notions de gestes et de routines professionnels (Butlen, 2004). Ces dernières vont permettre d'analyser la manière avec laquelle les enseignants mettent en place le processus de dévolution, de régulation et d'institutionnalisation du savoir.

L'étude réalisée s'oriente autour de deux questions de recherches :

- Pourquoi, alors que les instructions officielles en France ne les incitent pas à le faire, des professeurs des écoles choisissent-ils d'étudier des problèmes ouverts en classe ?
- Et, quand ils le décident, quels choix font-ils en termes de problèmes (ouverts) et de mise en œuvre en classe ?

La méthodologie de suivi de cinq professeurs des écoles, non débutant, s'appuie sur l'observation de vingt-cinq séances de classes. Pour chaque séance, la chercheuse procède comme suit :

- des échanges avec les enseignants à travers des entretiens au début de l'année scolaire afin de repérer leurs représentations en ce qui concerne l'enseignement de la mathématique et les problèmes ouverts. Par la suite des échanges sont organisés avec eux tout au long de l'année scolaire avant et après chaque séance observée ;
- observations des séances : chaque séance étant filmée à côté de l'enregistrement des travaux de quelques groupes d'élèves. Des documents écrits des élèves sont recueillis lors de chaque séance.

Un travail d'analyse est fait pour deux phases :

- analyse a priori des énoncés des problèmes proposés par les enseignants selon trois variables : le domaine mathématique, la nature des solutions et la réponse attendue, les raisonnements et les validations qui peuvent être produits par les élèves ;
- une analyse à posteriori des séances observées faite selon trois niveaux : niveau panoramique englobant toute l'année scolaire, un niveau de premier zoom focalisé sur toute une séance et un niveau de second zoom qui se focalise sur certains moments de la séance.

L'analyse des données recueillies a permis d'accéder aux résultats suivants :

- des parcours mathématiques différents selon les classes et une représentation commune du problème ouvert par les professeurs des écoles. En effet, l'étude montre que le raisonnement à travers l'exhaustivité des cas n'est présent que dans deux classes sur cinq (pour les élèves des trois autres classes les problèmes proposés renvoient à une solution attendue unique) ;
- les similitudes permettent de tirer que les représentations des enseignants, à propos du problème ouvert, sont identiques. La procédure de résolution peut être faite par essais et ajustement, à travers la mobilisation de la notion de contre-exemple ou par la schématisation/modélisation de la situation ;
- une stabilité intra-individuelle et des variabilités inter-individuelles : les enseignants n'accordent pas la même importance au travail de recherche mené par les élèves ;
- deux profils d'enseignants : pour le profil 1, l'enjeu principal de l'enseignant est d'impliquer les élèves dans un travail de recherche. Par ailleurs, le profil 2 correspond à des enseignants qui cherchent à permettre aux élèves d'apprendre des moyens permettant d'accéder à des résultats ou d'apprendre à prouver des résultats. Les enseignants qui relèvent de ce profil visent, par le biais des problèmes ouverts, à développer chez les élèves, certaines compétences mentionnées dans les programmes officiels.

Au terme de cette recherche, Choquet propose des perspectives possibles portant sur l'enseignement des mathématiques avec des problèmes ouverts mais avec un échantillon de professeurs plus élargi et en envisageant d'autres pistes de recherche. En particulier, on pourrait, dit-elle, envisager la question de l'institutionnalisation afin de remédier à la confusion constatée avec la synthèse dans le cadre des problèmes ouverts et poursuivre l'étude de l'usage de ces problèmes à l'école élémentaire. Cette étude met l'accent sur les

connaissances mathématiques et didactiques des enseignants, dont ils ont besoin lors de l'usage de ces types de problèmes.

Dans cette recherche, nous remarquons que les effets des dimensions sociales et institutionnelles sur les pratiques enseignantes ne sont pas assez développés. De telles dimensions contribuent certainement à une meilleure compréhension des logiques d'actions des enseignants lors de la mise en place de séances de classes s'appuyant sur des problèmes ouverts.

III-2-2.2. Diversité, variabilité et convergences des pratiques enseignantes, Roditi (2015)

Roditi (2015), s'intéresse dans son intervention « Diversité, variabilité et convergence des pratiques enseignantes » aux pratiques de quatre enseignants de mathématiques selon une visée de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002).

Le chercheur signale que vis-à-vis du thème traité, la multiplication des décimaux, trois groupes de questions peuvent être soulevés à partir de l'interprétation de la régularité et de la diversité des pratiques enseignantes :

- un premier groupe de questions en relation avec les enseignements possibles et les choix des enseignants observés par rapport à ces possibles, en référence aux composantes institutionnelle et sociale des pratiques enseignantes ;
- un deuxième groupe de questions, en référence avec la composante personnelle, vise à mettre en rapport les tâches prévues et les activités effectives des élèves. L'étude sera focalisée sur les interactions en classe ainsi que les aides apportées par les enseignants aux élèves lorsqu'ils sont invités à réaliser les tâches proposées ;
- un troisième groupe de questions porte sur les contraintes, dégagées de la lecture des textes officiels, et des marges de manœuvre en regard avec les différentes contraintes (tirés des différents entretiens menés avec les enseignants). Une étude croisée des différents choix des enseignants depuis la préparation des cours jusqu'au déroulement en classe, permet d'accéder à la manière avec laquelle se manifeste la cohérence des choix des enseignants.

Le corpus de données recueillies est constitué des sources publiées (les programmes, les manuels, les évaluations des compétences des élèves, les publications à l'intention des enseignants ainsi que les travaux de recherche en didactique des mathématiques) et des observations de pratiques. Deux types d'observables sont alors définis :

- observables pour l'analyse des scénarios d'enseignement : l'analyse des scénarios conçues par les auteurs des publications ou mis au point par les enseignants observés, se fait à travers le champ mathématique, la stratégie d'enseignement et les tâches mathématiques proposées aux élèves ;
- observables pour l'analyse des déroulements des enseignements : basées sur les activités effectives des élèves, les aides que les enseignants apportent aux élèves, et la chronologie de l'enseignement.

En fonction du but assigné par chaque enseignant observé en classe, les séances sont décomposées en épisodes. Cette décomposition a permis de rétablir une forme de chronologie à la séquence :

- au niveau local, cette chronologie permet de nourrir l'analyse des modes de gestion des incidents qui surviennent et leurs influences sur les interactions entre l'enseignant et ses élèves ;
- au niveau global, cette chronologie permet d'enrichir l'analyse de l'organisation des moments d'apprentissage et la dynamique entre le cours et la résolution de problèmes.

À travers une lecture des manuels scolaires, le chercheur dégage deux types de scénario proposés, en relation avec les décimaux,. Dans le premier, l'enseignant expose la technique opératoire et, par la suite, les élèves sont invités à l'appliquer dans des exemples de calcul des produits des décimaux. Par contre, le deuxième scénario possible consiste à proposer un problème dans la phase introductive. La technique opératoire est par la suite élaborée par les élèves. Cette technique est appliquée dans d'autres exemples.

Notons ici que dans les manuels scolaires, les décimaux sont toujours considérés indépendamment des fractions et les propriétés algébriques restent dans tous les cas implicites. En contrepartie, les ouvrages à la disposition des enseignants et les recherches en didactique des mathématiques préconisent des scénarios qui consistent à proposer aux élèves des problèmes qui se rattachent à des situations multiplicatives. La résolution de ces dernières permet de tirer la technique opératoire qui sera par la suite institutionnalisée et appliquée dans des nouvelles situations.

La conception d'un scénario d'enseignement par les enseignants est souvent basée sur les ressources publiées, en tenant compte des différentes contraintes : contraintes institutionnelles (les exigences des programmes, le volume horaire alloué à l'enseignement du thème...) et d'autres en relation avec les élèves et les difficultés issues de l'apprentissage de la notion enseignée.

L'analyse des scénarios pour les quatre enseignants (depuis la préparation jusqu'à la mise en application en classe), montre une convergence entre eux au niveau du :

- champ mathématique : tous les scénarios sont du premier ou du deuxième type (conformément à ce qui est préconisé dans les documents officiels) et la notion de fraction ne figure pas lors du traitement des nombres décimaux ;
- stratégie d'enseignement : convergence au niveau du contenu avec quelques différences au niveau des dynamiques (entre la construction du savoir et sa mise en œuvre lors de la résolution des problèmes) ;
- les tâches mathématiques proposées aux élèves : l'analyse à ce niveau confirme des choix similaires pour introduire un nouveau savoir.

L'analyse des déroulements des différentes séances se classe montre que :

- les activités effectives des élèves, qui découlent des activités potentielles, sont beaucoup plus variées et nécessitent des explications d'ordre méthodologiques de la part de l'enseignant. En classe, l'enseignant intervient souvent pour apporter des modifications sur les tâches proposées et ce, conformément à la stratégie d'enseignement adoptée ;
- les incidents didactiques sont nombreux pour les quatre enseignants. Une étude de ces incidents montre qu'ils découlent de certaines divergences au niveau des choix pédagogiques entre les enseignants.

L'étude des modes de gestion des enseignants envers les différents incidents montre qu'ils sont situés entre celui qui préfère intervenir pour relancer de nouveau l'activité de l'élève (environ 70 % des interventions de l'un des enseignants) et celui qui préfère interrompre l'activité de l'élève suite à un incident pour finir lui-même la tâche proposée (environ 80 % des interventions d'un autre enseignant). Les différents modes de gestion des incidents marquent l'aspect personnel de chaque enseignant et provoquent un grand effet sur le déroulement de classe.

La recherche montre une variabilité au niveau de la pratique adoptée par chaque enseignant. L'enseignant adapte ses interventions au déroulement de la classe, malgré ses conceptions et les contraintes qui influent son enseignement. Le temps d'apprentissage est l'un des facteurs majeurs qui guident les pratiques de certains enseignants. À cause de la pression du temps et aux exigences du programme officiel, les enseignants se trouvent devant une nécessité de s'orienter vers une stratégie fermée avec laquelle les interactions avec leurs élèves ne sont plus favorisées afin d'avancer dans le cours.

L'auteur signale que le travail avec un nombre réduit d'enseignants peut être une limite pour la portée des résultats, bien qu'ils soient confirmés dans d'autres recherches. Ajoutons qu'étaler l'étude pour voir la dimension sociale, à travers des entretiens permettant de comprendre les différentes relations de l'enseignant avec les intervenants de l'action éducative et la tendances des autres enseignants lors de l'enseignement de la notion des nombres décimaux, pourra aider à mieux comprendre les choix des enseignants et de mieux cerner leurs pratiques enseignantes.

III-2-2-3. Pratiques d'enseignants de mathématiques et apprentissages des élèves, Chesnais (2011)

Chesnais (2011) mène une recherche qui porte sur le lien entre des pratiques d'enseignants de mathématiques et les apprentissages de leurs élèves, le thème abordé étant « la symétrie axiale ». Le travail mené par la chercheuse s'inscrit dans le cadre de la théorie de l'activité, adoptée pour l'enseignement des mathématiques (Robert & Rogalski, 2002). Pour analyser les pratiques enseignantes, l'étude fait référence au cadre de la double approche didactique et ergonomique (ibid, 2002) qui considère que les pratiques enseignantes dépendent de l'aspect ergonomique, du fait que l'enseignant exerce son métier en tant que professionnel, mais aussi en considérant les pratiques enseignantes comme étant le produit d'un objectif pédagogique, visant à faire apprendre les élèves.

Du côté des élèves, l'étude prend en considération des facteurs pouvant influencer les apprentissages (les dynamiques de contextualisation / décontextualisation / recontextualisation des savoirs en jeu, la variété des adaptations des connaissances à mobiliser dans les tâches, ...), mais aussi des échanges (enseignant-élèves et élèves-élèves) et des aides qui peuvent être apportées par l'enseignant à ses élèves.

L'étude est faite avec deux enseignants : P₁ (exerce le métier d'enseignant dans un établissement ordinaire dont les moyennes des élèves dépassent les moyennes à l'échelle national) et P₂ (dans un collège ZEP dont les moyennes des élèves sont au-dessous des moyennes nationales). Les observations de classes se déroulent sur deux années scolaires. La première année est réservée à l'observation de l'intégralité des séances réalisées par les deux enseignants, lors de l'étude de la symétrie axiale, tandis que la deuxième année est réservée au suivi de la mise en place, par P₂, du scénario conçu par P₁ l'année précédente (pour le même niveau et le même thème). Des éclaircissements concernant les choix constituant le scénario sont fournis à P₂ lors d'un entretien et présenté dans un document papier.

Pour caractériser les pratiques enseignantes, l'analyse est faite sur deux phases : une première phase d'analyse a priori visant la reconstitution du scénario, donc tout ce qui est en relation avec le projet de l'enseignant. Les énoncés choisis par l'enseignant sont convertis en tâches mathématiques pour les élèves ; l'analyse de ces tâches permet d'accéder aux activités susceptibles d'être provoquées chez eux. Une deuxième phase d'analyse concerne le déroulement à travers des vidéos de séances de classes. Les séances enregistrées sont découpées chronologiquement en épisodes selon la nature du travail. La chercheuse considère, par la suite, les temps et les formes de travail selon les contenus, les échanges au sein de la classe, les conseils prodigués et les aides que l'enseignant apporte aux élèves, ...

Une première analyse des productions des élèves pour la première année d'expérimentation, montre :

- des écarts de réussites remarquables entre les élèves de P_1 et ceux de P_2 ;
- les taux de réussite global, pour l'ensemble des élèves et des tâches, sont nettement plus élevés dans la classe de P_1 (72 %) par rapport à ceux de P_2 (49 %) ;
- une très grande faiblesse en ce qui concerne le taux de réussite des élèves de P_2 dans les tâches de preuves (13 %) contre (60 %) pour les élèves de P_1 .

Chesnais, renvoie ce grand écart, pour les tâches des preuves, au fait que les élèves de P_2 sont en ZEP.

Les résultats de l'expérimentation, qui s'appuie sur les modalités exploitées par P_1 en première année, et mise en place par P_2 lors de la deuxième année montrent une amélioration des taux de réussite des élèves de P_2 , malgré la persistance de l'écart remarquable entre les élèves des deux enseignants pour certaines tâches.

Une deuxième analyse, portant sur les scénarios des deux enseignants, montre d'une part de grandes différences au niveau des détails d'organisation des tâches et les éventuelles relations entre eux et, d'autre part, des différences au niveau de l'articulation des tâches avec le cours. La chercheuse signale la possibilité d'affirmer que les objectifs visés par les deux enseignants ne sont plus similaires. En effet, P_1 vise des objectifs d'apprentissage basés sur une maîtrise d'ordre conceptuel relatif à la symétrie axiale à côté de l'initiation forte des élèves pour le recours au raisonnement déductif dans leurs travaux. Toutefois, les objectifs assignés par P_2 ne visent pas un travail de conceptualisation globale du thème traité et ils se limitent à un travail sur la géométrie instrumentée.

L'analyse des déroulements pendant la première année soulève beaucoup de divergences au niveau des pratiques des deux enseignants. En effet, le travail de P_1 s'oriente plus vers les

exercices (environ 60 % du temps), dont les deux tiers sont traités d'une manière collective, avec un travail d'articulation entre le cours et les exercices. Cependant, pour P₂, le temps est équitablement réparti entre cours, corrections et exercices avec des modalités de travail répartis aussi de manière équitable entre individuelle et collective. Dans la classe de P₁, le travail collectif s'appuie sur les productions individuelles des élèves. En contrepartie, le travail sur des tâches simples dans la classe de P₂ est traité par un élève, alors que lorsqu'il s'agit de tâches plus complexes, c'est l'enseignant qui intervient pour les traiter devant ses élèves. Ce qui conduit à dire que les pratiques de P₁ peuvent générer plus d'« activités favorables à l'apprentissage » que dans le cas de P₂.

Une analyse du déroulement dans la classe de P₂ lors de la deuxième année d'expérimentation, avec un travail qui s'appuie sur le scénario conçu par P₁ lors de la première année, a permis de soulever les points suivants :

- une grande similitude entre la répartition horaire pour les différents épisodes dans le cas de la classe de P₂, observé pour la deuxième année, en comparaison avec celui de P₁ ;
- une évolution au niveau des phases de travail collectif sur les exercices avec de grands apports de la part de l'enseignant favorisant ainsi la compréhension à travers des explications fréquentes et l'établissement de différents liens entre les notions traitées ;
- l'enseignant laisse plus de place aux élèves lors des phases de travail collectif.

Les résultats des analyses des scénarios et des déroulements prouvent bien l'amélioration des taux de réussite des élèves dans les contrôles. Cependant, le changement de scénario ne permet pas d'expliquer tout, en ce qui concerne ces résultats.

Chesnais, signale à la fin de son article quelques limites telles que le nombre réduit des enseignants et des classes observés, ainsi que le travail mené avec un scénario particulier et le nombre de chapitres sur lesquelles porte l'étude, limitant fortement la portée du travail mené avec les élèves. Cependant, le cadre théorique de la double approche adoptée dans cette recherche oriente la recherche dans le sens à « considérer les pratiques de P₂ comme résultant de contraintes et de l'investissement de certaines marges de manœuvres, contraintes et investissement liés à des facteurs sur lesquels les enseignants n'ont pas prise ».

Ajoutons ici que les logiques d'action des enseignants peuvent être mieux compréhensibles, si les analyses sont bien étalées, d'une part, sur la dimension institutionnelle, afin de mieux comprendre l'interprétation des différentes instructions officielles du programme par les enseignants et les ajustements adoptés par eux pour qu'elles s'adaptent avec la nature de leurs élèves. D'autre part, bien étaler les analyses sur les dimensions personnelle et sociale permet

de mieux comprendre les attitudes de P₂ et ses conceptions en ce qui concerne le travail avec des élèves de ZEP et des relations entre les différents intervenants dans ce type de milieu.

III-2-2-4. Une vidéo de classe au service de l'analyse des séances de mathématique, Robert (2004)

Dans l'une de ses articles, Robert (2004) traite un exemple d'analyse d'une séance de classe exploitant une vidéo en relation avec les activités des élèves provoqués en classe.

L'étude s'appuie sur le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique. Le travail d'analyse, visant à comprendre les logiques d'action des enseignants en classe, réside dans le croisement des résultats obtenus à partir des caractéristiques liées à ce qui est proposé aux élèves et aux caractéristiques du travail de l'enseignant si on considère qu'enseigner est un métier à exercer. L'auteur avance une série d'hypothèses qui amènent à dire qu'une analyse plus approfondie nécessite donc de compléter les analyses didactiques ordinaires, par des analyses qui peuvent être dégagées à partir des questionnaires adressés aux enseignants ou des entretiens permettant d'accéder à tout ce qui ne peut pas être observable.

Le travail d'analyse se fait autour de cinq dimensions :

- les composantes cognitive et médiative : issues des descriptions du scénario mathématique adopté et des déroulements. Elles permettent d'accéder aux descriptions du contenu abordé et aux formes de travail effectué et des différents accompagnements et échanges ;
- les composantes institutionnelle, personnelle et sociale : issues des entretiens en premier lieu avec l'enseignant seul puis en présence de ses collègues. Elles permettent d'accéder à certains déterminants, éventuellement ceux qui sont extérieures à la classe.

La séance observée par Robert est consacrée à la correction d'un exercice de géométrie portant sur le théorème de Thalès. Le déroulement de la séance a été enregistré en vidéo et le contenu de l'enregistrement a été transcrit pour certaines citations uniquement. Cette transcription est découpée par la suite en épisodes associés aux différentes tâches.

Un questionnaire a été rempli par l'enseignant concernant l'utilisation du tableau et un entretien (non enregistré) a été effectué avec l'enseignant, deux ans après l'observation.

Une série d'analyses est par la suite réalisée :

- Une analyse a priori sur l'énoncé de l'exercice proposé a permis de soulever les points suivants :
 - le recours à des questions ouvertes ou l'absence d'indications conduisent à des conjectures ou à des demandes d'explication sur les méthodes à mettre en œuvre ;

- la diversité des cadres dans l'exemple proposé induit des changements de point de vue ou conduit à des mises en relation : entre géométrie et algèbre par exemple ;
 - lorsqu'il faut introduire des étapes, ou des intermédiaires ou choisir entre plusieurs outils, les élèves, s'ils travaillent seuls, peuvent être amenés à organiser leur réflexion pour prendre des initiatives.
- L'analyse du déroulement permet de tirer les résultats suivants :
- avec cet enseignant, les élèves sont toujours invités à trouver une idée de méthode avant de s'engager dans le traitement de la tâche ;
 - l'enseignant accorde toujours aux élèves un temps de réflexion avant d'intervenir pour soumettre quelques indications ou pour soulever certaines ambiguïtés ;
 - une diversité des activités potentielles selon les élèves. ;
 - beaucoup d'habitudes de cette classe, qui se traduisent par des orientations des activités des élèves, initialisées par l'enseignant, dont certaines étaient imprévisibles dans l'analyse a priori ;
 - l'enseignant accorde une certaine autonomie aux élèves aux moments où les tâches sont bien assimilées.

L'analyse des informations recueillies à travers un questionnaire rempli par l'enseignant et un entretien permet de tirer certaines alternatives dans les pratiques de cet enseignant. En effet, à travers le questionnaire l'auteure a pu dégager la manière dont l'enseignant préconise pour gérer les contraintes et les marges de manœuvre, ce qui renvoie en fait à la dimension personnelle dans ses pratiques. L'enseignant cite les contraintes du programme qui devrait être fini.

L'entretien informel a permis de confirmer l'installation de certaines habitudes entre l'enseignant et ses élèves et par la suite, un grand part des activités des élèves se trouve déclenché par ces effets.

A la fin de cet article, Robert signale qu'on pourrait travailler autrement en classe (ne pas aider les élèves en classe, ne pas procéder au découpage des tâches en sous-tâches, faire travailler les élèves en petits groupes). Cependant, travailler autrement pourrait renforcer les différences entre les élèves. Elle propose aussi des exemples de changements au niveau de l'énoncé de l'exercice, sans pour autant changer les activités des élèves.

L'auteure exploite ce travail pour dégager des résultats généraux sur les pratiques :

- « tout » n'est pas possible à un niveau scolaire donné. Certaines contraintes, tendances communes entre les enseignants vers quelques habitudes et certaines tensions, peuvent s'opposer aux choix de l'enseignant, qui par la suite s'oriente vers d'autres choix ;
- l'expérience de l'enseignant, oriente ses représentations et son regard à l'enseignement et l'apprentissage qui à leurs tours conditionnent ses différents choix, ce qui assure une certaine cohérence. Par la suite, l'enseignant en général ne pourra envisager que des modifications minimales dans ses propres choix.

Robert finit par l'ouverture d'une perspective d'utilisation de ce type de vidéo de déroulement dans un processus de formation et pour mener des recherches sur ce type formation.

III-2-2-5. Activité ordinaire d'une enseignante de chimie, Kermen et Barroso (2013)

Kermen & Barroso (2013) analysent l'activité d'une enseignante de physique-chimie selon le cadre méthodologique de la double approche didactique et ergonomique, en tenant compte des apprentissages potentiels des élèves (aspect didactique) et du travail de l'enseignant (aspect ergonomique).

Pour caractériser l'activité de l'enseignante, elles tentent de répondre aux questions suivantes :

- quels contenus sont abordés dans la séance, quelles sont les modalités de travail et en particulier comment le guidage des élèves est-il organisé ?
- existe-t-il des régularités dans la gestion de phases similaires ?
- quelle marge d'autonomie et quelles aides l'enseignante procure-t-elle aux élèves durant la séance ?
- quelles sont les logiques d'action de l'enseignante ?

Dans cette recherche, les auteurs se focalisent sur :

- la dimension cognitive de l'activité de l'enseignante, à travers une analyse du contenu de la fiche de préparation ;
- la dimension médiative, à travers une analyse du déroulement de deux séances et les interactions entre les différents intervenants dans la salle de classe ;
- les dimensions institutionnelle, sociale et personnelle, à travers une analyse d'entretiens adressés à l'enseignante.

Une analyse a été menée des différentes données issues du contenu des documents de préparation de la séance, des enregistrements faits lors de la séance et de l'entretien immédiat après la séance et celui de l'auto-confrontation. Le contenu des deux séances observées,

portant sur les piles électrochimiques, est transcrit et découpé par la suite en épisodes (pour chacune des deux séances de travaux pratiques).

Un travail qui consiste à croiser ces différentes analyses a permis de tirer les résultats suivants :

- le contenu du scénario que l'enseignante présente est exhaustif traduisant la cohérence disciplinaire qu'elle estime indispensable (résultat en relation avec la composante cognitive et institutionnelle) ;
- l'enseignante veille à enrichir la séance de références historiques et citoyennes (renvoie à une dimension personnelle) ;
- un guidage fort des élèves vers l'essentiel du savoir à construire ;
- une limitation de l'autonomie des élèves lors des phases de manipulation ;
- les choix avancés découlent des représentations de l'enseignante sur sa mission principale : la présentation aux élèves des différents aspects possibles sur le thème étudié.

Les informations obtenues par les chercheuses, à travers un entretien basé sur des interrogations non systématiques avec l'enseignante, semble, pour eux, être une limite de leur étude. Les chercheurs signalent qu'il serait possible, dans d'autres recherches, de dépasser cette limite, et ce en ajoutant un questionnaire post auto-confrontation ou en passant à un entretien semi-directif émaillé d'extraits vidéos.

III-2-2-6. Pratiques enseignantes dans les milieux socialement défavorisés, Molvinger et Munier (2014)

Molvinger et Munier (2014) mènent une analyse d'une séance portant sur les notions de contenance et de volume en CM2, mise en place par un enseignant, pour des élèves provenant d'un milieu socialement défavorisé.

Le cadre théorique sur lequel s'appuie cette recherche est celui de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002 ; Robert, 2008) qui s'inscrit dans la théorie de l'activité (Robert & Rogalski, 2002).

Les chercheuses font l'hypothèse qu'il existe une certaine cohérence dans les pratiques des enseignants, cohérence en termes de dépendance entre les choix des enseignants lors de la préparation d'une séance et pendant sa mise en place en classe. Pour elles, dans les pratiques des enseignants, les cinq composantes (cognitive, médiative, institutionnelle, personnelle et sociale), sur lesquelles s'appuie la méthodologie de la double approche, doivent être reconstituées pour pouvoir apprécier le travail d'un enseignant.

L'objet d'analyse correspond à la première étape d'un scénario portant sur l'enseignement du volume et de la contenance, pour une classe de 25 élèves, enseigné par un enseignant expérimenté et ayant une formation en matière de mathématique, exerçant son métier dans une ZEP.

Le temps alloué à l'enseignement de ces deux concepts est de deux séances de 1 heure chacune. Les chercheuses s'intéressent à la phase pendant laquelle l'enseignant aborde la notion de contenance (8 minutes) et ensuite à la notion de volume (23 minutes).

L'analyse du travail de l'enseignant est faite sur plusieurs dimensions :

- analyse a priori du scénario permettant d'accéder aux tâches que les élèves seront invités à accomplir (ces tâches sont déduites à partir des consignes données aux élèves). L'analyse de ces dernières (d'un point de vue didactique) permet de déterminer quels types d'activités peuvent engendrer chez les élèves ;
- analyse du déroulement à travers des vidéos de classe (généralement transcrites). Les séances de classe sont découpées chronologiquement en épisodes pour pouvoir noter les temps et les formes de travail ;
- les productions des élèves dans des évaluations faites à la fin d'année.

Dans un premier temps, les chercheuses procèdent à une analyse préliminaire visant à montrer le degré de complexité de l'enseignement/apprentissage des notions de volume et de contenance. L'ambiguïté dans les définitions des deux concepts, la procédure de mesure par immersion des volumes, ... engendrent chez les élèves certaines difficultés en ce qui se rattache à la distinction des deux concepts.

À travers une lecture des instructions officielles, les auteures mentionnent les cycles au cours desquels les enseignants sont invités à traiter avec leurs élèves les notions de contenance et de volume à côté des concepts en relation avec ce dernier tel que la masse volumique.

Une analyse a priori de la séance de l'enseignant permet de dégager les deux tâches mis en jeu pendant la séance. L'une des tâches consiste à mesurer la contenance d'un récipient, alors que pendant la deuxième, les élèves sont invités à mesurer les volumes de certains objets. Les deux chercheuses envisagent, dans cette analyse a priori, les techniques de mesures possibles et les éventuelles difficultés pouvant entraver le travail des élèves.

Dans l'analyse du déroulement, Molvinger & Munier exploitent les activités des élèves et celle de l'enseignant pour dégager des constatations qui se rattachent à la dimension cognitive en relation avec les concepts de contenance et de volume. Elles signalent quelques conceptions chez les élèves, des confusions (masse/volume) et des difficultés d'ordre

manipulatoire et conceptuel lors de l'exécution des tâches proposées. Elles renvoient tout ça à une remobilisation de ce qui a été présenté par leur enseignant, sans qu'il n'y ait de construction des notions étudiées ni de compréhension de la méthode de mesure.

Du côté de l'enseignant, l'ambiguïté, l'implicite dans la présentation des deux notions traitées, à côté des imprécisions remarquables au niveau des connaissances scientifiques et didactiques de l'enseignant, ne favorisent pas la compréhension de la part des élèves, que ce soit sur le niveau du savoir (différentiation entre contenance et volume ou dissociation masse/volume) ou sur le niveau expérimental (mener correctement des expériences de mesure de volumes et de contenances).

Le choix non étudié des objets exploités pour l'étude du volume a poussé les élèves à mobiliser des notions que l'enseignant ne souhaitait pas évoquer dans cette séance. En effet, l'utilisation du verre doseur dans la mesure de la contenance a engendré une discussion des concepts masse/volume. De plus, l'exploitation des objets qui flottent lors de la mesure des volumes introduit de nouveau la notion de masse dans la discussion.

Du point de vue de la composante médiative, le fort guidage préconisé par l'enseignant, ses interventions fréquentes (85 % des paroles appartiennent à l'enseignant) et l'absence d'une implication des élèves dans l'expérimentation, prouvent un choix qui ne favorise ni l'autonomie, ni l'initiative chez les élèves. L'absence d'échanges entre les élèves, et la limite de ces échanges avec l'enseignant, peut être expliquée par le fait qu'il est difficile de gérer une classe dans une ZEP tout en favorisant ce type d'échange.

Du côté de la composante institutionnelle, les chercheuses montrent une incohérence entre les instructions officielles figurant dans les programmes du primaire et ce qui a été présenté par l'enseignant. En effet, les recommandations officielles invitent les enseignants à se limiter à la « formule du volume du pavé droit, c'est-à-dire un travail dans un cadre numérique ». Ceci peut être expliqué par la logique de l'enseignant qui cherche à donner un sens à l'apprentissage au lieu de se limiter au cadre numérique dans l'étude de la notion de volume.

Ajoutons que l'analyse des résultats des élèves de cette classe, à partir des tests faits à la fin de l'année pour des classes de ZEP et non ZEP, dans le cadre du projet « transition école/collège », montre que les élèves de la classe concernée sont dans la moyenne des résultats des classes de ZEP, qui reste inférieure aux moyennes sur l'ensemble des classes.

En conclusion, l'étude réalisée par Molvinger et Munier a permis de mettre l'accent sur certaines logiques d'action de l'enseignant et sur les difficultés pouvant gêner ses pratiques enseignantes. Cependant, nous pensons que les résultats pourront être plus significatives si :

- l'étude est menée avec d'autres enseignants, pour pouvoir étudier les difficultés que peuvent engendrer d'autres pratiques enseignantes ;
- les dimensions personnelle et sociale étaient présentes dans les analyses faites et ce, en ajoutant au corpus, des entretiens d'auto-confrontation avec l'enseignant, pour lui permettre d'expliquer certaines de ses interventions en classe afin de mieux comprendre ses logiques d'actions.

III-2-2-7. En guise de discussion

Les recherches présentées, s'inscrivant dans le cadre de la double approche didactique et ergonomique, proposent d'étudier les pratiques enseignantes dans leur complexité. A ce propos, Robert (2001) propose d'étudier ces pratiques selon deux visions complémentaires, une vision qui se rattache aux apprentissages mathématiques des élèves, prenant appui sur la didactique des mathématiques et une autre vision, en relation avec l'exercice du métier d'enseignant, prenant appui sur la psychologie ergonomique. Les résultats de ces recherches rendent compte des pratiques enseignantes dans un but descriptif, explicatif et compréhensif. Elles permettent d'étudier les régularités ainsi que les variabilités de ces pratiques, variabilités pouvant être expliquées par différentes marges de manœuvres que se donnent les enseignants en classe, montrant différentes postures personnelles. Elles mettent également en jeu des contraintes faisant partie essentiellement de la dimension institutionnelle, contraintes provenant du temps alloué à l'apprentissage et au contenu du programme non adapté avec ce temps.

Le cadre de la double approche développé pour l'étude des pratiques des enseignants de mathématiques semble adapté à d'autres champs disciplinaires, notamment pour l'étude des pratiques des enseignants de chimie (Kermen & Colin, 2017) et pour étudier les pratiques enseignantes au primaire (Molvinger & Munier, 2014)

Pour notre part, nous visons dans notre recherche à adapter ce cadre théorique pour étudier, dans une visée compréhensive, les logiques d'actions des enseignants de physique dans le contexte éducatif tunisien et d'étudier les régularités et les variabilités de ces pratiques. Nous cherchons également à voir si les enseignants arrivent à mobiliser le contenu dispensé lors des séances de formation, au sujet de la démarche d'investigation, dans la conception des scénarios et la mise en œuvre des séances de classes.

IV. Problématique de la recherche

En France, comme dans plusieurs pays Anglo-saxons, nous notons une tendance vers un enseignement des sciences basé sur les activités des élèves et une application des démarches qui favorisent l'exercice d'activités de plus haut niveau cognitif. Les études menées sur ces renouvellements montrent l'importance de « l'investigation » comme démarche qui vise à enraciner chez les élèves un esprit créatif et critique (Calmettes & Boilevin, 2014). La mise en place de ces nouvelles démarches nécessite le dépassement des méthodes qui accordent à l'élève le rôle d'exécuteur de consignes dans le processus de développement des connaissances pour une méthode suscitant sa responsabilité en termes de développement des démarches et d'élaboration de savoirs (Mathé *et al.*, 2008). On relève ainsi un changement crucial dans le rôle accordé à l'élève. Avec ces nouvelles démarches, l'enseignant serait invité à proposer aux élèves des problèmes qui favorisent un apprentissage de concepts, de démarches et de savoir-faire (*ibid.*).

Les études menées selon le cadre de la double approche didactique et ergonomique, à propos des déterminants de l'apprentissage, s'intéressent, entre autres, aux pratiques enseignantes en relation avec les apprentissages (Robert & Rogalski, 2002 ; Chesnais, 2009). A l'origine, notre questionnement visait à identifier les effets des pratiques enseignantes sur les apprentissages des élèves, à travers les activités qu'elles provoquent. Mais avec les évolutions incessantes au niveau des démarches mises en œuvre dans l'enseignement de la physique, nous cherchons également à ressortir, à travers le suivi du travail de l'enseignant, les effets de la formation des enseignants au sujet de ces démarches, sur leurs pratiques.

Il s'agit pour nous d'identifier les invariants et les régularités dans les pratiques enseignantes et leurs effets sur les activités des élèves.

Nous questionnons en particulier dans les pratiques enseignantes la conception et la mise en œuvre des séquences d'enseignement. Ce qui nous renvoie à interroger les choix des enseignants en termes de tâches proposées dans leurs scénarios et en termes de déroulements et des activités effectives en classe. Il s'agit pour nous d'étudier le lien entre les tâches prescrites dans le scénario et le déroulement, dans le but d'identifier l'effet de ces tâches sur le développement des activités autonomes, amenant à des apprentissages.

Nous interprétons, pour des séances de travaux pratiques dont certaines d'entre elles sont menées selon une démarche de type investigation, les différences entre les pratiques des enseignants en termes de logiques d'actions et d'inférer les effets sur les activités effectives des élèves.

Un autre volet de notre problématique se rattache aux déterminants des pratiques enseignantes, éventuellement celles en relation avec les dimensions institutionnelles, personnelles et sociales. Nous cherchons à identifier les facteurs, en relation avec ces dimensions, susceptibles de contraindre les pratiques enseignantes : contraintes en lien avec les programmes dans leur conception et leur répartition chronologique, l'institution et l'environnement professionnel des enseignants et leurs conceptions envers l'enseignement des sciences et spécifiquement envers l'enseignement de la physique.

A la lumière de ces différents éléments, nous cherchons à répondre aux questions de recherche suivantes :

1. Quelles sont les logiques d'actions qui caractérisent les pratiques des enseignants de physique pour certaines démarches adoptées en classe ?
2. Quelles sont les régularités et les variabilités qui marquent les pratiques enseignantes, suite à la mise en œuvre de deux séances d'enseignement en physique, dont l'une est fondée sur l'investigation ?
3. Quels sont les déterminants qui guident les logiques d'action des enseignants ?
4. Dans quelle mesure, une formation des enseignants de physique à la mise en œuvre d'une démarche d'investigation, aura un effet sur les pratiques enseignantes ?

Chapitre 5 : Cadre méthodologique

Plan du chapitre 5

- I. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA RECHERCHE
- II. RÉPARTITION CHRONOLOGIQUE
- III. ENSEIGNANTS ET CLASSES OBSERVÉS
- IV. RECUEIL DES DONNÉES
- V. TRAITEMENT DES DONNÉES
 - V-1 LES FICHES DE TRAVAUX PRATIQUES DES SÉANCES OBSERVÉES
 - V-1-1 Analyse à priori des fiches de travaux pratiques*
 - V-1-2 Analyse globale des scénarios possibles*
 - V-2 LES DÉROULEMENTS DE CLASSES
 - V-2-1. Traitement des données issues des observations de classes*
 - V-2-1-1. TRANSCRIPTIONS ET SYNOPSIS
 - V-2-1-2. RÉPARTITION DES ACTIVITÉS DES ÉLÈVES PENDANT CHAQUE PHASE
 - V-2-2. Analyse des déroulements*
 - V-3. LES ACTIONS DE FORMATION
 - V-4. LES ENTRETIENS D'AUTO-CONFRONTATION
- VI. RÉSUMÉ DE LA MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre, nous présentons l'approche méthodologique retenue pour répondre aux questions de notre recherche. Nous précisons également le type de participants visés par notre recherche et la méthode adoptée pour le recueil de données. Nous décrivons par la suite notre méthode de traitement et d'analyse des données recueillies.

I- Principes généraux de la recherche

Dans ce chapitre, nous nous proposons de décrire le processus méthodologique à travers lequel nous cherchons à répondre aux questions de la recherche.

Dans le cadre du chapitre réservé au cadre théorique de notre recherche, nous avons construit notre problématique en prenant appui à la fois sur des références théoriques et des données de terrain. Nous cherchons à donner des éléments de réponse à notre objectif de recherche : identifier les effets de la formation des enseignants de physique en démarche de type investigation, sur leurs pratiques enseignantes. Pour dégager ces éléments de réponse, nous avons choisi de passer par les questions de recherches qui se rattachent aux logiques d'action des deux enseignants suivi, des déterminants de ces actions et des régularités et des variabilités qui marquent les pratiques des enseignants.

À travers l'analyse des éléments dégagés, en relation avec les questions de recherche précitées, nous arrivons à apporter des éléments de réponse à notre objectif principal.

Dans cette analyse, nous nous appuyons sur une recherche à visée descriptive des pratiques enseignantes en relation avec nos objectifs de recherche, à travers une étude de cas de deux enseignants de physique. Nous nous plaçons dans le cadre d'une recherche de type qualitatif (Kirk & Miller, 1986 ; Paillé, 2007 ; Paillé & Mucchielli, 2008 ; Pope & Mays, 2006), dans le sens où elle se tiendra avec un contact direct avec les sujets de la recherche, à travers le biais d'observation des pratiques de classes et d'entretiens de type auto-confrontation.

Selon (Paillé & Mucchielli, 2008), une recherche est dite qualitative dans deux sens : d'une part, dans le sens où les instruments et les méthodes exploités sont conçus dans le but de recueillir des données qualitatives (enregistrements vidéo des séances de classes, entretiens, document de préparation de leçons...), d'autre part, les analyses des données recueillies sont faites d'une manière qualitative (chercher le sens plutôt que chercher des statistiques).

Dans un deuxième sens, une recherche est dite qualitative, lorsque l'ensemble du processus de la recherche est mené selon une logique de proximité avec les personnes qui font partie de la recherche et avec leurs actions et leurs témoignages, sans recours à aucune mise en situation artificielle à travers des appareils conçus pour cette mise en situation

Ainsi, l'analyse dans le cadre de ce type de recherche vise la compréhension et l'interprétation des pratiques de classes sans recours à des procédés mathématiques d'analyse.

Dans notre recherche, nous étudions principalement les pratiques observées des deux enseignants, à travers des observations de classes, complétées par des scénarios d'enseignement et des pratiques déclarées lors des entretiens d'auto-confrontation.

Dans le but d'étudier les effets d'une formation au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, sur les pratiques enseignantes, nous demandons aux deux enseignants de réaliser deux séances d'enseignement de physique menée selon la démarche d'investigation telle qu'elle est prescrite dans le canevas construit autour de sept moments essentiels (MEN, 2007).

Avec ce choix, nous nous inscrivons, conformément à notre cadre théorique, dans une démarche exploratoire avec laquelle on vise d'une part, à ressortir les logiques d'action des deux professeurs qui enseignent des élèves appartenant au même milieu socio-économique et d'autre part à étudier les changements au niveau des pratiques enseignantes pour deux enseignants expérimentés ayant participé aux mêmes actions de formation en démarche d'investigation.

Une triangulation des résultats auxquelles on aboutit à travers l'analyse de ces différentes données, permettent d'accéder aux déterminants des actions des enseignants observés.

Nous présentons au début de ce chapitre une répartition chronologique de notre recherche suivie par les caractéristiques de l'échantillon. Ensuite, nous détaillons le processus de recueil de données. Enfin, nous développons le processus de traitement des données et des différentes analyses à mener.

II- Répartition chronologique

Dans la figure 20, nous présentons une répartition chronologique des différentes interventions auprès des deux enseignants observés (observations de classes, la formation au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les entretiens d'auto-confrontation menés avec les deux enseignants observés).

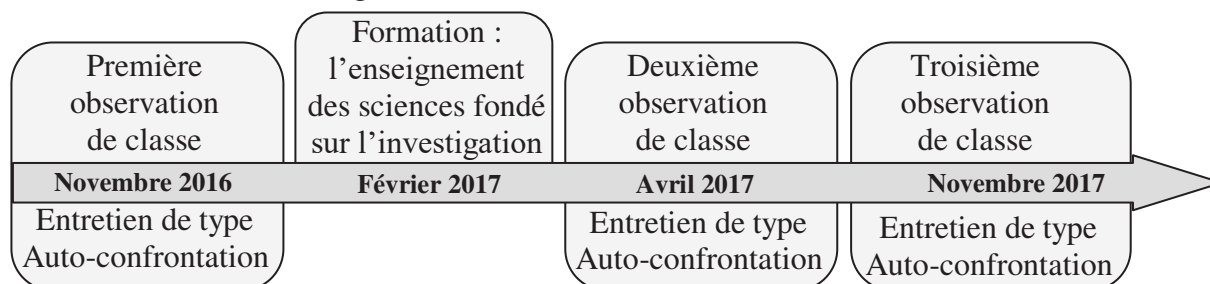


Figure 20 : répartition chronologique des observations de classes et de la formation

III- Enseignants et classes observés

Les deux enseignants observés nommés P_1 et P_2 dans la suite du manuscrit, âgés respectivement de 50 et 52 ans, enseignent la physique depuis plus de 20 ans (21 ans d'ancienneté pour P_1 et 23 ans pour P_2). Le parcours de formation initiale de l'enseignant P_1 est réparti entre une formation universitaire scientifique et pédagogique et une formation dans le cadre du CAPES¹⁷ englobant une formation théorique en matière d'enseignement de la physique et une formation pratique au sein des établissements de l'enseignement préparatoire et secondaire. La formation initiale de P_2 est limitée aux études universitaires en sciences physiques sur les niveaux scientifique et pédagogique. Les deux enseignants ont participé volontairement dans cette recherche à travers l'un de mes collègues inspecteur, du fait qu'ils n'enseignent pas dans la circonscription que je dirige. Ils adoptent souvent l'apprentissage par le problème comme étant une méthode qui favorise chez les élèves l'esprit de recherche productive, l'autonomie et l'intervention active dans la construction des connaissances, conformément aux instructions du programme officiel (Ministère de l'Éducation, 2010). Actuellement, les deux enseignants enseignent dans un établissement secondaire situé au centre-ville du gouvernorat de Sidi Bouzid (au centre de la Tunisie). Cet établissement « pilote¹⁸ » assure l'enseignement des élèves, âgés de 16 ans, ayant réussi au concours de fin du cycle de l'enseignement de base. Les élèves qui fréquentent cet établissement, appartiennent généralement à des classes socio-économiques favorisées. Le matériel avec lequel est équipé le laboratoire de ce lycée date de l'année scolaire 2013-2014 (année de création de cet établissement).

Avec P_1 nous observons :

- une activité d'enseignement ordinaire avec un groupe d'élèves de la première année secondaire (élèves âgés de 16 ans) lors d'une séance de travaux pratiques réservée à l'étude de la « loi de distribution des tensions dans un circuit électrique ». Le nombre d'élèves du groupe observé est de 17 (11 filles et 6 garçons). Cette séance a lieu l'année scolaire 2016/2017 ;
- une deuxième activité d'enseignement avec le même groupe d'élèves. Pendant cette séance, l'enseignant assure un enseignement par une démarche de type investigation du

¹⁷ Certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré.

¹⁸ L'enseignement dans les lycées pilotes est destiné aux élèves âgés de 16 ans ayant réussi avec une moyenne supérieure ou égale à quinze sur vingt un concours de fin du cycle de l'enseignement de base.

Résultats des analyses

thème « condition d'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces ». Cette séance a lieu l'année scolaire 2016/2017 ;

- une troisième activité d'enseignement réservée à l'étude de la « loi de distribution des tensions dans un circuit électrique », menée par une démarche de type investigation. Cette séance a lieu l'année scolaire 2017/2018.

Avec P₂ nous observons :

- une activité d'enseignement ordinaire avec un groupe d'élèves de la deuxième année secondaire (élèves âgés de 17 ans) lors d'une séance de travaux pratiques réservée à l'étude de la « caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur ». Le nombre d'élèves du groupe observé est de 13 (8 filles et 5 garçons). Cette séance a lieu l'année scolaire 2016/2017 ;
- une deuxième activité d'enseigne-ment avec le même groupe d'élèves. Pendant cette séance, l'enseignant assure un enseignement par une démarche de type investigation du thème « réflexion de la lumière ». Cette séance a lieu l'année scolaire 2016/2017 ;
- une troisième activité d'enseignement réservée à l'étude de la « caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur », menée par une démarche de type investigation. Cette séance a lieu l'année scolaire 2017/2018.

Dans le tableau 10, nous présentons les thèmes traités avec les deux enseignants pendant les différentes séances observées, la nature et le type de chaque séance.

P₁			
Séances	Thème traité	Nature de la séance	Type de la séance
(1)	Répartition des tensions dans un circuit électrique	TP	Séance ordinaire
(2)	Condition d'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces	TP	Séance de type DI ¹⁹
(3)	Répartition des tensions dans un circuit électrique	TP	Séance de type DI
P₂			
(1)	Caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur	TP	Séance ordinaire
(2)	Réflexion de la lumière	TP	Séance de type DI
(3)	Caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur	TP	Séance de type DI

Tableau 10 : les séances observées

La première séance, observée avec les deux enseignants, est de type ordinaire, dans le sens où

¹⁹ Démarche d'investigation

le choix est laissé aux enseignants au niveau de l'organisation et de la démarche qu'ils préconisent lors de son déroulement (Calmettes, 2012 ; Laborde, Coquidé & Tiberghien, 2002)

IV- Recueil des données

Le corpus que nous recueillons comporte les données issues des fiches de travaux pratiques (TP) préparées par les enseignants, des enregistrements vidéo et audio des séances de classe, des actions de formation organisées pour les enseignants, au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, ainsi que des entretiens de type auto-confrontation avec les deux enseignants.

Nous avons procédé à la demande d'autorisation de prises de vues en vidéoscopie auprès du commissariat régional de l'éducation et des parents des élèves.

Nous avons également choisi de ne pas intervenir dans le choix des thèmes traités par les deux enseignants.

Les différents enregistrements vidéo ont été réalisés à l'aide d'une caméra numérique qui suit l'enseignant la plupart du temps. A l'aide de la caméra, on peut zoomer, dans les cas nécessaires, sur le tableau ou sur les productions des groupes ainsi que les échanges qui se produisent entre l'enseignant et les différents groupes. Deux dictaphones sont est placés à proximité de deux groupes pour enregistrer les interactions verbales entre les élèves.

Pour comprendre certains choix de leurs actions, nous menons des entretiens proches de la modalité de l'entretien d'auto-confrontation simple (Durand, 2008 ; Theureau, 2010) avec chacun des deux enseignants, un mois après chaque observation. Lors de ces entretiens, chaque enseignant est remis en situation d'action, en visualisant des moments précis de la vidéo du déroulement et en s'appuyant sur la fiche de préparation, où il lui est demandé de justifier certains choix évoqués lors de la séance et d'apporter des éclaircissements à propos de ce qu'il faisait lors de la séance et prenait en compte pour agir (Jameau, 2015).

Pendant ces entretiens enregistrés en audio, des questions semi-directives sont posées aux deux enseignants dans le but de dégager leurs regards envers le métier d'enseignant et les contraintes face auxquelles ils se trouvent, selon eux. Pour préparer chaque entretien d'auto-confrontation, nous mettons à la disposition de chaque enseignant l'enregistrement vidéo de la séance qu'il a mené pour dégager les événements à discuter et les éclaircissements qu'il pourra apporter.

Deux actions de formation, animées par le chercheur, portant sur le sujet de « l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation » ont été suivies par les deux professeurs :

- une première action de formation animée par le chercheur, d'une durée de quatre heures, a été réalisée avec un groupe de 15 professeurs de sciences physiques. La formation s'est déroulée en deux volets :
 - un volet théorique dans lequel nous avons présenté un aperçu sur l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation dans le contexte international, les pratiques d'une démarche de type investigation en classe des sciences et les étapes d'une telle démarche ;
 - un second volet pratique dans lequel nous avons présenté des scénarios et des vidéos de classe traitées autour de la démarche de type investigation. Cette présentation a été suivie par un travail de groupes dans lequel il est demandé aux enseignants présents de préparer des séquences d'enseignement basées sur l'investigation pour des thèmes différents de la physique.
- une deuxième action de formation organisée avec les deux professeurs, d'une durée de trois heures, dans laquelle nous sommes revenus sur les différentes étapes de la démarche d'investigation pour plus d'éclaircissement. Nous avons également étudié quelques séquences d'enseignement fondé sur l'investigation sous la forme de scénario détaillé, préparées à l'avance par les deux professeurs pour deux thèmes de physique différents. Cette action de formation a été aussi l'occasion pour étudier avec les professeurs les techniques d'élaboration et de recherche des situations problèmes requises pour le déclenchement des séances d'enseignement fondée sur l'investigation.

La présentation de la partie théorique relative à l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation et les interactions entre les enseignants, sont enregistrées en vidéo. Les productions écrites des différents groupes relatives à la conception de scénarios d'enseignement fondé sur l'investigation, sont également mis à la disposition du chercheur afin d'être exploitées par la suite dans l'analyse des données recueillies.

V- Traitement des données

V-1 les fiches de travaux pratiques des séances observées

Dans cette partie, nous détaillons la méthode que nous avons adoptée pour le traitement des données recueillies à partir des fiches de travaux pratiques préparées par les deux enseignants. Nous procédons à une analyse a priori des différentes tâches figurant dans chacune des fiches étudiées, avant de passer à une analyse globale permettant de donner une vue globale sur les scénarios possibles.

V-1-1 Analyse a priori des fiches de travaux pratiques

Nous avons découpé chaque fiche de TP préparé par les enseignants en identifiant les tâches prévues. Cet ensemble de tâches constitue l'itinéraire cognitif que les enseignants proposent aux élèves. Il s'agit pour nous de repérer tout ce qui est attendu des élèves à partir des différentes tâches prescrites, ou non, dans les fiches de TP. Lorsqu'il s'agit de rappel de connaissances antérieures, nous attendons une exploitation de ces connaissances dans une (les) phase(s) de la séance. Lorsqu'il s'agit d'une introduction du concept physique étudié à partir d'une situation inspirée du quotidien de l'élève, nous attendons une phase d'appropriation du problème posé, un travail de recherche des questionnements qui découlent de ce problème. Lorsqu'il s'agit d'une proposition de dispositif expérimental, nous attendons une réalisation d'un dispositif relatif à une étude expérimentale, des mesures et des exploitations de résultats, ... Les différentes tâches repérées font l'objet par la suite d'une analyse a priori et des activités attendues des élèves.

Nous découpons chaque phase didactique des différents scénarios en tâches prévues. Nous notons tâche tout ce qui « correspond à l'unité la plus petite permettant de comprendre le travail de l'élève, c'est-à-dire permettant de comprendre l'activité provoquée par la tâche » (Chesnais, 2009, p. 95).

Nous nous appuyons dans l'analyse des différentes tâches sur l'analyse des connaissances qu'elles mettent en jeu (exemple Tableau 11).

Tâches	Activités attendues de l'élève
T ₁ : réaliser le circuit schématisé par la figure 1.	<ul style="list-style-type: none"> - branchement d'éléments électriques dans un circuit en série ; - branchement d'un ampèremètre dans un circuit en respectant l'ordre de branchement des pôles de ce dernier ; - branchement convenable d'un voltmètre aux bornes d'un dipôle ;
T ₂ : mesure des tensions.	<ul style="list-style-type: none"> - Choix adéquat du calibre du voltmètre ; - Lecture correcte de la déviation de l'aiguille du voltmètre à la fermeture du circuit ; - Application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de chacune des tensions mesurées.

Tableau 11 : (tâches prescrites et activités attendues : phase de l'étude expérimentale)

Dans l'annexe (tableaux 31, 32, 33, 34, 35, 36), nous présentons le découpage en tâches prévues et en activités attendues, des différentes fiches de TP étudiées.

Dans l'analyse a priori des tâches, nous précisons s'il s'agit de tâches simples, qui nécessitent l'utilisation de connaissances isolées et sans lien avec d'autres connaissances ou tâches complexes, dans lesquelles la résolution n'est pas immédiate et nécessite l'utilisation de connaissances antérieures, de savoir-faire, de démarches adoptées antérieurement. Nous utilisons cela le terme « adaptation » pour signaler que les élèves ont une transformation à faire à partir de leur cours (Robert, 2005).

Nous décrivons trois types d'adaptations possibles dans l'ensemble des scénarios possibles :

A₁ : des connaissances antérieures en lien avec les connaissances mobilisables dans l'étude du concept physique traité. Par exemple, dans la recherche de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur à partir des résultats des mesures, la méthode n'est pas indiquée dans le scénario. L'élève doit donc exploiter des connaissances faisant partie du registre mathématique (coefficient directeur d'une droite affine et équation de ce type de droite) pour établir l'expression de la tension aux bornes du dipôle générateur.

A₂ : un savoir-faire demandé aux élèves sans précisions intermédiaires. Par exemple, si l'élève est invité à effectuer des mesures de tension électrique ou d'intensité de courant électrique, il doit effectuer certaines adaptations de connaissances procédurales en introduisant d'autres connaissances qui se rattachent aux choix d'un calibre adéquat et de branchement correcte de l'appareil de mesure (voltmètre, ampermètre, multimètre à aiguille ou numérique), à côté des relations mathématiques permettant de retrouver la valeur de chaque grandeur en partant de la déviation, l'échelle et du calibre choisi.

A₃ : l'utilisation des connaissances établies dans les étapes précédentes.

Nous considérons que chaque fois qu'une tâche nécessite des adaptations dans son exécution, cette dernière est classée comme tâche complexe. En effet, dans ces types de tâches, les élèves se trouvent dans une situation qui nécessite la mobilisation de certaines connaissances qui ne figurent pas dans la fiche TP préparée par l'enseignant.

V-1-2 Analyse globale des scénarios possibles

En partant des schémas généraux des scénarios, nous procédons, à côté de l'analyse des tâches décrite précédemment, à une analyse globale des scénarios (Chesnais, 2009) pour pouvoir étudier les différents éléments influençant les apprentissages des élèves.

Dans l'analyse globale de chaque scénario étudié, nous décrivons :

- l'organisation globale du scénario (type de scénario, savoir visé,...) ;

- les connaissances mobilisées : nouvelles et antérieures ;
- les répartitions des différentes tâches repérées dans le scénario ;
- les adaptations.

L'analyse globale du scénario, permet de reconstituer l'« *itinéraire cognitif* » défini par chaque enseignant dans le scénario (ibid, 2009).

V-2 Les déroulements des séances de classes

V-2-1. Traitement des données issues des observations de classes

Dans cette partie, nous détaillons la méthode que nous avons adoptée pour le traitement des données recueillies à partir des observations de classes.

Nous avons procédé dans un premier temps à une transcription à partir du corpus constitué par des enregistrements vidéo des séances observées. Ensuite nous avons procédé à la construction des synopsis des différentes séances observées.

Dans un deuxième temps, nous avons procédé à une répartition des activités, après avoir réparti chaque phase en épisodes.

V-2-1-1. Transcriptions et synopsis

Dans une première étape, nous effectuons une transcription des différents enregistrements vidéo et audio.

Tous les échanges verbaux entre l'enseignant et ses élèves ont été retranscrits ainsi que les interventions de l'enseignant auprès des groupes d'élèves ou de l'ensemble de la classe.

Les transcriptions, ainsi que les enregistrements vidéo et audio, sont exploités pour préparer des synopsis (Sensevy & Mercier, 2007) permettant de donner une vision récapitulative des déroulements (exemple figure 21). Nous repérons dans chaque synopsis :

- les différentes phases didactiques: les phases didactiques repérées sont en relation avec les étapes de la démarche d'investigation décrites dans le canevas proposé dans l'introduction des programmes, des mathématiques, SVT, physique et chimie, français (MEN, 2007), de la séance que nous listons ici :
 - ✓ présentation des situations de déclenchement²⁰ ;
 - ✓ appropriation du problème ;
 - ✓ étude expérimentale ;
 - ✓ institutionnalisation du savoir ;
 - ✓ mobilisation du savoir ;

²⁰ Situation, en lien avec le thème traité, motivante et qui pose problème, présentée au début d'une séance d'enseignement/apprentissage et susceptible de remettre en question les représentations initiales des élèves.

Résultats des analyses

- la durée de déroulement de chaque phase didactique ;
- le nombre de tours de paroles : dans cette colonne, on repère le nombre de tours de paroles de la part des différents intervenants dans la classe ;
- l'organisation du travail (collectif, individuel...). Dans cette colonne, on décrit d'une manière brève les différents modes de regroupement de la classe ;
- les activités déployées par l'enseignant ;
- les activités déployées par les élèves.

Phases	Durée	Nombre de tours de paroles	Organisation de la classe	Activités déployées par l'enseignant	Activités déployées par les élèves
Mise en situation	2'46" ⁰⁰ ↓ 3'54" ³⁷	1 ↓ 2	individuel	Rappel sur la caractéristique intensité-tension d'un électrolyseur. Signale le but de la séance	
préparation de l'étude expérimentale	3'54" ³⁷ ↓ 6'26" ³⁷	3 ↓ 11	Classe entière	oriente les élèves et intervient pour vérifier les mesures	Proposent un circuit d'étude « circuit constitué d'un générateur, un interrupteur, un rhéostat, un ampèremètre et un voltmètre »
		12 ↓ 16	Elève au tableau	Apporte les corrections nécessaires « la tension aux bornes du générateur n'est pas nulle c'est clair car c'est un générateur et il va débiter du courant »	Représente le schéma du circuit En signalant que « la tension $U_{PN} = 0$ »

Figure 21 : Extrait d'un synopsis

V-2-1-2. Répartition des activités des élèves pendant chaque phase

Dans une deuxième étape, nous découpons chaque phase en épisodes.

L'exploitation des synopsis et des transcriptions permet d'accéder à un découpage des différentes phases en épisodes montrant les tâches de chaque intervenant dans les séances de classe.

Nous appelons épisode, toute unité correspondant à une constance au niveau des activités mises en œuvre par les élèves et l'enseignant. Ces unités peuvent être délimitées par des événements qui déclenchent l'activité et se caractérisent par le maintien d'un même « environnement de travail » (Bisault & Berzin, 2009).

Une activité peut être déclenchée à travers une consigne orale ou écrite de la part de l'enseignant, l'introduction d'un nouveau support didactique (matériel d'expérimentation, document écrite...) (Schneuwly, Dolz & Roveaux, 2006).

Nous avons choisi de repérer, pour chaque épisode (Figure 22), le nombre de tours de paroles pour l'enseignant et ses élèves pour étudier par la suite les orientations du professeur en termes d'organisation de la classe (travail coopératif, individuel...).

Episodes	Réalisation du premier montage et branchements (circuit série)	Prises des mesures	Réalisation du deuxième montage et prise de mesures
Durée	7'30''	8'52''	15'37''
Activités	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation du circuit par les élèves en groupes - L'enseignant contrôle et guide les élèves - L'enseignant rappelle des consignes d'ordres scientifiques et expérimentales - Ajoute pour chaque groupe une solution de NaCl dans l'électrolyseur - Intervention par l'enseignant au niveau de l'un des groupes pour modifier le branchement des différents éléments du circuit pour dépasser un problème non soulevé par les élèves. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'enseignant contrôle la manière de lecture sur le voltmètre et la déduction de la valeur de la tension aux bornes de chaque dipôle du circuit. - L'enseignant invite les élèves à rappeler la règle de déduction de la tension à partir de la lecture sur le voltmètre. - Guidage permanent des élèves dans la prise des mesures par l'enseignant. - L'enseignant demande aux élèves d'un groupe de reprendre les mesures une fois il a constaté des erreurs. - Il apporte parfois d'autres appareils de mesure de la salle de collection (chaque fois qu'il constate un dysfonctionnement d'un appareil) 	<ul style="list-style-type: none"> - L'enseignant explique aux élèves le mode de branchement. - Les élèves réalisent le circuit demandé en s'appuyant sur le schéma fourni dans la fiche TP. - L'enseignant guide les élèves lors de la réalisation du montage. - L'enseignant vérifie avec les élèves des différents groupes les mesures effectuées. L'enseignant invite ses élèves à dégager une relation entre les différentes tensions mesurées.
Nombre de tours de paroles	P : 5 E : 4 (toujours des interventions sous formes de réponses aux questions posées par l'enseignant ou des demandes d'aide expérimentale.	P : 10 E : 7	P : 25 E : 24

Figure 22 : extrait d'une répartition des phases en épisodes

V-2-2. Analyse des séances observés

Nous réalisons les analyses des déroulements des différentes séances observées sur la base des transcriptions, en nous référant dans les cas nécessaires aux enregistrements vidéo et audio, aux synopsis préparés et aux différentes répartitions des activités réelles des enseignants et des élèves.

Dans une première étape, nous menons une analyse sur l'ensemble des épisodes, de chaque séance, afin de tirer des renseignements sur l'organisation du travail en classe.

Ensuite, nous procédons à une analyse approfondie de chacune des épisodes repérés, pour en tirer les activités déployées par les élèves, ainsi que celles déployées par l'enseignant, en relation avec les tâches prescrites identifiées dans l'analyse a priori des fiches de TP. Il s'agit ici de repérer les formes de travail avec leur répartition horaire, les interventions de l'enseignant auprès des élèves, son rôle dans l'institutionnalisation du savoir, comment il aide les élèves pour dépasser les difficultés, l'initiative qu'il laisse aux élèves, les aides qu'il apporte lors de chaque épisode de la leçon pour identifier finalement « qui prend en charge les différentes adaptations identifiées dans l'analyse a priori » (Chesnais, 2009, p. 109).

Nous analysons également les échanges entre les enseignants et les élèves lors des différentes séances observées. Cette analyse est faite sur deux niveaux :

- un niveau local : analyse des aides en relation avec la tâche sur laquelle les élèves travaillent : par exemple, les informations sous forme de savoir ou de savoir-faire que l'enseignant peut donner dans le but de simplifier la tâche, « des encouragements, des conseils généraux ou des rappels à l'ordre » (Robert & Rogalski, 2002, p. 511) ;
- un niveau global : à ce niveau, il s'agit de repérer si l'enseignant apporte des aides avant ou après les activités des élèves. « Selon les cas, l'aide peut contribuer à compléter, valider ou clore un travail ou, au contraire, le préparer. De plus, il s'agit de repérer la fréquence des différentes aides, et ainsi ce qui est valorisé, en distinguant une aide exceptionnelle, une aide régulière, à laquelle l'élève s'attend, voire une aide répétée à l'identique » (ibid, 2002, p. 511).

V-3. Les actions de formation

L'enregistrement vidéo et les productions des enseignants (scénarios construits selon une démarche de types investigation) recueillies à l'occasion des deux formations, seront exploités lors de l'analyse des pratiques des deux enseignants pour inférer les évolutions qui marquent les pratiques des deux enseignants suite à la mise en place des séances d'enseignement fondées sur l'investigation.

V-4. Les entretiens d'auto-confrontation

L'enregistrement audio des différents entretiens, nous a permis de transcrire les différentes interventions, commentaires et éclaircissements apportés par les enseignants. Ces différentes transcriptions nous permettent dans la partie réservée aux analyses, à travers une analyse à la main, d'inférer certaines contraintes en relation avec les dimensions institutionnelle, sociale et personnelle.

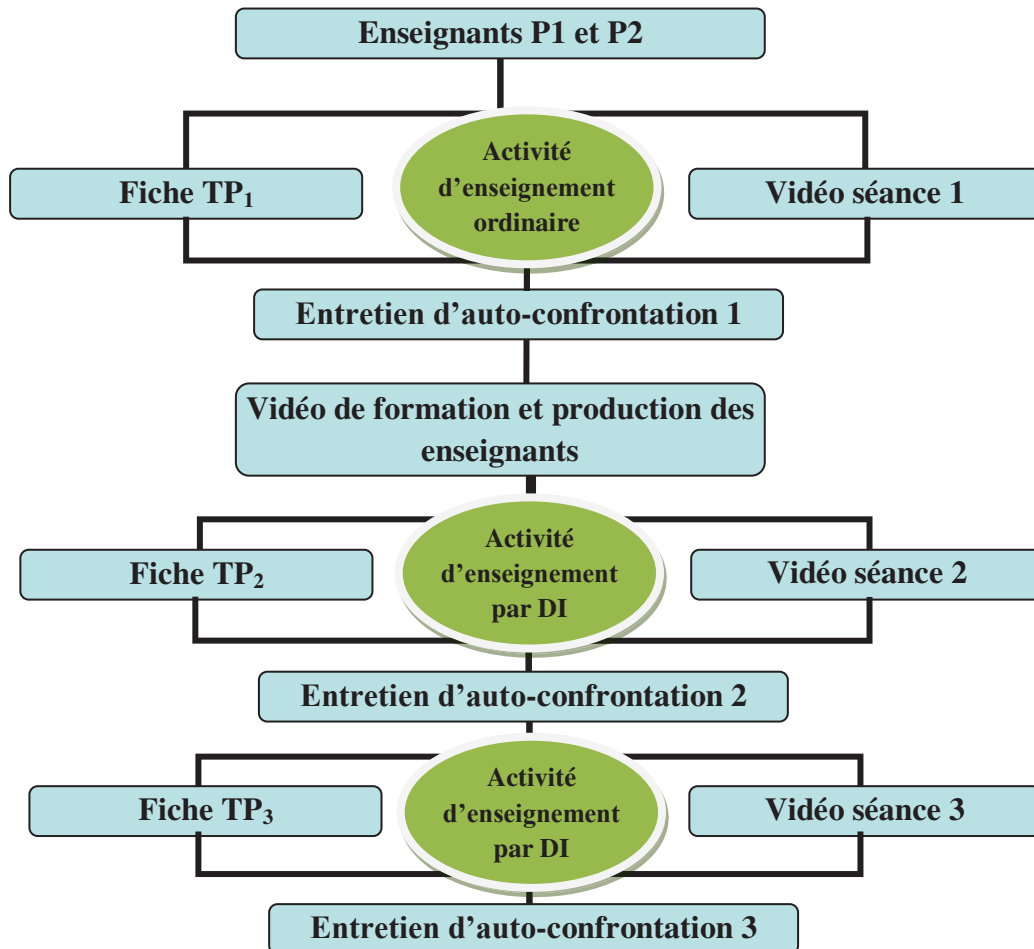
Cette analyse se base sur ce qui est déclaré par les deux enseignants pour tirer des éclaircissements en relation avec quelques éléments des fiches de TP et des déroulements de classes.

En se référant aux transcriptions des différents entretiens, nous relevons les déclarations, les commentaires et les éclaircissements avancées par les enseignants et nous procédons à leur catégorisation selon les dimensions de la double approche didactique et ergonomique, pour les exploiter par la suite dans la compréhension de certaines logiques d'action et les contraintes du métier.

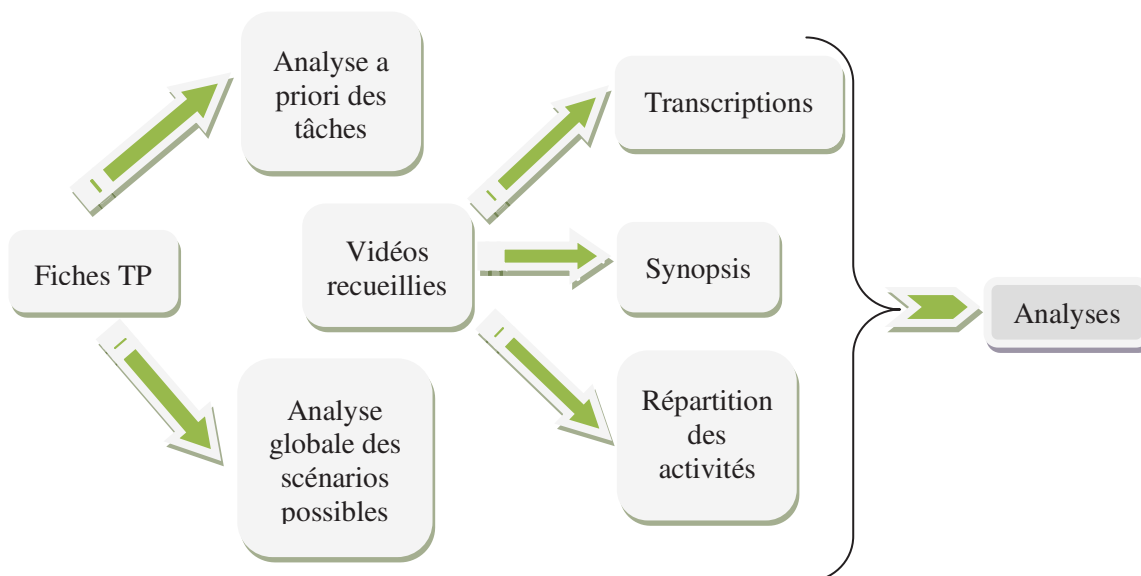
VI- Résumé de la méthodologie

Dans les organigrammes suivants, nous synthétisons la méthodologie que nous adoptons dans notre recherche

VI-1. Recueil des données



VI-2. Traitement des données



Chapitre 6 : Résultats des analyses

Plan du chapitre 6

I. LES SCÉNARIOS POTENTIELS DES DEUX ENSEIGNANTS

I-1 LES SCÉNARIOS POTENTIELS DE L'ENSEIGNANT P1

I-1-1 Première séance

I-1-2 Deuxième séance

I-1-3 Troisième séance

I-2 LES SCÉNARIOS POTENTIELS DE L'ENSEIGNANT P2

I-2-1 Première séance

I-2-2 Deuxième séance

I-2-3 Troisième séance

II. LES DÉROULEMENTS DES SÉANCES DE CLASSES

II-1 LES DÉROULEMENTS DE P1

II-1-1 Première séance

II-1-2 Deuxième séance

II-1-3 Troisième séance

II-2 LES DÉROULEMENTS DE P₂

II-2-1 Première séance

II-2-2 Deuxième séance

II-2-3 Troisième séance

Étude comparative des séances observées en référence aux étapes de la démarche d'investigation

III. CONCLUSION

Nous présentons dans ce chapitre les résultats des différentes analyses retenues à partir des scénarios préparés par les enseignants, des déroulements des séances de classes et des entretiens d'auto-confrontation post-séances. La triangulation des différents résultats permet de tirer les logiques d'action des enseignants et les déterminants de leurs pratiques.

I. Les scénarios potentiels des deux enseignants

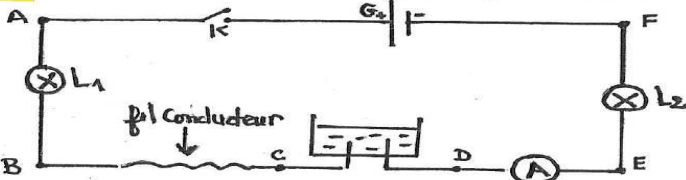
Dans cette partie, nous analysons les fiches de TP des deux enseignants, à travers le repérage des différentes tâches, leurs natures, les adaptations nécessaires, si elles existent, et les activités attendues. Ce repérage nous permet par la suite de dégager l'itinéraire cognitif de chacun des deux enseignants.

I-1 Les scénarios potentiels de l'enseignant P₁

I-1-1 Première séance

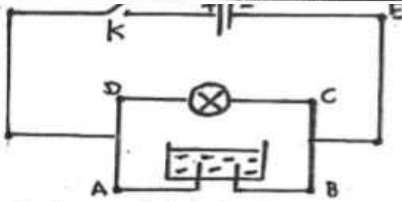
La fiche de TP de la séance ordinaire portant sur la loi de distribution des tensions électriques dans un circuit électrique est constituée de deux pages comportant des espaces à remplir par l'élève. La partie réservée à l'étude expérimentale comporte deux schémas d'expériences que les élèves sont invités à réaliser. Par la suite, il est demandé aux élèves de mesurer les tensions électriques aux bornes des différents dipôles constituant les circuits ainsi réalisés (figure 23).

-Etude expérimentale
 * **Expérience n°1** (cas d'un circuit série)
 - réaliser le circuit électrique schématisé par la figure -1- suivante:



réglé le générateur sur la tension $U_0 = \dots\dots\dots$ V, et fermé le circuit électrique
 brancher convenablement un voltmètre aux bornes de chaque dipôle, et mesurer sa tension, puis compléter le tableau de mesure suivant :

dipôle	électrolyseur	ampèremètre	Lampe L ₁	Fil conducteur	Lampe L ₂
Tension U(.....)	U _{.....} =.....	U _{.....} =.....	U _{.....} =.....	U _{.....} =.....	U _{.....} =.....



réglé le générateur sur la tension $U_0 = \dots\dots\dots$ v, et fermé le circuit électrique
 brancher convenablement un voltmètre aux bornes de chaque dipôle, et mesurer sa tension puis compléter le tableau de mesure suivant :

dipôle	électrolyseur	Lampe L
Tension U (.....)	U _{.....} =	U _{.....} =

Figure 23 : extrait de la fiche de TP de P1 (phase expérimentale)

L'étude expérimentale est suivie d'une interprétation dans laquelle il est demandé aux élèves

Résultats des analyses

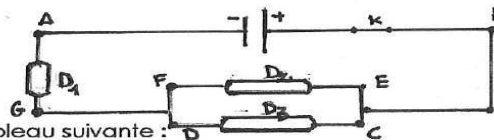
de trouver une relation entre les différentes tensions mesurées. Cette partie de la fiche débouche sur une généralisation dans laquelle les élèves sont invités à énoncer une loi traduisant la relation entre les différentes tensions aux bornes des dipôles constituant une maille.

La dernière partie de la fiche est réservée à une application directe de la loi énoncée, dans une situation nouvelle présentée sous forme d'un récit, comme l'indique l'extrait de la figure 24.

II-Exemple d'application

Astérix et Obélix réalisent le circuit électrique schématisé par la figure ci-contre.

Alors qu'Astérix profite de l'absence d'Obélix et mesure les tensions aux bornes de chaque dipôle et note les résultats de mesure sur le tableau suivant :



Dipôle	G	D1	D2	D3
Tension U (V)	24	12	15	12

1-) Représenter les tensions électriques ci-dessous sur le schéma du circuit électrique ci-dessus, et préciser leur signes.

U_{AB}.....U_{FE}.....U_{CD}.....U_{AG}.....

2-) indiquer le nombre de voltmètres qu'on est besoin pour mesurer les tensions électriques aux bornes des dipôles électriques insérés dans ce circuit au même temps, et les représenter.

3-) Obélix se moque de Astérix, et assure qu'il a fait une erreur, laquelle ? et justifier.

Figure 24 : extrait de la fiche TP de P1 (phase de mobilisation)

L'analyse globale du scénario possible de P₁ (document 1 en annexe) montre que les tâches prescrites sont de différentes natures. La grande part de ces tâches est réservée à l'aspect expérimental (50 %) conformément aux instructions officielles du programme (figurant en annexe, dans le document 1) qui recommandent aux enseignants de recourir à des activités expérimentales pour amener l'élève à vérifier et appliquer la loi des mailles. Les autres tâches sont réparties équitablement entre la recherche, la représentation, la preuve et la reconnaissance d'erreur.

Les tâches T²¹_{I1}, T_{I2}, T_{I3} et T_{I4} (tableau 31 de l'annexe) portent sur le côté expérimental. A travers les tâches T_{I1} et T_{I3}, les élèves sont invités à réaliser des circuits électriques (en série et en parallèle). Ces deux tâches peuvent être considérées comme simples et isolées tant qu'elles peuvent être exécutées en se référant au schéma du circuit indiqué dans la fiche TP et qu'elles ne nécessitent pas des adaptations. A partir de ces tâches, nous nous attendons à ce que les élèves procèdent aux branchements des différents éléments électriques figurant dans les circuits sans avoir besoin d'aide de la part de l'enseignant.

Les tâches T_{I2} et T_{I4} portent sur la mesure des tensions aux bornes des différents éléments des circuits. Ce sont des tâches complexes du fait qu'elles nécessitent des adaptations de types A₁

²¹ I : numéro de la fiche TP ; 1 : numéro de la tâche

et A_2 . A partir de ces tâches, nous nous attendons à ce que les élèves procèdent avant chaque mesure aux choix du calibre adéquat du voltmètre et à l'application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de chacune des tensions mesurées.

Nous notons, dans cette partie de la fiche, que les tâches prescrites sont exprimées en termes des verbes d'action qui guident les élèves (*réaliser, régler, brancher, mesurer, ...*). Il nous semble que ce choix ne montre pas d'intention, de la part du professeur P_1 , de partir des propositions des élèves pour la constitution d'un circuit qui répond à l'objectif visé, ce qui pourra limiter les activités des élèves à une sorte d'exécution de consignes prescrites avec un certain guidage de la part de P_1 .

A travers la tâche T_{15} , nous attendons des élèves qu'ils établissent une relation mathématique entre les différentes tensions mesurées pour en déduire la loi visée par l'étude expérimentale. C'est une tâche qui nécessite une adaptation du type A_3 du fait que la recherche de la relation mathématique renvoie aux différentes mesures demandées dans les tâches T_{12} et T_{14} .

Dans les tâches T_{16} , T_{17} et T_{18} (tableau 31 de l'annexe), nous attendons de la part des élèves des activités de représentation des tensions et d'application de la loi établie. Ce sont des tâches qui renvoient dans leur exécution à des connaissances antérieures établies dans des séances précédentes ou lors de cette séance. Elles nécessitent donc des adaptations de types A_1 et A_3 . La tâche T_{18} se répartie entre l'identification de l'erreur qui figure dans l'application proposée et la preuve de cette erreur en s'appuyant sur les connaissances précédemment établies.

Finalement, l'analyse de la fiche TP montre que l'activité expérimentale n'est précédée par aucune problématisation et les tâches prescrites sont exprimées en termes des verbes d'action qui guident les élèves (*réaliser, régler, brancher, mesurer, ...*).

P_1 a une tendance à recourir à des tâches procédurales d'ordre expérimental et d'autres qui nécessitent la mobilisation de connaissances mathématiques parfois complexes (Kermen et Baroso, 2013). Celarépond aux consignes du programme. Cette fiche est construite d'une manière prototypique conformément au contenu du manuel scolaire²² de la classe enseignée, qui vise la découverte d'une loi physique à partir des résultats de l'étude expérimentale, avec une nouveauté dans la conception de l'application proposée à la fin de l'étude.

I-1-2 Deuxième séance

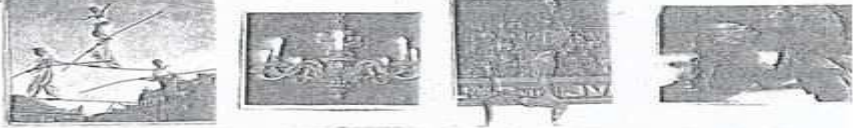
La fiche TP de la séance (de type DI et réservée à l'étude de l'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces) est constituée de trois pages comportant des espaces à remplir par

²² En Tunisie, un seul manuel scolaire est proposé par l'institution pour chaque niveau enseigné.

Résultats des analyses

l'élève. La partie réservée au déclenchement de la séance, préparé en collaboration entre l'enseignant P_1 et le chercheur, comporte un ensemble de situations illustrées par des schémas de différents corps en états de repos. À partir de ces situations, les élèves sont invités à donner une explication de la stabilité des corps, à travers la recherche et la représentation des forces qui s'exercent sur chaque corps (figure 25).


1- Condition
*** - activité -1-**
 On dispose les figures suivantes :



Comment peut-on expliquer la stabilité du corps dans chaque cas :

Les acrobates.....
 Les deux patineurs.....
 Le lustre.....

**** activité-2-**
 Dans l'eau de mer, le plongeur doit s'alourdir à l'aide d'une ceinture de plomb, et combinaison et son équipement (bouteilles d'air surtout) pour qu'il se coule au fond tout objet plongé dans un liquide paraît plus léger car le liquide le repousse vers le haut annule une partie de son poids.



1- pourquoi le plongeur peut
 * couler au fond du liquide.....
 * flotter a la surface d'un liquide


2- Préciser les forces qui s'exercent sur le plongeur.....

3- Compléter le tableau suivant, et préciser la condition pour laquelle le plongeur surface avec partie immergée et une partie émergée.

force	Point d'application	Direction	Sens
F_1			
F_2			

4- Représenter ces forces et déduire leur somme.....
 5- Comparer ces forces.....

**** activité-2-**
 Une scène familière amusante : Un homme essaie de faire avancer un âne rétif, il l'accroche a une corde lie a un anneau placée au point A, et le tire. Voir figure suivante :



1- Que pouvez-vous dire :
 * Si l'homme fait avancer l'âne vers lui.
 On dit que l'homme que l'âne et l'anneau

* Si l'homme n'arrive pas a faire bouger l'âne.
 On dit que les deux : l'homme et l'âne sont et que l'anneau est.....

2- Préciser les forces qui s'exercent sur l'anneau en A.....

3- Compléter le tableau suivant, et préciser la condition pour laquelle l'anneau reste-elle a sa position.

force	Point d'application	Direction	Sens	valeur
F_1				
F_2				

4- Représenter ces forces et déduire leur somme.....
 5- Comparer ces forces.....

Figure 25 : Situations de déclenchement

La deuxième partie de la fiche est réservé à une étude expérimentale, dans laquelle les élèves sont invités à proposer un dispositif expérimental, permettant de vérifier la condition de

Résultats des analyses

stabilité des corps étudiés dans la première partie, et de représenter, à l'échelle, les forces qui s'exercent sur le corps choisi dans le dispositif. Par la suite, il est demandé aux élèves de tirer la condition d'équilibre pour un solide soumis à l'action de deux forces (figure 26).

*** Etude expérimentale

- dispositif expérimental
Choisir le matériel nécessaire pour vérifier cette condition et schématiser le dispositif expérimental.

.....

.....

- exploitation des mesures
1- Schématiser les forces qui s'exercent sur le corps considéré en respectant l'échelle correspondante.

2- Que constatez-vous ?

.....

3- Que conclure-t-on ?

.....

Figure 26 : Etude expérimentale

Dans la dernière partie, l'enseignant propose à ses élèves l'étude d'un exemple d'application (figure 27).

II- Exemple d'application

Une bobine cylindrique de cuivre, de masse $m = 1,2 \text{ Kg}$ posé en équilibre sur un plan horizontal où la valeur du champ de pesanteur g est $\|g\| = 9,8 \text{ N.Kg}^{-1}$

1-) faire l'inventaire des forces exercées sur la bobine.

.....

2-) préciser les caractéristiques de la force exercée par le plan horizontal sur la bobine

Force	Point d'application	Direction	Sens	Valeur

.....

Figure 27 : Phase de mobilisation

L'analyse globale du scénario possible (document 2 en annexe) montre que les tâches prescrites sont réparties entre la recherche, la représentation, la preuve et l'identification en plus des tâches d'ordre expérimental. Ces dernières constituent, à côté des tâches de représentation, la grande partie du scénario (27,3 % pour chacune d'elles) conformément aux recommandations du programme qui incitent les enseignants à amener l'élève, à travers une étude expérimentale, à établir la condition d'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux

forces et à exploiter, par la suite, cette condition pour expliquer le fonctionnement pratique de certains dispositifs (dynamomètre droit..).

Les tâches T_{II1} , T_{II2} , T_{II3} et T_{II4} (tableau 32 en annexe) permettent aux élèves, à travers leurs exécutions, de donner une explication de l'état de repos des corps qui figurent dans les situations de déclenchement.

Nous considérons que la première tâche est simple et isolée car elle ne nécessite aucune adaptation. Elle permet de travailler sur les conceptions initiales des élèves et de donner des hypothèses explicatives, sur lesquelles les élèves pourront par la suite accéder à des protocoles possibles pour mener une investigation permettant de confirmer ou infirmer les hypothèses émises. Cependant, il nous semble que les tâches T_{II2} , T_{II3} et T_{II4} ne laissent aucune possibilité de dévolution du problème qui découle des situations de déclenchement. En effet, demander aux élèves de faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur chacun des corps, les représenter et par la suite les comparer, constitue une anticipation des résultats qui devront être dégagés de l'investigation, dont l'objectif essentiel est la vérification des hypothèses et l'institutionnalisation du savoir.

A travers ces tâches, qui nécessitent une adaptation du type A_1 , nous nous attendons à ce que les élèves arrivent à identifier les forces exercées sur le plongeur (dans l'activité 2) et l'anneau (dans l'activité 3), déterminer leurs caractéristiques, les représenter et les comparer, pour pouvoir dégager la condition avec laquelle chacun des deux corps reste au repos.

Dans la partie réservée à l'étude expérimentale, la fiche de TP comporte deux tâches d'ordre expérimental T_{II5} et T_{II6} (tableau 32 de l'annexe), dont la première consiste à proposer un dispositif expérimental permettant de vérifier les résultats trouvés dans les deux activités 1 et 2. C'est une tâche non isolée qui nécessite une adaptation du type A_1 , du fait que les élèves doivent se rappeler du principe de fonctionnement d'un dynamomètre, l'un des éléments essentiels qui pourrait être proposé dans le dispositif demandé. A travers la tâche T_{II6} , nous attendons que les élèves tirent une représentation, à l'échelle, des deux forces exercées sur le corps choisi dans l'étude expérimentale. Les connaissances visées à travers cette tâche se rapportent aux caractéristiques des deux forces, dans le but de les comparer et d'en déduire la condition pour laquelle le solide étudié reste en état de repos sous l'effet de ces deux forces. Encore une fois, il s'agit d'une tâche complexe qui nécessite des adaptations de types A_1 et A_2 , étant donné que l'exécution d'une telle tâche se fait à partir de la reconnaissance des différentes caractéristiques d'une force et l'utilisation des appareils de mesures de la valeur d'une force.

Résultats des analyses

Dans la partie suivante de la fiche, les élèves sont invités à travailler sur la tâche T₁₁₇, qui consiste à retrouver une relation entre les deux forces représentées et d'en déduire la condition d'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces. C'est une tâche complexe qui s'appuie d'une part sur une adaptation du type A₃, du fait que son exécution revient à exploiter les résultats trouvés dans la partie expérimentale et, d'autre part, sur une adaptation du type A₁, étant donné que l'élève doit se rappeler des connaissances mathématiques relatives à deux vecteurs directement opposés qui doivent être de direction identique, de sens opposés et d'égale normes, à côté de la somme vectorielle de deux vecteurs forces directement opposés. Nous nous attendons à ce que les élèves dégagent, à partir des résultats expérimentaux, une comparaison entre les caractéristiques des forces et tirent une condition vectorielle entre ces vecteurs forces, ce qui leur permet par la suite de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse émise dans la première partie de l'étude.

Dans la dernière partie de la fiche de TP, l'enseignant propose une tâche à travers laquelle les élèves arrivent à mobiliser le savoir institutionnalisé. C'est une tâche complexe qui nécessite deux adaptations de types A₁ et A₃, puisque les élèves doivent se rappeler du poids d'un corps

(direction, sens et expression de la norme $\|\vec{P}\| = m \|\vec{g}\|$) et exploiter la condition d'équilibre

déjà établie, pour en déduire les caractéristiques inconnues d'une autre force. Nous nous attendons à ce que les élèves procèdent à la représentation du vecteur force relatif au poids du solide étudié pour en déduire une représentation du vecteur force relative à la force exercée par le plan sur ce solide, pour dégager les caractéristiques de cette force inconnue.

En se référant au contenu de la fiche, nous portons dans le tableau qui suit une comparaison entre la démarche proposée par l'enseignant dans cette fiche avec les étapes de la démarche d'investigation.

Démarche proposée	Étapes de la démarche d'investigation
Proposition de quelques « figures » illustrant des situations de déclenchement	Choix d'une situation problème
« Expliquer » la stabilité du corps dans chaque cas	Appropriation du problème par les élèves
Proposer la « condition » de stabilité des corps « Choisir » le matériel nécessaire pour vérifier la condition proposée	Formulation d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles
Réaliser l'expérience et schématiser les forces, en respectant l'échelle	Investigation ou résolution du problème conduite par les élèves

Résultats des analyses

Que constatez-vous ? en se référant à ce qui a été schématisé	Échange argumenté autour des solutions élaborées
Que conclure ? à partir des résultats trouvés	Acquisitions et structuration des connaissances
« Application » des connaissances dans une nouvelle situation	Opérationnalisation des connaissances

Tableau 12 : comparaison entre la démarche proposée par P1 dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation, inspirée de Venturini et Tiberghien (2012)

Le contenu du tableau, montre que la fiche de TP est construite dans une logique qui permet aux élèves de partir d'une série de situations concrètes, pour arriver, à travers des activités allant de la discussion à l'expérimentation, à dégager une loi décrivant la relation entre deux forces qui s'exercent sur un solide en état d'équilibre, conformément aux objectifs du programme (2010, p. 19).

La démarche proposée par l'enseignant, montre une certaine similitude avec les étapes de la démarche d'investigation (MEN, 2007). Cependant, nous dégagons de ce tableau trois constatations. La première est en relation avec l'étape d'appropriation du problème par les élèves. Nous notons dans la fiche une tâche d'explication à propos de la stabilité des corps qui figurent dans les images proposées, qui pourrait induire dans les activités réelles des élèves une tendance à la recherche d'une loi régissant cette stabilité, au lieu de la recherche de questions, suite à une discussion collective entre les élèves au sein de chaque groupe, qui s'impose à partir des situations proposées. La deuxième concerne la demande de proposition d'une « condition » qui explique la stabilité des corps. Nous pensons ici que l'enseignant confond entre les concepts « condition » et « hypothèse ». Cette constatation renforce ce que nous venons de dégager de la première car la tâche de formulation d'une condition sur la stabilité d'un corps, peut renvoyer à la recherche d'une loi qui régit cette stabilité, ce qui peut provoquer un chevauchement entre les étapes de la leçon. La troisième constatation concerne l'absence de lien entre la proposition d'hypothèses explicatives et les nouvelles connaissances construites, dans l'étape de structuration des connaissances. Nous expliquons ceci par l'absence de tâches invitant les élèves à la recherche de questions qui découlent des situations de déclenchement et la proposition d'hypothèses répondant provisoirement à ces questions, ce qui peut provoquer l'absence de retour sur ces hypothèses, par confirmation ou infirmation, à travers l'exploitation des connaissances institutionnalisées. Ce qui nous amène à se poser des questions sur le niveau de compréhension de P₁ sur la démarche scientifique expérimentale et éventuellement sur la démarche d'investigation.


I-1-3 Troisième séance

La fiche de TP de la séance (il s'agit d'une reprise de la première séance sous forme de démarche d'investigation et réservée à l'étude de la loi de distribution des tensions électriques dans un circuit électrique) est constituée de quatre pages comportant des espaces à remplir par l'élève. La partie réservée au déclenchement de la séance (préparée en collaboration entre P₁ et le chercheur) comporte deux situations illustrées par des photos. Dans ces deux activités, les élèves sont invités à tirer les questions qui se posent à propos de ces situations, à proposer de l'aide aux deux conducteurs suite à une panne au niveau du phare dans la voiture du premier et à une défaillance d'éclairage dans le scooter du second conducteur et à proposer un dispositif expérimental permettant de répondre à ces questions (figure 28).

*** activité -1-**

Un phare en panne

La voiture de Paul a le phare avant gauche grillé. Il doit absolument procéder à sa réparation. La lampe à changer est vieille et plus aucune inscription n'est lisible. Malheureusement, Paul n'est pas bon bricoleur ; aussi, parmi les lampes de remplacement dont il dispose dans sa voiture, il hésite à utiliser celle sur laquelle est indiquée 12V de peur de faire une bêtise !!!! Sauras-tu l'aider à faire le bon choix sachant que sa batterie délivre une tension de 12 V ?



Consignes :

1 - Quelle question devrait se poser tout bon électricien avant de brancher la nouvelle lampe ?

.....


.....

2 - Propose une expérience qui permette de répondre à cette question. Le compte-rendu devra comporter un schéma du montage réalisé, un tableau des mesures faites et d'une conclusion

*** activité -2-**

Un scooter à réparer

L'article R416-17 du code de la route oblige les motocyclettes et les cyclomoteurs à circuler avec les feux de croisement allumés de jour comme de nuit et ce, pour une question de sécurité évidente : être vu ! Le fait de ne pas respecter cette obligation est puni d'une amende de seconde classe (de 22 € à 150 €) Le scooter de Paul ne dispose que d'un seul phare centra à l'avant mais celui-ci est grillé. En plein jour, il ne peut pas se rendre compte de la panne !!! Le seul moyen d'être prévenu est un témoin lumineux (= petite lampe) situé à côté du compteur de vitesse, qui s'éteint lors d'une défaillance de l'éclairage. Paul part acheter une nouvelle lampe mais hésite entre deux : l'une ayant une tension nominale de 6V, l'autre de 12V. Sauras-tu l'aider à faire le bon choix sachant que sa batterie délivre une tension de 12 V ?



Consignes :

1 - À quelles conditions les deux lampes (témoin et phare) brillent-elles normalement

.....

.....

2 - Propose une expérience qui permette de réaliser ces conditions. (Le compte-rendu devra comporter un schéma du montage réalisé, un tableau des mesures faites et d'une conclusion qui puisse guider Paul dans son choix).

Figure 28 : extrait de la fiche TP de P₁ (troisième séance)

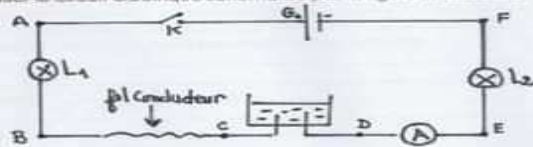
La deuxième partie de la fiche est réservée à une étude expérimentale, dans laquelle l'enseignant propose aux élèves des tâches d'ordre expérimental qui consiste à réaliser, dans une première étape, un circuit série, à partir de son schéma, et de mesurer, à l'aide d'un voltmètre, les tensions aux bornes des dipôles constituant le circuit et de tirer une conclusion.

Résultats des analyses

Dans une deuxième étape, il est demandé aux élèves de réaliser un circuit en parallèle, de mesurer les tensions aux bornes des dipôles du circuit et de tirer une conclusion (figure 29).

I-Étude expérimentale

* **Expérience n°1** (cas d'un circuit série)
- réaliser le circuit électrique schématisé par la figure -1- suivante:



- régler le générateur sur la tension $U_0 = \dots\dots\dots$ V, et fermer le circuit électrique
- brancher convenablement un voltmètre aux bornes de chaque dipôle, et mesurer sa tension, puis compléter le tableau de mesure suivant :

Dipôle	générateur	ampèremètre	Lampe L1	Fil conducteur	Lampe L2
Tension U (.....)	U =	U =	U =	U =	U =

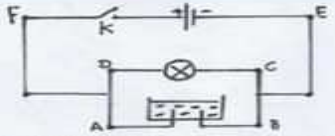
On constate que :

.....
.....

Conclusion

.....
.....

* **Expérience n°2** (cas d'un circuit en parallèle)
- réaliser le circuit électrique schématisé par figure-2- suivante :



- régler le générateur sur la tension $U_0 = \dots\dots\dots$ v, et fermer le circuit électrique
- brancher convenablement un voltmètre aux bornes de chaque dipôle, et mesurer sa tension puis compléter le tableau de mesure suivante :

dipôle	générateur	Lampe L1
Tension U (.....)	U =	U =

On constate que

.....
.....

Conclusion (.....)


.....
.....

Figure 29 : tâches expérimentales

Dans la dernière partie de la fiche, l'enseignant propose aux élèves deux nouvelles situations, dans lesquelles les élèves sont invités à mobiliser les connaissances qu'ils viennent de construire au terme de l'étude expérimentale (figure 30).

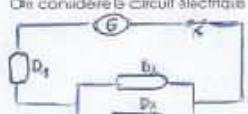
III-Exemples d'applications

-* **Exemple-1**-
Lors de la fête d'un collège, tu participes à un quiz. Ton équipe arrive à la dernière question, celle qui peut mener à la victoire. Mais pour faire gagner ton équipe, tu dois résoudre l'énigme suivante : On dispose d'un générateur, d'un moteur et de deux lampes ; comment les brancher pour que la tension aux bornes du générateur soit égale à celle du moteur, mais différente de la tension aux bornes de chaque lampe ?



.....
.....

-* **Exemple-2**-
On considère le circuit électrique schématisé par le schéma suivant :



Un élève a mesuré les tensions aux bornes des différents dipôles, et a noté ses résultats dans le tableau suivant :

dipôle	G	D1	D2	D3
tension U (v)	24	12	15	82

Son professeur lui assure qu'il a fait une erreur, laquelle et pourquoi ?

.....
.....

Figure 30 : situations d'applications

L'analyse globale du scénario possible (document 3 en annexe) montre que les tâches prescrites sont réparties entre la recherche, la reconnaissance d'erreur et l'expérimentation. La plus grande partie du scénario est construite autour des tâches de recherche (57 %). L'étude expérimentale proposée débouche sur l'institutionnalisation de la loi de distribution des tensions dans un circuit électrique, conformément aux instructions du programme officiel.

Dans la tâche T_{III1} (tableau 33 de l'annexe), les élèves sont invités à découvrir le problème qui découle de chacune des situations proposées et les questionnements qui peuvent être provoqués par ces situations de départ. C'est une tâche simple et isolée dont la résolution s'appuie essentiellement sur les conceptions initiales des élèves. Nous attendons des élèves qu'ils se rappellent de la notion de tension et mènent, entre eux, un débat sur le contenu de chaque situation pour découvrir le problème en lien avec chacune d'elles et les questions qui s'en suivent.

La tâche T_{III2} (tableau 33 de l'annexe) peut être subdivisée en deux sous-tâches. Nous considérons que la première est simple, tant elle ne nécessite aucune connaissance antérieure. Nous attendons, à travers cette sous-tâche, que les élèves mènent un débat autour des questionnements induits par les situations de départ pour proposer une réponse provisoire sous forme d'une hypothèse à vérifier par la suite. La deuxième sous-tâche, qui se rattache à la proposition de protocole possible, peut être considérée comme étant une tâche complexe, dont la résolution nécessite une adaptation du type A_2 car elle s'appuie sur des connaissances procédurales traitées antérieurement (branchement de circuits et des appareils de mesure). En travaillant sur cette sous-tâche, nous attendons des élèves qu'ils arrivent à proposer un circuit électrique et un mode de vérification des hypothèses émises par recours à la mesure des différentes tensions dans une maille et la recherche d'une relation mathématique reliant ces dernières.

Dans la partie réservée à l'étude expérimentale, l'enseignant propose dans la fiche de TP deux tâches T_{III3} et T_{III4} (tableau 33 de l'annexe). La première se rattache à la réalisation, dans une première étape, d'un circuit série comportant plusieurs dipôles, en partant d'un schéma proposé dans le scénario, puis, dans une deuxième étape, les élèves sont invités à réaliser un circuit en dérivation. La deuxième tâche consiste à utiliser un voltmètre pour mesurer les tensions électriques aux bornes des différents dipôles, dans les deux cas de circuits. Nous considérons que les deux tâches proposées sont complexes et nécessitent des adaptations de type A_1 et A_2 , du fait que le branchement d'un circuit électrique nécessite un savoir-faire étudié ultérieurement et que la tâche de mesurage nécessite un savoir-faire relatif à

Résultats des analyses

l'utilisation adéquate d'un voltmètre dans la mesure d'une tension électrique, à côté de la mobilisation de la relation mathématique ($U = \frac{\text{lecture} \times \text{calibre}}{\text{échelle}}$) dans la déduction de la valeur de la tension à partir des indications du voltmètre.

Dans cette partie de la fiche, nous soulevons deux éléments intéressants selon nous. Le premier se rattache à l'enchaînement suivi par l'enseignant dans la construction du scénario. En effet, la proposition de schémas des circuits que l'enseignant désire étudier avec ses élèves se contredit avec la sous-tâche relative à la proposition d'un protocole nécessaire à la phase d'investigation qui devrait être pris en charge par les élèves (même si l'enseignant a choisi, lors du déroulement, de ne pas mettre à la disposition des élèves la feuille contenant les circuits schématisés, qu'après avoir achevé l'étape de proposition de protocole). Ainsi, à travers ces schémas fournis, le travail d'investigation est devenu imposé par l'enseignant. Le deuxième élément se rattache aux verbes avec lesquelles sont formulées les questions dans l'étude expérimentale. Encore une fois, l'enseignant a recours à des verbes d'action (*régler, fermer, brancher, mesurer et compléter*), dans un choix qui pourrait provoquer un état de passivité chez les élèves et limiter par conséquent l'autonomie de ces derniers.

A travers la tâche T_{III5}, l'enseignant invite les élèves à tirer une conclusion à partir de l'exploitation et de l'interprétation des résultats des mesures. La formulation des tâches demandées nous semble ambiguë et la demande de formulation (*on constate que, conclusion*) d'une loi traduisant la distribution des tensions dans un circuit fermé n'est pas explicite. Nous considérons que cette tâche, qui nécessite l'exploitation des résultats expérimentaux et un raisonnement mathématique, est complexe. L'élève a donc besoin d'une adaptation du type A₃ pour mener cette tâche. A ce niveau de l'étude, nous nous attendons à ce que les élèves arrivent à dégager une relation mathématique (somme algébrique des tensions électriques dans une maille fermée) entre les tensions mesurées, à vérifier l'hypothèse retenue pendant l'étape de formulation d'hypothèses explicatives et à généraliser la loi des mailles.

Dans la partie réservée à la mobilisation des connaissances construites, l'enseignant propose deux tâches T_{III6} et T_{III7} (tableau 33 de l'annexe). À travers la première tâche, les élèves sont invités à chercher un branchement conforme à la situation proposée. Pour la deuxième tâche, il est demandé aux élèves d'identifier une erreur commise par un élève, lors d'une activité expérimentale consistant à mesurer les valeurs des tensions électriques aux bornes d'un ensemble de dipôles constituant un circuit mixte. La résolution des deux tâches nécessite une adaptation du type A₃. À travers ces deux tâches, nous attendons des élèves une exploitation de la loi des mailles, qui devrait être établie pendant la phase de structuration, dans le cas d'un

Résultats des analyses

circuit série et celui d'un circuit parallèle, pour chercher le branchement convenable et l'identification de l'erreur commise lors de mesures de tensions, en procédant à une comparaison des différentes valeurs de tensions trouvées.

En se référant au contenu de la fiche TP, nous portons dans le tableau qui suit une comparaison entre la démarche proposée par l'enseignant dans cette fiche avec les étapes de la démarche d'investigation.

Démarche proposée	Étapes de la démarche d'investigation
Proposition de deux « activités » de déclenchement, construites autour de deux situations concrètes	Choix d'une situation problème
« proposition » de question qui découle de chacune des deux situations proposées	Appropriation du problème par les élèves
« proposer » une expérience qui permet de répondre à la question qui se pose	Formulation d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles
« Réaliser » le circuit électrique schématisé « brancher » convenablement un voltmètre aux bornes de chaque dipôle et « mesurer » sa tension « compléter » le tableau de mesure	Investigation ou résolution du problème conduite par les élèves
« on constate que » : constatations tirées suite à l'échange à propos des résultats trouvés et des conclusions qui en découlent	Échange argumenté autour des solutions élaborées
« conclusion » : recherche d'une loi généralisant la loi des mailles	Acquisitions et structuration des connaissances
Exemples d'« application » dans lesquelles les connaissances structurées sont mobilisées	Opérationnalisation des connaissances

Tableau 13 : comparaison entre la démarche proposée par P₁ dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation

Le contenu du tableau, montre que la fiche de TP est construite d'une manière permettant aux élèves de partir de deux situations inspirées du quotidien des élèves, pour arriver, à travers des activités variées, à dégager la loi de distribution des tensions dans un circuit électrique fermé, conformément aux objectifs du programme (2010, p. 13).

La démarche proposée par l'enseignant révèle une certaine ressemblance avec les étapes de la démarche d'investigation (MEN, 2007). Toutefois, nous soulevons de ce tableau trois points. Le premier se rattache à la formulation d'hypothèses : nous notons l'absence de tâche invitant

les élèves à la formulation d'hypothèses explicatives, en réponse provisoire à la question qui découle des situations de déclenchement proposées. L'enseignant se contente dans cette étape de la demande de proposition de protocole possible. Le deuxième point qui attire notre attention est en relation avec le protocole expérimental exploité dans l'étape de l'investigation : l'enseignant procède dans la fiche de TP à l'imposition d'un protocole expérimental avec des schémas prêts, après avoir demandé aux élèves de proposer une expérience possible qui répond à la question résultant des situations de départ. Nous pensons qu'il pourrait être plus pertinent de partir des propositions et de mener, collectivement, un échange autour d'elles afin de les affiner. Dans le dernier point, nous notons que les étapes de l'échange argumenté autour des solutions élaborées et la structuration des connaissances sont imbriquées. Pour plus de clarté dans la structuration du scénario, nous pensons qu'il serait nécessaire d'ajouter une rubrique consacrée à l'étape de structuration des connaissances dans laquelle la tâche d'institutionnalisation de la loi visée sera plus claire.

I-2 Les scénarios potentiels de l'enseignant P2

I-2-1 Première séance

La fiche de TP de la séance ordinaire préparée par P₂ portant sur la caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur est constituée de deux pages, comportant des espaces à remplir par l'élève.

Dans la première partie, l'enseignant propose une étude expérimentale dans laquelle les élèves sont invités à effectuer une représentation schématique du circuit d'étude et à la réalisation du dispositif expérimental. Ensuite, il est demandé aux élèves d'effectuer une série de mesures de la tension électrique U entre les bornes du générateur en fonction de l'intensité du courant électrique I qui circule dans le circuit et de tracer par la suite la caractéristique intensité-tension $U = f(I)$ de la pile utilisée (figure 31).

I- la caractéristiques intensité-tension de la pile :

1) Expérience :

On réalise le circuit comportant en série une pile plate ; un rhéostat ; un interrupteur et un ampèremètre. Un voltmètre est branché aux bornes de la pile.

2) Pour différentes valeurs de la résistance du rhéostat, on relève un ensemble de couples de mesures (I ;U) regroupés dans le tableau suivant :

$I(A)$	0					
$U(V)$						

3) Traçage de la caractéristiques intensité-tension de la pile : C'est la courbe $U = f(I)$.

Figure 31 : extrait de la fiche TP de P₂ (phase expérimentale)

La deuxième partie de la fiche est réservée à un travail d'exploitation de la courbe $U = f(I)$, pour la recherche des grandeurs caractéristiques de la pile (force électromotrice E et résistance interne r). Cette étude débouche sur l'énoncé de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur (figure 32).

III- Enoncé de la loi d'Ohm relative à un générateur réel :

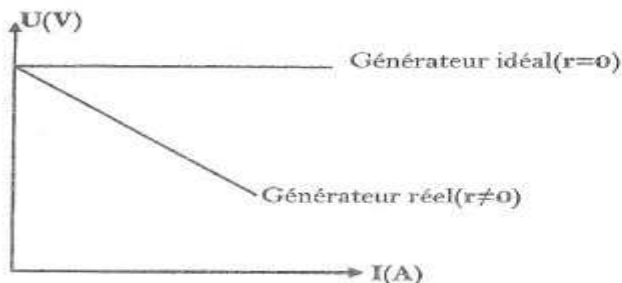
La tension U mesurée aux bornes d'un générateur réel qui débite une intensité I est égale à sa force électromotrice E diminuée de la chute de tension ohmique r.I dans sa résistance interne r.

$$U = E - r.I$$

$$(V) \quad (V) \quad (\Omega)(A)$$

Remarque :

Un générateur est dite idéal si sa résistance interne est nulle ($r = 0$) : $U=E=constante$



Conclusion :

- Un générateur est caractérisé par sa f.é.m.E et sa résistance interne r.

-La loi d'Ohm relative à un générateur.

$$U = E - r.I$$

$$(V) \quad (V) \quad (\Omega)(A)$$

Figure 32 : extrait de la fiche TP de P₂ (phase d'institutionnalisation du savoir)

L'analyse globale du scénario possible de P₂ (document 4 en annexe) montre que les tâches prescrites sont réparties selon quatre types. La plus grande part de ces tâches est réservée à l'aspect expérimental (50 %), conformément aux instructions officielles du programme (figurant dans le document 4 en annexe) qui recommandent aux enseignants d'étudier expérimentalement l'évolution de la tension aux bornes d'un générateur en fonction de

l'intensité du courant qu'il débite. Les autres tâches se rattachent à la recherche, la représentation, et la reconnaissance de type de générateur à partir de l'allure de la caractéristique.

Les tâches T'_{11} , T'_{12} et T'_{13} (tableau 34 en annexe) portent sur l'aspect expérimental. La première tâche peut être considérée comme simple et isolée car elle peut être exécutée sans avoir recours à des adaptations. Cependant, une représentation du circuit, qui fait partie d'un registre d'illustration (Malonga et Beaufils, 2010), pourrait faciliter la tâche demandée. Nous nous attendons à ce que les élèves réalisent les branchements des différents éléments électriques figurant dans les circuits sans avoir besoin d'aide de la part de l'enseignant.

À travers la tâche T'_{12} , il est demandé aux élèves de réaliser une série de mesures des couples (intensité, tension), sans pour autant expliciter dans la consigne la manière avec laquelle ces grandeurs physiques doivent être mesurées. Cela rend la tâche complexe et nécessite une adaptation du type A_2 , du fait que les élèves doivent mobiliser des connaissances procédurales, étudiées ultérieurement, en relation avec la procédure d'exploitation des ampèremètres et des voltmètres dans une activité de mesurage. Nous attendons de la part des élèves un choix adéquat des calibres et une application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de la tension électrique, ainsi que de l'intensité du courant électrique, en se référant à la lecture de la déviation des aiguilles de l'ampèremètre et du voltmètre.

Pour la tâche T'_{13} , nous attendons des élèves une exploitation des résultats des mesures dans le traçage de la caractéristique intensité-tension du générateur. L'activité de traçage attendue traduit le passage du registre physique à un registre graphique. La caractéristique qui devrait être une droite affine, n'est pas connue à l'avance par les élèves. Il est attendu que les élèves, lors de l'activité de traçage, transforment les nombres obtenus par les différentes mesures faites en points et transforment également les points obtenus en une courbe. Cependant, la série de points obtenus à partir des différents couples (I, U) ne sont pas nécessairement alignés. Cela nécessite donc probablement une intervention de la part de l'enseignant pour inviter les élèves à relier le maximum de points sous forme d'un segment de droite afin d'obtenir la caractéristique attendue et pour expliquer l'écart d'alignement, en le reliant aux erreurs des mesures et au matériel expérimental. La tâche T'_{13} est donc une tâche complexe nécessitant une intervention de l'enseignant.

Les tâches T'_{14} , T'_{15} et T'_{16} (tableau 34 en annexe) portent sur la recherche et la reconnaissance. Les tâches T'_{14} et T'_{15} sont des tâches complexes qui nécessitent des adaptations de types A_1 et A_3 du fait que la recherche d'un modèle de la tension aux bornes

d'un générateur se fait, d'une part par exploitation des résultats des mesures et de la caractéristique obtenue et, d'autre part, à partir de l'exploitation des connaissances déclaratives du registre algébrique (équation d'une fonction affine) et des connaissances procédurales (détermination du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine d'une droite affine) étudiées précédemment.

A partir de ces deux tâches, nous attendons des élèves, par recours aux résultats de l'expérience, la détermination des grandeurs caractéristiques d'un dipôle générateur, ainsi que l'établissement de la loi d'Ohm relative à un tel type de dipôle.

A partir de la tâche T'_{I6} , il s'agit d'amener les élèves à reconnaître le type de dipôle générateur à partir de la forme de sa caractéristique. C'est une tâche qui nécessite une adaptation du type A_3 car elle nécessite dans son exécution l'exploitation de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur établie dans le paragraphe précédent.

L'analyse du scénario possible de P_2 montre donc une tendance répondant aux consignes du programme qui incite à exploiter l'expérience dans l'établissement de la loi d'Ohm relative à un générateur et d'en tirer la linéarité et le caractère actif de ce type de dipôle. Nous pensons que ce scénario est aussi construit d'une manière prototypique analogue à celle qui figure dans le manuel scolaire de la classe enseignée.

Nous notons l'absence d'articulation entre la tâche de mesurage et la tâche de traçage de la caractéristique intensité-tension du générateur. Par ailleurs, l'objectif du passage du registre physique au registre graphique n'est pas explicite.

I-2-2 Deuxième séance

La fiche TP de la séance préparée par P_2 (sous la forme de DI et portant sur la réflexion de la lumière) est constituée de trois pages comportant des espaces à remplir par l'élève. La partie réservée au déclenchement de la séance (préparée en collaboration entre P_2 et le chercheur) comporte deux situations, l'une présentée sous la forme d'une bande dessinée, et l'autre formulée sous forme d'une énigme à résoudre. Dans ces deux activités, les élèves sont invités à répondre à la question posée dans la première situation et à proposer de l'aide au personnage de la situation énigmatique (figure 33).

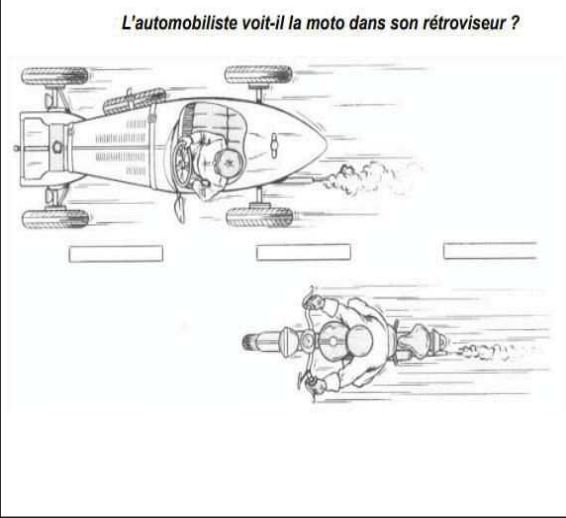
Situation 1	Situation 2
<p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: small;">L'automobiliste voit-il la moto dans son rétroviseur ?</p> 	<p>Lors d'une cérémonie familiale, un projecteur est allumé dans la cour de la maison. Ahmed aimerait bien que sa place soit éclairée par le projecteur, cette dernière n'est pas dans la direction du faisceau lumineux. Il se met à imaginer par quel moyen il pourrait utiliser cette lumière sachant qu'il ne doit pas changer la position du projecteur. Aidez-le à résoudre son problème.</p>

Figure 33 : situations de déclenchement

L'étude expérimentale prescrite dans la fiche de TP consiste à exploiter un dispositif expérimental, dont le schéma et les constituants figurent dans la fiche, pour effectuer une série de mesures de l'angle de réflexion du rayon réfléchi sur un miroir plan en fonction de l'angle d'incidence du rayon incident (figure 34).

1) Expérience :
 On utilise un miroir plan vertical placé suivant un diamètre d'un disque métallique gradué en degré. On envoie sur le miroir un rayon lumineux SI . On obtient un rayon réfléchi IR .

SI : rayon incident IR : rayon réfléchi
 i : angle d'incidence r : angle de réflexion
 Point I : point d'incidence $N^{\circ}N$: la normale au miroir
 Plan (S, I, N) : plan d'incidence.

i (degré)	10	15	20	30	40
r (degré)					

On constate que :
 * Le rayon réfléchi est contenu dans le plan d'incidence.
 * r est toujours égale à i .

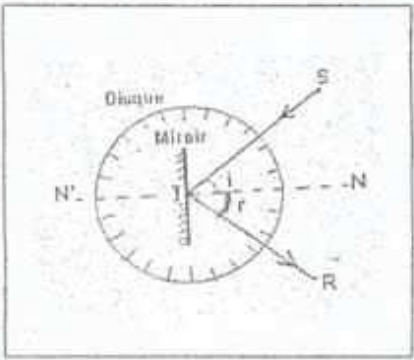


Figure 34 : étude expérimentale

Dans la troisième partie de la fiche, l'enseignant note les deux lois de Descartes relative à la réflexion (figure 35).

2) Les lois de la réflexion :

1^{ère} loi : le rayon réfléchi est contenu dans le plan d'incidence.

2^{ème} loi : l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.....

Figure 35 : institutionnalisation du savoir

La dernière partie de la fiche est réservée à l'application des deux lois de Descartes relatives à la réflexion, au tracé de la marche des rayons lumineux et à la construction de l'image donnée par un réflecteur plan. La tâche proposée (figure 36) consiste à chercher l'image d'un objet à travers un miroir plan (expérience des deux bougies).

IMAGE D'UN OBJET A TRAVERS UN MIROIR PLAN :

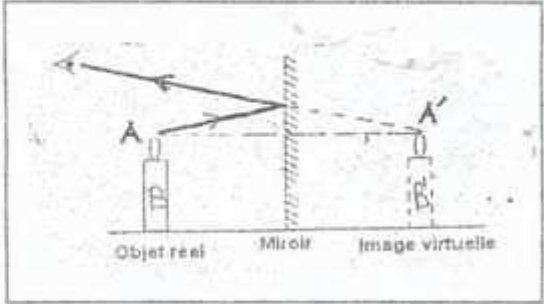
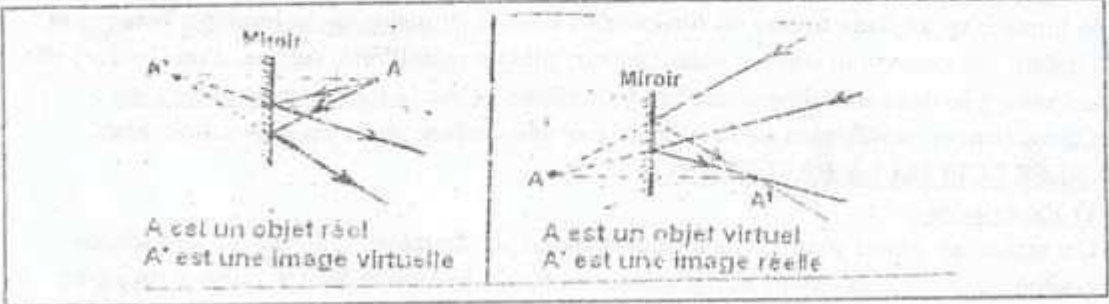
1) **Expérience des deux bougies :**
 On place devant un miroir plan, une bougie B. Derrière le miroir on place une autre bougie B' identique à B, juste à la place de l'image de B.
 * On constate que les deux bougies sont symétriques par rapport au miroir.
 * On allume B, alors B' nous semble allumée, la flamme de B' n'est pas réelle, elle est virtuelle, la lumière semble venir de B'. En réalité c'est la lumière émise par B puis réfléchi par le miroir.

Conclusion : Un miroir plan donne d'un objet réel une image virtuelle, symétrique à l'objet par rapport au plan du miroir.

2) **Tracé du faisceau lumineux :**

a) **Cas d'un objet réel :** Un point objet A est réel s'il est à l'intersection des rayons incidents les rayons réfléchis semblent A' de A.

b) **Cas d'un objet virtuel :** Un point objet A est virtuel s'il est à l'intersection des prolongements des rayons incidents, les rayons réfléchis se coupent en A' (image réelle de A).

A est un objet réel
A' est une image virtuelle

A est un objet virtuel
A' est une image réelle

Figure 36: Application des deux lois de Descartes

L'analyse globale du scénario possible (document 5 de l'annexe) montre que les tâches prescrites sont réparties entre l'expérimentation, la recherche et le tracé. La plus grande partie du scénario est construite autour des tâches d'ordre expérimental et la recherche (43 %

pour ces deux types de tâches). L'étude expérimentale proposée débouche sur l'institutionnalisation des deux lois de Descartes relatives à la réflexion de la lumière, conformément aux instructions du programme officiel (2010, p. 46).

Dans la tâche T'_{II1}, (tableau 35 de l'annexe) les élèves sont invités à identifier le problème qui découle de chacune des situations proposées et les questionnements qui en découlent. C'est une tâche que nous considérons isolée car sa résolution s'appuie sur les conceptions initiales des élèves. De cette tâche, nous nous attendons à ce que les élèves mènent un débat autour des deux situations de déclenchement, pour qu'ils arrivent à identifier le problème soulevé et les questionnements possibles, poussant par la suite à un travail d'investigation.

La tâche T'_{II2} (tableau 35 de l'annexe) n'est pas explicite dans la fiche de TP (formulée oralement par l'enseignant lors du déroulement en classe). Elle nécessite une adaptation du type A₁ car la formulation d'hypothèses explicatives nécessite la reconnaissance de connaissances déclaratives étudiées antérieurement, en relation avec le principe de propagation rectiligne de la lumière dans un milieu homogène. A travers cette tâche, nous attendons des élèves (au sein de chaque groupe) la formulation d'hypothèses explicatives du phénomène étudié qui sera suivi par un échange collectif autour des différentes propositions et par la suite, la proposition de protocole possible pour la vérification de ces hypothèses.

Dans la partie réservée à l'étude expérimentale, nous relevons les tâches T'_{II3}, T'_{II4} et T'_{II5} (tableau 35 de l'annexe) qui consistent dans une première étape à la réalisation du dispositif expérimental puis, le traçage des rayons lumineux incident et réfléchi, qui sera suivi par des prises de mesures des angles que font les rayons incidents et les rayons réfléchis avec la normale au miroir. Notons ici que ces tâches ne sont pas prescrites dans la fiche de TP sous forme de consignes, mais que ce sont plutôt des tâches que nous arrivons à identifier à partir d'une analyse du scénario possible. Nous considérons que ces tâches sont complexes. Elles nécessitent donc une adaptation du type A₂, du fait que les activités qui en découlent nécessitent, d'une part un savoir-faire en relation avec l'utilisation du matériel exploité dans l'expérience et, d'autre part, une connaissance relative à la mesure des angles que font les rayons lumineux avec la normale au miroir plan.

Dans cette étude expérimentale, nous attendons des élèves un emplacement correct de la source lumineuse afin que le rayon incident arrive au niveau du point d'incidence I, la recherche de l'emplacement des rayons incident et réfléchi et une série de mesure des angles d'incidence et de réflexion, pour différentes orientations de la source lumineuse.

Résultats des analyses

Dans la partie réservée à la structuration des connaissances, l'enseignant propose à ces élèves la tâche T'_{II6} (non consignée dans la fiche mais formulée oralement lors du déroulement en classe) qui consiste à proposer les différents lois, modélisant le phénomène physique étudié. Nous le considérons comme une tâche complexe qui nécessite une adaptation du type A_3 car elle s'appuie sur les résultats des mesures réalisées.

Nous nous attendons à ce que les élèves procèdent à une comparaison à deux niveaux. Le premier concerne l'emplacement des deux rayons lumineux étudiés par rapport au plan d'incidence et le deuxième se rattache à la comparaison de l'angle que fait le rayon réfléchi avec la normale par rapport à celui que fait le rayon réfléchi avec la normale. Par la suite, nous attendons des élèves qu'ils arrivent, avec l'aide de leur enseignant, à formuler les deux lois de Descartes relatives à la réflexion de la lumière.

Nous nous attendons à ce que les élèves procèdent à une comparaison à deux niveaux. Le premier concerne l'emplacement des deux rayons lumineux étudiés par rapport au plan d'incidence et le deuxième se rattache à la comparaison de l'angle que fait le rayon réfléchi avec la normale par rapport à celui que fait le rayon réfléchi avec la normale. Par la suite, nous attendons des élèves qu'ils arrivent, avec l'aide de leur enseignant, à formuler les deux lois de Descartes relatives à la réflexion de la lumière.

Dans la dernière partie de la fiche, P_2 propose à ses élèves la tâche T'_{II7} en relation avec l'application des deux lois formulées, dans le traçage de rayons lumineux pour la recherche de l'image d'un objet par un miroir plan. C'est une tâche complexe qui nécessite des adaptations de types A_1 et A_3 . En effet, l'exécution de cette tâche nécessite l'exploitation des deux lois institutionnalisées et l'exploitation du principe de propagation rectiligne de la lumière dans le traçage des rayons lumineux.

A travers cette tâche, nous nous attendons à ce que les élèves arrivent individuellement à tracer les différents rayons lumineux, en mobilisant la seconde loi de Descartes, pour retrouver l'image d'un objet réel et celui d'un objet virtuel. Un travail collectif, qui s'appuie sur les essais individuels des élèves, permet par la suite de traiter l'application proposée.

À partir du scénario possible de P_2 , nous portons dans le tableau qui suit une comparaison entre la démarche proposée par l'enseignant avec les étapes de la démarche d'investigation.

Démarche proposée	Étapes de la démarche d'investigation
Proposition de deux « situations » de déclenchement	Choix d'une situation problème
Répondre à la question posée dans la première situation et proposer de l'aide au	Appropriation du problème par les élèves

Résultats des analyses

personnage de la situation 2	
	Formulation d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles
« réaliser » l'expérience et « remplir » le tableau de mesures	Investigation ou résolution du problème conduite par les élèves
	Échange argumenté autour des solutions élaborées
Exploiter les résultats trouvés pour dégager les lois auxquelles obéît le phénomène de réflexion de la lumière	Acquisitions et structuration des connaissances
Exploiter les connaissances pour construire l'image d'un objet réel et celle d'un objet virtuel	Opérationnalisation des connaissances

Tableau 14 : comparaison entre la démarche proposée par P₂ dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation

La lecture du contenu du tableau montre que le scénario possible de P₂ est construit autour de deux situations-problèmes, pour permettre aux élèves, à travers une activité expérimentale, à dégager les deux lois de Descartes, conformément aux instructions du programme officiel (2010, p. 46). Cependant, même si la démarche proposée par l'enseignant dans le scénario, montre une certaine similarité, au niveau du déclenchement de la leçon à partir de situations-problèmes, avec les étapes de la démarche d'investigation (MEN, 2007), nous formulons deux remarques. La première se rattache à la formulation d'hypothèses et de protocole possible : nous notons l'absence de tâches invitant les élèves à formuler des hypothèses explicatives, en réponse provisoire à la question qui découle du problème soulevé et à proposer un protocole possible, en lien avec les hypothèses émises. L'enseignant fait le choix, dans l'étape d'investigation, d'imposer un protocole expérimental à travers lequel les élèves sont invités à effectuer une série de mesures des angles d'incidence et de réflexion. Le deuxième point qui attire notre attention est en relation avec la structuration des connaissances, issue de l'expérimentation. L'enseignant note dans la fiche de TP une formulation des deux lois visées, juste après la phase réservée à l'étude expérimentale, ce qui ne laisse pas d'initiative aux élèves, lors du déroulement, pour chercher les lois qui régissent le phénomène de réflexion de la lumière.

I-2-3 Troisième séance

La fiche TP de la séance (il s'agit d'une reprise de la première séance sous la forme de DI et

Résultats des analyses

portant sur la caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur) est constituée de trois pages, dont deux comportant des espaces à remplir par l'élève. La fiche débute par la présentation de deux situations, l'une élaborée autour des indications présentes sur une pile plate et l'autre formulée autour d'une définition courante d'un dipôle générateur. A travers ces deux situations, les élèves sont invités à proposer leurs réponses aux questions qui accompagnent les deux situations (figure 37).

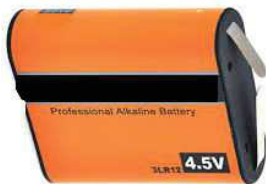
Situation 1	Situation 2
<p>Sur une pile plate, on lit la valeur 4,5 V</p>  <p>Que représente cette valeur ? Que vaut la valeur de la tension aux bornes de cette pile, lorsqu'elle alimente un circuit fermé comportant d'autres dipôles récepteurs ? Proposer une expérience de vérification.</p>	<p>On donne parfois la définition suivante d'un générateur :</p> <p>On appelle générateur, un dipôle qui maintient entre ses bornes une tension constante. Jusqu'à quel point cette définition est-elle vérifiée ?</p>

Figure 37 : situations de déclenchement

La partie réservée à l'étude expérimentale consiste à proposer le schéma d'un dispositif expérimental, en partant d'une liste de composants électriques consignés dans le scénario, à réaliser le circuit proposé et à effectuer une série de mesures de la tension électrique aux bornes d'une pile plate en fonction de l'intensité du courant qui circule dans le circuit.

Les résultats expérimentaux trouvés seront par la suite exploités dans le traçage de la caractéristique intensité-tension de la pile (figure 38).

1) Expérience :
On réalise le circuit comportant en série une pile plate ; un rhéostat ; un interrupteur et un ampèremètre. Un voltmètre est branché aux bornes de la pile.

2) Pour différentes valeurs de la résistance du rhéostat, on relève un ensemble de couples de mesures (I ; U) regroupés dans le tableau suivant :

I(A)	0					
U(V)						

3) Traçage de la caractéristiques intensité-tension de la pile : C'est la courbe $U = f(I)$.

Figure 38 : étude expérimentale

La troisième partie de la fiche est réservée à l'exploitation de la courbe $U = f(I)$, pour rechercher les grandeurs caractéristiques de la pile (fem E et résistance interne r). Cette étude aboutit à l'énoncé de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur (figure 39).

II- Détermination des grandeurs qui caractérisent la pile :

-La courbe $U = f(I)$ est

-La constante « a » est le coefficient directeur (la pente) de la droite :

$$a = \frac{U_A - U_B}{I_A - I_B} = \quad = \quad \Omega$$

$|a| = r$: la résistance interne de la pile $\rightarrow a = -r$

b : Ordonnée à l'origine appelée la force électromotrice du générateur noté E : $b = E =$
d'où l'équation de la caractéristique:

- La caractéristique de la pile est une droite : la pile est un dipôle
- La caractéristique de la pile est une droite qui ne passe par l'origine : la pile est un dipôle

III- Enoncé de la loi d'Ohm relative à un générateur réel :
La tension U mesurée aux bornes d'un générateur réel qui débite une intensité I est égale à sa force électromotrice E diminuée de la chute de tension ohmique $r.I$ dans sa résistance interne r.

$$U = E - r.I$$

(V) (V) (Ω)(A)

Remarque :
Un générateur est dite idéal si sa résistance interne est nulle ($r = 0$) : $U = E = \text{constante}$

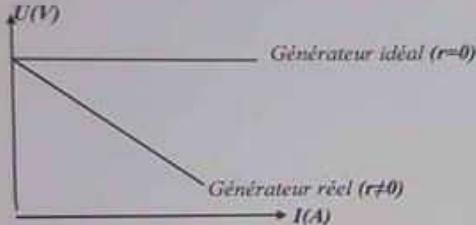


Figure 39 : institutionnalisation du savoir

L'analyse globale du scénario possible de P₂ (document 6 de l'annexe) montre qu'il comporte neuf tâches prescrites qui sont réparties entre la recherche, la représentation, la reconnaissance à côté des tâches d'ordre expérimental. La plus grande partie du scénario est construite autour

des tâches de recherche (44,4 %). L'étude expérimentale proposée aboutit à l'institutionnalisation de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur, conformément aux instructions du programme officiel (2010, p. 36).

À travers la tâche T'III1 (tableau 36 de l'annexe), les élèves sont invités à chercher le problème qui découle de chacune des deux situations proposées et les questionnements qui peuvent être provoqués. C'est une tâche, que nous considérons complexe, qui nécessite une adaptation du type A₁, du fait que les élèves ont besoin de se rappeler des différentes lois qui régissent l'évolution de la tension électrique aux bornes des dipôles récepteurs, déjà traitées, en fonction de l'intensité du courant électrique. Nous nous attendons à ce que ces élèves se rappellent des expressions des tensions électriques aux bornes d'un résistor, d'un électrolyseur et d'un moteur, en fonction des grandeurs caractérisant ces dipôles et de l'intensité du courant électrique et qu'il mènent, entre eux, un débat sur le contenu de chaque situation pour découvrir le problème en lien avec chacune d'elles et les questions qui en découlent.

La tâche T'III2 (tableau 36 de l'annexe) est en lien avec la précédente. Elle pourrait être composée de deux sous-tâches T'III21 et T'III22. La première est en réponse à la question qui découle du problème identifié des situations de départ, se rattache à la proposition d'hypothèses explicatives, non prescrite dans le scénario mais signalée oralement lors du déroulement. Nous considérons que cette tâche est complexe car la résolution s'appuie sur des connaissances antérieures à côté des conceptions initiales des élèves. Elle nécessite donc une adaptation du type A₁. La deuxième sous-tâche se rattache à la proposition de protocole expérimental permettant de vérifier l'hypothèse émise. C'est aussi une tâche complexe qui nécessite des adaptations de types A₂ et A₃, du fait que son exécution doit prendre en considération des savoir-faire en rapport avec le fonctionnement des éléments constitutifs du dispositif proposé et qui pourrait répondre à l'objectif de vérification de l'hypothèse émise. Nous attendons des élèves une discussion collective à propos des différentes hypothèses formulées et qu'ils retiennent une hypothèse possible.

Les tâches T'III3, T'III4, T'III5 et T'III6 (tableau 36 de l'annexe) sont en relation avec l'étude expérimentale visant la vérification de l'hypothèse retenue et l'institutionnalisation de nouvelles connaissances. Nous considérons qu'elles sont complexes puisque leur traitement nécessite des adaptations de types A₁ et A₂. En effet, une telle étude expérimentale nécessite des connaissances en relation avec les procédures de branchement des circuits électriques, d'utilisation des appareils de mesures des différentes grandeurs électriques étudiées à côté des

Résultats des analyses

représentations schématiques de ces circuits et de la caractéristique intensité-tension du générateur exploitée, ainsi que des connaissances déclaratives qui se rattachent à la recherche des valeurs des grandeurs mesurées à partir des relations $U = \frac{\text{lecture} \times \text{calibre}}{\text{échelle}}$ et

$$I = \frac{\text{lecture} \times \text{calibre}}{\text{échelle}}.$$

À travers cette tâche, nous attendons des élèves le branchement du circuit électrique qu'ils ont proposé, un choix adéquat des calibres, la prise de mesure des différentes tensions qui correspondent aux différentes valeurs de l'intensité du courant circulant dans le circuit, l'application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de la tension électrique ainsi que l'intensité du courant électrique, en se référant à la lecture de la déviation des aiguilles de l'ampèremètre et du voltmètre, et aussi le traçage de la caractéristique intensité-tension du générateur étudié. L'activité de traçage attendue traduit le passage du registre numérique à un registre graphique. La caractéristique qui devrait être une droite affine n'est pas connue à l'avance par les élèves. Il est attendu que les élèves, lors de l'activité de traçage, transforment les nombres obtenus par les différentes mesures faites en points et transforment également les points obtenus en une courbe. La série de points obtenus à partir des différents couples (I, U) ne sont pas nécessairement alignés, ce qui nécessite probablement une intervention de la part de l'enseignant pour inviter les élèves à relier le maximum de points sous forme d'un segment de droite afin d'obtenir la caractéristique attendue et pour expliquer l'écart d'alignement, en le reliant aux erreurs des mesures et aux matériel expérimental. Au bout du compte, la tâche de traçage est une tâche complexe nécessitant une intervention de l'enseignant.

Dans la partie de la fiche réservée à l'exploitation des résultats tirés de l'étude expérimentale, l'enseignant propose les tâches T_{III7} et T_{III8} (tableau 36 de l'annexe), que nous considérons complexes et nécessitant des adaptations de types A₁ et A₃. En effet, la recherche d'un modèle de la tension aux bornes d'un générateur se fait, d'une part, par exploitation des résultats des mesures et de la caractéristique obtenue et, d'autre part, à partir de l'exploitation des connaissances déclaratives du registre algébrique (équation d'une fonction affine) et des connaissances procédurales (détermination du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine d'une droite affine) étudiées antérieurement.

A partir de ces deux tâches, nous attendons des élèves, par recours aux résultats de l'expérience, la détermination, avec une méthode graphique, des grandeurs caractéristiques d'un dipôle générateur, la recherche d'une équation modélisant la tension aux bornes d'un

Résultats des analyses

générateur en fonction de l'intensité du courant qui traverse le circuit, la confirmation ou l'infirmité de l'hypothèse de départ, ainsi que la généralisation de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur réel.

La tâche T_{III9} (tableau 36 de l'annexe) que nous classons parmi les tâches complexes, nécessite une adaptation du type A₃ car la reconnaissance d'un dipôle générateur idéal et celle d'un dipôle générateur réel nécessite l'exploitation de la loi établie précédemment. Nous nous attendons à ce que les élèves exploitent la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur pour différencier entre générateur idéal et générateur réel à partir de l'allure de leurs caractéristiques.

Nous portons dans le tableau qui suit une comparaison entre la démarche proposée par l'enseignant P₂ dans le scénario possible de la leçon avec les étapes de la démarche d'investigation.

Démarche proposée	Étapes de la démarche d'investigation
Proposition de deux « situations » de déclenchement	Choix d'une situation problème
Répondre à la question posée dans les deux situations	Appropriation du problème par les élèves
« Proposer » une expérience de vérification	Formulation d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles
« réaliser » le circuit, « remplir » le tableau de mesures et tracer la courbe $U = f(I)$	Investigation ou résolution du problème conduite par les élèves
	Échange argumenté autour des solutions élaborées
Détermination des grandeurs qui caractérisent la pile utilisée et énoncé de la loi d'Ohm relative à un dipôle résistor	Acquisitions et structuration des connaissances
Exploiter les connaissances pour différencier entre générateur réel et générateur idéal	Opérationnalisation des connaissances

Tableau 15 : comparaison entre la démarche proposée par P₂ dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation

La lecture du contenu du tableau montre que le scénario est construit autour de deux situations de départ, permettant aux élèves, à travers une étude expérimentale, de dégager la caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur, ainsi que la loi d'Ohm relative à ce dernier, conformément aux instructions du programme officiel (2010, p. 36). La démarche

proposée par l'enseignant montre une certaine similarité, au niveau du déclenchement de la leçon à partir de situations-problèmes, avec les étapes de la démarche d'investigation (MEN, 2007). Toutefois, nous soulevons deux points. Le premier se rattache à la formulation d'hypothèses : nous notons l'absence de tâches invitant les élèves à formuler des hypothèses explicatives, en réponse provisoire à la question qui découle du problème soulevé. Celle-ci est demandée oralement par l'enseignant, lors du déroulement en classe. Le deuxième point qui attire notre attention se rattache à l'échange argumenté autour des solutions élaborées. L'enseignant propose dans la fiche de TP une partie où figurent toutes les connaissances qui pourront être dégagées par les élèves, à partir des résultats des mesures faites. Par ailleurs, nous considérons que cette étape de la démarche figure dans la fiche de TP sans qu'elle soit articulée avec le travail d'investigation à mener par les élèves.

II. Les déroulements des séances de classes

Nous procédons dans cette partie à l'analyse des déroulements selon les composantes cognitive et médiative pour reconstituer les logiques d'actions des deux enseignants. Nous étudions les interventions des enseignants, leurs consignes et le déroulement de la séance pour inférer les activités et les apprentissages potentiels des élèves. Nous étudions également les tâches effectives et leur relation avec les tâches prescrites dans les scénarios.

Nous nous focalisons sur l'analyse des interactions entre l'enseignant et ses élèves en lien avec le contenu scientifique enseigné.

II-1 Les déroulements de classe de P1

II-1-1 Première séance

Dans le tableau 16, nous repérons les différentes phases dans la séance, les épisodes organisateurs de chaque phase, leurs durées, l'organisation de la classe, la répartition des tours de paroles et les dimensions repérées, en référence à la double approche didactique et ergonomique.

Résultats des analyses

Phases	Épisodes	Durée	Organisation de la classe	Nombre de tours de paroles	Dimensions
(1 ²³) Préparation de l'étude expérimentale	(Ep ²⁴ 1) présentation du thème	34 s	exposition par le professeur	P : 20 E : 17	Cognitive
	(Ep 2) présentation des tâches expérimentales	3 min 29 s	collectif en classe entière		cognitive + médiative
	(Ep3) travail préliminaire des élèves	5 min	individuel par les élèves + intervention du professeur		cognitive + médiative + institutionnelle
	(Ep 4) rappel de la tâche à faire	45 s	Professeur		cognitive + médiative
(2) Activités expérimentales	(Ep 5) branchements du montage (circuit série)	7 min 30 s	collectif – travail de groupes (4 groupes)	P : 5 E : 4	cognitive + médiative
	(Ep 6) prises des mesures	8 min 52 s	collectif – travail de groupes	P : 10 E : 7	cognitive + médiative
	(Ep 7) réalisation du circuit en dérivation et prise de mesures	15 min 37 s	collectif – travail de groupes	P : 25 E : 24	cognitive + médiative
(3) Institutionnalisation du savoir	(Ep 8) pour un circuit série	4 min 27 s	professeur au tableau + élèves	Enseignant seul	cognitive + médiative
	(Ep 9) pour un circuit en dérivation	4 min 33 s	collectif en classe entière	P : 7 E : 9	cognitive + médiative
(4) Mobilisation du savoir	(Ep 10) Intégration du savoir	5 min 47 s	professeur + élève au tableau	P : 7 E : 6	cognitive + médiative

Tableau 16 : phases et épisodes (déroulement de P₁ : séance 1)

La séance comporte quatre phases réparties sur dix épisodes pour une durée totale de 56 min 34 s. La durée de chaque épisode dépend de la nature de la tâche à faire. Le travail collectif,

23 Numéro de la phase

24 Numéro de l'épisode

où les intervenants sont les élèves ou l'enseignant avec ses élèves, marque la majorité des épisodes de la séance.

Épisode 2

Le deuxième épisode que l'enseignant a réservé à la présentation des différentes tâches expérimentales a été fait d'une manière collective entre l'enseignant et les élèves. Ces derniers sont souvent interrogés par le professeur, sans qu'il pense à leurs accorder l'initiative pour présenter leurs propositions à propos des activités expérimentales à réaliser. Le temps accordé à cet épisode représente environ 6% du temps total de la séance. Il serait probablement plus efficace de réserver une grande partie de ce temps au service de l'activité expérimentale, pendant laquelle il serait possible d'évoquer des points d'ordre expérimental tel que le branchement du voltmètre aux bornes d'un dipôle.

Épisode 3

L'épisode 3 est réservé à un travail préliminaire de préparation de l'activité expérimentale. La tâche de représentation des tensions au niveau des dipôles constituant le circuit, sur lequel les élèves sont invités à travailler, n'est pas prévu dans le scénario. L'activité des élèves réside dans la représentation de ces tensions avec des flèches, tout en respectant la convention récepteur pour les récepteurs et la convention générateur pour le générateur alimentant le circuit. C'est une tâche qui nécessite une adaptation du type A_1 car elle nécessite dans son exécution des connaissances antérieures déjà traitées précédemment. L'activité effective est réussie par la plupart des élèves présents. Cependant, des aides, apportées par l'enseignant à ce niveau, sont faites à travers des interventions individuelles auprès de quelques élèves qui n'arrivent pas à réussir l'activité attendue. Ce sont donc des aides productives, ayant comme but d'amener ces élèves à résoudre la tâche. Pendant cet épisode, les interventions de l'enseignant ne portent pas sur l'apprentissage visé, mais sur l'apprentissage des conventions à respecter lors de la représentation des tensions.

Épisodes 5 et 7

Dans les épisodes 5 et 7, les élèves travaillent sur les tâches T_{11} et T_{13} repérées dans l'analyse a priori (tableau 31 en annexe). Les activités attendues des élèves à travers ces tâches sont réalisées au niveau de 75% des groupes. En effet, l'enseignant intervient auprès de l'un des groupes et prend en charge la réalisation de ce circuit, suite au non fonctionnement de ce dernier, à la place des élèves qui ont rencontré une difficulté à ce niveau. Nous notons de nouveau une aide productive apporté par l'enseignant afin de permettre à ce groupe l'exécution de la tâche T_{12} (tableau 31 en annexe) relative à la prise de mesures.

La prise en charge de cette activité par l'enseignant le renvoie au facteur temps en signalant que :

« Toujours le facteur temps est décisif. On a une séance de durée de temps limitée. Je ne peux pas laisser aux élèves de réessayer de construire de nouveau le montage. Mais, je me trouve obligé d'agir à ce niveau ». (Citation tirée du premier entretien avec P₁)

Épisode 6

Dans l'épisode 6, qui se rattache aux prises de mesures des tensions dans les deux types de circuits (en série et en dérivation), les élèves travaillent sur les deux tâches T₁₂ et T₁₄ (tableau 31 en annexe) repérées dans l'analyse a priori. L'enseignant prend en charge le rappel de la méthode adéquate d'utilisation du voltmètre. C'est donc une adaptation attendue du type A₂ qui est pris en charge par l'enseignant. Les activités des élèves dans cet épisode sont faites avec des interventions fréquentes de l'enseignant qui apporte souvent des aides au niveau de la lecture et le choix adéquat du calibre du voltmètre. La relation mathématique permettant de dégager la valeur de la tension mesurée à partir de la lecture faite sur le voltmètre est rappelée par les élèves. C'est une adaptation du type A₂ identifiée dans l'analyse a priori et prise en charge par les élèves. Les interventions de l'enseignant, à travers des consignes qui facilitent la tâche de mesurage prescrite, ont permis aux élèves de s'engager immédiatement dans la tâche, sans qu'elles modifient l'activité des élèves qui pourrait être engendrée par cette tâche. Le temps alloué à la phase réservée aux activités expérimentales représente pratiquement 57% de la durée de la séance. Ainsi, cette orientation de la part de l'enseignant se conforme avec les objectifs du programme qui recommandent le recours à l'étude expérimentale pour l'établissement et l'application de la loi des mailles (programme des sciences physiques 1^{ère} et 2^{ème} année de l'enseignement secondaire, 2010).

Épisode 8 et 9

Dans les épisodes 8 et 9, faisant partie de la phase d'institutionnalisation, l'enseignant oriente les élèves avec des questions sur les valeurs des tensions trouvées. Les interventions de l'enseignant engagent les élèves dans la tâche T₁₈ (tableau 31 en annexe) repérée dans l'analyse a priori, sans modification de l'activité qui en découle :

P₁ : bien, que constatez-vous d'après chaque expérience ?

E₈ : en série, la somme des tensions des récepteurs est égale à la tension du générateur

P₁ : et dans le cas d'un circuit en parallèle ?

E₈ : on a la même tension

L'activité effective des élèves dans ces deux épisodes réside dans l'exploitation des résultats des mesures pour la recherche d'une relation entre les différentes tensions dans les deux cas de mesure. Ainsi, l'adaptation du type A₃ est entièrement prise en charge par les élèves.

Nous notons des aides constructives apportées par l'enseignant aux élèves lors de l'exécution de la tâche, du fait que ces aides, apportées après les activités des élèves, contribuent à la validation des constatations soulevées par les élèves et à l'institutionnalisation du savoir par établissement de la loi des mailles. Ce sont donc des interventions sur l'apprentissage visé :

P₁ (au tableau) : ici on a mesuré la tension U_{AB} aux bornes de la lampe, la tension U_{BC} aux bornes du fil, la tension U_{CD} aux bornes de l'électrolyseur, la tension U_{DE} et la tension U_{EF} , les constatations que vous avez notés lorsque vous avez mesuré les tensions aux bornes de ces dipôles, vous avez trouvé : U_{AF} (tension aux bornes du générateur) = $U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DE} + U_{EF}$. Ceci rassemble beaucoup à une relation mathématique que vous avez étudiée : c'est la relation de Charles. Je peux écrire aussi $U_{AF} - U_{AB} - U_{BC} - U_{CD} - U_{DE} - U_{EF} = 0$. Lorsque je parcours le circuit dans le sens $FABCDE$, la tension U_{AF} et dans le même sens choisi, elle est notée positivement. [...] Si la tension est dans le même sens de parcours choisi je mets (+) et si la tension est dans le sens contraire à celui du sens choisi je mets (-) et la somme est nulle. Dans le cas du circuit parallèle vous avez trouvé des tensions ayant la même valeur.

Le temps réservé à la phase d'institutionnalisation est d'environ 16 % de la durée totale de la séance. Cette répartition chronologique semble logique du fait que la phase d'institutionnalisation du savoir se réduit à une simple déduction de la loi visée à partir des différentes mesures prises dans la phase expérimentale. Nous notons que l'organisation de la classe lors de cette phase est répartie entre l'enseignant au tableau et ses élèves. Par la suite la déduction de la loi de distribution des tensions dans un circuit électrique est faite dans un esprit de travail collaboratif.

Épisode 10

Lors du dixième épisode de la phase de mobilisation du savoir construit autour d'une situation nouvelle, les tâches T₁₆, T₁₇ et T₁₈ (tableau 31 en annexe) respectivement de représentation, de preuve et d'identification d'erreur sont abordées par un élève invité au tableau. Les interventions fréquentes de l'enseignant, à travers les questions orientées, d'une part vers l'élève invité au tableau et, d'autre part, vers les autres élèves, contribuent à la modification des tâches de cet épisode et par conséquent à l'activité des élèves. En effet, l'enseignant impose aux élèves une démarche de résolution des tâches. Ces derniers n'ont qu'à répondre aux questions posées par l'enseignant et recopient ce qui écrit au tableau :

P₁ : quelle est l'erreur commise par Obélix ?

E₉ : On applique la loi des mailles. $U_G = U_{D1} + U_{D2}$

Résultats des analyses

P_1 : nous qu'est-ce qu'on a dit ?

E_{12} : dans une maille, la somme algébrique des tensions est nulle

P_1 : pour chercher l'erreur on va appliquer la loi des mailles. On a combien de maille ?

E : trois mailles

P_1 : Les quelles ?

E_9 : ABEF, ABCD et EFCD

P_1 : Je vérifie dans chaque maille est ce que la somme des tensions est égale zero ? Pour déterminer l'erreur. Quel est l'erreur que je viens de commettre lors de la représentation des tensions ?

E : les tensions représentées aux bornes des récepteurs doivent être dans le sens inverse à celui du courant.

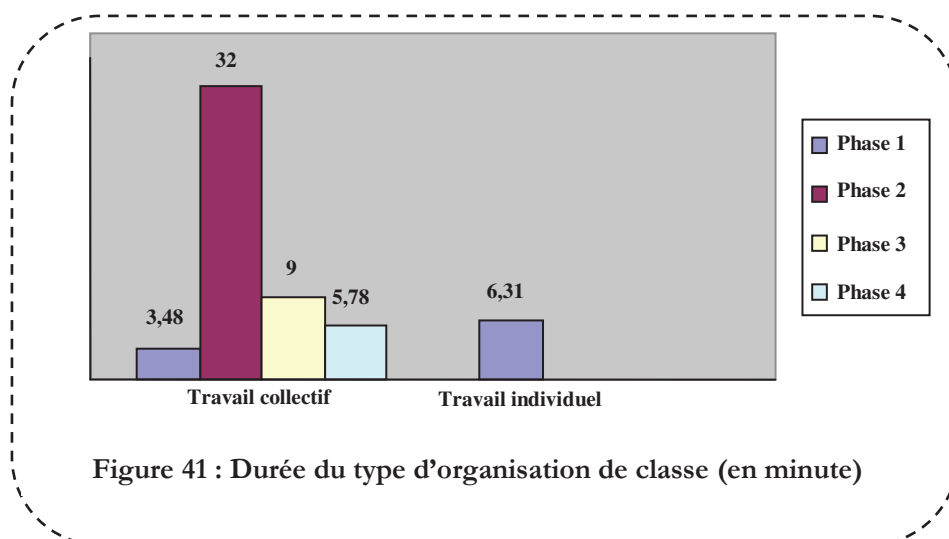
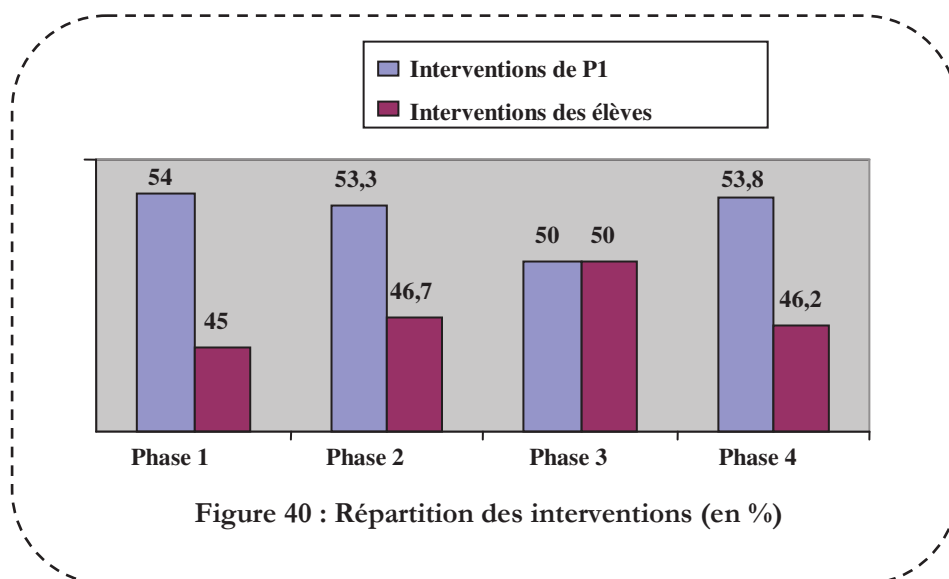
P_1 : en appliquant la loi des mailles je peux déduire que la valeur fautive est celui au niveau de D_2 qui doit être égale à 12 V.

L'aide productive, que l'enseignant vient d'apporter aux élèves pendant cet épisode, a permis aux élèves de soulever les différentes adaptations, identifiées dans l'analyse a priori des tâches, pour qu'ils puissent y contribuer, même d'une manière assez limitée, dans la résolution des tâches.

Le temps réservé à cet épisode représente environ 10 % de la durée totale de la séance. Ce temps semble insuffisant, du fait que les activités attendues des élèves pendant cet épisode visent à évaluer leur degré d'assimilation des connaissances construites. Il semble qu'une mauvaise gestion, de la part de l'enseignant, de la répartition horaire des différents épisodes de la séance, a provoqué une accélération du rythme de l'apprentissage et a induit une prédominance du rôle de l'enseignant sur le rôle des élèves dans la phase de mobilisation des connaissances.

Répartition des interventions et de l'organisation de la classe selon les phases

En fonction du temps réservé à chacune des phases de la séance, nous présentons une répartition des interventions des élèves et de l'enseignant et la nature choisie pour l'organisation de la classe.



À partir de ces graphiques, nous constatons que les interventions de l'enseignant dominent sur celles des élèves dans les phases de préparation de l'activité expérimentale, du déroulement des expériences et de mobilisation des connaissances construites autour une situation d'application. Cependant, ces interventions sont réparties équitablement lors de la phase d'institutionnalisation. Nous expliquons ceci par :

- La nature de la tâche demandée lors de la première phase, du fait que les élèves sont invités à déployer des activités pour résoudre une tâche nouvelle qui n'est pas prescrite dans la fiche de TP. Ceci nécessite des interventions fréquentes de l'enseignant afin d'expliquer la nature du travail demandé et pour aider les élèves à réaliser l'activité attendue.
- La nécessité de la part de l'enseignant de déployer une activité de contrôle des productions des élèves et d'orientation pendant la phase d'expérimentation, avec quelques

consignes dont l'enseignant se trouve dans l'obligation de les ajouter pour amener ces élèves à réussir cette phase sur laquelle se base le reste de la leçon.

- La durée non suffisante accordée à la phase de mobilisation, limitant ainsi la participation des élèves avec des activités déployées de leur part dans la résolution de l'application proposée.
- La nature de la phase d'institutionnalisation du savoir, qui s'appuie sur l'exploitation des résultats trouvées par les élèves avec lesquels ils vont intervenir avec leur enseignant. Ce dernier, exploite ce que les élèves proposent comme résultats, pour apporter des aides constructives amenant la déduction de la loi visée.

Le graphique correspondant à la répartition de la nature choisie pour l'organisation de la classe, montre que le travail collectif marque les différents épisodes de la leçon, malgré les interventions fréquentes de l'enseignant. Nous expliquons ceci par une attitude de l'enseignant qui favorise le travail collectif lors des séances qui se basent sur des activités expérimentales en groupes :

«Je préfère toujours donner aux élèves uniquement celui qui les met en route et je les laisse confronter les obstacles au début et chercher les solutions, et je n'interviens pas que pour les mettre sur le bon chemin » (Citation tirée du premier entretien avec P₁).

II-1-2 Deuxième séance

Nous repérons, dans le tableau 17, les différentes phases dans la séance, les épisodes organisateurs de chaque phase, leurs durées, l'organisation de la classe, la répartition des tours de paroles et les dimensions repérées, en référence à la double approche didactique et ergonomique.

Résultats des analyses

Phases	Épisodes	Durée	Organisation de la classe	Nombre de tours de paroles	Dimensions
(1) Présentation de la situation de déclenchement	(Ep1) rappel	2 min 30 s	enseignant + élèves	P : 5 E : 5	Cognitive
	(Ep 2) proposition des situations de déclenchement	9 min 30 s	enseignant + échange avec les élèves	P : 7 E : 3	Cognitive
(2) Appropriation du problème et formulation d'hypothèses et de protocole expérimental	(Ep 3) discussion à propos des forces exercées sur un corps au repos	15 min 20 s	collectif - travail de groupes	P : 5 E : 8	cognitive + médiative
	(Ep 4) proposition d'hypothèses explicatives Mise en commun d'une hypothèse explicative	2 min	collectif – travail de groupes	P : 13 E : 9	cognitive + médiative
	(Ep 5) proposition d'un protocole expérimental	3 min	collectif – travail de groupes	P : 4 E : 3	Cognitive
(3) Investigation	(Ep 6) étude expérimentale	17 min	collectif – travail de groupes	P : 12 E : 8	cognitive + médiative
(4) Structuration des connaissances et institutionnalisation du savoir	(Ep 7) établissement de la condition d'équilibre à un solide soumis à deux forces	4 min	professeur au tableau + élèves	P : 6 E : 4	Cognitive
(5) Mobilisation du savoir	(Ep 8) intégration du savoir dans des situations nouvelles	4 min	professeur + élève au tableau	P : 11 E : 9	Cognitive

Tableau 17 : phases et épisodes (déroulement de P₁ : séance 2)

La séance est répartie sur cinq phases comportant huit épisodes, pour une durée totale de 57 min 20 s. La durée de chaque épisode dépend de la nature des différentes tâches à faire. La séance est menée dans un esprit de travail coopératif entre les élèves et l'enseignant.

Épisode 1

Dans le premier épisode faisant partie de la phase introductive, l'enseignant engage ses élèves dans une activité en relation avec la dimension cognitive, répondant à la première tâche de rappel, identifiée dans l'analyse a priori du scénario. L'activité des élèves réside dans des interventions individuelles, en réponse à des questions posées par l'enseignant, à propos des connaissances déclaratives élaborées ultérieurement : définition d'une action mécanique, caractéristiques d'une force modélisant l'action mécanique et représentation d'une force par un vecteur.

Épisode 2

Dans cet épisode, l'activité de l'enseignant domine celle des élèves. En fait, il est question pour lui de présenter, avec les consignes nécessaires, les situations de déclenchement qui devraient susciter la motivation des élèves et posent chez eux un problème à résoudre par la suite. Nous expliquons la durée assez longue réservée à cet épisode (16.5 % de la durée totale de la séance), par les interventions fréquentes de l'enseignant pour expliquer le travail demandé, à côté de la manière dont il a choisi pour présenter les différentes situations. En effet, l'enseignant prend en charge, lors de cet épisode, la proposition d'explications possibles, anticipant ainsi les activités qui devront être déployées par les élèves pendant l'épisode réservé à l'appropriation du problème. Nous classons l'activité effective des élèves, pendant cet épisode, dans le mode « expérientiation » qui se rattache à la familiarisation avec les phénomènes physiques (Coquidé, 2003), du fait que les élèves cherchent, à travers les questions qu'ils se posent à propos des situations proposées, à comprendre l'enjeu principal de cette présentation du thème abordé et à saisir le phénomène qui relève des deux situations de déclenchement.

Épisode 3

Lors de cet épisode qui fait partie de la phase d'appropriation du problème qui découle des deux situations proposées, les élèves s'engagent dans des activités variées, à travers lesquelles ils cherchent à ressortir les questionnements qui dérivent de ces deux situations. Les discours des élèves sont organisés autour des tâches T_{II1} , T_{II2} , T_{II3} et T_{II4} identifiées dans l'analyse a priori de la fiche de TP (tableau 32 en annexe). Le début de l'épisode est mené conformément à ce qui été prévu dans l'analyse a priori du scénario, en termes d'activités attendues. En effet,

les élèves sont impliqués dans un débat autour des situations proposées, pendant lequel ils mobilisent leurs conceptions initiales pour expliquer l'état de stabilité des différents corps proposés. Toutefois, l'intervention de l'enseignant les orientent vers le travail sur les tâches, identifiées dans l'analyse a priori, qui dérivent de la modélisation du phénomène physique résultant des différentes situations de déclenchement proposées. Les élèves se trouvent donc engagés dans des activités de recherche des différentes forces qui s'exercent sur chaque corps étudié, leurs caractéristiques et leurs représentations par des vecteurs, pour en déduire par la suite une relation entre elles.

Nous considérons que le passage par les élèves d'un cadre physique, où l'activité mentale principale attendue des élèves est de comprendre la signification, en termes de phénomène physique de la situation, à un cadre mathématique, où l'activité réelle des élèves réside dans la recherche d'une condition mathématique entre deux vecteurs forces modélisant deux actions mécaniques exercées sur un corps immobile, est imposé par l'enseignant. Ce qui se contredit avec l'esprit de la démarche d'investigation, qui nécessite un engagement, de la part des élèves, dans une activité de recherche d'un problème à résoudre par le biais d'un travail d'investigation. Dans cette activité, l'adaptation de type A_1 , identifiée dans l'analyse a priori, est entièrement prise en charge par les élèves et les interventions fréquentes de l'enseignant ont permis d'apporter aux élèves des aides productives facilitant la recherche de la condition demandée entre les forces étudiées. La durée de temps allouée à cette étape de la leçon (pratiquement 26 % de la durée totale de la séance), que nous considérons assez longue, montre que la gestion temporelle des différentes étapes de la séance n'était pas assez réfléchie, ce qui est confirmé par l'enseignant :

P₁ : « Au début de la leçon, presque la totalité du temps est prise dans l'introduction de la vie courante. La durée du côté expérimental est très réduite. C'est pour cela vers la fin de la séance on a procédé à rétrécir le travail ce qui a donné une dominance à l'intervention du professeur. Le temps consacré à la première partie qui concerne l'appropriation du problème était long. Ce que je considère un défaut au niveau de la gestion du temps de la séance » (Citation tirée du deuxième entretien avec P₁).

Nous expliquons cette « défaillance » au niveau de la gestion du temps de la séance par les tâches proposées par l'enseignant qui ne font pas partie de l'étape d'appropriation du problème. En effet, il aurait dû inciter les élèves à problématiser les situations de départ, de manière à faire naître chez eux des questionnements, sans entrer dans un travail dont la base principale est un formalisme mathématique qui fera l'objet d'une étude ultérieure.

Épisode 4

L'activité des élèves lors de l'épisode 4 prend appuie sur les résultats trouvés précédemment. A partir du discours de l'enseignant avec les élèves à propos des résultats dégagés, nous repérons un manque de précision des termes utilisés. Le recours de l'enseignant au terme « condition », qui sera vérifiée par l'étude expérimentale, laisse ambiguë la démarche qu'il préconise :

P₁ : donc pour qu'un corps soit en équilibre. Quelles sont les conditions ?

P₁ : on va passer maintenant à vérifier ces constatations expérimentalement pour affirmer ces constatations que vous venez de tirer.

Nous n'arrivons pas à comprendre si le terme « condition » est pris pour l'enseignant dans le sens d'une relation mathématique finale établie entre deux forces exercées sur un solide en état d'équilibre à rectifier par la suite à travers l'étude expérimentale, ou dans le sens d'une hypothèse explicative du phénomène étudié, à confirmer ou à infirmer par une investigation expérimentale.

Le discours de l'enseignant, lors de l'entretien d'auto-confrontation, légitime pour nous le premier sens :

P₁ : L'objectif de la séance est de chercher la condition d'équilibre d'un corps soumis à deux forces. On doit partir des connaissances antérieures de l'élève (notion et caractéristiques de forces), on doit donc exploiter ces connaissances antérieures pour retrouver cette condition, j'ai insisté sur le mot condition pour orienter les élèves. (Citation tirée du deuxième entretien avec P₁).

Nous expliquons cette tendance, par la mise en place d'une nouvelle démarche à laquelle l'enseignant et les élèves ne sont pas habitués. Bien que la phase introductive de la leçon soit marquée par un renouvellement inspiré de la démarche d'investigation, l'enseignant se trouve, par la suite, engagé dans la logique d'une démarche partant d'une étude théorique pour accéder à un travail de vérification expérimentale.

En termes d'activité effective, les différents groupes d'élèves, guidés par leur enseignant, proposent une relation entre les forces exercées sur un corps en équilibre, relation qui fera par la suite l'objet d'une investigation expérimentale, dans le but de la vérifier.

Épisode 5

Le début de l'épisode 5 est consacré aux consignes données par l'enseignant dans le but de clarifier ce qui est demandé des élèves à travers la tâche T_{II5} identifiée dans l'analyse a priori (tableau 32 en annexe). A travers le discours qu'il mène avec ses élèves, l'enseignant prend en charge le guidage dans le choix du matériel nécessaire à l'étude expérimentale. Les questions

que l'enseignant pose aux élèves orientent explicitement ces derniers vers le choix d'un élément bien déterminé du dispositif visé :

P₁ : votre camarade a dit qu'on doit tenir un corps soumis à deux forces. Par quoi on va mesurer la valeur de chaque force. Il me faut quoi.

E : deux dynamomètres.

Dans cet épisode, les aides que l'enseignant apporte aux élèves ne nous semblent pas avoir un effet qui pourrait modifier la tâche prescrite dans le scénario. Par ailleurs, nous considérons que ces aides sont constructives, du fait qu'elles contribuent à l'élaboration des éléments constitutifs d'un dispositif expérimental, qui devrait être, dans un premier temps, à la charge des élèves, puis discuté collectivement. Et c'est à ce niveau que l'enseignant devrait intervenir pour orienter les élèves dans le choix adéquat d'un dispositif commun entre les groupes. L'adaptation du type A₁, en lien avec le principe de fonctionnement d'un dynamomètre, est prise en charge, dans son début, par l'enseignant qui a invité les élèves à se rappeler de l'appareil de mesure de la valeur d'une force.

Épisode 6

Les activités effectives des élèves sont menées autour de la tâche T_{II6} identifiée dans l'analyse a priori (tableau 32 en annexe). Le travail est mené, comme il a été prévu, en groupes. Dans cet épisode, les élèves se consacrent à la réalisation du dispositif expérimental en prenant les précautions nécessaires pour le traçage des différents vecteurs forces reconnus. L'enseignant passe entre les groupes pour vérifier si les élèves ont bien saisi la consigne d'ordre expérimental. Ses interventions, aussi fréquentes, ne contribuent pas à la modification de la tâche sur laquelle les élèves travaillent. Par ailleurs, certaines adaptations sont prises en charge par l'enseignant. Ces dernières ne sont pas reconnues par les élèves, ce qui a poussé l'enseignant à intervenir auprès de l'un des groupes pour étalonner lui-même les dynamomètres, afin de garantir le bon fonctionnement de ces derniers. Nous considérons que ces interventions sont procédurales, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas comme but la résolution de la tâche à faire par les élèves.

P₁ : mais est-ce que vous avez réglé le zéro des deux dynamomètres. Attention le zéro n'est pas réglé pour ce dynamomètre et par la suite les deux valeurs des forces vont être différentes.

Notons ici que même si les interventions de l'enseignant sont fréquentes, elles visent généralement la vérification des procédures expérimentales, des productions des élèves et l'orientation vers une expérimentation correcte.

P₁ : comment je peux vérifier que les deux droites d'action sont confondues ?

E : en procédant au prolongement des deux droites tracées.

P₁ : de même vous devez comparer les sens. Ce fil tire dans quel sens ?

E : à gauche

P₁ : et l'autre

E : à droite

P₁ : est ce que les deux forces ont la même valeur

E : non

Il profite également de ces interventions pour attirer l'attention des différents groupes sur certaines difficultés, qu'il repère en contrôlant le travail des élèves. L'initiative des élèves dans cet épisode est favorisée de manière remarquable, c'est-à-dire que les aides apportées par l'enseignant aux élèves viennent juste à la suite / au cours des activités déployées par ces derniers. Généralement, l'enseignant profite des différentes erreurs procédurales identifiées ou des difficultés face auxquelles se trouvent les élèves lors de l'investigation, pour déclencher un débat avec les élèves du même groupe ou de l'ensemble de la classe, donnant ainsi une priorité à l'expression des élèves.

A propos de la répartition horaire des différents épisodes, il nous semble que le temps réservé à cet épisode (environ 30% de la durée totale de la séance) est adapté aux activités effectives des élèves, du fait que ces dernières sont limitées aux mesurages et aux traçages, à l'échelle, de deux vecteurs forces. Toutefois, des éléments essentiels de cette phase ne sont pas évoqués par les élèves. Il nous semble que ces derniers ne sont pas habitués à discuter en groupes les résultats trouvés pour dégager des solutions à confronter avec les hypothèses de départ. Les consignes que l'enseignant donne à ces élèves sont purement techniques, c'est-à-dire qu'il n'est plus demandé aux élèves de proposer des solutions pour vérifier les hypothèses émises. Pour lui, la discussion des résultats de l'expérience réalisée devrait faire l'objet d'une discussion collective en classe entière. Et c'est à travers cette discussion que les connaissances seront structurées, les hypothèses seront vérifiées et le savoir sera institutionnalisé. C'est donc une démarche linéaire, dont l'objectif d'enseignement que se donne l'enseignant ; est de partir d'une situation de déclenchement visant principalement la motivation des élèves pour accéder à un travail d'investigation où il est question de trouver des résultats expérimentaux sur lesquels s'appuyer pour construire des connaissances nouvelles.

Épisode 7

Cet épisode qui fait partie de la phase de structuration des connaissances et d'institutionnalisation du savoir est précédée par une confrontation rapide, prise en charge par l'enseignant, entre les résultats des mesures dégagés par les différents groupes. Lors de cette phase, l'enseignant s'appuie sur ces résultats pour guider les élèves, à travers une série de questions, vers la généralisation de la condition d'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces. Le lien avec les propositions des élèves, en termes d'explications possibles de la stabilité des corps présentés dans les situations de déclenchement (nous avons choisi ici de ne pas parler de terme « hypothèse » tant qu'il n'a pas figuré dans les tâches du scénario ni dans le déroulement pendant la phase introductive qui a précédé l'investigation), est faite par l'enseignant dans un sens affirmatif :

P₁ : les constatations tirées par l'observation sont affirmées par l'expérience.

Tout en procédant à un travail de synthèse des différentes élaborations, l'enseignant renvoie la validation de la phase de structuration à la classe entière pour qu'il arrive finalement à l'institutionnalisation d'un savoir généralisé :

P₁ : Quelle est donc la condition pour qu'un solide soumis à deux forces soit en équilibre ?

E₁ : les deux forces sont de même valeur, même direction et de sens opposés.

E₂ : les deux vecteurs forces sont directement opposés.

Nous remarquons ici que l'adaptation du type A₁ relative à la somme vectorielle de deux vecteurs directement opposés est entièrement prise en charge par l'enseignant. Une fois que les élèves se contentent d'une description des deux vecteurs forces du point de vue comparaison entre leurs directions, leurs sens et leurs valeurs, l'enseignant prend l'initiative de rappeler que dans ce cas de figure, la somme vectorielle des deux vecteurs forces devrait être nulle, pour qu'il puisse accéder à une institutionnalisation d'une relation mathématique traduisant la condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.

D'un point de vue cognitif, nous remarquons que les interventions de l'enseignant se focalisent sur l'aspect mathématique qui réside dans la recherche d'une relation vectorielle entre les vecteurs forces correspondant aux actions mécaniques étudiées. Par ailleurs, le sens physique du phénomène d'équilibre n'est jamais évoqué par l'enseignant. Il aurait pu étendre l'étude pour passer du cadre mathématique dans lequel l'accent est mis sur les caractéristiques de vecteurs (direction, sens et norme) à un cadre physique où il est question de clarifier pour les élèves, en s'appuyant sur les effets d'une action mécanique, le phénomène de compensation des effets des deux forces qui fait que le solide demeure en état de repos.

Épisode 8

Pendant l'épisode 8 de la phase de mobilisation du savoir dans une situation nouvelle, les élèves mènent des activités autour des tâches T_{II8} et T_{II9} , identifiées dans l'analyse a priori de la fiche TP (tableau 32 en annexe). Toutefois, nous remarquons que les activités effectives diffèrent de ce qui est attendu. En effet, l'enseignant opte pour une résolution collective, au cours de laquelle il oriente l'élève invité au tableau, au traitement correct de l'application, à la lumière de ce qui a été structuré en termes de connaissances nouvelles. La durée de temps relativement brève (environ 7 % de la durée totale de la séance) n'a pas permis aux élèves de prendre l'initiative pour résoudre ces tâches. La résolution de l'application proposée est prise en charge par un élève invité au tableau, mais continuellement guidé par l'enseignant qui lui apporte des aides productives permettant de résoudre les tâches. Par ses interventions, l'enseignant ajoute une nouvelle tâche non identifiée dans l'analyse a priori et contribue ainsi à la modification des activités effectives. En effet, à partir des caractéristiques des deux forces exercées sur le corps étudié dans l'application, il suggère à l'élève chargé de la résolution de représenter les deux vecteurs forces. L'adaptation de type A_1 relative à la mise en application des connaissances antérieures concernant le poids d'un corps est prise en charge à la fois par l'enseignant et ses élèves. En effet, les élèves, guidés par les questions posées par l'enseignant, arrivent à se rappeler des connaissances relatives à la force de pesanteur, pour qu'ils puissent représenter le vecteur force modélisant cette action et par la suite dégager les caractéristiques de la deuxième force en mettant en application la condition d'équilibre institutionnalisée lors de la phase précédente.

Nous considérons dans cet épisode, que l'échange entre l'enseignant et ses élèves reste au niveau des réponses brèves de ces derniers aux différentes questions que l'enseignant pose, dans le but d'orienter leur activité dans le sens de la résolution des tâches proposées. L'absence d'une phase de réflexion individuelle à propos de l'application proposée et des interventions autonomes des élèves dans la proposition de pistes de résolution, indépendamment du guidage de l'enseignant, laisse l'initiative qu'il accorde à ses élèves très limitée :

P_1 : *Dans notre application on a une boîte placée sur une table quelle sont les forces exercées sur la boîte*

E : *le poids.*

P_1 : *quelle est sa valeur*

E : $\|\vec{p}\|$

P_1 : *c'est $m\|\vec{g}\|$ et on peut la calculer*

Résultats des analyses

$$E_2: \|\vec{p}\| = 11,7 N$$

P_1 : on va déterminer les caractéristiques de l'autre force. Où s'applique l'autre force et est-ce qu'elle s'agit d'une force de contact où à distance

E : de contact

P_1 : donc où elle s'applique

E_5 : à partir du centre de gravité.

P_1 : est-ce que la force de contact s'applique au centre de gravité

E_5 : non

P_1 : où donc

E_3 : sur toute la surface de contact

P_1 : on assimile tous les effets au point de contact. Quelle est la direction de cette force

E : du bas vers le haut

P_1 : c'est la verticale ou non ? Donc l'autre force à pour direction la verticale. Où s'oriente ?

P_1 : opposé à celle de p , de bas vers le haut. et la valeur ?

E : de même valeur 11,7 N

Ainsi, en se limitant à un travail collectif lors de cet épisode, l'enseignant n'arrive pas à s'assurer que les élèves s'approprient convenablement les notions abordées pendant la séance.

Par la suite, il serait possible qu'il sous-estime les difficultés et les enjeux liés à ces notions.

Nous expliquons cette tendance par la pression sous laquelle se trouve l'enseignant, qui cherche à achever cette application dans un intervalle de temps très limité. Devant cet incident en rapport avec l'insuffisance de temps réservée à cette application, l'enseignant fait le choix de guider l'élève vers la réponse attendue, de faciliter la tâche demandée en imposant aux élèves une démarche de résolution qui ne tient pas compte de leurs interventions productives, ce qui influence leurs activités effectives.

Nous synthétisons dans le tableau qui suit, pour chaque phase de la séance, les activités des élèves et celles de l'enseignant et le lien de chaque phase avec la démarche d'investigation.

Phases	Déroulement		Lien avec la DI / remarques
	Activités des élèves	Activités de l'enseignant	
(1)	Rappellent quelques connaissances en relation avec la notion de force, suite à la demande de l'enseignant.	Présente les situations de déclenchement et apporte quelques explications. Mène une discussion avec les élèves.	Le contenu de cette phase est en lien avec la première étape du canevas. La mobilisation des connaissances antérieures pourrait être laissée à l'initiative des élèves, si ces derniers considèrent

Résultats des analyses

			<p>cette mobilisation nécessaire pendant la phase d'appropriation du problème.</p> <p>Les explications apportées par P_1 peuvent influencer les élèves dans l'étape de la problématisation.</p>
(2)	<p>Mobilisent la notion de force pour comprendre le problème posé dans la situation.</p> <p>Proposent une condition pour que le solide étudié dans chaque situation ne reste plus immobile</p> <p>Donnent une hypothèse sur les deux forces exercées dans chaque situation pour que le corps étudié reste immobile.</p> <p>Proposent un protocole expérimental de vérification</p>	<p>Intervient pour aider les élèves à comprendre la situation proposée et pour répondre aux questions posées.</p> <p>Discute avec les élèves (chaque groupe à part) les forces qui s'exercent et les différents cas qui se présente de point de vue relation entre les forces.</p> <p>Discute avec les élèves l'hypothèse émise.</p> <p>Discute avec les élèves le dispositif approprié pour l'investigation</p>	<p>Les aides de l'enseignant ne favorisent pas une réelle problématisation des situations de départ.</p> <p>L'étude théorique menée autour de la recherche des caractéristiques des forces s'exerçant sur des corps au repos, ne fait pas partie de la phase d'appropriation d'une DI.</p> <p>L'enjeu principal de l'enseignant et d'inciter les élèves à faire une étude théorique qui sera vérifiée expérimentalement.</p>
(3)	<p>Réalisent le dispositif expérimental.</p> <p>Représentent les forces.</p> <p>Dégagent les caractéristiques des forces.</p> <p>Discutent entre eux et avec l'enseignant les résultats de l'expérience.</p> <p>Proposent une comparaison des deux forces exercées.</p>	<p>Contrôle le travail des groupes.</p> <p>Orienté les élèves dans les prises de mesures et la représentation des vecteurs forces.</p> <p>Intervient pour soulever avec les élèves quelques erreurs de mesure.</p> <p>Discute avec les élèves la relation qui peut être dégagée à partir des mesures faites.</p>	<p>Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape d'investigation décrite dans le canevas.</p> <p>Chevauchement entre la phase d'investigation et la mise en commun des différentes solutions apportées. La discussion collective doit être renvoyée à la phase de mise en commun des résultats trouvés par les différents groupes.</p>
(4)	<p>Proposent une relation entre les deux forces qui s'exercent sur un solide en équilibre.</p>	<p>Discute avec les élèves les résultats trouvés.</p> <p>Note la loi des mailles relative à un circuit</p>	<p>Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de structuration des connaissances décrite dans</p>

Résultats des analyses

	Notent la loi institutionnalisée.	électrique.	le canevas. Pas de retour sur les hypothèses émises au début
(5)	Proposent une réponse à la situation étudiée dans l'application. Notent la correction de l'application.	Discute avec les élèves l'application proposée. Rappelle la notion du poids et propose des pistes de résolution.	Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de mobilisation des connaissances décrite dans le canevas.

Tableau 18 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI

Répartition des interventions et de l'organisation de la classe selon les phases

En fonction du temps réservé à chacune des phases de la séance, nous présentons une répartition des interventions des élèves et de l'enseignant et la nature choisie pour l'organisation de la classe.

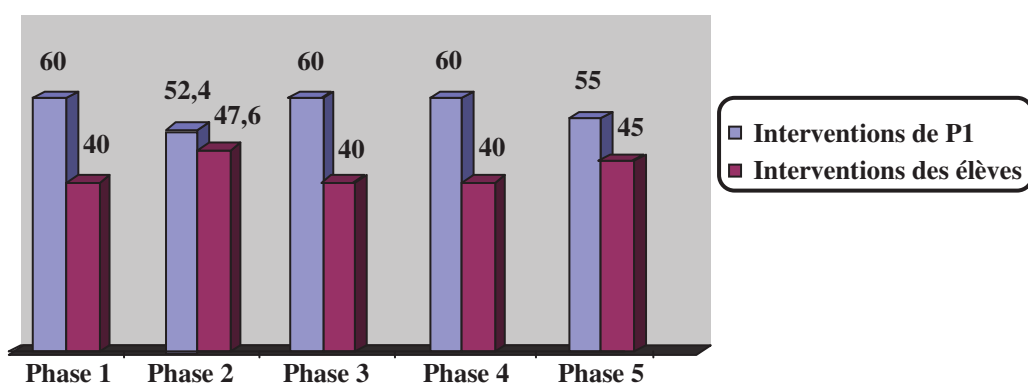


Figure 42 : Répartition des interventions (en %)

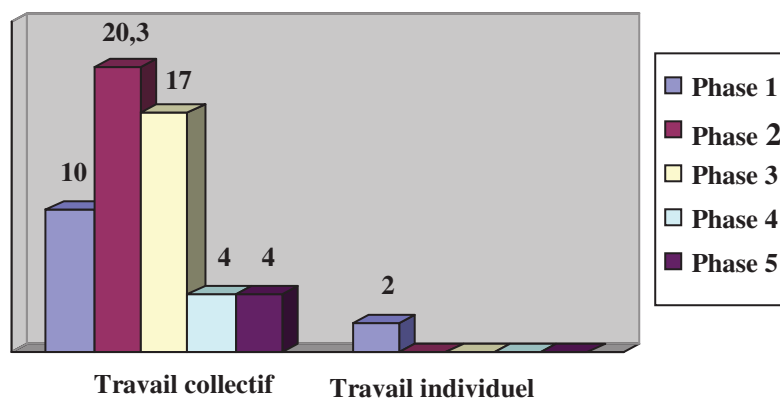


Figure 43 : Durée du type d'organisation de classe (en minute)

La lecture du graphique relatif à la répartition des interventions nous permet de noter que les interventions de l'enseignant sont clairement dominantes dans les différentes phases de la leçon. Ces interventions se rapprochent de celles des élèves pendant la phase d'appropriation du problème et celle de mobilisation du savoir dans une nouvelle situation. Nous expliquons ceci par :

- la mise en œuvre d'une nouvelle démarche non habituelle pour l'enseignant et les élèves, c'est-à-dire que l'enseignant se trouve chaque fois dans l'obligation d'intervenir pour mettre les élèves dans le bon chemin avec lequel ils seront amenés à déployer des activités effectives en réponses aux tâches prescrites dans le scénario ;
- les consignes explicatives que l'enseignant tient à avancer aux élèves pour une bonne compréhension des tâches proposées ;
- le choix d'une mode stéréotypique de la séance de travaux pratiques, surtout dans la phase d'appropriation du problème construite autour des activités ayant un aspect théorique, dans laquelle l'enseignant intervient souvent pour clarifier les connaissances nécessaires à la résolution des tâches et pour proposer des pistes de résolution, ce qui l'implique dans des activités effectives qui devrait être à la charge des élèves ;
- le contenu assez élargi et non adapté avec le temps alloué à la séance, ce qui incite l'enseignant, pendant quelques moments du déroulement, à intervenir pour guider les élèves, à contrôler leur production pendant la phase d'investigation, à discuter avec eux les procédures expérimentales et à prendre en charge des activités qui devraient être de la responsabilité des élèves, dans le but d'ajuster la durée des activités attendues avec leurs contenus.

Le graphique correspondant à la répartition de la nature choisie pour l'organisation de la classe montre que le travail collectif est dominant dans les différents épisodes de la leçon. Un le travail est collectif, dans le sens où les interactions entre les élèves sont encouragées (interactions au sein des groupes lors de la phase introductive et la phase d'investigation) à côté des interactions entre l'enseignant et ses élèves. Les interventions de l'enseignant pendant les différentes phases de la séance enrichissent souvent les activités effectives des élèves, sans modifications des tâches, et contribuent aux apprentissages et à la construction des connaissances, même si les interventions de l'enseignant dominant celles des élèves.

II-1-3 Troisième séance

Nous repérons, dans le tableau 19, les différentes phases dans la séance, les épisodes organisateurs de chaque phase, leurs durées, l'organisation de la classe, la répartition des tours

Résultats des analyses

de paroles et les dimensions repérées, en référence à la double approche didactique et ergonomique.

Phases	Épisodes	Durée	Organisation de la classe	Nombre de tours de paroles	Dimensions
(1) Présentation de la situation de déclenchement	(Ep1) rappel	3 min	collectif	P : 4 E : 6	Cognitive
	(Ep 2) proposition des situations de déclenchement	4 min	enseignant seul	P : 7 E : 3	Cognitive
(2) Appropriation du problème et formulation d'hypothèses et de protocole expérimental	(Ep 3) discussion à propos des situations proposées	10 min	collectif - travail de groupes	P : 7 E : 6	cognitive + médiative
	(Ep 4) proposition d'hypothèses explicatives et de protocole possible	4 min 30 s	collectif - travail de groupes	P : 8 E : 11	cognitive + médiative
(3) Investigation	(Ep 5) branchement et prise des mesures	24 min	collectif - travail de groupes	P : 7 E : 5	cognitive + médiative
(4) Structuration des connaissances et institutionnalisation du savoir	(Ep 6) établissement de la loi des mailles	10 min	professeur au tableau. travail collectif en classe entière	P : 7 E : 6	Cognitive
(5) Mobilisation du savoir	(Ep 7) intégration du savoir dans deux situations nouvelles	5 min	professeur au tableau. travail collectif en classe entière	P : 2 E : 3	cognitive

Tableau 19 : déroulement séance 3 (Professeur P₁)

La séance est répartie sur cinq phases comportant sept épisodes, pour une durée totale de 60 min 30 s. Le travail collectif marque la majorité des épisodes de la séance.

Épisode 1

Consacré à un rappel des différentes connaissances antérieures indispensables pour l'étude du thème abordé lors de cette séance, est mené de manière collective entre les élèves et leur enseignant. Dans le but de rafraîchir les pré-requis nécessaires, P₁ engage ses élèves dans une activité de rappel à propos de la notion de tension électrique et de la procédure de sa mesure et il se contente de reprendre la formulation correcte de la définition de la tension pour la confirmer. Les interventions des élèves sont individuelles et limitées à quelques éléments, étant donné que le temps accordé à cet épisode est bref et les rappels sont succincts.

Épisode 2

Lors de cet épisode, l'enseignant distribue aux élèves une feuille, sur laquelle figure une description des deux situations de déclenchements et il leur explique les consignes sur lesquelles ils doivent travailler pour résoudre ces deux situations.

Épisodes 3 et 4

Dans la deuxième phase, il s'agit de travailler sur les tâches T_{III1} et T_{III2}, identifiées dans l'analyse a priori (tableau 33 en annexe), pour soulever le problème qui découle de ces situations et d'émettre des hypothèses explicatives et des protocoles possibles. Les élèves se mettent en groupes : l'un est chargé de discuter le contenu de la première situation (phare d'une voiture en panne) et les deux autres groupes traitent la deuxième situation (un scooter à réparer) pendant environ 14 minutes 30s. Pendant cette discussion au sein des groupes, l'enseignant P₁ procède à des interventions auprès de chaque groupe à part pour s'assurer de la bonne compréhension de la situation et inciter les élèves à soulever le problème à résoudre. Ces derniers s'appuient, dans leur analyse de chaque situation, sur les connaissances étudiées antérieurement, en relation avec la tension électrique et les types d'association des circuits électriques. P₁, pressé par le temps, intervient pour rappeler aux élèves le fait qu'ils ne doivent pas dépasser 5 minutes pour proposer une expérience permettant de vérifier ce qu'ils proposent comme solutions (*vite il ne reste plus de temps, vous avez 5 minutes pour imaginer une expérience*). Nous expliquons ceci par le fait que l'enseignant se projette dans la suite de la leçon, qu'il considère chargée d'activités d'ordre expérimental, ce qui le pousse à rétrécir au maximum les activités de mise en situation. Les élèves du premier groupe proposent l'utilisation de deux lampes identiques pour résoudre le problème qu'ils soulèvent de la situation qui se rattache au phare de la voiture :

E : les deux lampes doivent être identiques.

À ce niveau l'enseignant intervient pour ajouter qu'il faut prendre en considération d'autres précautions.

P : et après y-a-t'il d'autres précautions ?

Son intervention est exprimée dans une forme interrogative, ce qui peut être interprété par les élèves dans le sens où la proposition qu'ils viennent d'avancer pourrait être acceptable et qu'il faut encore réfléchir à des précautions à prendre, ce qui constitue l'objet d'une nouvelle activité des élèves.

Pour le second groupe, chargé de l'étude de la situation qui se rattache au scooter, l'un des élèves propose, en réponse à la question du professeur qui vient de discuter avec eux la proposition qu'ils avancent, l'utilisation d'une lampe (phare) qui n'est pas identique à celle qui est déjà fonctionnel (lampe témoin) :

P : quelles sont les conditions dont on doit tenir compte pour le cas du scooteur ? Est-ce que la lampe phare doit être nécessairement identique à la lampe témoin ?

E : non

P : ce n'est pas nécessaire que les deux lampes soient identiques.

E : les valeurs des tensions des lampes sont proches de la tension de la batterie.

P : on dit que la lampe s'adapte au générateur. Réfléchir à une expérience qui permet de résoudre le problème de Paul. Comment il va résoudre son problème ? Quelles sont les éléments utilisés pour réaliser l'expérience ?

À partir du discours mené par l'enseignant avec ce groupe, nous soulevons de nouveau une intervention de l'enseignant qui vise à confirmer le choix de l'hypothèse proposée par les élèves (choix de deux lampes non identiques).

Nous remarquons au cours de cette discussion, que lorsqu'un élève avance une remarque concernant les tensions des deux lampes en comparaison avec la tension aux bornes du générateur, l'enseignant apporte une réponse brève qui renvoie à une notion qui sera traitée ultérieurement (notion d'adaptation entre générateur et récepteur) et oriente rapidement les élèves vers un autre enjeu qui réside dans la proposition d'un protocole expérimental.

Dans une autre intervention avec le groupe chargé de l'étude de la situation relative au phare de la voiture, P₁ soulève une nouvelle fois les précautions à prendre en considération à côté du choix des deux lampes. Il signale que les deux lampes doivent être montées en parallèle dans un circuit, sans pour autant réfléchir à partir des propositions des élèves, ce que nous

considérons comme aide constructive, car il installe une connaissance procédurale servant au choix du dispositif expérimental sur lequel s'appuient les élèves dans la phase d'investigation. L'activité possible des élèves concernant la proposition de protocoles expérimentaux, permettant de vérifier les différentes hypothèses émises, est étroitement liée aux différentes discussions entre l'enseignant et ses élèves à propos du problème identifié et des hypothèses explicatives. En effet, les remarques données par l'enseignant concernant la nécessité de brancher les deux lampes, en parallèle dans le cas de la voiture et en série dans le cas du scooter, ont simplifié beaucoup la tâche de proposition de protocoles possibles. La seule activité possible qui reste possible pour les élèves réside dans le choix des éléments électriques nécessaires pour le branchement des circuits.

Même si les activités possibles, pendant ces épisodes, se déroulent autour des tâches identifiées dans l'analyse a priori du scénario, nous remarquons qu'elles sont menées de manières différentes par rapport aux activités attendues dans l'analyse a priori. En effet, nous nous attendions dans l'analyse a priori à ce que les élèves arrivent à problématiser les situations de départ et à formuler les questions qui en découlent, à travers un travail de groupe, avant de passer à des activités d'échange à propos des différentes propositions. Cependant, le déroulement effectif de la séance montre que l'enseignant opte pour l'installation d'un mode de travail guidé où les élèves sont contrôlés perpétuellement, de manière à les amener à l'objectif visé. Dans chacune des activités possibles, l'enseignant délègue aux élèves l'installation du travail en toute autonomie mais nous constatons qu'il intervient rapidement pour proposer des pistes de résolution qui orientent les élèves dans leurs activités possibles.

Notons ici que les interventions de l'enseignant visent, d'une part, à enrôler les élèves dans la résolution des tâches prescrites et, d'autre part, à inciter les élèves à mobiliser la notion de tension électrique et des différents types de circuits dans la recherche des solutions possibles.

Les aides que l'enseignant apporte aux élèves sont généralement productives, en leur apportant des informations sous forme d'un savoir qui permet de simplifier les tâches à résoudre. Cependant, nous classons les informations que l'enseignant donne aux différents groupes, à propos de la nature de circuit adapté à chacune des deux situations étudiées, dans la catégorie des aides constructives, du fait qu'elles résolvent la tâche de proposition de protocole expérimental de vérification des hypothèses retenues.

L'adaptation du type A₂ soulevée dans l'analyse a priori du scénario possible (document 3 en annexe) est prise en charge par les élèves suite à un guidage par leur enseignant qui les

interroge sur les éléments électriques et les appareils de mesures nécessaires. Nous expliquons ce mode d'intervention de l'enseignant, dans le choix des éléments constitutifs des dispositifs expérimentaux, par le fait que l'enjeu principal pour lui est de réaliser des expériences qui permettent de vérifier les propositions des élèves. C'est pour cette raison qu'il choisit de rétrécir le temps de réflexion à propos des protocoles possibles en faveur du temps d'expérimentation. D'ailleurs une des activités attendues, relative à la représentation schématique des circuits proposés, n'est jamais évoquée par les élèves et l'enseignant se contente uniquement de discuter avec eux la composition des dispositifs qu'ils proposent, ce qui nous paraît légitime, du fait que cette représentation schématique figure déjà dans le document distribué aux élèves. Toutefois, nous considérons qu'avec cette procédure, l'enseignant exclut une activité nécessaire qui lui permettrait d'évaluer si les élèves sont capables de donner une représentation d'un circuit à partir des symboles des différents éléments électriques conformément aux conventions internationales.

Durant ces deux épisodes, P₁ semble vouloir focaliser les activités des élèves sur la démarche procédurale qui permet d'apporter des explications possibles des différentes situations proposées lors du déclenchement de la leçon. En effet, nous notons, à plusieurs reprises, des interventions de l'enseignant qui incitent les élèves à réfléchir à un dispositif expérimental pour vérifier ce qu'ils proposent :

P₁ : (en parlant avec le troisième groupe) *réaliser l'expérience à partir de ce que vous avez proposés comme schéma du montage.*

P₁ : (avec le premier groupe) *réaliser un tableau de mesures et tirer ce que vous constatez.*

Épisode 5

Pendant cet épisode, le souci principal de l'enseignant est d'amener les élèves à réaliser une étude expérimentale qui permette de résoudre les situations de départ. P₁ rappelle qu'il est nécessaire d'exploiter les schémas proposés pour réaliser les deux types de circuit dont ils sont discutés collectivement entre élèves. Ces derniers procèdent, en groupes, aux branchements de ces circuits, avec l'orientation de leur enseignant qui ne cesse de leur rappeler qu'ils ne doivent pas passer à la fermeture du circuit avant qu'il ne soit contrôlé par lui-même et encore une fois il revient pour rappeler que l'objectif est de résoudre le problème :

P₁ : *mais nous on cherche à résoudre le problème puisqu'on a pris une lampe non grillée et on va vérifier à travers la mesure des tensions. Voilà à votre disposition le matériel. On a changé*

Résultats des analyses

un peux et on va prendre des lampes de 6 V au lieu de 12 V. Réaliser les expériences et vérifier les mesures et ne brancher pas avant que je contrôle le montage.

Avec ses instructions, l'enseignant cherche à relier l'activité de mesurage, que les élèves sont invités à mener, avec la situation de départ. Par ceci, il instaure chez les élèves une logique de travail qui s'appuie sur des activités expérimentales dont la visée principale réside dans la résolution des problèmes en lien avec des situations concrètes. De plus, à travers le discours de l'enseignant, nous notons que ce dernier adapte les activités expérimentales avec le matériel dont on dispose au laboratoire, lorsqu'il a fait le choix de mettre à la disposition des élèves des lampes de 6 V au lieu des lampes de 12 V. Mais cela reste non explicite pour les élèves. En effet, l'enseignant discute avec ses élèves la situation de la lampe phare de la voiture dont la tension nominale est de 12 V et dans la procédure expérimentale demande à ses élèves de ne pas dépasser une tension de 6 V entre les bornes du générateur qui alimente les deux lampes montées en parallèles. Nous considérons ainsi légitime la demande de l'enseignant aux élèves, de ne pas brancher avant qu'il contrôle les circuits. Toutefois, nous considérons ambigu le terme de « branchement » utilisé. En effet, il peut être interprété par les élèves dans le sens où le branchement des éléments électriques doit être fait en présence de l'enseignant, alors que la consigne de ce dernier est émise dans le sens de ne procéder à la fermeture du circuit qu'à la suite du contrôle.

Il est intéressant de souligner que les activités expérimentales ne sont pas menées par les différents groupes, en même temps. D'ailleurs, nous notons que l'un des groupes est en phase de prise des mesures, alors que les autres sont encore dans la phase de préparation du dispositif expérimental. Ceci provient peut-être du fait que l'enseignant a omis la mise en commun d'un dispositif expérimental et qu'il vient de discuter les propositions avec chaque groupe à part. Et c'est ce qui rend le travail d'investigation non synchronisé entre les divers groupes.

L'activité possible de mesurage se conforme avec ce qui a été attendu dans l'analyse a priori des tâches. En effet, les élèves arrivent, par un travail collectif au sein de chaque groupe, à mesurer les différentes tensions aux bornes des éléments électriques constituant le circuit. Nous notons, dans cette étape de l'investigation expérimentale, que les aides que l'enseignant apporte aux élèves visent généralement le contrôle, la vérification de la procédure de mesure, l'exploitation du voltmètre dans l'exécution de la tâche de mesurage et vont même jusqu'à une intervention pour attirer l'attention des élèves à des erreurs d'ordre expérimental dans la mesure. Par la suite, nous classons ces aides dans un cadre productif, du fait qu'elles viennent

aux cours de l'activité des élèves et qu'elles ne contribuent ni au changement de la nature de la tâche, ni à la construction de nouvelles connaissances mais plutôt à orienter les élèves dans la résolution de la tâche.

P₁ : (en discutant avec le deuxième groupe) j'attire votre attention à des erreurs d'expérimentation ici. Refaire de nouveau les mesures et mesurer les tensions aux bornes de chaque dipôle.

[Temps de silence]

P₁ : La tension aux bornes de ce dipôle est de combien ?

E : 3.5 V

P₁ : et aux bornes de ce dipôle ?

E : 3.5 V

A partir de ce discours, nous remarquons que l'enseignant a choisi de ne pas intervenir pour soulever le type d'erreur que les élèves ont commis. Mais il laisse plutôt une part d'initiative aux élèves pour qu'ils découvrent eux-mêmes l'erreur de nature procédurale dans l'utilisation du voltmètre et qui réside dans un choix non réussi du calibre, ce qui a influencé l'exactitude des mesures faites. A ce propos, nous constatons que les élèves reviennent de nouveau pour vérifier cette procédure et ils arrivent, à travers une discussion entre eux, à découvrir le dysfonctionnement qui a touché l'exactitude des mesures.

À part la remarque soulevée par l'enseignant pointant implicitement la nécessité de choisir le calibre adéquat lors de l'activité de mesurage, les adaptations de types A₁ et A₂ identifiées dans l'analyse a priori des tâches (document 3 en annexe), sont entièrement prises en charges par les élèves.

Notons que le temps réservé à la phase d'investigation (environ 40 % de la durée totale de la séance) est adapté avec la nature des activités possibles, dans lesquelles l'autonomie des élèves est encouragée, ce qui pourrait induire un apprentissage potentiel des divers savoir-faire en relation avec le thème traité.

Pris par le temps, l'enseignant choisi à la suite de la phase d'investigation de passer à une structuration collective des connaissances visées, sans pour autant penser à réserver une étape de mise en commun et de discussion à propos des résultats dégagés de l'investigation expérimentale.

Épisode 6

P₁ procède à une discussion avec l'ensemble de la classe en prenant chacune des situations à part. Pour ce but, il annonce aux élèves que cette discussion doit prendre appui sur les résultats dégagés, tout en laissant le temps aux élèves, qui ont travaillé sur la situation des

Résultats des analyses

phares de la voiture, pour s'exprimer. Par ailleurs, il choisit de présenter lui-même les résultats dégagés de l'étude sur les lampes du scooter, en rappelant toujours que les connaissances qui découlent de cette investigation doivent être susceptibles de fournir une explication des deux situations de départ :

P₁ : que constatez-vous à partir de ces mesures ? On va maintenant discuter les résultats ensembles. Pour ceux qui ont choisi d'étudier le problème des phares de la voiture, ils ont proposé le schéma du circuit suivant où les trois dipôles sont montés en parallèle. Aux bornes de chaque dipôle on a branché un voltmètre. Que constatez-vous à partir des mesures ?

E : les tensions aux bornes des dipôles montés en parallèle, sont identiques.

P₁ : pour cette mesure, un seul voltmètre est suffisant car on est en train de mesurer la même différence d'état électrique entre les bornes des trois dipôles. Donc la tension aux bornes de dipôles montés en parallèle est la même.

P₁ : pour ceux qui ont choisis le problème du scooter, ils ont proposé le schéma du montage en série (générateur, deux lampes et un interrupteur avec trois voltmètres) ils ont trouvés les résultats suivants. Je constate que la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes des deux lampes.

Nous expliquons la démarche adoptée par P₁ dans la structuration des connaissances par le fait qu'il se donne comme objectif de réaliser une séance avec les étapes nécessaires à la démarche d'investigation. C'est pour cette raison que nous soulevons dans le discours de l'enseignant des aller et retour, d'une part, entre la phase d'investigation et la problématisation des situations de déclenchement et, d'autre part, entre l'étape de structuration et le problème soulevé au départ. Toutefois, nous pensons que ce souci de couvrir les différentes étapes de la démarche d'investigation reste au détriment de la répartition chronologique entre les différentes étapes et les activités possibles des élèves. A ce propos, il nous semble que la durée de temps réservé à l'étape de structuration des connaissances (environ 16 % de la durée totale de la séance) reste insuffisante et les activités des élèves sont limitées à des réponses aux différentes questions posées par leur enseignant :

P₁ : dans un circuit fermé qu'est-ce qu'on constate ?

E : les tensions sont en sens inverses

P₁ : on ne dit pas les tensions en sens inverses, les valeurs algébriques des tensions ?

E : leur somme est égale à zéro.

P₁ : dans une maille la somme algébrique des tensions est égale à zéro. Pour un circuit parallèle les tensions sont égales, pour un circuit série la somme des tensions est égale à zéro. Donc à partir de ces deux problèmes on a tiré une loi qu'on peut appliquer pour n'importe quel circuit. En conclusion générale : dans une maille, la somme algébrique des tensions est égale à zéro.

Cet extrait de discours, entre l'enseignant et ses élèves, montre que la grande partie de la phase de structuration des nouvelles connaissances est prise en charge par l'enseignant, qui intervient pour rectifier ce qu'il considère comme des erreurs dans les interventions des élèves. La déduction de la loi des mailles dans le cas général est faite par l'enseignant, contrairement à ce qu'on attend comme activité possible des élèves. Et c'est peut-être à nouveau le souci de traiter la phase qui suit (mobilisation des connaissances dans d'autres situations), pendant les cinq minutes qui restent de la séance, qui guide l'enseignant dans son choix. A ce souci s'ajoute le facteur temps qui influence beaucoup le déroulement de la séance et c'est ce que l'enseignant souleve, en réponse à notre question sur les raisons qui justifient son guidage remarquable des activités des élèves en signalant que c'est « *uniquement pour gagner du temps* ».

Dans le discours près cité, nous remarquons que l'indication donnée à l'élève, qui considère que « les tensions sont en sens inverses », est prise par l'enseignant dans le sens où la somme algébrique des tensions est nulle, sans pour autant qu'il pense à signaler aux élèves que cette somme doit affecter toutes les tensions, dont les flèches représentatives sont prises dans le même sens, qui devrait être choisie pour parcourir une maille. De plus, l'indication soulevée par l'élève peut être interprétée dans le sens où ce dernier désigne par l'expression « les tensions sont en sens inverses » la représentation schématique par des flèches des tensions entre les bornes d'un générateur monté en parallèle avec une lampe, si la première est prise en convention générateur et la seconde en convention récepteur, ce qui relève du registre des représentations schématiques que l'enseignant n'a jamais évoqué lors de cette séance.

Nous notons ici que l'intérêt du passage d'un cadre physique, où il est question de mesurer des tensions électriques, à un cadre mathématique où l'enjeu est de dégager une relation traduisant la loi de distribution des tensions dans un circuit électrique, n'est jamais évoqué par l'enseignant avec ses élèves.

Épisode 7

Dans cet épisode relatif à la mobilisation du savoir institutionnalisé, le travail est réduit à l'étude de l'une des deux nouvelles situations proposées. Les activités sont menées autour du contenu de la première situation. Ceci est lié au défaut de temps qui reste au service de cette étape de la démarche, ce que nous expliquons par la perte de temps suite aux interventions fréquentes de l'enseignant pour gérer les différents incidents qu'il repère lors des phases précédentes.

Résultats des analyses

Les activités possibles des élèves sont menées d'une manière différente à ce qui a été attendu dans l'analyse a priori. En effet, le travail autour de la situation étudiée est mené collectivement entre l'enseignant et ses élèves, alors qu'on s'attend à une phase de travail individuel à travers laquelle les élèves arrivent à mobiliser, en toute autonomie, le savoir construit. Ce qui pourrait permettre à l'enseignant d'identifier les défaillances et les difficultés au niveau de l'assimilation des connaissances construites et par la suite l'intervention pour remédier à ces difficultés.

Nous notons un guidage remarquable de l'enseignant, qui ne cesse d'apporter des aides aux élèves, que nous classons dans la catégorie des aides productives, car elles ne provoquent aucun changement au niveau des tâches prescrites et se limitent à l'orientation des élèves dans le sens de résolution correcte. Cependant, de telles aides interviennent au niveau de l'initiative des élèves qui devient fortement limitée :

P₁ : Proposez un schéma du montage de façon que la tension aux bornes du générateur soit égale à la tension aux bornes du moteur et chaque lampe n'ayant pas la même tension que le générateur.

P₁ : le moteur est en parallèle avec le générateur et pour les deux lampes, la somme de leurs tensions est égale à la tension aux bornes du générateur. Si vous les placer tous en parallèles, ils auront tous la même tension que le générateur. Appliquer pour chaque proposition la loi des mailles pour vérifier votre proposition.

Ce discours, renforce ce que nous venons de soulever à propos de la démarche que l'enseignant vient d'imposer aux élèves afin qu'ils arrivent à résoudre les tâches en relation avec la première situation.

Nous synthétisons dans le tableau qui suit, pour chaque phase de la séance, les activités des élèves et celles de l'enseignant et le lien de chaque phase avec la démarche d'investigation.

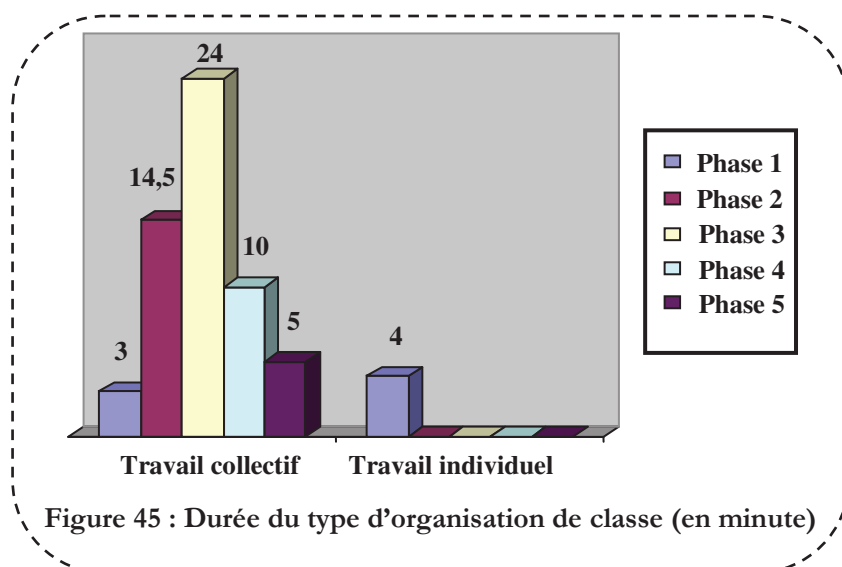
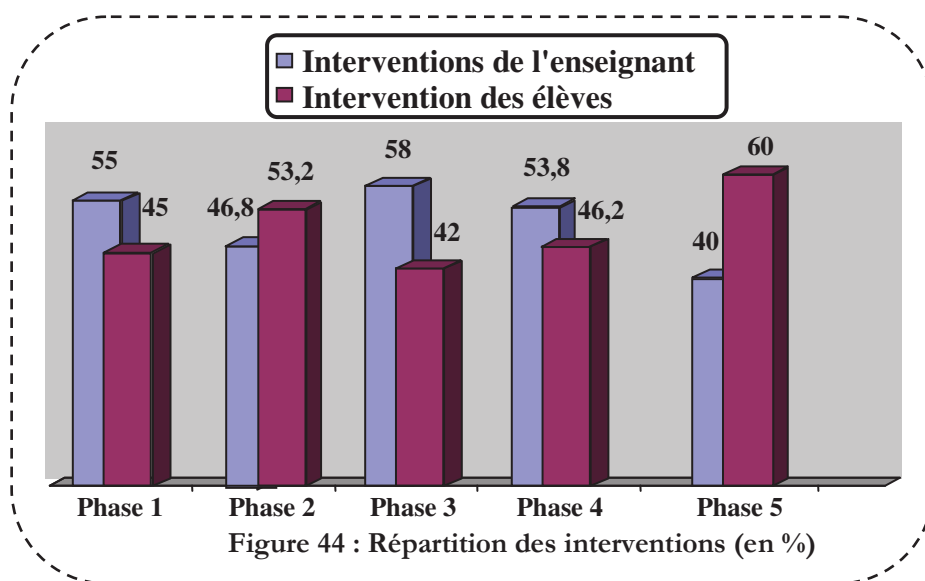
Phases	Déroulement		Lien avec la DI / remarques
	Activités des élèves	Activités de l'enseignant	
(1)	Rappellent quelques connaissances suite à la demande de l'enseignant.	Présente les situations de déclenchement et apporte quelques explications	Le contenu de cette phase est en lien avec la première étape décrite dans le canevas. Les pré-requis pourrait être laissés à l'initiative des élèves. Les explications apportées par P ₁ peuvent influencer les élèves dans

Résultats des analyses

			l'étape de problématisation.
(2)	<p>Discutent quelques pistes de résolution de la situation de départ.</p> <p>Proposent une hypothèse explicative.</p> <p>Proposent un protocole expérimental.</p> <p>Représentent le schéma du circuit proposé</p>	<p>Orienté le débat entre les élèves.</p> <p>Discute avec les groupes l'hypothèse relative à chaque situation.</p> <p>Discute avec les groupes le protocole expérimental proposé.</p>	<p>Le contenu de cette phase est en lien avec la deuxième étape du canevas.</p> <p>Les aides de l'enseignant ne favorisent pas une réelle problématisation des situations de départ.</p> <p>L'enjeu principal de l'enseignant est d'inciter les élèves à proposer un protocole expérimental</p>
(3)	<p>Réalisent le circuit.</p> <p>Mesurent les tensions. discutent entre eux et avec l'enseignant les résultats de l'expérience</p> <p>Proposent une relation entre les différentes tensions mesurées.</p> <p>Confirment l'hypothèse émise au début.</p>	<p>Contrôle le travail des groupes.</p> <p>Orienté les élèves dans les prises de mesures.</p> <p>Intervient pour soulever avec les élèves quelques erreurs de mesure.</p> <p>Discute avec les élèves la relation qui peut être dégagée à partir des mesures faites.</p>	<p>Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape d'investigation décrite dans le canevas.</p> <p>Chevauchement entre la phase d'investigation et la mise en commun des différentes solutions apportées.</p> <p>La confirmation ou l'infirmité des hypothèses doit être renvoyé à la phase de mise en commun des résultats</p>
(4)	<p>Proposent la relation entre les tensions électriques dans les deux cas de circuits réalisés.</p> <p>Notent la loi institutionnalisée</p>	<p>Discute avec les élèves les résultats trouvés.</p> <p>Note la loi des mailles relative à un circuit électrique.</p>	<p>Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de structuration des connaissances décrite dans le canevas.</p>
(5)	<p>Proposent une réponse à la situation étudiée dans l'application.</p> <p>Notent la correction de l'application.</p>	<p>Discute avec les élèves l'application proposée.</p> <p>Propose des pistes de résolution.</p>	<p>Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de mobilisation des connaissances décrite dans le canevas.</p>

Tableau 20 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI

Répartition des interventions et de l'organisation de la classe selon les phases



À partir du graphique de la figure 44, nous remarquons que les interventions de l'enseignant sont relativement proches de celles des élèves au cours des différentes phases de la leçon. Mais malgré cette répartition, la fréquence des interventions de l'enseignant reste élevée. Nous expliquons ceci par :

- une tendance de l'enseignant à donner plus d'initiative aux élèves, ce qui donne la possibilité à ces derniers de s'exprimer ;
- un choix de la part de l'enseignant de renforcer plus les activités des élèves, à travers des consignes explicatives ;
- le recours à un mode de travail collectif dans lequel les interactions verbales entre l'enseignant et ses élèves sont multiples, même si certaines phases de la leçon nécessitent

l'adoption d'un travail individuel pendant lequel les élèves sont invités à mener des activités productives en toute autonomie ;

- les interventions de l'enseignant lors de la phase d'investigation pour soulever avec les élèves certaines erreurs d'ordre expérimental. Lors de ces moments, il discute avec eux les procédures propices pour dépasser ces incidents mais, il prend parfois en charge l'activité d'institutionnalisation du savoir, sans qu'il pense à la traiter collectivement avec les élèves.

Une lecture du graphique de la figure 45 montre que le travail collectif marque les différentes phases de la leçon. Le seul épisode de la séance pendant lequel le travail est mené d'une manière individuelle est celui de la présentation des situations de déclenchements. Nous considérons que cette tendance enrichit les interactions élèves-élèves et enseignant-élèves qui s'avèrent nécessaire pour la réussite de l'enseignement par démarche d'investigation. Toutefois, ce mode de travail qui s'appuie essentiellement sur la discussion collective entre l'enseignant et les élèves, rend les activités de ces derniers très cadrées et dépendantes de ce que l'enseignant doit apporter comme aides pour soutenir le travail des élèves.

De plus, le fait de rester sur un travail collectif, surtout pendant la phase de mobilisation des connaissances, ne permet pas à l'enseignant de s'assurer si les élèves s'approprient les notions traitées ou de cerner les difficultés d'apprentissage.

II-2 Les déroulements de P₂

II-2-1 Première séance

Phases	Épisodes	Durée	Organisation de la classe	Nombre de tours de paroles	Dimensions
(1) Mise en situation	(Ep 1) présentation du thème abordé et des buts	1 min 08 s	Collectif en classe entière	P : 1 E : 1	Cognitive
(2) Préparation de l'étude expérimentale	(Ep 2) proposition d'un circuit	1 min	collectif en classe entière	P : 5 E : 4	cognitive + médiative
	(Ep 3) représentation du circuit	2 min 20 s	enseignant + élève au tableau	P : 2 E : 3	cognitive + médiative

Résultats des analyses

(3) Activité expérimentale	(Ep 4) réalisation du circuit et prise des mesures	7 min 30 s	collectif – travail de groupes	P : 16 E : 14	cognitive + médiative
(4) Exploitation des résultats	(Ep 5) mise en commun des résultats	2 min	élève au tableau	P : 2 E : 12	cognitive + médiative
	(Ep 6) exploitation des résultats	19 min 21 s	collectif en classe entière	P : 29 E : 30	cognitive + médiative
(5) Institutionnalisation du savoir	(Ep7) institutionnalisation du savoir	9 min 50 s	collectif en classe entière	P : 9 E : 9	cognitive + médiative

Tableau 21 : déroulement séance 1 (Professeur P₂)

La séance comporte cinq phases réparties sur sept épisodes pour une durée totale de 43 min. La durée de chaque épisode dépend de la nature de la tâche à réaliser. Le travail collectif, où les intervenants sont les élèves ou l'enseignant P₂ avec ses élèves, marquent aussi la majorité des épisodes de la séance.

Épisode 1

Dans le premier épisode, l'enseignant engage ses élèves dans une activité de mise en situation, en jouant le rôle de l'animateur principal. Il introduit le thème qui va être abordé en rappelant la caractéristique intensité-tension d'un récepteur actif. La seule intervention faite par un élève est une réponse à une question posée par l'enseignant à propos du thème qui va être abordé lors de cette séance. Cette activité d'introduction n'était pas prévue dans le scénario de P₂.

Épisodes 2 et 3

Dans les épisodes 2 et 3, l'activité réelle des élèves est la représentation d'un circuit à partir de ses constituants. C'est une activité qui répond à une sous tâche de la tâche T_{II} principale identifiée dans l'analyse à priori de la fiche de TP (tableau 34 en annexe). Dans cette activité déployée par l'élève, l'enseignant intervient à un niveau cognitif, ce qui n'était pas prévue dans l'analyse a priori du scénario. Ainsi, dans une première occasion, l'enseignant rappelle que le rhéostat inséré dans le circuit permet la variation de l'intensité du courant électrique. Dans une deuxième occasion, il rectifie une erreur commise par l'élève ayant noté que la tension U_{PN} aux bornes du générateur est nulle. Les aides apportées par l'enseignant dans cet épisode sont productives, du fait qu'elles préparent la tâche de mesurage dans l'épisode qui suit.

Épisode 4

Dans cet épisode faisant partie de la phase expérimentale, les élèves réalisent dans un premier temps une activité de branchement du circuit qui répond à la deuxième sous tâche de T'_{11} . Cette activité se déroule collectivement sans intervention de la part de l'enseignant. L'activité de mesurage en réponse à la tâche T'_{12} est menée en groupe avec des interventions fréquentes de l'enseignant qui soumet à l'ensemble des élèves une série de consignes qui ne provoquent aucun changement de la tâche prescrite. Nous notons que l'adaptation du type A_2 est entièrement prise en charge par l'enseignant qui intervient pour rappeler la relation mathématique permettant de dégager les valeurs de la tension et de l'intensité à partir de la déviation de chacun des aiguilles des appareils de mesures. Il s'agit donc d'une intervention d'ordre cognitif. De nouveau, l'enseignant intervient auprès de l'un des groupes pour soulever une erreur de branchement du voltmètre où les pôles de ce dernier sont inversés. Le professeur donne aux élèves de ce groupe une consigne d'inversement des pôles et par la suite, il poursuit avec eux la prise de mesures, en prenant en charge la lecture des déviations des aiguilles avec des anticipations remarquables aux réponses des élèves sur les questions qu'il pose. Pour autant il ne pense pas à engager les élèves dans un débat sur l'erreur commise, amenant ces derniers à la rectifier pour qu'ils poursuivent eux-mêmes l'activité de mesurage.

P₂ : ici c'est faux ça, on va inverser ces bornes c'est clair. Maintenant si j'ouvre l'interrupteur à quoi est égale la tension aux bornes du générateur

E : 4,45.

P₂ : marquer ça sur votre feuille. Maintenant tu peux varier l'intensité du courant à l'aide du curseur du rhéostat et on va varier de 0,1A ou bien de 0,2A et on va chercher la tension aux bornes du générateur.

E₄ : on ferme l'interrupteur K ?

P₂ : oui fermer l'interrupteur vite vite. Par exemple varier de 0,2 c'est-à-dire 20 graduations. Ajouter ajouter c'est bien 20, l'échelle utilisée c'est quoi ? 1A. 1 multiplié par 20 et divisé par 100 c'est...

E : 0,2

Dans le discours de l'enseignant avec les élèves du groupe, nous avons l'impression qu'il est pressé par le temps « *fermer l'interrupteur vite vite* ». C'est ce que l'enseignant revendique lors de l'entretien d'auto-confrontation : « *On tient compte dans ce cas surtout du facteur temps* » (Citation tirée du premier entretien avec P_2).

Toutefois, nous soulevons que les aides apportées par l'enseignant sont de nature productive, permettant d'orienter les élèves pour réussir la tâche demandée. La durée du temps réservé à

cet épisode représente environ 17 % du temps total de la séance, que nous considérons insuffisant pour permettre aux élèves de déployer en toute autonomie une activité réelle principale dans la séance. Nous considérons que la courte durée, dans laquelle l'activité de mesurage est faite, provient des interventions excessives de l'enseignant qui prend en charge une activité qui devrait être de la responsabilité des élèves.

Épisode 5

L'enseignant discute des valeurs trouvées avec les élèves des différents groupes. Ils se mettent d'accord sur l'exploitation d'une manière commune du tableau de mesures trouvé par l'un des groupes. L'activité réelle des élèves réside dans la reproduction sur leurs cahiers des valeurs notées par un élève au tableau. Nous considérons dans cet épisode que le travail sur un seul tableau de mesures pour la représentation de la caractéristique $U = f(I)$ ne permet pas d'évoquer le cas où les points correspondants aux couples (U, I) ne sont pas tous alignés. Cela élimine un apprentissage de connaissances d'ordre procédural qui réside, d'une part, dans le fait que la courbe tracée doit être étalée sur le maximum de points alignés et, d'autre part, dans la prise de conscience des erreurs de mesures relatives à l'expérimentateur et au matériel utilisé.

Épisode 6

Cet épisode est réservé au traçage de la caractéristique intensité-tension du dipôle étudié, en réponse à la tâche T'_{13} identifiée dans l'analyse a priori (tableau 34 en annexe). Lors de l'activité en relation avec cette tâche, une adaptation du type A_1 relative au choix adéquat d'une échelle de représentation est prise en charge par les élèves à la suite d'une série de questions posées par l'enseignant. Dans l'exploitation du graphique obtenu, nous notons de nouveau un guidage fort des élèves par l'enseignant. L'activité attendue dans l'analyse de la fiche TP était la recherche graphique des grandeurs qui caractérisent un générateur, ce qui nécessite une recherche du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine du segment de droite tracé. A ce propos, l'enseignant signale la nécessité de la recherche de la pente, ce qui engage les élèves dans cette activité de recherche. Et à travers une discussion fortement guidée par l'enseignant, ils arrivent à dégager les grandeurs caractéristiques du générateur :

P₂ : regarder bien maintenant, il faut homogénéiser l'équation. et s'exprime en quoi ?

E : en volt

E₈ : en Ohm

E₉ : en V/A

P₂ : en V/A. et on a dit V/A c'est quoi ?

E : Ohm

P₂ : Ohm c'est bien. Maintenant cette écriture, on sait bien que les résistances R prennent des valeurs posi...

E : positive

P₂ : donc on peut appeler ça comme la |a| on va l'appeler r et r c'est

E : la résistance interne de la pile

P₂ : de la pile très bien

E₉ : donc a = -r

P₂ : r = 2 Ohm la résistance interne de la pile plate. On va aussi chercher l'ordonné à l'origine b c'est la tension à vide. La tension où le courant est nulle. Donc b en fin de compte c'est quoi ?

E : ordonné à l'origine

P₂ : b = 4,6. On appelle b = E

Nous notons ici, conformément à ce qui a été évoqué dans l'analyse a priori du scénario possible, une absence totale de discussion, qui peut être engendrée à l'occasion de l'activité de traçage, à propos du passage du registre physique à un registre graphique, permettant par la suite la modélisation du fonctionnement du générateur par une loi. Cela engage les élèves dans une activité dont la signification n'est pas claire et les entraîne dans des difficultés d'apprentissage en relation avec les différents changements de registre, tel que le lien entre le signe du coefficient directeur dans l'écriture mathématique traduisant la caractéristique tracée et son inclinaison dans le registre mathématique (Malafosse et al, 2000). De plus, l'objectif du passage du registre graphique au registre mathématique n'est jamais évoqué par l'enseignant. Cela est conforme, d'une part, avec le contenu du programme, qui ne suggère, ni dans ses objectifs ni dans ses recommandations, aucune recommandation attirant l'attention des enseignants sur la nécessité de discuter avec les élèves les enjeux des passages entre les différents types de registres et, d'autre part, avec ce que nous venons d'identifier dans l'analyse a priori du scénario dans lequel aucune activité n'est programmée à ce sujet.

Épisode 7

Dans l'épisode 7, l'enseignant mène avec ses élèves une activité d'institutionnalisation du savoir. L'enseignant les aide pour qu'ils réalisent la tâche T₁₅ identifiée dans l'analyse a priori des tâches (tableau 34 en annexe) dont le but est de tirer, à partir de l'équation de la caractéristique tracée, une généralisation de la loi d'Ohm relative à un générateur. Encore une fois, les questions orientées de l'enseignant vers les élèves, permettent à ces derniers de tirer un énoncé général de la loi visée. Les aides que l'enseignant donne aux élèves sont constructives, du fait qu'elles contribuent à la construction d'un nouveau savoir. Les remarques qu'il donne aux élèves à la fin de cet épisode, en relation avec l'équation mathématique $U_G = E - rI$ lorsqu'on considère un générateur sans résistance interne, permettent aux élèves de distinguer un générateur idéal d'un générateur réel. Les interventions

de l'enseignant à ce sujet renforcent sa tendance à rendre le registre mathématique et la modélisation dominants au détriment du registre physique à travers lequel l'élève arrive à comprendre le phénomène physique traité.

Répartition des interventions

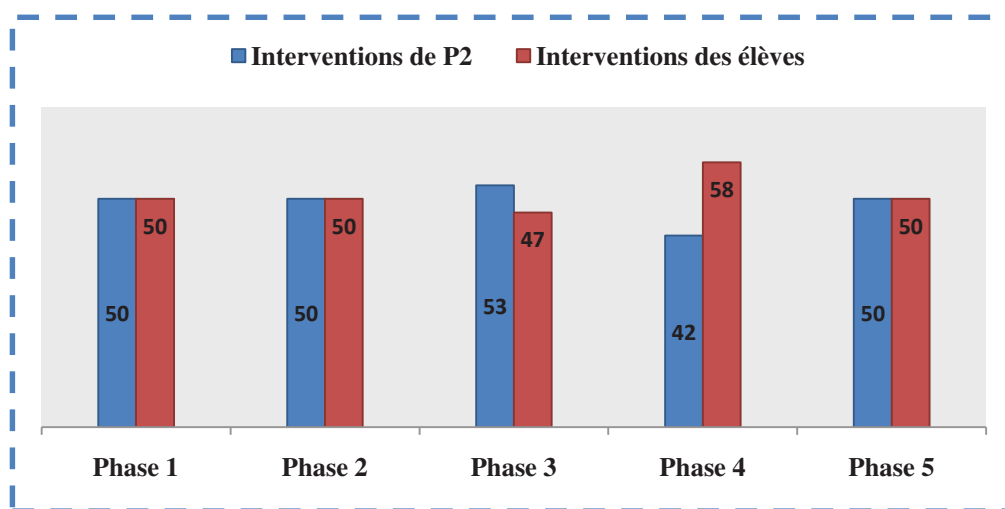


Figure 46 : Répartition des interventions (en %)

Le graphique montre que les interventions de l'enseignant et ses élèves sont réparties équitablement dans pratiquement tous les différents épisodes de la séance. Cette répartition montre une intention de la part de l'enseignant P₂ de maintenir un discours interactif avec ses élèves. Nous expliquons les interventions fréquentes de l'enseignant par le souci d'amener les élèves à réussir les activités dans lesquelles ils sont engagés et d'atteindre l'objectif assigné à la leçon pendant un temps bien précis.

Le travail collectif entre les élèves d'une part, et l'enseignant avec ses élèves d'autre part, domine toute autre forme de travail individuel.

II-2-2 Deuxième séance

Nous repérons, dans le tableau 22, les différentes phases dans la séance, les épisodes organisateurs de chaque phase, leurs durées, l'organisation de la classe, la répartition des tours de paroles et les dimensions repérées, en référence à la double approche didactique et ergonomique.

Résultats des analyses

Phases	Épisodes	Durée	Organisation de la classe	Nombre de tours de paroles	Dimensions
(1) Présentation de la situation de départ	(Ep 1) présentation des situations de déclenchement	2 min	oralement par l'enseignant	P : 2 E : 1	cognitive
(2) Appropriation du problème et formulation d'hypothèses explicatives	(Ep 2) discussion à propos des situations proposées	4 min 10 s	travail de groupes + discussion collective	P : 5 E : 3	cognitive + médiative
	(Ep 3) proposition d'hypothèses explicatives, en réponse au problème soulevé	3 min	collectif-travail de groupes	P : 4 E : 4	cognitive + médiative
(3) Investigation	(Ep 4) prise des mesures	9 min	collectif-travail de groupes	P : 7 E : 9	cognitive + médiative
(4) Échange autour des résultats trouvés	(Ep 5) discussion collective des résultats trouvés	6 min 30 s	travail collectif en classe entière	P : 6 E : 5	Cognitive
(5) Structuration des connaissances et institutionnalisation du savoir	(Ep 6) établissement des deux lois de Descartes relatives à la réflexion de la lumière	3 min	professeur au tableau	professeur seul	Cognitive
(6) Mobilisation du savoir	(Ep 7) exploitation des lois de Descartes relatives à la réflexion dans la recherche de l'image d'un objet	29 min	élèves au tableau + discussion collective en classe entière	P : 10 E : 9	cognitive

Tableau 22 : déroulement séance 2 (Professeur P₂)

La séance est répartie sur six phases comportant sept épisodes, pour une durée totale de 53 min 40 s. Le travail collectif, marque la majorité des phases de la séance.

Épisode 1

Le premier épisode est introduit oralement par l'enseignant qui annonce aux élèves que cette séance est réservée à l'étude d'une nouvelle notion qui s'inscrit dans le thème de la lumière. Le temps accordé à cette présentation est bref. Pendant celui-ci, l'enseignant présente deux situations de déclenchement (figurant dans le document distribué aux élèves) et donne les consignes qui clarifient le travail demandé, en s'appuyant sur les deux situations de départ.

Épisode 2

Pendant le deuxième épisode, les activités des élèves sont organisées autour de la tâche T_{III} identifiée dans l'analyse a priori du scénario (tableau 35 en annexe), dans laquelle nous attendons des élèves qu'ils arrivent, à la suite d'une discussion en groupes, à identifier le problème qui découle des deux situations et les questions qui se posent.

Épisode 3

P₂ laisse aux élèves un temps d'autonomie, pendant lequel ils discutent en groupes les éventuelles possibilités de problème qui peuvent être inférés de ces situations. Juste à la suite de cette durée relativement courte (ne dépassant pas les deux minutes), l'enseignant intervient pour engendrer une discussion collective avec tous les élèves de la classe. Il nous semble que l'enseignant se réfère à une pratique rituelle de classe, où il est commode pour lui de discuter en plénière les phénomènes étudiés, pour qu'il puisse orienter la discussion vers l'objectif qu'il se donne. À ce propos, il nous semble que ce mode d'intervention de l'enseignant constitue l'un des éléments d'un contrat didactique établi avec ses élèves.

Dans son discours avec les élèves, l'enseignant signale qu'il est requis de donner des hypothèses explicatives, dépassant ainsi la phase de problématisation qui prépare la phase de proposition d'hypothèses explicatives et de protocoles de vérification possibles :

P₂ : comment résoudre le problème posé par Ahmed ? En proposant quelques hypothèses.

E₂ : on utilise un miroir.

P₂ : comment ?

E₂ : la lumière va se diriger vers le miroir puis elle s'oriente vers la zone où se trouve Ahmed.

P₂ : est-ce qu'il ya d'autres hypothèses pour que Ahmed soit éclairé ?

[...temps de silence]

P₂ : comment on va placer ce miroir par rapport au projecteur bien sûr. À condition que Ahmed ne déplace pas le projecteur.

Le discours de l'enseignant avec ses élèves ne les incite pas à discuter les situations proposées pour qu'ils arrivent à identifier le problème qui en résulte et ne permet pas l'émergence des

questionnements constituant la base des activités d'investigation. La première intervention de P_2 dans ce discours prouve ce que nous venons de soulever. En effet, demander aux élèves de proposer une méthode de résolution du problème vécu par Ahmed pousse les élèves à proposer une procédure technique qui permet de renvoyer la lumière du projecteur vers l'emplacement du personnage mentionné dans la situation et rend ainsi secondaires la recherche du problème à résoudre et les questions qui en découlent.

Lorsqu'un élément de réponse est proposé par l'élève E_2 (l'utilisation d'un miroir), l'enseignant n'intervient pas pour orienter les autres élèves vers une problématisation de la situation proposée. Il interagit avec cette proposition en demandant une explicitation procédurale de l'utilisation de ce miroir pour résoudre ce que l'enseignant appelle problème dans la situation de départ. Pour gérer l'incident dû à l'état de silence, l'enseignant revient à la proposition de E_2 pour demander aux élèves des clarifications d'ordre procédural concernant l'emplacement du miroir afin d'assurer l'éclairage du personnage de la situation. Avec ce choix d'intervention, il s'avère que l'enseignant incite les élèves à partir de ce choix pour proposer un dispositif expérimental permettant de vérifier la proposition précitée.

Nous notons que pendant cette phase une connaissance antérieure indispensable pour le traitement du thème abordé lors de cette séance (le principe de la propagation rectiligne de la lumière) n'est pas évoquée, que ce soit par les élèves ou par l'enseignant. Ainsi, nous n'arrivons pas à comprendre si l'élève E_2 propose le miroir comme un dispositif permettant de changer la direction de propagation de la lumière, en s'appuyant sur le principe de propagation rectiligne de la lumière (étudiée dans des classes antérieures) ou si c'est un raisonnement qui prend son origine dans des situations vécues par cet élève dans son quotidien.

Nous considérons que la durée de temps réservée à cette phase (environ 8 % de la durée totale de la séance) est insuffisante pour engendrer un vrai travail d'appropriation de la situation présentée au départ. Lors de cette phase, les activités possibles des élèves se limitent à des interventions courtes en réponse aux interventions de l'enseignant, c'est-à-dire que la méthode préconisée par l'enseignant dans la discussion du contenu de la situation avec les élèves rend les activités de ces derniers très encadrées.

La tâche T'_{II2} , évoquée dans l'analyse a priori des tâches (tableau 35 en annexe), qui se rattache à la formulation d'hypothèses explicatives est intégrée dans cette phase. Remarquons que lors de cette phase, l'enseignant insiste dans son discours sur la nécessité de formuler des hypothèses explicatives, sans pour autant penser à éliminer l'ambiguïté sur ce terme. Notons

que dans l'extrait de discours précité, l'enseignant interagit avec la proposition d'un miroir comme étant une hypothèse explicative et il poursuit sur le raisonnement de l'élève, en demandant à ce dernier de donner une procédure technique permettant l'utilisation de ce miroir, ce qui nous amène à penser qu'il n'a pas conscience de la complexité du terme « hypothèse ». Il s'avère que le souci principal de l'enseignant est de trouver un lien entre les situations qu'il propose dans la phase introductive, pour passer à une étude expérimentale prototypique est c'est ce qui a été confirmé par l'enseignant lors de l'entretien d'auto-confrontation :

P₂ : pour moi l'essentiel et d'amener les élèves à donner des explications pour les situations que j'ai proposé au début de la séance. Des explications à partir desquelles on passe à l'étude expérimentale qui est pour moi l'essentiel pour aboutir aux lois de Descartes (Citation tirée du deuxième entretien avec P₂).

L'essentiel pour l'enseignant, à travers la diversification des situations de déclenchement, réside dans l'aspect motivationnel et de susciter l'intérêt des élèves pour qu'ils soient impliqués effectivement dans le processus d'apprentissage, sans pour autant pousser vers une problématisation de ces situations pour faire naître chez les élèves des questionnements dont la réponse sera déduite à partir d'un travail d'investigation :

P₂ : au début de la séance il faut enrichir le sujet de réflexion à travers des exemples de la vie quotidienne et pousser l'élève à trouver d'autres exemples de la vie quotidienne concernant la réflexion de la lumière avant de passer à l'expérience (Citation tirée du deuxième entretien avec P₂).

Notons que, contrairement à ce qui a été prévu dans l'analyse a priori, la proposition d'un protocole expérimental, à l'exception du miroir proposé par l'élève E₂, est entièrement prise en charge par l'enseignant, qui a choisi de faire figurer le schéma de ce dispositif dans le document mis à la disposition des élèves, ce qui renforce notre remarque à propos du recours de l'enseignant à une démarche prototypique dans l'étude des phénomènes physiques. Avec cette procédure, l'adaptation de type A₂ identifiée dans l'analyse a priori, est aussi prise en charge par l'enseignant. Nous considérons donc que les activités possibles des élèves dans cette étape de la démarche sont ignorées par l'enseignant. Ces derniers se contentent de suivre leur enseignant dans la présentation du matériel nécessaire à l'investigation et à l'explication donnée par l'enseignant à propos du schéma du dispositif figurant dans le document élève.

Épisode 4

Après avoir présenté le dispositif expérimental, l'enseignant invite les élèves à travailler en trois groupes pour mener une étude expérimentale visant à comprendre la seule situation évoquée dans cette séance (celle du projecteur). Notons que sur le document élève, aucune tâche relevant de l'étude expérimentale, n'est prescrite. Cela pousse l'enseignant à intervenir, suite à l'état de blocage qu'il vient de constater au niveau des groupes, pour noter au tableau les éclaircissements nécessaires à propos du dispositif expérimental, montrer le mode de fonctionnement de la source laser exploitée dans l'expérience et pour avancer oralement les consignes qui se rattachent aux activités de mesurage à déployer par les élèves.

A ce niveau, nous constatons que les activités possibles des élèves sont menées conformément à ce qui a été prévu dans l'analyse a priori du scénario. Ces activités sont menées en groupes et les aides de l'enseignant, qui viennent juste aux cours de ces activités, sont à visée productive et n'apportent aucune modification au niveau des tâches. D'ailleurs, pour une seule occasion, l'enseignant décide d'intervenir lorsqu'il constate que les élèves de l'un des groupes trouvent une difficulté à s'appropriier la méthode de mesure correcte. A cet effet, il profite de ce qu'il constate pour attirer l'attention des élèves du fait qu'ils doivent bien choisir l'emplacement de la source laser afin que le rayon incident arrive au niveau du point d'incidence, ce qui garantit l'exactitude des différents angles mesurés.

L'adaptation du type A_2 identifiée dans l'analyse a priori des tâches est prise en charge par les élèves. D'ailleurs, le rôle de l'enseignant dans les activités de mesurage s'est limité à l'enrôlement des élèves dans les tâches qu'il vient de fixer au début de l'investigation.

Contrairement à la phase d'appropriation du problème, nous considérons que la durée de temps réservée à la phase d'investigation (environ 17 % de la durée totale de la séance) est en adéquation avec la nature des activités déployées par les élèves qui sont limitées à la prise de mesure de l'angle de réflexion pour différentes valeurs de l'angle d'incidence et le repérage du plan contenant le rayon réfléchi.

Épisode 5

Lors de cet épisode, P_2 invite les élèves à mettre en commun les résultats des mesures, en demandant aux représentants des groupes de présenter les différents tableaux de mesures qu'ils viennent de préparer. Toutefois, l'échange guidé par l'enseignant pendant cette phase reste limité aux résultats des mesures dégagées à partir de l'étude expérimentale. Cette procédure est un résultat de ce qui a été traité pendant la phase d'investigation, du fait que la seule activité des élèves réside dans la prise de mesures des angles d'incidence et de réflexion,

sans qu'elle débouche sur un travail de recherche d'éléments de justification et de confrontation avec les hypothèses initiales. C'est pour cette raison que l'échange reste au niveau des mesures prises. L'enseignant aurait pu pousser les activités des élèves, pendant la phase d'investigation jusqu'à l'interprétation des résultats des mesures prises pour en tirer des justifications qui feraient par la suite l'objet d'une confrontation avec les hypothèses de départ.

Épisode 6

L'enseignant fait référence aux résultats de mesures mises en commun. Pendant ce temps (e dépassant pas les trois minutes), l'enseignant guide les élèves à travers des questions dans le but de les amener à établir les lois de Descartes relative à la réflexion de la lumière. Lors de cette phase, les activités possibles des élèves sont fortement influencées par les interventions de l'enseignant qui ne favorisent ni l'initiative, ni des apprentissages potentiels. Il guide le travail d'une manière à ce que l'interprétation porte sur le produit de l'activité de mesurage et non pas sur les raisonnements et les hypothèses de départ.

La seule activité effective, à laquelle l'enseignant fait référence pour énoncer les deux lois de Descartes, est une activité de représentation pendant laquelle un élève trace au tableau la marche des rayons lumineux, pour une valeur particulière de l'angle d'incidence. Notons ici que l'enseignant enchaîne avec la représentation avancée par l'élève au tableau pour évoquer une solution au personnage cité dans la situation du « projecteur ». Par la suite, la mobilisation de ces lois est faite par P_2 pour donner une explication de la situation du « rétroviseur de la voiture » présentée dans le document élève mais non évoquée lors de la phase introductive du déroulement.

Notons que pendant cet épisode, P_2 ne sollicite pas les élèves pour donner une formulation complète des lois qui régissent le phénomène de réflexion de la lumière. Il intervient toutefois pour reformuler la proposition de l'un des élèves qui tente de donner une interprétation du schéma de la réflexion représenté au tableau. Cette intervention vise à clôturer la phase de structuration des connaissances par l'institutionnalisation des deux lois de Descartes, sans pour autant évoquer le phénomène d'un point de vue physique. Notons ici que, d'un point de vue cognitif, les interventions de l'enseignant se focalisent sur l'aspect mathématique qui réside dans la recherche d'un plan commun (dans lequel se trouvent le rayon incident et le rayon réfléchi) et la comparaison des angles que font les deux types de rayon avec la normale au miroir et qui est contenue dans le plan d'incidence. Par ailleurs, le sens physique du phénomène de réflexion de la lumière n'est jamais évoqué par l'enseignant. Il aurait pu

étendre l'étude pour passer du cadre numérique dans lequel l'accent est mis sur des valeurs mesurées expérimentalement (angles) à un cadre physique. Ceci pour clarifier aux élèves, en s'appuyant sur le principe de propagation rectiligne de la lumière, le phénomène de propagation d'un rayon lumineux dans un milieu homogène qui subit un changement au niveau de la direction de propagation, symétriquement à la normale, à la rencontre d'un milieu réfléchissant, tout en restant dans le même plan où se propage le rayon incident. Ce qui se traduit mathématiquement par l'égalité des angles que font ces deux rayons avec la normale au miroir.

Épisode 7

Pendant cet épisode relatif à la mobilisation du savoir institutionnalisé, les activités sont menées autour de la tâche T'_{II7} identifiée dans l'analyse a priori (tableau 35 en annexe). Cependant, elles s'avèrent être menées d'une manière différente à ce qui est attendu dans l'analyse a priori. En effet, le travail autour de la situation étudiée est mené collectivement entre l'enseignant et ses élèves, alors qu'on s'attend à une phase de travail individuel dans laquelle les élèves arrivent à mobiliser, en toute autonomie, le savoir construit. Cela permettrait à l'enseignant de s'assurer de la compréhension individuelle des connaissances déjà structurées et de soulever les difficultés d'assimilation des connaissances construites et par la suite l'intervention pour remédier à ces difficultés. Ainsi, en l'absence d'un temps de réflexion individuelle, l'enseignant n'arrive pas à s'assurer que les élèves sont capables de mobiliser le savoir construit, et par conséquent il n'arrive pas à affirmer s'il y a un réel apprentissage.

L'activité de traçage est prise en charge par un élève au tableau, soutenu par les interventions des autres élèves. Toutefois, nous notons que l'enseignant guide énormément l'élève dans l'exécution de la tâche de construction. En lui donnant des consignes d'ordre procédural, l'enseignant réussit à amener l'élève à construire l'image d'une bougie, sans pour autant penser à lui accorder l'initiative pour mener l'activité en toute autonomie, ce qui lui permettrait de repérer les difficultés sous-jacentes :

P₂ : qu'est-ce qu'il se produit pour le rayon qui tombe perpendiculairement au plan du miroir ?

E : il sera réfléchi dans la même direction.

P₂ : comment on va trouver l'image de la bougie ? Qu'est-ce qu'on va prolonger ici ?

P₂ : l'intersection des prolongements des rayons réfléchis donne une image virtuelle, donc on peut tracer l'image de la bougie.

Résultats des analyses

Ce discours se conforme à ce que nous venons de soulever à propos de la démarche que l'enseignant vient d'imposer aux élèves afin qu'ils arrivent à résoudre les tâches en relation avec l'application proposée.

La durée du temps réservé à cette phase de la leçon (environ 54 % de la durée totale de la séance) nous paraît très élevée. Nous pensons que cette répartition chronologique est au détriment des autres phases de la leçon, principalement celles correspondant à l'appropriation (où nous notons qu'il n'y a pas une problématisation réelle) et à l'investigation (où il n'y a pas eu de travail de recherche d'éléments de justification et de confrontation avec les hypothèses formulées, au sein de chaque groupe).

Nous synthétisons dans le tableau qui suit, pour chaque phase de la séance, les activités des élèves et celles de l'enseignant et le lien de chaque phase avec la démarche d'investigation.

Phases	Déroulement		Lien avec la DI / remarques
	Activités des élèves	Activités de l'enseignant	
(1)		Présente le but de la séance Présente les situations de déclenchement et apporte quelques explications	Le contenu de cette phase est en lien avec la première étape du canevas.
(2)	Proposent quelques explications pour la situation étudiée. D'une manière individuelle, un élève propose une procédure de résolution du problème évoqué dans la situation de départ	Discute avec les élèves le contenu de la situation Demande aux élèves de proposer une méthode pratique pour résoudre la situation présentée Guide les élèves pour donner des hypothèses explicatives	Les élèves ne sont pas impliqués dans des activités visant la problématisation de la situation de départ. Les hypothèses explicatives sont formulées en termes de procédure technique et non pas en termes de réponses provisoires, basées sur des conceptions ou des prérequis, à des questionnements. Pas de proposition, de la part des élèves, d'un protocole d'investigation. L'enseignant ne sollicite pas les élèves à la recherche d'un problème

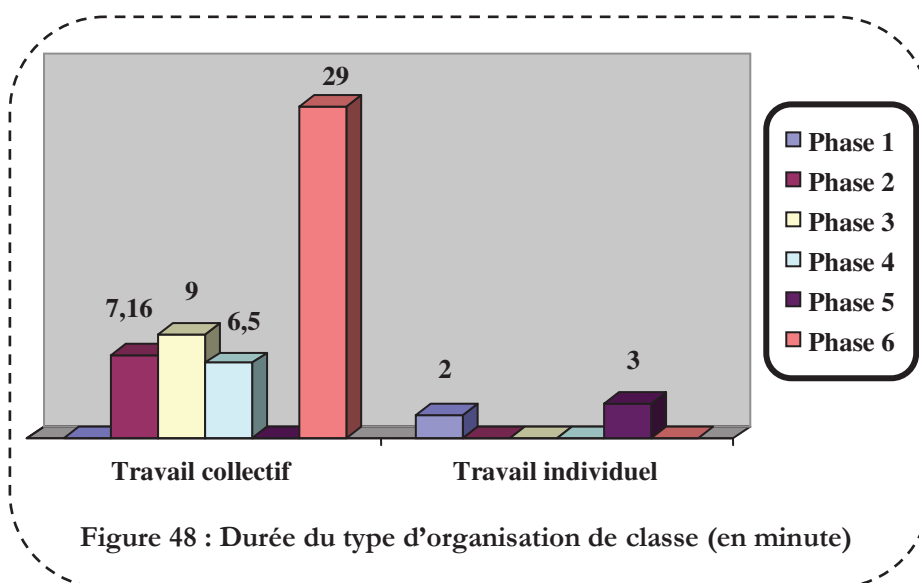
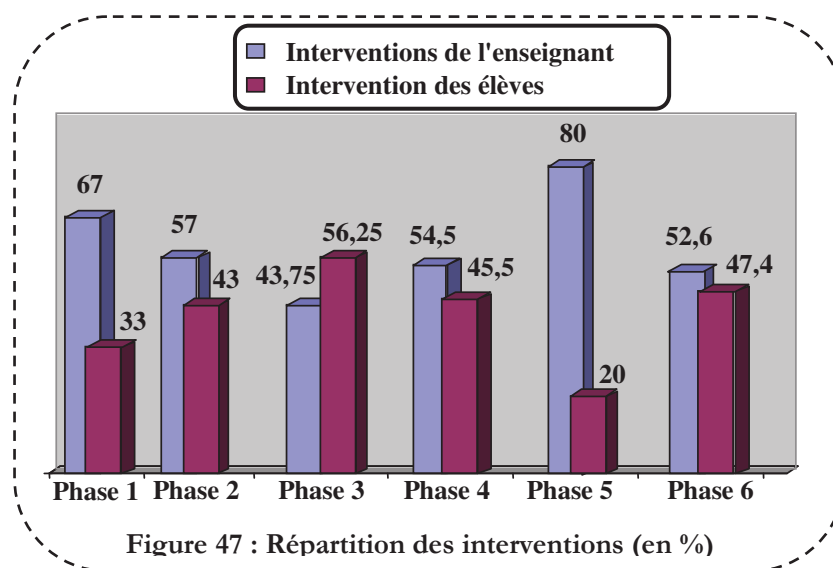
Résultats des analyses

			à résoudre.
(3)	Réalisent le dispositif expérimental. Mesurent les angles de réflexions en fonction des angles d'incidences.	Contrôle le travail des groupes. Oriente les élèves dans les prises de mesures. Intervient pour amener les élèves à bien régler la position de la source laser.	Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape d'investigation décrite dans le canevas.
(4)	Présentation des tableaux de mesures	Guide les élèves à interpréter les résultats des différentes mesures	Pas d'échange argumentée autour des solutions élaborées par les groupes
(5)	Proposent une formulation des deux lois de Descartes. Notent, sur leurs cahiers, le contenu du tableau.	Institutionnalise le savoir à partir des propositions des élèves. Retour sur les situations de départ pour confirmer les hypothèses émises.	Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de structuration des connaissances décrite dans le canevas.
(6)	Mobilisent le savoir institutionnalisé pour la recherche de l'image d'un objet à travers un miroir plan	Guide les élèves dans la recherche de l'image pour différentes situations de l'objet.	Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de mobilisation des connaissances décrite dans le canevas. Le travail collectif n'est pas précédé par une phase de travail individuel.

Tableau 23 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI

Résultats des analyses

Répartition des interventions et de l'organisation de la classe selon les phases



A partir du graphique de la figure 47, nous remarquons que les interventions de l'enseignant sont élevées, surtout lors de la première et de la cinquième phase. Nous expliquons ceci par :

- la démarche prototypique préconisée par P₂ au cours des différentes phases de la leçon. Les activités des élèves sont généralement déclenchées suite aux diverses explications et consignes données par l'enseignant, ce qui rend les interventions de l'enseignant fréquentes ;
- la prise en charge par l'enseignant de certaines tâches, qui devraient être à la charge des élèves. C'est le cas de la phase de structuration des connaissances, où l'enseignant est l'acteur principal, même si les élèves tentent de proposer une formulation des lois visées.

- la reprise, ou la reformulation, régulière par l'enseignant de ce que les élèves viennent d'exprimer.
- Le guidage excessif des élèves tout au long de la séance, en exigeant souvent les procédures qui devraient être suivies par les élèves.

Pendant cette séance, c'est pratiquement P₂ qui parle (environ 60 % des paroles). Il reprend les paroles des élèves, il reformule certaines interventions ou il soumet un ensemble de consignes explicatives ou d'ordre procédural pour bien mener l'investigation expérimentale, ce qui rend dominantes les interventions de P₂ par rapport à celles des élèves.

Les graphiques de la figure 48 montrent que pendant cette séance le travail collectif est encouragé par l'enseignant. Cependant, les phases de travail individuel sont rarement envisagées. Nous considérons que cette tendance pourrait développer l'interaction inter élèves et favoriser la confrontation des idées. Par ailleurs, négliger le travail individuel risque de sous-estimer le degré d'appropriation des problèmes et d'assimilation des connaissances, à côté de l'état de passivité que pourrait induire le travail collectif en groupes ou en classe entière.

II-2-3 Troisième séance

Nous repérons, dans le tableau 24, les différentes phases dans la séance, les épisodes organisateurs de chaque phase, leurs durées, l'organisation de la classe, la répartition des tours de paroles et les dimensions repérées, en référence à la double approche didactique et ergonomique.

Phases	Épisodes	Durée	Organisation de la classe	Nombre de tours de paroles	Dimensions
(1) Présentation de la situation de départ	(Ep 1) proposition des situations de déclenchement	3 min 30 s	oralement par l'enseignant	P : 3 E : 3	cognitive
(2) Appropriation du problème	(Ep 2) discussion à propos des situations proposées	8 min	travail de groupes + discussion avec l'enseignant	P : 7 E : 8	cognitive + médiative

Résultats des analyses

(3) Formulation d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles	(Ep 3) proposition d'hypothèses explicatives et d'un dispositif expérimental	6 min 45 s	travail de groupes + discussion avec l'enseignant	P : 14 E : 13	cognitive + médiative
(4) Investigation	(Ep 4) branchement du circuit et prise des mesures	15 min	collectif- travail de groupes	P : 17 E : 9	cognitive + médiative
	(Ep 5) traçage de la caractéristique intensité- tension de la pile	6 min	travail individuel	P : 1 E : 1	cognitive
(5) Échange autour des résultats trouvés	(Ep 6) discussion collective des résultats trouvés	9 min 30 s	travail collectif en classe entière	P : 16 E : 11	cognitive + médiative
(6) Structuration des connaissances et institutionnalisatio n du savoir	(Ep 7) établissement de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur	8 min	travail collectif en classe entière	P : 9 E : 9	cognitive
(7) Mobilisation du savoir	(Ep 8) caractéristique d'un générateur idéal et d'un générateur réel	11 min 15 s	travail collectif en classe entière	P : 9 E : 5	cognitive

Tableau 24 : déroulement séance 3 (Professeur P₂)

La séance est répartie sur sept phases comportant huit épisodes, pour une durée totale d'une heure 8min. Le travail est mené collectivement dans la majorité des épisodes de la leçon.

Épisode 1

Le premier épisode de présentation est mené, pendant une durée de temps bref, oralement, avec quelques interventions individuelles de l'enseignant et des élèves. A la suite de la présentation des objectifs de la leçon, l'enseignant demande aux élèves de donner leurs

conceptions à propos du terme générateur. Puis, un document, présentant deux situations élaborées autour du thème du jour, est distribué aux élèves. L'enseignant les invite à discuter de la première situation afin de tirer le problème qui en découle.

Épisode 2

Pendant cet épisode, les élèves, en trois groupes, les élèves sont engagés dans une discussion collective du contenu de la situation présentée. Il s'agit pour eux de déployer des activités autour de la tâche T_{III1} identifiée dans l'analyse a priori de la fiche TP (tableau 36 en annexe). Nous nous attendions dans cette analyse à ce que l'enseignant incite ses élèves à rappeler des connaissances antérieures relatives à la caractéristique intensité-tension d'un récepteur actif, ce qui pourrait faciliter la tâche de problématisation. Cependant, ce rappel n'est pas évoqué au début du déroulement de cet épisode, ce qui peut être expliqué par le fait que l'enseignant ne veut pas influencer les élèves qui doivent parvenir, en toute autonomie, à établir le problème en relation avec le comportement d'un dipôle générateur dans un circuit électrique. Toutefois, l'intervention de l'enseignant auprès des élèves de l'un des groupes suscite leur attention sur ce qui a été traité antérieurement. Les élèves procèdent ainsi, avec le guidage de l'enseignant, à une comparaison entre le mode de variation de la tension aux bornes d'un récepteur actif et l'indication (4,5 V) qui figure sur la pile plate présentée dans la situation de départ. Nous notons à ce niveau un début de problématisation par l'un des groupes :

P₂ : (avec le groupe 1) que pensez-vous de la valeur 4,5 V indiquée sur la pile ?

E₁ : c'est une tension

P₂ : oui je sais que c'est une tension, mais...

E₁ : c'est la tension aux bornes du générateur

P₂ : est-ce que le générateur isolé fournit un courant ?

E₁ : non.

E₃ : entre ses bornes on peut mesurer une tension.

E₂ : on a vu que pour un moteur, lorsque le courant est nul, la tension entre ses bornes est nulle.

P₂ : je vous laisse dégager le problème que pose cette situation.

P₂ : (profite de cette discussion avec le premier groupe pour s'exprimer devant la classe entière) vous êtes invité à discuter la première situation pour dégager le problème que pose cette situation et de tirer des questions sur lesquelles vous donner des hypothèses de réponse.

Nous constatons, dans cet extrait de discours, que lorsque l'enseignant interroge les élèves, ils répondent en fonction du sujet de cette interrogation « tension », ce qui nous amène à dire que les interventions des élèves sont orientées et que leurs activités répondent à une sorte d'impulsion de la part de l'enseignant. En effet, la première intervention de l'enseignant dans

ce discours a orienté les élèves dans le sens d'une comparaison avec le comportement d'un récepteur actif inséré dans un circuit électrique. Cette discussion a permis aux élèves de dégager les premiers éléments du problème en lien avec la situation de déclenchement : comportement d'un générateur inséré dans un circuit électrique, lorsque ce dernier est ouvert et s'il est fermé.

Épisode 3

Suite au discours avec les élèves du premier groupe, l'enseignant intervient pour soulever l'ambiguïté de la consigne avec les élèves en classe entière, ce qui relance la discussion au sein de chaque groupe. Avec les clarifications de l'enseignant, les élèves arrivent finalement, après un temps de réflexion et de discussion en groupes, à donner leurs propositions exprimées autour du mode de variation de la tension aux bornes d'une pile. Remarquons ici que le temps réservé à cet épisode (environ 12 % de la durée totale de la séance) dépasse celui réservé à ce même type de phase lors de la séance précédente (la première séance animée par P₂). Nous considérons cela comme une évolution dans la pratique de l'enseignant, visant à garantir une vraie appropriation du problème par les élèves, ce qui pourrait contribuer à une prise de conscience du problème à résoudre de la part des élèves. Le discours que l'enseignant tient à mener avec les élèves, les a poussé à mobiliser des connaissances antérieures et des conceptions à propos de la variation de la tension aux bornes d'un générateur :

P₂ : comment varie la tension aux bornes d'une pile ?

P₂ : par quel mode de variation est régie la tension aux bornes d'un générateur ?

P₂ : vous avez vu le cas d'un récepteur actif

E₂ : la tension augmente lorsque l'intensité du courant augmente

P₂ : est-ce-que cette augmentation est infinie ?

E₁ : non

P₂ : fait attention, la tension augmente en fonction de l'intensité de courant si ce courant existe dans l'intervalle de fonctionnement normal du récepteur.

E₅ : la tension aux bornes du générateur diminue puisque c'est celui qui donne des tensions aux autres éléments d'un circuit

P₂ : des tensions !!

E₃ : la tension diminue car c'est celui qui alimente le circuit par un courant.

P₂ : ok la tension diminue car c'est celui qui alimente le circuit par un courant.

Nous remarquons dans ce discours, encore une fois, que les élèves sont guidés en classe entière, par les questions que l'enseignant pose dans le but de les amener à formuler des hypothèses explicatives. Les élèves ont recours de nouveau à ce qui a été traité avec les dipôles récepteurs. L'intervention de l'élève E₂, qui signale, que « *la tension augmente lorsque l'intensité du courant augmente* », nous le comprenons dans le sens de variation de la tension

aux bornes d'un dipôle récepteur actif, malgré l'ambiguïté que nous soulevons dans cette réponse, du fait qu'elle peut être interprétée dans le sens de proposition d'un mode de variation de la tension aux bornes de la pile, en réponse aux deux premières questions posées par l'enseignant dans ce discours. Nous notons ici que l'enseignant enchaîne avec la proposition de cet élève pour rappeler que l'augmentation de la tension aux bornes d'un dipôle récepteur actif est dépendante de l'intensité du courant qui le traverse et qui ne doit pas dépasser une certaine limite, ce qui fait que cette tension devrait être dans la zone de fonctionnement normal du dipôle récepteur. L'intervention de l'élève E₅ met en relief une conception erronée. Pour cet élève, c'est comme si le générateur distribue des tensions aux autres éléments du circuit et chaque fois qu'un dipôle est associé à un générateur dans un circuit fermé, il va trancher une partie de la tension « emmagasinée » dans ce générateur. Ce qui attire notre attention ici est la réaction de l'enseignant qui se contente de répéter, avec une parole montrant son étonnement, la réponse de l'élève, sans donner des commentaires. Cette communication gestuelle de l'enseignant avec ses élèves a permis à susciter l'attention de l'élève E₃, qui a proposé une nouvelle hypothèse ayant trouvé cette fois-ci l'approbation de l'enseignant.

Cet épisode est marqué par une activité menée collectivement en classe entière, contrairement à ce qui était attendu dans l'analyse a priori des tâches (tableau 36 en annexe). En effet, nous nous attendions à ce que les élèves arrivent à discuter en groupes le problème soulevé de la situation de départ pour en déduire des hypothèses explicatives faisant par la suite l'objet d'une discussion collective entre l'enseignant et les élèves. Nous considérons qu'une telle démarche adoptée par l'enseignant touche à l'autonomie des élèves et laisse leurs initiatives fortement dépendantes du guidage de l'enseignant, bien qu'elle permette l'avancée du travail. Cependant, il est intéressant de signaler que les aides apportées par l'enseignant à ce niveau n'affectent pas la tâche mais qu'au contraire, elles permettent d'engager les élèves dans une activité fondamentale dans une démarche fondée sur l'investigation.

Pour donner suite à ce qui a été discuté en commun, en termes d'hypothèse explicative, P₂ demande aux élèves de proposer un dispositif expérimental permettant de vérifier l'hypothèse retenue. Ces derniers sont engagés de nouveau dans une activité de choix du matériel nécessaire pour mener une étude expérimentale ayant comme but la confirmation ou l'infirmité de l'hypothèse. La tâche de proposition de protocole possible, identifiée dans l'analyse a priori des tâches (tableau 36 en annexe), est entièrement prise en charge par les élèves, avec quelques interventions de l'enseignant que nous classons en général dans la

catégorie des aides à visée de validation de ce qui est proposé par les élèves. L'activité d'élaboration d'un protocole expérimental possible est menée au début en groupes, dont la durée est d'environ 2 minutes, pendant laquelle l'enseignant se contente du contrôle sans qu'il n'apporte aucune indication. Par la suite, les propositions sont mises en commun et discutées en classe entière. Signalons ici que les élèves, qui ont déjà traité la caractéristique intensité-tension d'un dipôle résistor et celle d'un dipôle récepteur actif, ne trouvent pas de difficultés à remobiliser leurs connaissances procédurales pour parvenir à proposer les appareils de mesures nécessaires (ampèremètre et voltmètre) parmi la liste du matériel constitutif du dispositif expérimental proposé.

Épisode 4

Pendant cet épisode, les élèves des mêmes groupes procèdent au branchement du circuit série avec le matériel qu'ils viennent de proposer. L'activité déployée est celle du mesurage de la tension électrique aux bornes du générateur en fonction de l'intensité de courant circulant dans le circuit. Mais, suite à une consigne donnée par l'enseignant, ils cherchent tout d'abord la tension que maintient le générateur entre ses bornes une fois qu'il est isolé. Au début, l'enseignant ne donne aucune raison qui explique le recours à une telle mesure mais, une fois cette mesure faite, il intervient pour discuter cette valeur avec les élèves de l'un des groupes :

P₂ : lorsque l'interrupteur est ouvert, qu'est-ce que vous constaté, la tension aux bornes du générateur est comment ?

E : égale à 4.8

P₂ : l'essentiel qu'elle est différente de zéro et ça n'existe pas dans le cas d'un récepteur. Car il y a une différence entre dipôle récepteur et dipôle générateur. Un générateur donne de l'énergie et un récepteur va consommer de l'énergie. Donc il y a une grande différence entre la force contre électromotrice de l'autre TP et la force électromotrice. C'est la tension à vide pour $I = 0$

Dans cet extrait de discours, nous remarquons, d'une part, que l'enseignant anticipe un travail d'interprétation des mesures prises, qui devrait être à la charge des élèves au sein des groupes avant la phase d'échange argumenté des solutions élaborées. D'autre part, en relation avec la dimension cognitive, l'enseignant introduit un nouveau concept physique « la force électromotrice d'un générateur » en procédant de nouveau à une comparaison avec le dipôle récepteur actif. Cette remarque nous amène à poser la question de la légitimité de cette comparaison : à quelle caractéristique intensité-tension d'un dipôle récepteur actif se réfère-on dans cette comparaison avec le dipôle générateur ? Est-ce de la caractéristique réelle ou linéarisée ? En plus, la différentiation entre un générateur et un récepteur en termes d'énergie ne renvoie pas à une comparaison entre la force électromotrice d'un générateur et la force

contre électromotrice d'un récepteur actif. En effet, l'énergie fournie par un générateur dépend, entre autres, de sa résistance interne et celle consommée par un récepteur dépend, à côté de l'intensité du courant électrique, de la force contre électromotrice et de la résistance interne de ce dipôle récepteur. Nous considérons donc que cette remarque soulevée par l'enseignant dans ce discours laisse les élèves dans l'ambiguïté, plutôt que d'être révélatrice d'un apprentissage potentiel.

Dans la suite, les élèves poursuivent l'activité de mesure pour qu'ils dégagent une série de mesures de la tension électrique aux bornes de la pile, pour différentes valeurs de l'intensité du courant électrique. A ce niveau, nous notons une intervention de l'enseignant auprès de l'un des groupes, suite à un constat de dysfonctionnement du circuit réalisé, et ce afin de remédier à cette difficulté procédurale. Il intervient pour changer un matériel non fonctionnel et il prend lui-même la tâche de branchement du circuit pour mettre les élèves dans la voie correcte, qui permet de les enrôler dans l'activité de mesure.

A ce stade d'expérimentation, un élève du deuxième groupe signale à l'enseignant qu'ils ont fini l'activité de mesure, en demandant s'il est possible de passer à la nouvelle activité de représentation de la caractéristique intensité-tension. A partir de cette intervention, il nous semble que les élèves sont habitués à ce type d'exploitation des valeurs numériques obtenues à partir des mesures faites, pour dégager une courbe traduisant l'évolution d'une grandeur physique en fonction d'une autre, servant par la suite à un travail de modélisation d'un phénomène physique. Nous comprenons ceci dans le sens d'un effet de contrat didactique établi entre l'enseignant et ses élèves pour toute activité de ce type, qui rend pour eux systématique le passage d'un registre numérique à un registre graphique, sans qu'ils aient besoin de consignes de la part de l'enseignant pour passer de l'activité de mesure à l'activité de traçage d'une courbe. En réaction à cette intervention, l'enseignant intervient pour valider avec les élèves de ce groupe les mesures dégagées, en déclenchant, encore une fois, avec eux une discussion à propos de la tension mesurée pour un circuit ouvert :

P₂ : vous regardez bien que lorsque I augmente, U_{PN} diminue. Bien discuter ensemble surtout lorsque $I = 0$, la tension est comment ?

Ce discours révèle pour nous une démarche que l'enseignant cherche à instaurer à l'occasion de cette étude expérimentale. Il nous semble que l'enseignant vise à recentrer l'activité des élèves en focalisant leur attention sur l'aspect physique, en faisant ressortir la valeur non nulle de la tension pour un circuit ouvert, avant d'accéder à une interprétation basée sur une étude mathématique de la représentation graphique traduisant l'évolution de cette tension.

Lors de cet épisode, nous remarquons que les adaptations de types A_1 et A_2 identifiées dans l'analyse globale du scénario possible (document 6 en annexe), relatives à l'utilisation des appareils de mesures des grandeurs électriques étudiées et des relations mathématiques mobilisées dans la déduction des différentes valeurs de ces grandeurs, sont entièrement prises en charge par les élèves.

Épisode 5

L'activité des élèves pendant cet épisode s'achève suite à la consigne donnée par l'enseignant, qui leur demande de passer à une nouvelle activité organisée autour de la tâche de représentation T'_{III3} identifiée dans l'analyse a priori (tableau 36 en annexe). Une première intervention de l'enseignant soulève la nécessité d'un bon choix d'une échelle permettant d'obtenir une caractéristique bien étalée sur le papier millimétré, ce qui assure par la suite une exploitation réussie de la courbe. Une première discussion, cadrée par l'enseignant, permet la mise en commun d'une échelle, présentée ensuite au tableau par l'un des élèves. L'activité de traçage est menée individuellement par les élèves, en toute autonomie. Ils arrivent ainsi, sans aucune aide de l'enseignant, à tracer une caractéristique reliant le maximum de points obtenus par la conversion des couples de valeurs numériques en un ensemble de points géométrique. Par ailleurs, contrairement à ce qui était attendu dans l'analyse a priori des tâches, on note l'absence d'une explication de l'écart au niveau de l'alignement des points obtenus. En effet, aucun des intervenants dans la classe n'évoque les raisons qui sous-tendent le non-alignement de ces points, ce qui peut révéler également une sorte d'habitude installée avec les élèves. Ce que nous considérons comme un autre élément de contrat didactique en électricité. Il paraît que l'essentiel pour eux, et pour l'enseignant, est de tracer une courbe exploitable dans ce qui suit du travail, sans pour autant évoquer des détails qui expliquent un aspect procédural intéressant.

Dans cette phase, nous notons que les activités menées englobent deux passages entre trois registres. Un premier passage apparaît du registre physique à un registre numérique, exprimant deux grandeurs physiques (tension et intensité) avec des valeurs numériques, tandis que le deuxième concerne le passage du registre numérique à un registre graphique traduisant une évolution des valeurs numériques dégagées à partir de l'expérimentation. Aucune intervention de la part de l'enseignant ne vient ni légitimer ces différents passages, ni expliquer leurs intérêts. Cela nous donne l'impression que l'enseignant s'intéresse plutôt à l'objectif de modélisation du phénomène étudié, sans qu'il pense à éclaircir les liens entre les

différentes étapes amenant finalement à la loi modélisant la variation de la tension aux bornes d'un dipôle générateur.

La durée de temps réservée à la phase d'investigation (environ 31 % de la durée totale de la séance) est en adéquation avec la nature des activités déployées par les élèves. Cependant, nous remarquons dans cette phase l'absence de discussion entre les élèves au sein des groupes, dans le but de tirer à partir des résultats des mesures des propositions de résolution du problème soulevé lors de la phase d'appropriation, qui feront par la suite l'objet d'échanges entre les élèves en classe entière. Ceci peut être expliqué par le fait que l'enseignant déclenche régulièrement des discussions concernant les résultats qu'ils dégagent avec chaque groupe.

Épisodes 6

A la suite de la phase d'investigation, l'enseignant invite les élèves à présenter en plénière les résultats de l'activité de mesurage. Un tableau de mesures est noté au tableau par l'un des élèves, désigné par l'enseignant, et les autres élèves comme appui de leur discussion. Une première intervention de l'enseignant oriente les élèves vers la valeur que prend la tension aux bornes du générateur, pour un courant nul. Pour répondre à la question posée par un élève sur les facteurs qui laissent la tension non nulle, même pour un courant d'intensité nulle, l'enseignant a recours à une explication que nous considérons ambiguë et qui n'apporte rien de nouveau pour les élèves, au sujet de cette tension nulle :

E : Monsieur pourquoi on a trouvé une tension non nulle pour $I = 0$?

P₂ : car il y a une force électromotrice aux bornes du générateur. Pour le dipôle récepteur on a vu qu'il y a une force contre électromotrice.

Il nous semble que la réponse donnée par l'enseignant est basée sur l'expression mathématique de la tension $U = E - rI$ à établir par la suite, sans qu'elle soit basée sur une signification physique qui donne à la force électromotrice le statut d'une différence de potentiel qui rend la pile capable de mettre en mouvement les électrons libres.

Épisodes 7

Lors de l'exploitation collective de la courbe tracée, le lien entre le signe du coefficient directeur retrouvé graphiquement par les élèves et l'inclinaison de la courbe issue du registre mathématique (Malafosse et al, 2000) n'est jamais évoqué par l'enseignant avec ses élèves. Par ailleurs, l'objectif du passage du registre graphique au registre mathématique reste implicite, et non justifié par l'enseignant, pour que les élèves puissent comprendre les enjeux

qui sont derrière le tracé de la caractéristique intensité-tension et la recherche des coefficients qui caractérisent cette courbe.

Pendant cet épisode, les adaptations de types A_1 et A_3 relatives à la mobilisation de connaissances antérieures qui relèvent du champ mathématique (procédures de détermination de la pente d'une droite et de l'ordonnée à l'origine) à côté des résultats de l'activité expérimentale faite, sont prises en charge par les élèves. Les aides prodiguées par l'enseignant viennent juste au cours de l'activité de recherche des coefficients caractéristiques de la courbe tracée et elles n'apportent aucune modification des tâches sur lesquelles les élèves sont en train de travailler, ce qui nous amène à les classer dans la catégorie des aides productives. A partir de ce travail d'exploitation de la caractéristique tracée, l'enseignant accède avec les élèves à un travail de structuration des connaissances. Le recours à l'exploitation de la forme de l'équation d'une droite décroissante empruntée du registre algébrique sert pour la détermination des grandeurs caractéristiques du générateur exploité dans cette étude expérimentale. Le travail pendant cette phase est mené d'une manière collective entre l'enseignant et les élèves. Cependant, ces derniers sont fortement guidés et leurs activités effectives résident essentiellement dans la réponse aux questions de l'enseignant :

E₃ : la caractéristique d'un dipôle générateur est une droite, donc la pile est un dipôle linéaire.

P₂ : quoi aussi

E₃ : la caractéristique ne passe pas par l'origine donc la pile est un dipôle non linéaire

E₄ : non passif

E₃ : c'est un dipôle actif

P₂ : maintenant on va citer la loi d'Ohm relatif à un dipôle générateur. Qui peut me tirer la conclusion ?

E₃ : un dipôle générateur est caractérisé par une fem E et une résistance interne r

P₂ : $U = E - rI$. Donc la tension c'est la fem diminuée de la chute de tension dans sa résistance interne.

Dans cet extrait de discours entre l'enseignant et ses élèves, nous notons le rôle participatif des élèves dans la construction des nouvelles connaissances, bien que leur initiative soit impulsée par les consignes ou les questions avancées par l'enseignant.

Nous remarquons aussi que le travail d'institutionnalisation du savoir s'est achevé, sans pour autant que l'enseignant ne revienne sur la situation de déclenchement de départ pour inciter les élèves à vérifier les hypothèses explicatives émises au début. Nous pensons que l'enseignant gère la séance avec un esprit qui opte pour la linéarité d'une séquence d'enseignement – apprentissage sans qu'il y ait des aller et retour entre les différentes phases de la leçon.

Épisode 8

Dans l'épisode 8 de la phase de mobilisation des connaissances construites, les activités des élèves et celle de l'enseignant sont organisées autour de la tâche T_{III9} identifiée dans l'analyse a priori des tâches (tableau 36 en annexe). Comme il est attendu, les élèves, avec l'aide de leur enseignant, arrivent à mobiliser la loi d'Ohm établie pour différencier entre un générateur réel et un générateur idéal. La différenciation est faite en s'appuyant sur l'expression mathématique qui modélise la loi d'Ohm. Les interventions fréquentes de l'enseignant dans cette phase révèlent pour nous, encore une fois, une logique de guidage selon lequel l'enseignant mène le travail avec les élèves.

À travers l'analyse du contenu de cet épisode, nous considérons qu'il relève d'une continuité avec la phase de structuration des connaissances et d'institutionnalisation du savoir. L'enseignant aurait pu construire cette phase autour d'une nouvelle situation et engager les élèves dans des activités de mobilisation réelles, à travers lesquelles il arriverait à évaluer chez eux le degré d'assimilation des différentes connaissances construites.

Pendant cette phase, les activités possibles des élèves sont menées d'une manière différente de ce qui était attendu dans l'analyse a priori. En effet, le travail de mobilisation des connaissances établies, dans la distinction entre deux types de générateurs, est mené collectivement entre l'enseignant et ses élèves. Nous nous attendions plutôt à une phase de travail individuel dans laquelle les élèves arrivent à mobiliser, en toute autonomie, le savoir construit, ce qui permettrait à l'enseignant de s'assurer de la compréhension individuelle des connaissances déjà structurées et de soulever les difficultés d'assimilation des connaissances construites et par la suite d'intervenir pour remédier à ces difficultés. Ainsi, en l'absence d'un temps de réflexion individuelle, il nous semble que l'enseignant n'arrive pas à s'assurer que les élèves sont capables de mobiliser le savoir construit, et par conséquent, il n'arrive pas à affirmer s'il y a un apprentissage effectif.

Nous synthétisons dans le tableau qui suit, pour chaque phase de la séance, les activités des élèves et celles de l'enseignant et le lien de chaque phase avec la démarche d'investigation.

Résultats des analyses

Phases	Déroulement		Lien avec la DI / remarques
	Activités des élèves	Activités de l'enseignant	
(1)		Présente le but de la séance Présente les situations de déclenchement et apporte quelques explications.	Le contenu de cette phase est en lien avec la première étape du canevas.
(2)	Discutent en groupes la première situation. Proposent quelques problématiques de la situation de départ. Formulent les questions qui s'èposent à partir du problème soulevé.	Orienté la discussion entre les élèves. Reformule quelques propositions des élèves. Apporte quelques clarifications d'ordre cognitif, en relation avec les connaissances antérieures mobilisées par les élèves.	Le contenu de cette phase est en lien avec la deuxième étape du canevas. Les interventions fréquentes de l'enseignant lors de la discussion en groupes de la situation de départ, limite l'initiative des élèves dans la recherche du problème qui découle de cette situation.
(3)	Formulent des hypothèses explicatives à propos du problème retenu en commun. Proposent des composantes électriques nécessaires à l'étude expérimentale. Proposent un protocole expérimental.	Discute avec les élèves les hypothèses proposées. Orienté les élèves vers le choix d'une hypothèse commune. Orienté les élèves vers le choix d'un protocole expérimental commun, à partir de leurs propositions et valide ce choix.	Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de formulation d'hypothèses explicatives et de proposition de protocole possible décrite dans le canevas.
(4)	Réalisent le circuit électrique qui permet l'étude de la caractéristique intensité-tension d'un générateur Mesurent des couples	Donne les consignes qui facilitent le travail sur les tâches d'expérimentation. Contrôle le travail des groupes. Apporte des aides d'ordres procédurales.	Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de d'investigation décrite dans le canevas. Absence de discussion, au sein des groupes, des résultats trouvés.

Résultats des analyses

	de valeurs (intensité, tension). Tracent la courbe $U = f(I)$ à partir des différentes mesures faites.	Cadre la discussion entre les élèves pour le choix d'une échelle adéquate de représentation.	Pas de proposition de solutions à partir des résultats trouvés.
(5)	Présentation des tableaux de mesures par les différents groupes. Représentation au tableau de l'allure de la caractéristique (élève au tableau). Cherchent le coefficient directeur et la pente de la caractéristiques intensité-tension du générateur.	Orienté la discussion autour des propositions des groupes.	La recherche du coefficient directeur et la pente de la caractéristiques intensité-tension du générateur doit précéder la phase d'échange argumenté autour des résultats trouvés.
(6)	Participent avec les élèves dans la recherche des grandeurs caractéristiques d'un dipôle générateur. Formulent la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur.	Orienté les élèves dans la recherche des grandeurs caractéristiques du générateur. Institutionnalise le savoir à partir des propositions des élèves.	Le contenu de cette phase est en lien avec l'étape de structuration des connaissances décrite dans le canevas. Pas de retours sur les hypothèses émises, à partir des connaissances construites.
(7)	Mobilisent le savoir institutionnalisé distinguer entre générateur réel et générateur idéal	Établit l'expression de la tension aux bornes d'un dipôle idéal.	La mobilisation du savoir doit être menée autour d'une situation nouvelle

Tableau 25 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI

Résultats des analyses

Répartition des interventions et de l'organisation de la classe selon les phases

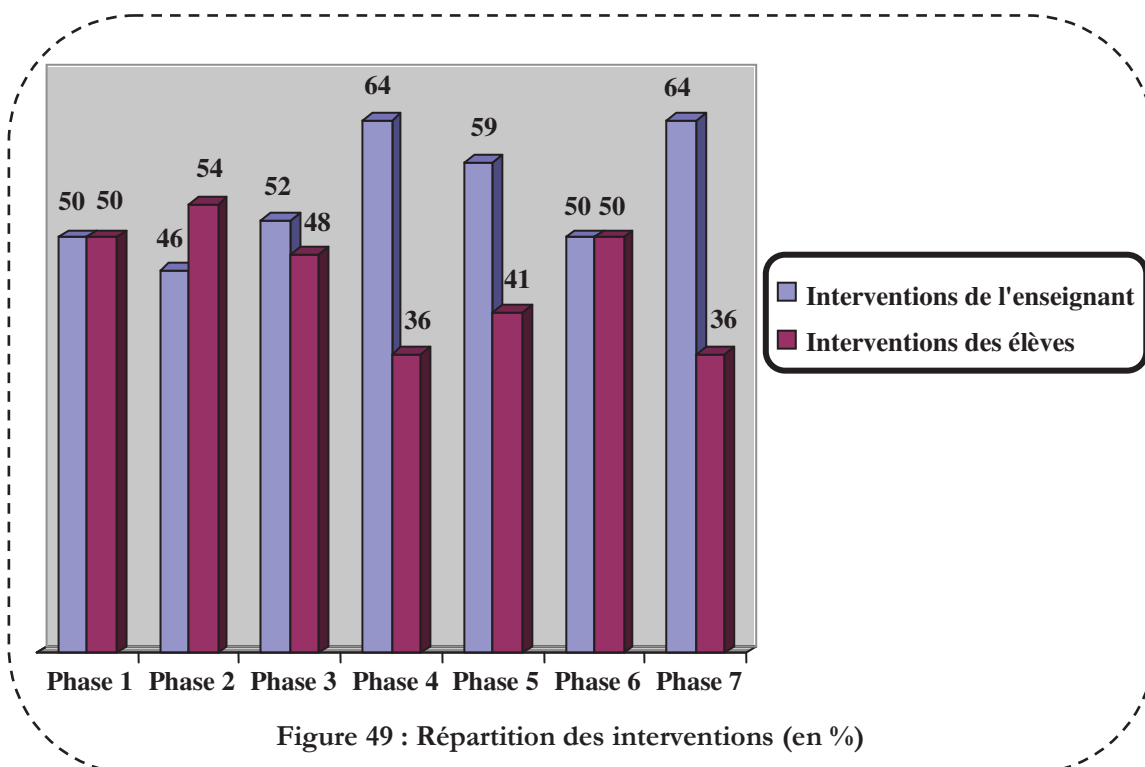


Figure 49 : Répartition des interventions (en %)

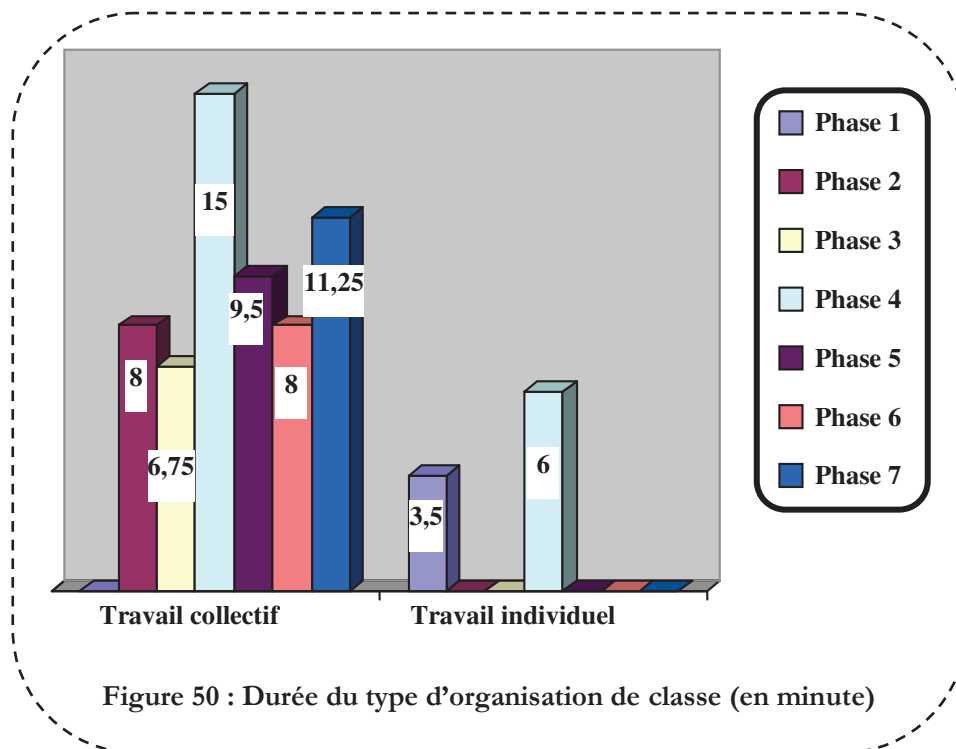


Figure 50 : Durée du type d'organisation de classe (en minute)

La lecture de la figure 49 montre que, même si les interventions de l'enseignant et des élèves se rapprochent pour certaines phases de la séance, nous notons une prédominance des interventions de l'enseignant par rapport à celles des élèves pendant les phases d'investigation et de mobilisation des connaissances. Nous relierons cette tendance à :

- La diversité des consignes données par l'enseignant aux élèves, pour faire évoluer l'activité expérimentale dans le sens souhaité ;
- les discussions que l'enseignant choisi de déclencher avec les trois groupes pendant les différentes étapes de l'activité expérimentale. Cela renforce ce que nous venons de soulever dans l'analyse des différents épisodes du déroulement, en ce qui se rattache au guidage fort des élèves lors des activités qu'ils viennent de déployer ;
- la nature de la phase de mobilisation, qui s'inscrit plutôt dans la structuration que dans la mobilisation des connaissances, construites, dans une situation nouvelle, ce qui rend le travail à caractère interactif entre les élèves et l'enseignant. Ce dernier devrait donc s'engager plus dans cette interaction, d'une part, afin d'apporter les diverses explications qui se rattachent à la différenciation entre le générateur réel et idéal et d'autre part, pour répondre aux différentes questions des élèves ;
- le retour, pendant la phase de mobilisation des connaissances, par l'enseignant sur le savoir institutionnalisé pour donner un récapitulatif de ce qui a été traité lors de cette séance.

Les interventions orales de l'enseignant pendant cette séance (environ 55 % des paroles) prennent différentes formes qui recouvrent la reprise d'éléments langagiers de certains élèves, la reformulation de certaines propositions et la soumission des consignes explicatives des différentes tâches sur lesquelles les élèves travaillent.

Les graphiques de la figure 50 montrent qu'une grande partie de la séance est organisée collectivement à travers un travail en classe entière ou un travail de groupes pour certains épisodes de la séance (58 min 30 s pour le travail collectif contre 9 min 30 s pour le travail individuel). Cette répartition montre que l'enseignant cherche à instaurer un milieu dans lequel le travail collectif est encouragé, ce qui permet de développer l'interaction inter élèves, de partager les tâches dans les activités menées en groupes et favorisant les conflits sociocognitifs. Par ailleurs, la durée relativement courte réservée au travail individuel risque de conduire l'enseignant à sous-estimer le degré d'appropriation des problèmes et d'assimilation des connaissances chez les élèves qui se montrent passifs tout au long de la séance.

II-3 Étude comparative des séances observées en référence aux étapes de la démarche d'investigation

Nous portons dans le tableau 26 une comparaison entre les séances construites par chaque enseignant selon une démarche de type investigation. Il s'agit pour nous de présenter les

Résultats des analyses

étapes effectivement réalisées, la nature des supports exploités dans la situation de départ, la nature des tâches et la nature des activités déployées (Coquidé et Flatter, 2015).

	P ₁		P ₂	
	Séance 2	Séance 3	Séance 2	Séance 3
Situation de départ	Schémas	Textes illustrés par des schémas	Bande dessinée + texte	Texte illustré par un schéma
Problème de la séance	Équilibre d'un solide soumis à deux forces	Loi des mailles	Réflexion de la lumière	Fonctionnement d'un générateur
Appropriation du problème	/	/	/	Formulation collective du problème
Formulation d'hypothèses	Proposées par les élèves et mise en commun par l'enseignant	Proposées par les élèves et mise en commun par l'enseignant	Les hypothèses sont formulées sous forme procédurale	Formulation en groupes et discussion collective
Proposition de protocole possible	Proposé par les élèves et discuté avec l'enseignant	Proposé par les élèves et discuté avec l'enseignant	/	Proposés par les groupes et discuté collectivement
Mise en œuvre de l'investigation	Recherche des caractéristiques des forces exercées sur un solide expérimental	Mesure des tensions électriques pour des dipôles montés en série et en parallèle	Mesure des angles d'incidence et de réflexion pour deux rayons lumineux	Mesure de la l'évolution de la tension aux bornes d'un générateur et traçage de la caractéristique $U = f(I)$
Type de l'investigation	Expérimental	Expérimental	Expérimental	Expérimental

Échange argumentée autour des solutions élaborées	/	/	Tableau de mesures mise en commun et discussion collective	Tableau de mesure mise en commun
Structuration des connaissances	Collective entre l'enseignant et les élèves	Collective entre l'enseignant et les élèves	Collective entre l'enseignant et les élèves	Collective entre l'enseignant et les élèves
Mobilisation des connaissances	Application de la condition d'équilibre	Résolution d'une nouvelle situation	Application des lois de Descartes pour la recherche de l'image d'un objet	/

Tableau 26 : Etude comparative des séances observées en référence aux étapes de la démarche d'investigation

III. Conclusion

Ce chapitre réservé à l'analyse qualitative faite à travers les scénarios possibles et les déroulements de classes des deux enseignants, nous a permis de dégager des éléments, en se référant aux tâches prescrites, aux activités possibles des élèves et aux interventions des enseignants, qui permettent d'inférer les logiques qui guident l'action des enseignants, en relation avec les différentes dimensions de la double approche didactique et ergonomique.

L'analyse, pour chacun des deux enseignants observés, d'une activité d'enseignement ordinaire et celle relative à des activités d'enseignement menées selon une démarche de type investigation, nous permet d'examiner les différences de pratiques en termes de logiques d'action, à travers une étude comparative entre les résultats de la première observation d'une part et celles de la deuxième et de la troisième observation d'autre part. Une analyse selon les dimensions qui se rattachent à l'approche ergonomique, nous permet de dégager les déterminants de ces pratiques, en termes de contraintes du métier.

Dans le chapitre suivant, nous nous proposons d'exploiter les différentes analyses (des scénarios possibles et des déroulements de classes) pour comprendre les logiques qui guident

Résultats des analyses

l'action des deux enseignants, dans chacune des séances observée, d'un point de vue cognitive et médiative et de délimiter les régularités et les variabilités qui marquent les pratiques des deux enseignants, à l'issue des différents séances observées. En se référant aux éclaircissements avancées par P₁ et P₂ lors des différents entretiens menés avec eux, nous dégagons certains déterminants qui justifient les différents choix évoqués par les deux enseignants.

Chapitre 7 : Logiques d'action des deux enseignants et déterminants des pratiques avant et après formation

Plan du chapitre 7

I. RÉSULTATS DES RECHERCHES SUR LES PRATIQUES ENSEIGNANTES EN SCIENCES

II. LES PRATIQUES DE P1 ET P2 : UNE ÉVOLUTION POSSIBLE PAR EFFET DE LA FORMATION

II-1 L'ENSEIGNANT P1

II-1-1 la première observation

II-1-2 La deuxième observation

II-1-3 La troisième observation

COMPARAISON AVEC LE SCÉNARIO POTENTIEL DE LA PREMIÈRE SÉANCE

II-2 L'ENSEIGNANT P2

II-2-1 La première observation

II-2-2 La deuxième observation

II-2-3 La troisième observation

COMPARAISON AVEC LE SCÉNARIO POTENTIEL DE LA PREMIÈRE SÉANCE

III. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous développons notre interprétation des différents résultats issus de l'analyse des scénarios et des déroulements de classes. Nous cherchons à reconstituer les logiques d'actions des deux enseignants à travers la reconstitution des composantes cognitives et médiatives, afin d'inférer les éventuelles évolutions aux niveaux des pratiques, entre la démarche ordinaire et la démarche qui prend appui sur l'investigation. Nous présentons également une interprétation qui tient compte de l'exercice du métier et des différentes contraintes qui entravent les pratiques des enseignants.

Nous présentons au début les résultats de quelques recherches menées au sujet des pratiques enseignantes, selon le cadre que nous adoptons dans notre recherche, ensuite nous revenons sur les analyses présentées dans le chapitre 6 pour ressortir en premier lieu les recoupements possibles avec les résultats des travaux de recherche sur les pratiques enseignantes, puis dans un autre niveau nous présentons les principaux apports de notre travail, que nous dégageons à partir des différentes analyses faites.

I. Résultats des recherches sur les pratiques enseignantes en sciences et la formation des enseignants

Les recherches sur les pratiques enseignantes de mathématiques s'inscrivant dans le cadre de la double approche didactique et ergonomique appréhendent la régularité et la variabilité de ces pratiques, selon deux visées : celle en relation avec les apprentissages des mathématiques (mobilisant la didactique des mathématiques) et celle du métier d'enseignant (mobilisant l'approche inspirée de la psychologie ergonomique).

Dans le cadre des recherches sur les pratiques enseignantes en mathématiques, diverses études, menées dans le cadre de classe et aussi dans le cadre de la formation, mettent l'accent sur la régularité des pratiques (Chesnais, 2009 ; Robert, 2005a, 2005b ; Robert & Rogalski, 2008 ; Roditi, 2003). Ces régularités sont expliquées par les contraintes du métier en relation avec la dimension institutionnelle. Le contenu prescrit par les programmes et la contrainte temps influencent les pratiques des enseignants. Toutes ces contraintes amènent les enseignants à faire des choix généralement identiques en lien avec les contenus, mais aussi au niveau des déroulements. Selon Robert (2007), la stabilité des pratiques des enseignants expérimentés couvre aussi la manière adoptée pour la gestion de la classe, en termes d'automatismes, de routines, de choix et de décisions avant la classe et surtout en classe.

Selon Robert (2007), la stabilité des pratiques des enseignants expérimentés, couvre aussi la manière adoptée pour la gestion de la classe, en termes d'automatismes, de routines, de choix et de décisions avant la classe et surtout en classe.

L'étude menée par Robert & Vandebrouck (2003) montre que « *l'utilisation du tableau que fait un enseignant pendant une séance est stable, en cohérence avec l'ensemble de sa gestion de la séance* » (Robert & Rogalski, 2007, p. 274). Pour sa part, Roditi (2003) montre que pour différentes séances, la manière avec laquelle un enseignant intègre les incidents dans sa classe est caractérisée par une stabilité remarquable.

Dans le cadre des recherches sur les pratiques des enseignants de chimie, l'étude menée par Kermen & Barroso (2013) montre une stabilité au niveau de certaines phases de l'activité, chez une enseignante de chimie, qui se rattachent au mode de questionnement et à la monstration.

D'autres recherches sur les pratiques enseignantes mettent l'accent sur des variabilités dans les pratiques des enseignants (pour un même enseignant ou entre enseignants différents). Cette variabilité peut être soulevée au niveau des activités effectives des élèves en classe et celles attendues à partir de l'analyse a priori du scénario (Roditi, 2003), ce qui peut être expliqué par l'accompagnement en classe comme élément déterminant de l'activité effective de l'élève. Dans cette étude, Roditi note une variabilité entre les pratiques des enseignants en ce qui concerne les activités réelles des élèves et les adaptations des professeurs. Il renvoie ces différences à la dimension personnelle des systèmes de pratiques des enseignants observés, en rapport avec leurs conceptions à propos de l'apprentissage et de l'enseignement. L'étude de la régularité et de la variabilité dans les pratiques enseignantes met aussi l'accent sur les scénarios d'enseignement et les tâches prescrites en termes d'enseignements possibles et des choix des enseignants observés par rapport à ces possibles ; le rapport entre les tâches prévues dans le scénario et les activités possibles des élèves ; les contraintes du métier et les investissements différents des marges de manœuvre (Roditi in Vandebrouck 2008, cf. partie2-chapitre 1).

Dans le cadre de la formation des enseignants, certaines recherches (Butlen *et al*, 2006 ; Robert, 2005b) montrent que les formations ont un impact limité sur les pratiques des enseignants, à cause de diverses contraintes qui entravent la mise en œuvre de ce qui est travaillé lors de la formation. C'est le cas par exemple des contraintes d'ordre institutionnel, liées à la réalité des classes ou encore la contrainte temps.

II. Les pratiques de P₁ et P₂ : une évolution possible par effet de la formation

En se référant aux différentes analyses avancées dans le chapitre précédent, nous analysons, des points de vue de la dimension cognitive et de la dimension médiative, les pratiques des

deux enseignants P_1 et P_2 lors des trois séances. Avec cette analyse, nous cherchons à ressortir les logiques d'actions et les effets de la formation en démarche d'investigation sur les pratiques enseignantes à travers les régularités et les variabilités dans ces pratiques, pour comprendre et repérer les éventuelles évolutions au niveau de ces pratiques.

La méthodologie que nous avons adoptée est celle de l'étude de cas. À travers des analyses qualitatives des données issues des projets d'enseignement, des observations des pratiques de classes et d'entretiens d'auto-confrontation avec les enseignants observés, nous cherchons à donner des éléments de réponse pour notre objectif de la recherche : identifier les effets de la formation des enseignants de physique en démarche de type investigation, sur leurs pratiques enseignantes.

Dans la mise en œuvre de ces analyses, nous avons procédé à des analyses a priori des tâches prescrites dans les fiches de TP et des analyses des activités possibles des élèves. Les analyses des différents projets d'enseignement et des déroulements de classes, faites selon les dimensions cognitives et médiatives des pratiques, nous permettent d'apporter des éléments de réponse qui se rapportent aux deux premières questions de recherche :

- les logiques d'action des deux enseignants lors des activités d'enseignement ordinaire d'une part et pendant des activités d'enseignement de type investigation d'autre part ;
- les régularités et les variabilités dans les pratiques des deux enseignants.

À partir des données issues des entretiens d'auto-confrontation, nous avons mené des analyses selon les dimensions institutionnelle, personnelle et sociale des pratiques. Ces analyses nous permettent d'apporter des éléments de réponse à notre troisième question de recherche : les déterminants des pratiques enseignantes.

II-1 L'enseignant P_1

Dans cette section, nous nous proposons d'exploiter les résultats des analyses, qui se rattachent aux différents scénarios possibles et déroulements de classe relatives à l'enseignant P_1 , évoqués dans le chapitre 6, pour donner les logiques qui guident l'action de cet enseignant dans la conception des fiches de TP et les déroulements de classes. Dans le but de donner des explications de ces logiques d'actions, nous présentons quelques déterminants des pratiques de l'enseignant, en relation avec les dimensions institutionnelle, personnel et sociale.

II-1-1 la première observation

Le scénario potentiel de P_1 semble caractérisé par des objectifs d'apprentissage dont les tâches identifiées, servant comme supports permettant l'atteinte de ces objectifs, sont construites

essentiellement autour des connaissances procédurales en relation avec la mesure de grandeurs électriques et la recherche d'une relation possible entre ces différentes grandeurs.

En s'appuyant sur les résultats des analyses évoqués dans le chapitre précédent, nous considérons que, dans la construction de la fiche de TP, P₁ est guidé par les logiques suivantes :

- répondre à des exigences institutionnelles qui imposent à l'enseignant de suivre un modèle prototypique, auquel les enseignants sont souvent habitués, ayant comme objectif la recherche de nouvelles connaissances ou de lois, par le biais d'une étude menée dans un cas particulier, qui sera par la suite généralisée ;
- contextualiser le thème abordé. Comme si le souci principal de l'enseignant était d'amener les élèves à réaliser des activités expérimentales, permettant d'institutionnaliser une loi, qui sera par la suite appliquée dans une situation où la tâche principale est la recherche d'une erreur commise lors de prises de mesures.
- faciliter les tâches, à travers leur construction avec des verbes d'action (*régler le générateur sur la tension..., fermer le circuit, brancher convenablement un voltmètre aux bornes de chaque dipôle puis mesurer sa tension*). Il semble que l'enseignant cherche, à travers cette formulation de tâches, à contourner toute sorte de blocage susceptible d'entraver les élèves dans les activités attendues en classe et de créer ainsi une sorte de guidage, à travers des consignes claires, laissant peu de place à l'initiative des élèves pour qu'ils ressortent eux-mêmes les activités à développer, dans le but de structurer des connaissances nouvelles.

L'absence d'une phase introductive, construite autour d'une situation concrète, laisse penser que P₁ ne cherche pas à questionner les conceptions des élèves à propos du thème traité.

Dans la conception de la fiche de TP, nous pensons que l'enseignant P₁ cherche à respecter, dans la majorité de la fiche, les recommandations du programme, avec quelques adaptations : l'enseignant construit une fiche basée sur une institutionnalisation de la loi des mailles en s'appuyant sur une étude expérimentale et une application de la loi ainsi établie dans d'autres situations, alors que les consignes du programme invitent les enseignants à une vérification et à une application de la loi des mailles.

Il nous semble que les logiques ayant guidé l'enseignant dans la construction de la fiche TP obéissent à des déterminants en relation avec :

- la dimension institutionnelle :
 - le respect du contenu du programme ;

- l'enseignant se réfère essentiellement au contenu du manuel scolaire destiné aux activités expérimentales en lien avec le thème traité. Pratiquement les différentes parties de la fiche (procédure expérimentale, tâches, consignes) sont analogues à celles proposées dans le manuel.
- la dimension personnelle : la manière avec laquelle P_1 conçoit l'activité destinée à l'application de la loi visée reflète une vision personnelle, en ce qui concerne la mobilisation des connaissances physiques à travers une situation qui suscite l'intérêt des élèves et les encourage à la résoudre, comme étant une situation qui pose un défi pour eux. Ce défi réside dans la recherche de l'erreur commise par l'expérimentateur de la situation, ce qui nous amène à penser que P_1 cherche une sorte de lien entre la partie réservée à l'étude expérimentale et l'application qui est conçue avec une logique de continuité avec les expériences déjà programmées.

Pour ce qui se rattache au déroulement de la séance, les résultats des analyses évoqués dans le chapitre précédent, nous laisse penser que les actions de l'enseignant obéissent aux logiques suivantes :

- guidage des élèves dans toutes les activités possibles :
 - même si la forme générale du déroulement reflète une attitude de l'enseignant orientée vers la participation des élèves dans les diverses activités, cette participation est cependant très guidée. L'enseignant cherche à avancer, avec ses élèves, dans le développement de la leçon. Ce qui explique le fort guidage de la participation des élèves (dimension médiative) ;
 - l'autonomie et la prise d'initiative de ces derniers sont rarement présentes. Nous pensons que l'enseignant cherche, à travers ce choix de guidage, à limiter au maximum le rôle des élèves dans les tâches qu'il considère comme complexes : il soumet régulièrement des consignes explicatives, il prend en charge les adaptations qui nécessitent certaines réflexions de la part des élèves, il anticipe leurs propositions pendant les moments d'échanges collectifs en classe entière pour proposer des pistes d'exploitation des résultats expérimentaux dans le travail de structuration des connaissances (dimension médiative).
- Structuration de la séance selon des moments d'échange collective :

Avec P_1 , nous soulevons une répartition non équitable entre les différentes formes de travail. Les activités effectives menées collectivement dominant celles qui sont menées individuellement (49 min pour le travail collectif contre 6 min 30 s pour le travail individuel).

Cette organisation limite à la fois la prise d'initiative et l'expression des élèves.

Pendant les différents épisodes, P₁ incite les élèves, en leur accordant un court temps de réflexion, à travailler individuellement ou en groupes sur les tâches proposées, avant qu'il n'intervienne avec des aides qui débloquent certaines situations.

Lorsque les élèves travaillent en groupes, P₁ fait le choix de les guider de près dans la résolution des différentes tâches proposées. Ses interventions s'étalent parfois jusqu'à la prise en charge de certaines tâches, essentiellement d'ordre expérimental. Les échanges collectifs sont généralement déclenchés suite à une prise d'initiative de la part de l'enseignant, qui prend en charge d'une manière continue la mise au point des tâches à faire par les élèves, l'explication de certaines connaissances, déclaratives ou procédurales, les commentaires des différents résultats trouvés, même lorsqu'ils font l'objet d'une discussion collective en classe entière. Il en résulte donc une organisation du travail marquée par des interventions fréquentes de l'enseignant, agissant sur le contenu des activités qui devraient être déployées par les élèves, même s'il s'agit d'un travail de groupes où nous attendons une grande autonomie des élèves et des aides d'orientation de la part de l'enseignant.

Il semble que ces logiques d'actions sont guidées, d'une part, par le facteur temps (dimension institutionnelle) qui est toujours présent dans le discours de l'enseignant : « *Allez vite vite on a raté beaucoup de temps* » (discours de l'enseignant avec les élèves lors de la première séance de classe) et c'est ce qui est confirmé par l'enseignant lors de l'entretien d'auto-confrontation :

« C'est vrai, il est peut être mieux d'ouvrir une discussion avec tous les élèves. Mais, faute de temps, on essaie de corriger les erreurs remarquées avec chaque groupe afin de pousser le travail en avant pour aboutir à un résultat à partir de laquelle on tire une conclusion » (Citation tirée du premier entretien avec P₁).

D'autre part, nous considérons qu'un autre déterminant, en relation avec la vision personnelle de l'enseignant, marque le déroulement de la séance. En effet, les interventions de l'enseignant sur la manière avec laquelle devrait être menée l'activité expérimentale, sur l'exploitation des différentes mesures faites et sur la généralisation de la distribution des tensions électriques dans un circuit électrique, sous la forme d'une loi, reflète un choix personnel à propos de la mise en œuvre d'une séance de travaux pratiques inspirée d'une démarche à caractère inductif. Lors d'un entretien pré-leçon avec l'enseignant, il déclare d'ailleurs que pour lui, une séance d'enseignement de la physique devrait être menée avec des

activités organisées autour d'une situation expérimentale, pour en tirer des résultats permettant une généralisation des connaissances construites :

« L'enseignement de la physique est : réaliser des expériences par les élèves sous le contrôle du professeur, noter les observations et faire des mesures par les élèves et les discuter avec le professeur puis, par la suite discuter collectivement avec le professeur, pour comparer les résultats et tirer les conclusions » (Citation tirée du questionnaire ante séance avec P₁, première séance de classe).

Dans ce discours, P₁ insiste à chaque fois sur le fait que toutes les activités des élèves doivent être menées sous le contrôle de l'enseignant, même si les élèves sont guidés étape par étape et les résultats qui en découlent sont discutés immédiatement avec eux, sans pour autant penser à impliquer les groupes dans une discussion inter-élèves avant de passer à une discussion collective. Ce qui confirme pour nous la logique d'accompagnement des élèves dans tous les détails des activités dans lesquelles ils sont impliqués.

D'un point de vue de la composante cognitive, l'enseignant cherche à étudier une simple relation entre les différentes tensions aux bornes des dipôles d'un circuit fermé, pour institutionnaliser la loi des mailles, sans aborder la loi d'additivité des tensions, bien que l'exploitation des mesures prises passe par la recherche d'une sorte de comparaison entre la valeur de la tension mesurée aux bornes du générateur et la somme des tensions aux bornes des différents dipôles récepteurs faisant partie du circuit étudié. Il nous semble que cette logique est guidée par des instructions institutionnelles figurant dans le contenu du programme qui se donne comme objectifs la recherche et l'application de la loi des mailles (dimension institutionnelle), ce qui peut être interprété par l'enseignant dans un sens où il ne faut pas évoquer avec les élèves la loi d'additivité des tensions.

II-1-2 La deuxième observation

Pour la deuxième observation, le contenu de la fiche TP de P₁ est organisé selon un ordre en conformité avec les instructions du programme.

Dans la conception de cette fiche, P₁ semble guidé par certaines logiques :

- présentation d'un ensemble de situations concrètes comme élément de départ, suivi d'une étude préliminaire, qui s'appuie essentiellement sur les connaissances antérieures et les conceptions avant d'accéder par la suite à une étude expérimentale (dimension cognitive) ;
- à travers les tâches proposées autour des différentes situations de déclenchement, il nous semble que P₁ évite d'engager les élèves dans une activité de problématisation, basée essentiellement sur leurs conceptions et leurs connaissances préalables. En effet ce type

d'activité est non habituel pour les élèves, ce qui peut expliquer son recours à des tâches fermées, à travers lesquelles les élèves sont guidés pour établir une relation vectorielle entre deux forces exercées sur un solide en état d'équilibre, qui fera par la suite l'objet d'une vérification expérimentale (dimension cognitive) ;

- P₁ cherche, avec la conception qu'il adopte pour la fiche de TP, à installer une séance d'enseignement basé sur l'investigation, tout en se limitant à un renouvellement au niveau de la présentation du thème abordé à travers des situations concrètes, dont le seul objectif est de susciter l'intérêt des élèves et d'assurer leur motivation pour la suite de la séance. Les autres étapes qui précèdent l'investigation expérimentale, voir les étapes de formulation d'hypothèses explicatives et de proposition de protocoles possibles, restent loin de ce qui est recommandé dans les prescriptions officielles (MEN, 2007) et abordées également dans la formation que nous avons menée avec les enseignants.

Il nous semble que les logiques qui guident l'action de l'enseignant en ce qui se rapporte à la conception de la fiche de TP, sont encore une fois influencées par sa conception (dimension personnelle) envers l'enseignement des sciences et la manière avec laquelle le thème est présenté dans le manuel scolaire (dimension institutionnelle).

Pour ce qui se rattache au déroulement de la séance, les résultats des analyses évoqués dans le chapitre précédent, nous laisse penser que les actions de l'enseignant obéissent aux logiques suivantes :

- organisation de la séance autour des apprentissages contextuels, c'est-à-dire que l'enseignant cherche à amener les élèves à établir une loi en s'appuyant sur des situations concrètes (dimension cognitive) ;
- guidage des élèves vers l'établissement de la relation mathématique liant les deux vecteurs forces modélisant les actions mécaniques exercées sur le solide étudié en état d'équilibre. Nous notons à ce niveau l'absence de discussion entre l'enseignant et ses élèves à propos de la nature du repère dans lequel se fait l'étude de l'équilibre, qui devrait être spatial et lié à la terre ;
- suivre linéairement les étapes d'une démarche de type investigation, sans pour autant penser à donner à certaines d'entre-elles (essentiellement celles de la problématisation et l'émission d'hypothèses explicatives) toute l'importance qu'elles méritent (dimension médiative).

Nous constatons que lors de la phase de problématisation, l'activité principale des élèves est réduite à la recherche d'une condition, à aspect mathématique, qui expliquerait

l'équilibre des corps sous l'effet de deux forces. La manière avec laquelle P_1 oriente les activités des élèves dans la première partie de la leçon élimine, selon nous, toute possibilité de faire émerger les conceptions erronées des élèves, du fait que les tâches sur lesquelles ils travaillent amènent nécessairement à l'établissement d'une condition mathématique régissant l'état d'équilibre des corps présentés. Contrairement à ce qui est prescrit dans les instructions officielles, l'enseignant s'attend, pendant cette phase qui précède l'investigation expérimentale, à ce que les élèves arrivent à établir une relation entre les forces à travers la comparaison de leurs caractéristiques, au lieu de donner une réponse provisoire à des questions sur le problème qui découle des situations initiales, qui sera par la suite confirmée ou infirmée par l'investigation ;

- donner aux élèves l'autonomie pour interpréter les tâches prescrites, avant d'intervenir pour proposer des consignes explicatives qui permettent d'orienter les élèves, afin de rapprocher leurs activités réelles à ce qui est attendu. Cependant, il n'y a pas eu de discussions aux seins des groupes pour qu'ils arrivent à proposer des questionnements en lien avec les situations de déclenchement étudiées (dimension médiative). Le travail des élèves est plutôt orienté par l'enseignant vers la recherche d'une sorte de liaison entre deux forces, qui fera par la suite l'objet d'une vérification expérimentale (dimension cognitive) ;
- limiter l'autonomie des élèves dans les tâches considérées par l'enseignant comme complexes. l'interprétation des résultats dégagés à travers l'investigation n'est pas laissée à l'initiative des élèves mais c'est l'enseignant qui intervient, à chaque fois, pour déclencher le débat avec les élèves afin de les amener à structurer de nouvelles connaissances. Ce qui représente une des régularités dans les pratiques de P_1 par comparaison avec les résultats de la première observation ;

La répartition horaire des différentes phases de la séance nous paraît non équilibrée. En fait, pris par le souci de réussir l'introduction construite autour des situations proposées comme déclenchement, l'enseignant accorde plus de temps à cette phase (présentation des situations de départ et appropriation du problème par les élèves) au détriment des autres phases de la séance (environ 47 % de la durée totale de la séance). Nous renvoyons ceci à l'inadaptation des élèves à ce type de démarche construite autour de situations concrètes. Ceci incite l'enseignant à intervenir fréquemment pour apporter aux élèves les aides qu'il juge indispensables à la réussite de cette phase, ce qui engendre une perte de temps qui pourrait être non prévu par l'enseignant pendant la préparation de la leçon. C'est ce que nous pouvons

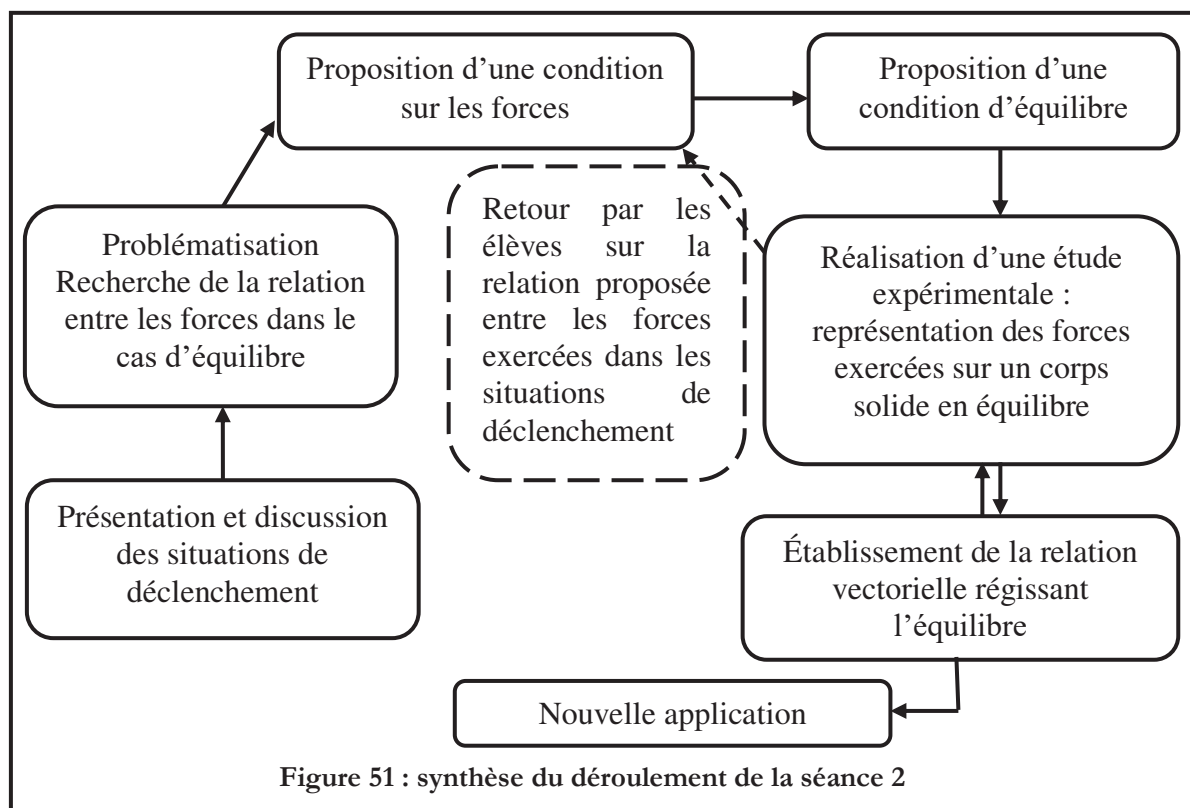
dégager à partir du discours de l'enseignant lors de l'entretien de type autoconfrontation mené avec lui à la suite de l'observation de classe :

J'ai prévu environ 20 min pour cette partie avec le rappel, mais j'ai constaté que les élèves n'ont pas arrivé à bien assimilé cette partie c'est pour cette raison que j'ai prolongé un peu le temps afin qu'ils tirent eux-mêmes les conclusions nécessaires. Par la suite le côté expérimental peut être rapidement traité une fois que cette partie est bien traitée (Citation tirée du deuxième entretien avec P₁).

Il nous semble que par sa mise en œuvre de la démarche d'investigation, l'enseignant est plutôt attaché à une sorte d'habitude avec laquelle il organise ses séances. Nous pensons que pour lui la mise en place d'une séance d'enseignement, selon une démarche de type investigation, revient à concrétiser le thème traité à travers des situations inspirées du quotidien de l'élève, dans un but purement motivationnel, et par la suite, le reste de la leçon sera mené selon ce qui est habituel pour l'enseignant et les élèves, sans pour autant penser à apprendre aux élèves de faire des va et vient entre les différentes phases, chaque fois qu'il s'avère nécessaire. Nous considérons que ce type d'habitude représente un des déterminants des pratiques en relation avec la dimension personnelle, qui laisse l'enseignant attaché à des pratiques habituelles de classe.

Nous soulevons à ce niveau une difficulté dans le changement de contrat didactique nécessité par la démarche de type investigation. À ce propos, la formation au sujet des changements dans les démarches d'enseignement est nécessaire (Boilevin, 2013a, 2013b).

Dans la figure 51, nous synthétisons le déroulement de la séance en faisant figurer, s'il y a lieu, les liens entre les différentes phases de cette séance :



A partir de ce schéma de déroulement, nous soulevons deux points. Tout d'abord, la mise en relation entre les différentes étapes de la démarche d'investigation n'est évoquée que pour une seule occasion. A partir des résultats de l'étude expérimentale, les élèves reviennent à la condition qu'ils ont proposée lors de l'étude préliminaire, dans le but de la confirmer. Ensuite, nous pensons que l'enjeu principal de l'enseignant est le savoir qu'il souhaite institutionnaliser avec ses élèves, sans pour autant penser trop à la démarche et aux différents liens entre les étapes de cette démarche, ce qui entraîne un déroulement de la séance mené selon une progression linéaire.

Nous pensons que cette tendance trouve ses explications dans :

- des contraintes en relation avec la durée de la séance (dimension institutionnelle) ;
- la conception personnelle de la mise en place d'une démarche d'investigation dans l'enseignement d'un phénomène physique (dimension personnelle). Il nous semble ici que l'enseignant trouve une difficulté pour modifier le type de contrat didactique (selon Brousseau) qu'il utilise habituellement avec ses élèves. Pour lui, les rôles du professeur et des élèves sont définies selon un « modèle » très précis, le plus souvent contradictoire avec celui que préconise la DI.
- une organisation du travail des groupes qui met en priorité l'enrôlement des élèves dans l'étude expérimentale pour pouvoir accéder à une loi institutionnalisée dans un esprit de

travail collaboratif entre l'enseignant et ses élèves (dimension médiative).

Pendant cette séance, nous notons des interventions fréquentes de l'enseignant dans un but de guidage pour réussir les activités effectives des élèves, répondant à ces diverses tâches. Nous pensons que ce type d'organisation de travail, que nous renvoyons à la dimension personnelle des pratiques, ne répond pas à certains objectifs de la démarche de type investigation : la motivation, l'esprit de recherche, l'autonomie et l'initiative.

II-1-3 La troisième observation

Pour cette troisième observation, le contenu de la fiche de TP de P₁ est organisé selon un ordre qui répond aux différentes étapes de la démarche de type investigation telle qu'elle a été présentée en formation.

En s'appuyant sur les résultats des analyses évoqués dans le chapitre précédent, nous considérons que, dans la construction de la fiche de TP, P₁ est guidé par les logiques suivantes :

- favoriser un apprentissage de certaines connaissances procédurales (mesures de tensions ; comparaison des valeurs des tensions au niveau du générateur d'une part et aux niveaux des diverses dipôles récepteurs d'autre part) au détriment du développement de l'esprit de recherche, de l'autonomie et de l'initiative des élèves ;
- imposer une procédure d'investigation à travers la présentation des schémas de circuits à exploiter par les élèves et une formulation des verbes d'actions qui rendent l'activité des élèves limitée à une sorte d'exécution de consignes amenant aux résultats souhaités.

Comparaison avec le scénario potentiel de la première séance

Par comparaison entre le scénario potentiel de la présente séance et celui de la première séance, nous relevons certaines variabilités et régularités.

La conception de la fiche TP selon le canevas de la démarche d'investigation (MEN, 2007), évoqué avec les enseignants lors des deux séances de formation, est faite autour de situations concrètes susceptibles : de motiver les élèves ; d'encourager la prise d'initiative dans la recherche d'explications possibles et de protocoles d'investigation, de permettre la confirmation ou l'infirmité des hypothèses émises à propos des questionnements induites par le problème soulevé à partir des situations de départ. Cela représente pour nous une variabilité dans la conception du support de préparation de la leçon.

La comparaison de la partie réservée à l'étude expérimentale dans les deux fiches de TP ne relève, par contre, aucune différence. Dans les deux cas, les circuits d'études sont imposés par l'enseignant, les consignes sont faites à travers les mêmes verbes d'action, selon une logique

qui invite les élèves à exécuter des consignes, à prendre des mesures préalablement identifiées par l'enseignant, pour parvenir aux résultats souhaités par ce dernier. Nous considérons qu'une telle conception élimine l'initiative et l'autonomie et, de plus, laisse penser que cette partie de la fiche est totalement indépendante de la partie introductive développée autour des situations de départ. Nous considérons ceci comme une régularité au niveau de la conception de la fiche de TP.

L'analyse des différentes tâches dans les deux fiches de TP montre que les tâches de recherche sont présentes de manière plus remarquable dans la fiche de TP relative à la troisième séance, en comparaison avec celle de la première observation. Nous expliquons ceci par le fait que la leçon de la troisième séance est construite autour de situations de déclenchement inspirées du quotidien de l'élève, ce qui pourrait inciter l'enseignant à prévoir des tâches de recherche du problème, des hypothèses explicatives, du protocole d'investigation possible...

Pour ce qui se rattache au déroulement de la séance, les résultats des analyses évoquées dans le chapitre précédent, nous laisse penser que les actions de l'enseignants obéissent à certaines logiques :

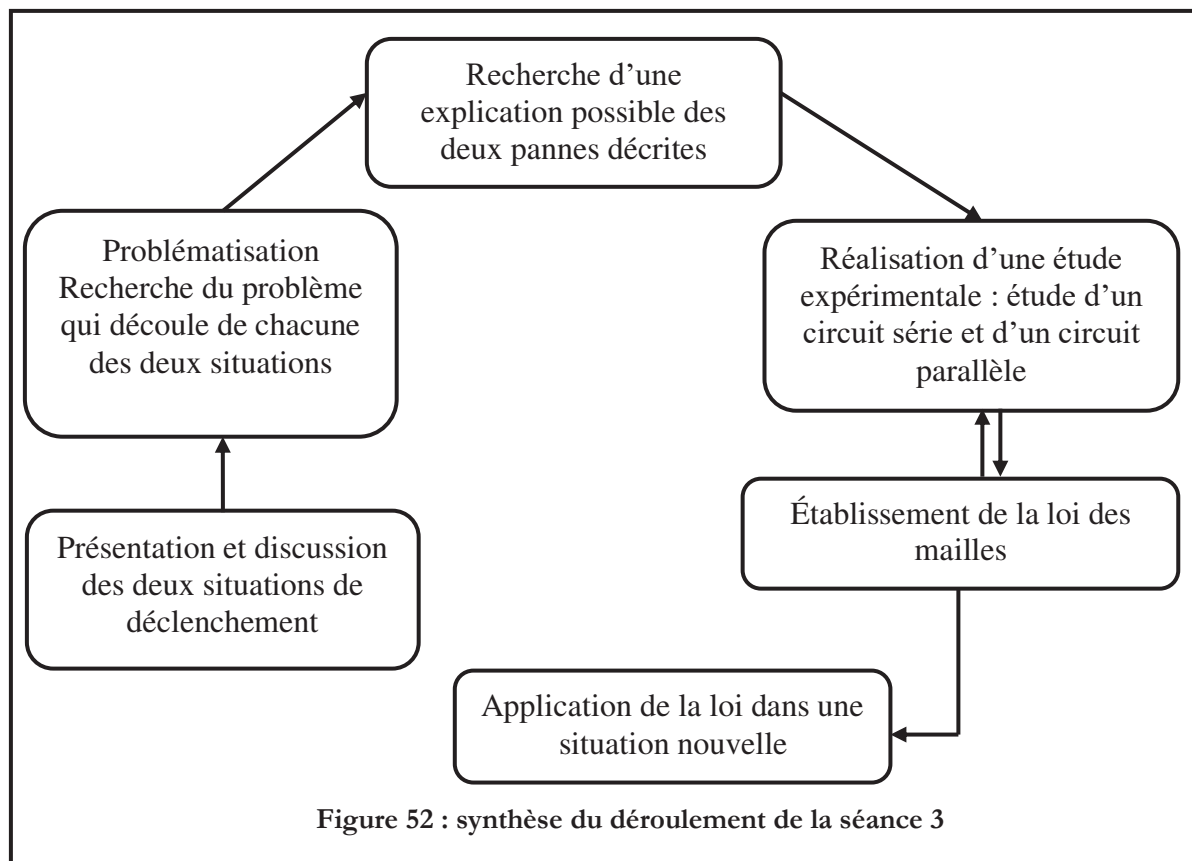
- intention, de la part de l'enseignant, de cadrer les élèves dans les différentes activités de la séance (dimension médiative). Les interventions fréquentes de l'enseignant P_1 et les consignes explicatives, qu'il ne cesse de donner dans la partie introductive, reflètent son intention de cadrer ses élèves ;
- installation d'un mode de travail visant à concrétiser l'apprentissage de concepts physiques (dimension cognitive). Il nous semble que l'enseignant se donne comme objectif principal la réussite de la phase d'appropriation du problème qui peut découler des deux situations de départ, d'une manière à amener les élèves à proposer des hypothèses explicatives à travers lesquelles ils accèdent aux activités d'investigation. C'est pour cette raison que l'enseignant P_1 accompagne d'une manière remarquable les élèves dans la compréhension des deux situations de déclenchement (dimension médiative) ;
- éviter de mettre les élèves dans des difficultés qui pourraient être source d'une perte de temps. C'est pour cela qu'il prend souvent en charge l'explication des différentes tâches prescrites, en faisant recours parfois à une reformulation de certaines tâches ;
- l'enseignant veille à accorder une certaine autonomie aux élèves au début des activités expérimentales. Ceci pourrait être expliqué par la clarté des tâches prescrites dans la fiche

de TP, la présence des différents schémas des circuits à réaliser par les élèves et les verbes d'actions avec lesquels sont formulées les tâches (*réaliser le branchement, mesurer...*), qui facilitent les activités des élèves au début de l'étude expérimentale demandée. Cependant, les aides que l'enseignant apporte à ses élèves sont remarquables chaque fois qu'il s'agit d'une tâche de mesurage où il est question pour lui d'effectuer une vérification des différentes valeurs trouvées ou de prendre en charge certaines adaptations (dimension médiative)

Certaines étapes de la démarche de type investigation adoptée par l'enseignant sont intégrées dans d'autres. En effet, il nous semble que le discours de l'enseignant, à part avec chaque groupe, à propos des différentes mesures faites et les éventuelles relations qui peuvent être déduites, élimine une étape intéressante dans chaque démarche de type investigation : l'étape de l'échange argumenté autour des propositions élaborées. Avec cette procédure, nous pensons que l'enseignant cherche à faire exprimer ses élèves à partir de ce qu'ils viennent de retrouver comme résultats expérimentaux, pour les amener, à travers les aides qu'il propose chaque fois qu'il entre en discussion avec un groupe, à retrouver une relation entre les différentes tensions électriques mesurées. Il nous paraît de nouveau qu'avec ce cadrage, l'enseignant P₁ détourne l'implication de ses élèves dans des tâches qu'il juge comme trop complexes et il prépare la phase de structuration des connaissances qu'il prend entièrement en charge.

L'enchaînement des différentes phases de la séance révèle pour nous une intention de l'enseignant de mettre en place d'une manière linéaire la démarche de type investigation. Nous remarquons qu'une grande partie de la durée de la séance est réservée, d'une part, à l'étape de l'appropriation du problème par les élèves et l'émission d'hypothèses explicatives (14 minutes 30 seconde) et, d'autre part, à l'étape d'investigation expérimentale (24 minutes). Mais nous notons également une absence de lien entre les différentes étapes.

Dans la figure 52, nous synthétisons le déroulement de la séance :



Identiquement au déroulement de la deuxième séance, nous pensons aussi que l'enjeu principal de l'enseignant, lors de la troisième séance, est le savoir qu'il souhaite institutionnaliser avec ses élèves, sans qu'il les incite à chercher les éventuels liens entre les étapes de la démarche adoptée.

Il nous semble que ce recours à ce type de mise en place de la démarche adoptée est imposé, d'une part, par l'insuffisance de la durée réservée à l'étude de ce thème (contrainte en relation avec la dimension institutionnelle) et, d'autre part, par un manque au niveau de l'appropriation par l'enseignant de la démarche de type investigation. Ce qui peut être renvoyé à l'insuffisance des séances de formation organisées pour les enseignants au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (dimension institutionnelle).

À côté de ces contraintes d'ordre institutionnel, il nous semble que l'enseignant est encore attaché à des démarches prototypiques à travers lesquelles il est question pour lui d'amener les élèves, à partir de certaines activités qu'il a programmées, à exécuter des consignes d'ordre expérimental permettant de retrouver certaines mesures empiriques sur lesquelles les élèves s'appuient pour établir une loi mathématique régissant la distribution des tensions dans un circuit électrique (dimension personnelle).

Enfin, à partir de l'analyse des trois déroulements de classe (une première activité d'enseignement menée par P₁ selon une pratique ordinaire et les deux activités d'enseignement menées selon une démarche de type investigation) nous repérons certaines régularités et variabilité que nous consignons dans le tableau 27

Régularités dans les pratiques de P ₁	Variabilités dans les pratiques de P ₁
<ul style="list-style-type: none"> - guidage des élèves dans les différentes étapes de la leçon. - Imposition des protocoles d'investigation expérimentale. - Prise en charge des différentes adaptations pour les tâches complexes. - Intervention fréquentes de l'enseignant lors des phases d'échange entre les élèves au sein des groupes. - Institutionnalisation du savoir à travers des échanges en classe entière. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recours à des situations attirantes chaque fois qu'il s'agit de la mise en place d'une démarche de type investigation. - Encouragement de l'autonomie des élèves lors de la phase d'appropriation. - Recours à des situations de l'environnement de l'élève dans la conception des tâches d'application. - Priorité donnée aux échanges entre les élèves surtout pendant les phases d'appropriation des problèmes qui découlent des situations de déclenchement de l'apprentissage.

Tableau 27 : régularités et variabilités dans les pratiques de P₁

Le contenu du tableau révèle des régularités aux niveaux des pratiques de l'enseignant P₁ qui trouvent leur légitimité dans des contraintes d'ordre institutionnel (temps, contenu du programme...) et une conception personnel de l'enseignement des sciences (conception de certaines parties de la leçon selon le modèle prescrit dans le manuel scolaire). Les variabilités soulevées dans les pratiques de P₁, reviennent, selon nous, à un désir de la part de l'enseignant pour favoriser le travail collaboratif entre les élèves, l'autonomie et le développement de l'esprit de recherche préconisés dans toute démarche de type investigation.

II-2 L'enseignant P₂

Dans cette section, nous nous proposons d'exploiter les résultats des analyses, qui se rattachent aux différents scénarios possibles et déroulements de classe relatives à l'enseignant P₂, évoqués dans le chapitre 6, pour donner les logiques qui guident l'action de cet enseignant dans la conception des fiches de TP et les déroulements de classes. Dans le but de donner des

explications de ces logiques d'actions, nous présentons quelques déterminants des pratiques de l'enseignant, en relation avec les dimensions institutionnelle, personnel et sociale.

II-2-1 La première observation

Le contenu de la fiche de TP pour cette première observation est structuré d'une manière qui tient compte des recommandations du programme (Ministère de l'éducation, 2010). En effet, l'enseignant P_2 prend en considération dans la conception de cette fiche les connaissances préalables (la tension électrique et sa mesure, l'intensité du courant électrique et sa mesure) qui devraient être mobilisées dans l'étude de la caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur.

Dans le scénario potentiel de P_2 , le nombre de tâches d'ordre expérimental représente la moitié, alors que les autres tâches sont réparties d'une manière équitable entre la recherche, la représentation et la reconnaissance. La résolution de ces dernières s'appuie sur celles qui font partie de la partie expérimentale du scénario. Avec cette tendance, il nous semble que l'enseignant construit son scénario d'une manière à ce qu'il soit mis en place avec les élèves selon une démarche qui ne favorise pas des apprentissages contextuels ayant comme appui des situations concrètes qui permettraient de faire émerger des conceptions erronées, de favoriser le questionnement et de donner un sens à l'apprentissage. En plus de cette tendance, les tâches complexes identifiées dans le scénario de P_2 pour cette première observation font appel à diverses adaptations qui devraient être prises en charge par les élèves.

Nous considérons que, dans la construction de la fiche de TP, P_2 obéit à certaines logiques d'action :

- logique d'apprentissage des concepts en lien avec la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur. Il semble que P_2 cherche à travers l'ensemble des tâches repérées dans la fiche à faire apprendre à ces élèves des connaissances d'ordre expérimental qui permettent d'accéder à une modélisation du comportement d'un dipôle générateur qui fait partie d'un circuit électrique, sans pour autant penser à solliciter leur attention sur un certain nombre de passages entre diverses registres (physique, graphique...) (dimension cognitive) ;
- logique en lien avec la démarche qu'il adopte. La fiche est construite autour d'une situation expérimentale particulière qui sera prise comme élément de départ pour une généralisation de la loi visée (dimension cognitive) ;
- logique en relation avec la dimension personnelle. Comme si l'enseignant avait l'habitude de suivre le contenu du manuel scolaire pour le niveau enseigné, sans qu'il cherche à introduire dans la fiche de TP des éléments qui favorisent l'autonomie des élèves et les

incitent à relier des certains concepts physiques à des situations quotidiennes. Il nous semble que dans la conception de la fiche TP, P_2 est influencé par le mode de déroulement proposé dans le manuel scolaire en relation avec le thème en vigueur, ce qui pourrait expliquer le recours de l'enseignant à un modèle prototypique, généralement commun dans toutes les fiches, allant d'une étude expérimentale appliquée à un cas particulier pour tirer une loi qui sera généralisée par la suite. Nous renvoyons cette vision personnelle de P_2 dans la conception des fiches de TP, partagée avec d'autres enseignants (dimension sociale), à une sorte de défaillance au niveau du système de formation tunisien au sujet de la conception des scénarios d'une manière qui ne prend pas en considération les renouvellements dans les démarches adoptées dans l'enseignement des sciences.

Notons enfin que l'enseignant, dans sa conception de la fiche de TP, favorise parfois l'aspect mathématique devant celui de la compréhension du phénomène physique. En effet, la partie réservée à l'exploitation des résultats expérimentaux est entièrement prise du côté du formalisme mathématique (recherche de coefficient directeur, recherche de l'ordonnée à l'origine, déduction de l'équation mathématique traduisant la loi d'Ohm pour le dipôle étudié...) sans penser à faire figurer des tâches qui invitent les élèves à une interprétation du mode de variation de la tension chaque fois que l'intensité du courant électrique varie dans le circuit. Ce sont peut-être les obligations des instructions du programme (ministère de l'éducation, 2010) qui limitent le choix de l'enseignant en ce qui concerne l'institutionnalisation du savoir et qui peuvent être considérées comme l'un des déterminants des pratiques de P_2 . En effet, d'après ces instructions, l'enseignant doit amener les élèves à réussir l'objectif en relation avec la construction graphique de la caractéristique $U = f(I)$ qui sera par la suite exploitée dans la construction des nouvelles connaissances. La marge de manœuvre est ici limitée par le contenu du programme et l'enseignant n'a pas cherché à élargir cette marge de manœuvre pour introduire une nouvelle vision dans le traitement de ce thème.

Pour ce qui se rattache au déroulement de la séance, les résultats des analyses avancées dans le chapitre précédent montrent une articulation entre les différentes phases d'une manière à répondre aux objectifs visés. Les activités effectives des élèves répondent généralement aux différentes tâches repérées dans l'analyse a priori.

Lors de cette séance, il nous semble que les actions de l'enseignant P_2 obéissent à certaines logiques :

- une logique d'apprentissage, en relation avec la dimension cognitive, selon laquelle il est question pour lui d'amener les élèves à construire des connaissances déclaratives (relation mathématique traduisant la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur) et procédurales (construction point par point la caractéristique intensité-tension de ce type de dipôle) ;
- organisation du déroulement de la séance selon deux aspects (dimension cognitive). Le premier se rattache à tout ce qui est expérimental. L'enseignant cherche à impliquer ses élèves dans une activité de production lorsqu'il leur demande de proposer un circuit d'étude servant à mesurer des valeurs de tension et d'intensité, nécessaire au traçage de la caractéristique $U = f(I)$.

P : « Essayer de représenter le circuit qui nous permet de tracer la caractéristique intensité-tension d'un dipôle générateur. Bien sûr, c'est à votre choix »

E : « Un générateur, un interrupteur. Pour varier l'intensité du courant, on va utiliser un rhéostat. Un voltmètre aux bornes du générateur »

Le deuxième aspect se rattache à tout ce qui est théorique et qui est déduit des résultats des activités de mesure. Les activités des élèves à ce niveau répondent fidèlement aux différentes tâches de représentation, de recherche et de reconnaissance de caractéristiques pour les deux types de générateurs (idéal et réel).

D'un point de vue de la composante cognitive, nous notons l'absence de tâches qui permettent de conduire à une activité de discussion à propos du passage du registre physique à un registre graphique permettant par la suite la modélisation du fonctionnement du générateur par une loi. Les élèves se trouvent ainsi engagés dans une activité de traçage sans aucune signification. Ceci pourrait engendrer des difficultés d'apprentissage induites par l'incompréhension de l'intérêt des passages entre divers registres (physique, graphique...) et le lien entre le signe du coefficient directeur dans l'écriture mathématique traduisant la caractéristique tracée et son inclinaison, dans le registre mathématique (Malafosse et al, 2000). Il nous semble à ce niveau que l'enseignant est guidé par des enjeux institutionnels, du fait que ce type d'activités trouve sa légitimité seulement dans le programme (ministère de l'éducation, 2010).

D'un point de vue de la composante médiative, l'organisation des interventions pendant cette séance révèle une intention de l'enseignant de faire participer ses élèves dans le développement des différentes étapes de la séance, même si cette participation réside dans la reprise de ce que leur enseignant développe. Avec cette intention, il semble que l'enseignant favorise la prise d'initiative chez les élèves mais ses interventions fréquentes dans

l'orientation du discours enseignant-élèves, ou inter-élèves, reflète une volonté de guidage. Comme si l'enseignant cherchait à contourner les difficultés des élèves dans les activités qui répondent à des tâches considérées comme complexes. C'est pour cette raison peut-être qu'il multiplie les consignes à l'occasion des activités à caractère expérimental, qu'il reformule même ces consignes lorsque les élèves n'arrivent pas à saisir leur signification.

P : « Maintenant tu peux varier l'intensité du courant à l'aide du curseur du rhéostat et on va varier de 0,1A ou bien de 0,2A et on va chercher la tension aux bornes du générateur »

P : « [...] oui fermer l'interrupteur vite, vite. Par exemple varier de 0,2 c'est à dire 20 graduations. Ajouter, ajouter c'est bien 20 »

Nous remarquons aussi que le passage de l'enseignant auprès des élèves, pendant les phases de travail en groupes, ne vise pas vraiment à rassurer les élèves dans leurs activités, mais cherche plutôt à intervenir avec des aides qui permettent aux élèves d'avancer dans ces activités, même s'il s'agit d'aides productives avec lesquelles aucun changement de tâches n'est noté. La prise en charge, remarquable, des différentes adaptations repérées dans l'analyse a priori, reflète, selon nous, de nouveau une attitude de l'enseignant évitant à impliquer les élèves dans des tâches complexes qui pourraient entraver l'avancement dans le développement des différentes parties de la leçon.

Pendant les phases d'échanges collectifs en classe entière (phase de structuration des connaissances...), nous soulevons une prédominance des interventions de l'enseignant par rapport à celles des élèves (dimension médiative). Il cherche toujours à prendre l'initiative au niveau de la parole, même s'il s'agit d'échange à propos des productions des élèves où il est question de leur laisser le temps afin qu'ils s'expriment à partir de ce qu'ils viennent de dégager des activités de mesurage ou de traçage. Cette attitude trouve peut-être ses explications dans des déterminants institutionnels tels que le temps alloué à ce type de séance qui semble insuffisant pour favoriser des échanges qui prennent du temps au détriment de l'avancée du savoir.

II-2-2 La deuxième observation

Le scénario potentiel de P_2 pour cette deuxième observation est construit autour des objectifs de savoirs conceptuels et procéduraux. L'organisation de la fiche de TP nous semble répondre aux étapes d'une démarche de type investigation telle que présentée en formation.

Nous considérons que la construction de la fiche de TP obéit à certaines logiques qui guident l'action de P_2 :

D'un point de vue de la composante cognitive :

- la construction des tâches d'ordre expérimental est faite autour d'un dispositif expérimental préalablement fourni dans la fiche de TP. Ce choix nous paraît en contradiction avec l'une des visées de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. En effet, en fournissant aux élèves le schéma du dispositif d'investigation et du matériel didactique nécessaire, l'enseignant ne favorise pas l'autonomie des élèves dans la conception des dispositifs qui répondent à leurs visions en termes de questionnements sur des phénomènes concrètes ;
- la description de la procédure expérimentale à suivre par les élèves, qui figure dans la partie réservée à l'investigation expérimentale, semble exprimée d'une manière à laisser peu de place à l'initiative des élèves pour qu'ils arrivent à développer des activités en toute autonomie. En fait, le schéma du dispositif sur lequel figure les deux rayons incident et réfléchi, avec l'indication d'égalité entre les angles d'incidence et de réflexion et l'existence du rayon réfléchi dans le plan d'incidence, reflète, selon nous, une intention de guidage de la part de l'enseignant pour orienter l'activité des élèves dans le sens de la recherche d'angles de réflexions identiques à ceux d'incidence ;
- l'organisation de la fiche TP montre un chevauchement entre l'étape d'investigation et celle de structuration des connaissances. Cette dernière est notée clairement à la suite de l'activité expérimentale, avec le développement des deux lois de Descartes relatives à la réflexion de la lumière.

Il nous semble que l'enseignant est guidé, dans la conception de son scénario, par une logique d'apprentissage de certaines connaissances procédurales (mesures d'angles ; comparaison des de ces angles), au détriment de la recherche de développement de l'esprit de recherche, de l'autonomie et de l'initiative des élèves (composante médiative).

Une comparaison du contenu du manuel scolaire du niveau enseigné (figure 43) montre une grande ressemblance entre ce qui est proposé dans ce dernier en ce qui concerne l'activité expérimentale susceptible d'aboutir à la découverte des lois de Descartes relatives à la réflexion et ce qui est proposé par l'enseignant dans la partie relative à l'étude expérimentale dans la fiche de TP.

Conception de l'activité expérimentale figurant dans la fiche TP de P₂

1) Expérience :

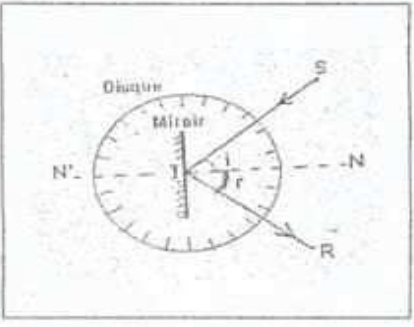
On utilise un miroir plan vertical placé suivant un diamètre d'un disque métallique gradué en degré. On envoie sur le miroir un rayon lumineux SI. On obtient un rayon réfléchi IR.

SI : rayon incident IR : rayon réfléchi
i : angle d'incidence r : angle de réflexion
Point I : point d'incidence N'N : la normale au miroir
Plan (S, I, N) : plan d'incidence.

i(degré)	10	15	20	30	40
r(degré)					

On constate que :

- * Le rayon réfléchi est contenu dans le plan d'incidence.
- * r est toujours égale à i.



Conception de l'activité expérimentale figurant dans le manuel scolaire
(Manuel scolaire 2ème SC, 2014, p.295).

Expérience 1

Utilisons une lanterne qui délivre un pinceau de lumière très fin et parallèle ; plaçons au centre d'un disque gradué en degrés un petit miroir dont le plan est perpendiculaire au disque ; la normale au miroir au centre O est le rayon correspondant à la division 0°. Envoyons le faisceau de la lanterne sur le miroir en veillant à ce qu'il produise une trace visible sur le disque.
Faisons varier i , relevons r et dressons un tableau de valeurs.




Fig .5

Attention

Vérifier avant chaque opération que le faisceau incident passe par le centre du disque.

i(°)	0	10	20	40	50	60	80
r(°)	0	10	20	40	50	60	80

Le rayon réfléchi est visible sur le disque ; il se trouve donc dans le plan d'incidence. Le rayon incident et le rayon réfléchi sont constamment symétriques par rapport à la normale ; le rayon incident et le rayon réfléchi sont confondus lorsque l'incidence est normale.

La mesure i de l'angle d'incidence et celle r de l'angle de réflexion sont égales.
Les deux conclusions auxquelles on a abouti expérimentalement sont connues comme les **lois de Descartes pour la réflexion.**

N.B : Dans la suite, on utilisera le terme angle pour « mesure d'angle ».

Énoncé des lois de Descartes relatives à la réflexion

- 1^{ère} Loi : **Le rayon réfléchi est situé dans le plan d'incidence**
- 2^{ème}Loi : **L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence i = r**

Figure 53 : conception de l'étude expérimentale entre le manuel scolaire et la vision de P₂

Il semble qu'à travers cette conception de l'étude expérimentale, l'enseignant est guidé par une logique d'action qui obéit à la restriction des supports exploités dans la conception d'un scénario à celui du manuel scolaire pour le niveau en vigueur. Ce qui représente, pour nous, l'un des déterminants, en relation avec la dimension institutionnelle, qui oriente l'action de l'enseignant dans la conception de ses projets d'enseignement.

L'organisation des différentes parties du scénario nous laisse penser que l'enseignant cherche, en adoptant une démarche de type investigation, à réussir les deux premières étapes relatives au choix de la situation-problème de départ et celle de l'appropriation du problème par les

élèves. Alors que les autres étapes sont organisées d'une manière prototypique qui semble être habituelle pour l'enseignant et même pour les élèves (dimension personnelle).

Pour ce qui se rapporte au déroulement de la séance, les résultats des analyses avancées dans le chapitre précédent nous laissent penser que l'enseignant est guidé par les logiques d'actions suivantes :

- une organisation de la séance autour des apprentissages contextuels (dimension cognitive). En effet, P₂ cherche, en introduisant la leçon avec une situation d'apprentissage en lien avec le quotidien, à relier l'environnement des élèves à des concepts physiques qui seront par la suite construits à travers une étude expérimentale à l'échelle du laboratoire ;
- organisation de la discussion en classe entière, à propos des situations de déclenchement. Ce qui ne favorise pas de vraie problématisation et élimine toute possibilité d'émergence de conceptions initiales et d'échange au sein des groupes afin de dégager des questionnements et proposer des hypothèses explicatives (dimension médiative).

Il semble que l'enjeu principal de l'enseignant soit d'accéder rapidement à la phase réservée à l'étude expérimentale, sans pour autant penser à renforcer l'appropriation du problème qui découle de la situation discutée au départ. C'est ce qui est confirmé par l'enseignant lors de l'entretien de type auto-confrontation lorsqu'on évoque le terme hypothèse qui nous semble ambiguë pour les élèves.

Pour moi l'essentiel et d'amener les élèves à donner des explications pour les situations que j'ai proposé au début de la séance. Des explications à partir desquelles on passe à l'étude expérimentale qui est pour moi l'essentiel pour aboutir aux lois de Descartes (Citation tirée du deuxième entretien avec P₂).

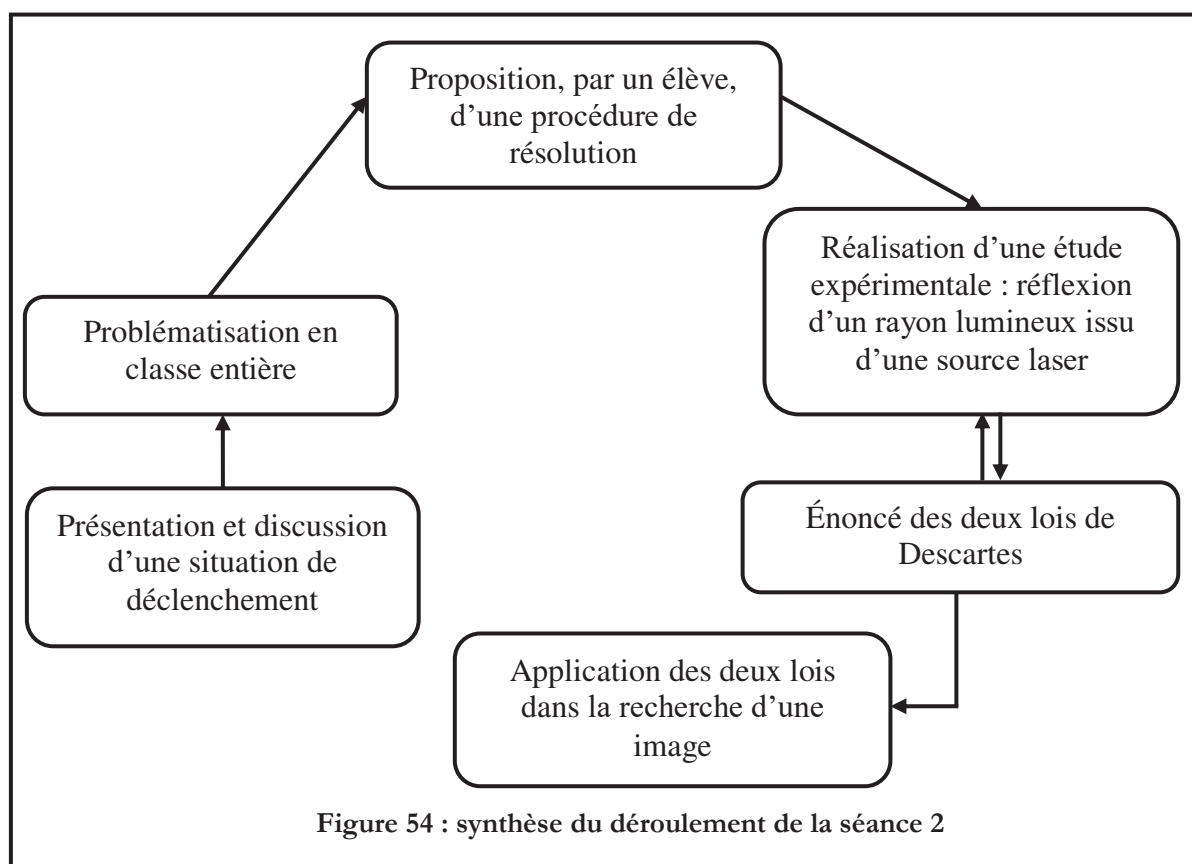
- adopter, à la suite de la phase d'investigation, une démarche habituelle pour lui et ses élèves. Une démarche qui consiste toujours à exploiter les résultats d'une étude expérimentale pour construire un nouveau savoir, généraliser ce savoir et l'appliquer dans des situations nouvelles (dimension personnel).

L'absence d'un temps de réflexion individuelle pendant la phase de mobilisation des connaissances construites ne permet pas à l'enseignant de s'assurer que les élèves sont capables de mobiliser le savoir construit, et par conséquent il n'arrive pas à affirmer s'il y a eu un apprentissage. Ce recours au traitement collectif de l'activité de mobilisation des connaissances, pourrait être expliqué par des contraintes en relation avec l'insuffisance du temps réservé à cette séance (dimension institutionnelle).

D'un point de vue de la composante médiative, l'enseignant favorise le travail collectif uniquement dans la phase d'investigation, tandis qu'il est négligé pendant la phase d'appropriation du problème. Lors des différentes phases de la séance, l'enseignant intervient d'une manière fréquente pour apporter à chaque fois les aides qu'il juge nécessaires à la réussite des activités déployées par les élèves. Ces interventions révèlent généralement des aides productives qui ne contribuent pas au changement des tâches sur lesquelles les élèves sont invités à travailler. Il nous semble aussi que P₂ cherche, à travers ce guidage dans les diverses activités déployées par les élèves, à leur éviter la prise en charge des tâches qui semblent pour lui être complexes.

La répartition horaire des différentes phases de la séance semble non étudiée par l'enseignant. En effet, consacrer une durée qui représente 8 % de la durée totale de la séance à la phase d'appropriation du problème semble, selon nous, insuffisante pour avoir un vrai travail de problématisation en toute autonomie. En contrepartie, la durée réservée à la phase d'investigation (environ 17 % de la durée totale de la séance) semble satisfaisante pour que les élèves arrivent à déployer des activités de mesurage concluantes et réussies.

Dans la figure 54, nous synthétisons le déroulement de la séance :



A partir de ce schéma de déroulement de la séance, il nous semble que l'enjeu principal de l'enseignant est d'établir un savoir qui sera exploité dans la résolution d'autres situations (recherche de l'image par un miroir plan, résolutions d'exercices traitant la réflexion de la lumière), sans qu'il pense à l'aspect organisationnel de la séance, malgré son intention de mener une séance selon l'esprit de la démarche de type investigation. Les différentes phases de la séance se déroulent comme si chacune d'entre elles était entièrement indépendante des autres.

Il nous semble que les logiques qui guident l'action de l'enseignant et cette façon de mettre en place la démarche de type investigation sont guidées par des contraintes de temps (l'enseignant cherche à établir avec les élèves un savoir, et à l'appliquer pour résoudre des tâches de construction, pendant une durée de temps qui paraît insuffisante pour favoriser une grande autonomie aux élèves et mettre en place ce type de démarche avec toutes ses exigences). A cette contrainte institutionnelle, s'ajoute une conception personnelle à propos de la démarche adoptée lors de la mise en place d'une séance d'enseignement de physique, qui ne pourra pas être facilement modifiée à la suite de deux séances de formation au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation.

II-2-3 La troisième observation

Le contenu de la fiche TP de P_2 est organisé de manière à répondre partiellement aux étapes d'une démarche de type investigation. En effet, l'étude de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur est conçue de manière à prendre appui sur des situations concrètes pour accéder par la suite à une étude expérimentale à l'échelle de la classe.

À partir des résultats des analyses évoquées dans le chapitre 7, nous considérons que l'enseignant suit certaines logiques dans la construction de la fiche de TP :

- concevoir des situations de déclenchement qui suscitent l'intérêt des élèves et qui pourrait assurer leur motivation. Même si cette conception n'engendre pas de vrai travail de problématisation (dimension personnelle) ;
- construire des tâches en s'appuyant essentiellement sur le contenu du manuel scolaire. En effet, à l'exception de la partie introductive, les autres parties de la fiche ressemblent intégralement à ce qu'il figure dans le manuel scolaire. Ce qui confirme, encore une fois, une des attitudes de P_2 qui reste à chaque fois attaché à ce que l'institution propose, à travers le manuel scolaire, comme contenu pour l'étude d'un thème qui fait partie du programme officiel (dimension institutionnelle).

Comparaison avec le scénario potentiel de la première séance

Par comparaison entre le scénario potentiel de la présente séance et celui de la première séance, nous relevons certaines variabilités et régularités.

Dans la conception de la fiche de TP de la troisième séance, selon le canevas de la démarche d'investigation (MEN, 2007), évoqué avec les enseignants lors des deux séances de formation au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, P₂ intègre des situations concrètes ayant pour but de motiver les élèves et d'encourager chez eux la prise d'initiative dans la recherche d'explications possibles, ce qui représente pour nous une variabilité dans la conception du scénario.

L'étude expérimentale dans les deux fiches de TP ne révèle aucune différence. Dans les deux cas, le matériel nécessaire est fourni aux élèves. Les tâches d'expérimentation, de mesurage et de représentation demeurent les mêmes. Avec cette conception de la partie réservée à l'étude expérimentale, l'enseignant minimise l'autonomie des élèves et laisse les activités des élèves entièrement dépendantes des consignes qu'il a élaborées. A cette régularité, s'ajoute l'effet du manuel scolaire sur les logiques qui guident l'enseignant dans la conception du scénario de la séance. En effet, dans les deux séances, il semble que ce document officiel reste un élément essentiel qui influence la conception des deux fiches de TP.

Pour ce qui se rattache au déroulement, les résultats des analyses présentés dans le chapitre précédent, montrent que les élèves sont beaucoup orientés vers une autonomie dans l'explication des situations de départ, même si cette autonomie reste guidée par les interventions fréquentes de l'enseignant. Il nous semble que l'enseignant cherche à réussir l'objectif qu'il se donne lors de cette séance, à savoir le développement de certains concepts physiques en incitant les élèves à questionner les situations de départ, à formuler des hypothèses explicatives et à proposer une manière d'investigation, de façon à enchaîner dans ce qui suit de la leçon avec les productions des élèves pendant la phase introductive.

Nous expliquons les interventions fréquentes de l'enseignant pendant cette phase par son intention de mettre les élèves sur la bonne piste et de les orienter vers l'objectif visé. C'est ce que nous repérons dans le discours de l'enseignant lorsqu'on a discuté avec lui les raisons de ce guidage :

« Je guide les élèves pour qu'ils prennent le bon sens lors de ce TP et pour les faire comprendre plus » (Citation tirée du troisième entretien avec P₂).

Le discours mené par l'enseignant avec ses élèves, avant d'accéder aux activités d'investigation, prend appui sur ce qu'ils viennent de développer à propos des situations de départ.

D'un point de vue de la composante cognitive, l'enseignant évite (d'une manière identique à ce que nous venons de soulever lors de la première séance) d'impliquer ses élèves dans des activités dont le but est d'expliquer le passage entre divers registres (physique, graphique et modèle). Les différents passages entre ces registres restent ambiguës, ce qui renforce peut-être chez les élèves l'idée que l'apprentissage de certains concepts physiques se limite à une modélisation mathématique qui pourra être exploitée par la suite dans la résolution de problèmes, dans une activité de contrôle ou dans un sujet d'examen. Tout se passe comme si cet apprentissage était déconnecté du contexte dans lequel il se présente.

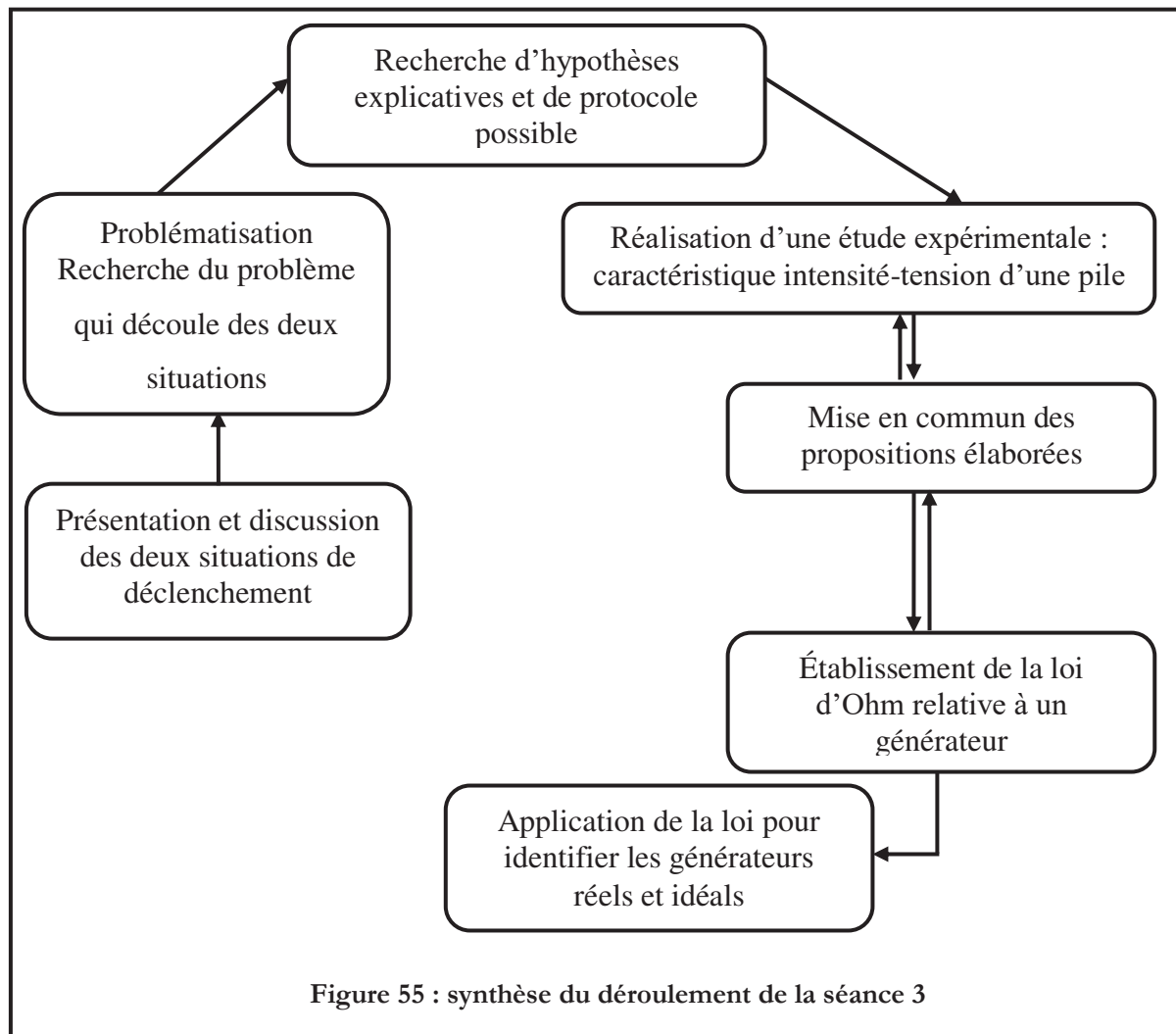
D'un point de vue de la composante médiative, nous remarquons que le travail collectif (travail en groupe ou en classe entière) est favorisé pendant la majorité des phases de la séance (environ 86 % de la durée totale de la séance). Ce choix pourrait encourager les échanges et favoriser des conflits sociocognitifs constructifs au sein des groupes d'élèves.

La prise en charge par les élèves de la majorité des adaptations identifiées dans l'analyse a priori, reflète, selon nous, un désir chez l'enseignant de responsabiliser les élèves pour qu'ils arrivent à réussir, en toute autonomie, les activités dans lesquelles ils sont impliqués.

Pendant cette séance, il nous semble que les pratiques de l'enseignant sont guidées par certaines logiques :

- renforcer l'initiative des élèves comme élément de base pour la mise en œuvre d'une démarche de type investigation ;
- suivre d'une manière linéaire les étapes de cette démarche. Ceci peut être expliqué par le souci de traiter tout le contenu en relation avec la loi visée, pendant la durée de temps recommandée dans les prescriptions officielles (dimension institutionnelle) ;
- mettre en place des activités d'ordre expérimental identiques à celles qui figurent dans le manuel scolaire. Cela revient, selon nous, à une conception personnelle de l'enseignant, considérant que le manuel scolaire est classé, à côté du programme officiel, comme support officiel qui doit être intégralement respecté dans la mise en place des activités d'enseignement-apprentissage ;
- guidage et apport régulier d'aides, dans le but de décharger les élèves des différentes tâches qui semblent difficiles.

Dans la figure 55, nous synthétisons le déroulement de la séance :



Contrairement au déroulement de la deuxième séance, nous pensons que l'enjeu principal de l'enseignant, lors de la troisième séance, se répartit entre le savoir qu'il souhaite institutionnaliser avec ses élèves et la mise en place d'une démarche de type investigation, même si cette mise en place ne tient pas compte de toutes les exigences d'une telle démarche au niveau de la linéarité dans son application.

Enfin, à partir de l'analyse des trois déroulements nous repérons certaines régularités et variabilité dans les pratiques de l'enseignant P_2 que nous consignons dans le tableau 28

Régularités dans les pratiques de P ₂	Variabilités dans les pratiques de P ₂
<ul style="list-style-type: none"> - Guidage des élèves dans la majorité des activités dans lesquelles ils sont impliqués. - Imposition du protocole d'investigation, si non du matériel didactique indispensable à cette investigation. - Intervention de l'enseignant lors des phases d'échange entre les élèves au sein des groupes ou en classe entière. - Institutionnalisation du savoir à travers des échanges en classe entière. - Phase de mobilisation menée collectivement, sans faire recours à un travail individuel ; pour s'assurer s'il y a eu des apprentissages potentiels. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recours à des situations attirantes chaque fois qu'il s'agit de la mise en place d'une démarche de type investigation. - Renforcement de l'autonomie des élèves lors de la phase d'appropriation. - Priorité donnée aux échanges élèves-élèves ou enseignants-élèves. - Adaptation de son discours selon les difficultés rencontrées par les élèves.

Tableau 28 : régularités et variabilités dans les pratiques de P₂

Le contenu du tableau révèle des régularités aux niveaux des pratiques de l'enseignant P₂ qui s'expliquent par des contraintes d'ordre institutionnel (temps, contenu du programme...) ; une conception personnelle de l'enseignement des sciences (conception de certaines parties de la leçon selon le modèle prescrit dans le manuel scolaire) à côté des difficultés face auxquelles se trouve l'enseignant pour s'adapter à une nouvelle démarche de type investigation. Les variabilités soulevées dans les pratiques de P₂, s'expliquent par une volonté de la part de l'enseignant pour favoriser le travail collaboratif entre les élèves, l'autonomie et l'esprit créatif.

III. Conclusion

Dans les tableaux 29 et 30, nous synthétisons, pour les deux enseignants P₁ et P₂, les évolutions au niveau des logiques d'actions, autour des cinq dimensions de la double approche didactique et ergonomique.

Pour l'enseignant P₁

Dimensions	Séance 1 enseignement ordinaire	Séance 2 enseignement selon une démarche de type investigation	Séance 3 enseignement selon une démarche de type investigation
Cognitive	<p align="center">logiques d'action</p> <p>dans la conception de la fiche :</p> <ul style="list-style-type: none"> répondre à des exigences institutionnelles ; contextualiser le thème abordé ; faciliter les tâches. <p>pendant le déroulement de classe :</p> <p>se contenter d'une simple relation mathématique entre les grandeurs mesurées.</p>	<p align="center">logiques d'action</p> <p>dans la conception de la fiche :</p> <ul style="list-style-type: none"> présentation d'un ensemble de situations concrètes, suivi d'une étude préliminaire, qui s'appuie sur les connaissances antérieures ; évite d'engager les élèves dans une activité de problématisation ; installer une séance d'enseignement basé sur l'investigation, en se limitant à un renouvellement au niveau de la présentation des situations concrètes. <p>pendant le déroulement de classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> organisation de la séance autour des apprentissages contextuels. 	<p align="center">logiques d'action</p> <p>dans la conception de la fiche :</p> <ul style="list-style-type: none"> favoriser un apprentissage des connaissances procédurales au détriment du développement de l'esprit de recherche, de l'autonomie et de l'initiative des élèves ; imposition d'une procédure d'investigation et formulation des verbes d'actions qui oriente les élèves vers l'exécution de consignes ; construction de la fiche en priorité selon des tâches de recherche. <p>pendant le déroulement de classe :</p> <p>concrétiser l'apprentissage de concepts physiques.</p>
	Médiative	<p align="center">logiques d'action</p> <ul style="list-style-type: none"> accompagnement des élèves dans tous les détails des activités ; Structuration de la séance selon des moments d'échange collective. 	<p align="center">logiques d'action</p> <ul style="list-style-type: none"> guidage des élèves ; suivre linéairement les étapes d'une démarche de type investigation ; donner aux élèves l'autonomie pour interpréter les tâches, avant de proposer des consignes explicatives ; limiter l'autonomie des élèves dans les tâches considérées complexes.

Logiques d'actions et déterminants des pratiques avant et après la formation

		<ul style="list-style-type: none"> • organisation du travail des groupes qui met en priorité l'enrôlement des élèves dans l'étude expérimentale. 	d'autres étapes (étapes d'investigation et de l'échange argumentée autour des solutions proposées) ; <ul style="list-style-type: none"> • mise en place de la DI de manière linéaire ; • accorder plus d'autonomie dans la phase d'appropriation du problème.
Institutionnelle	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques
	<ul style="list-style-type: none"> • facteur temps : décisif dans la répartition des activités et la répartition des interventions ; • respect du programme dans la conception de la fiche de TP et le déroulement ; • l'enseignant se réfère essentiellement au contenu du manuel scolaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • conception du thème selon ce qui figure dans le manuel scolaire ; • durée officielle de la séance ; • contenu du programme officiel. 	<ul style="list-style-type: none"> • durée officielle de la séance ; • insuffisance des séances de formation organisées pour les enseignants au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ; • conception du thème selon ce qui figure dans le manuel scolaire ; • contenu du programme officiel.
Personnelle	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques
	<ul style="list-style-type: none"> • conception de situations motivantes ; • mise en œuvre d'une séance de travaux pratiques en adoptant une démarche à caractère inductif. 	<ul style="list-style-type: none"> • conception envers l'enseignement des sciences ; • conception personnelle de la mise en place d'une démarche d'investigation dans l'enseignement d'un phénomène physique ; • pratiques habituelles de classe. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conception d'une grande partie de la séance selon une démarche prototypiques.
Sociale	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques
	modèle prototypique dans la conception des fiches de TP, partagé avec les autres enseignants.	modèle prototypique dans la conception des phases d'investigation et de structuration, partagé avec les autres enseignants.	modèle prototypique dans la conception des phases d'investigation et de structuration, partagé avec les autres enseignants.

Tableau 29 : synthèse des évolutions au niveau des logiques d'action de P₁ et des différents déterminants des pratiques

Pour l'enseignant P₂

Dimensions	Séance 1 enseignement ordinaire	Séance 2 enseignement selon une démarche de type investigation	Séance 3 enseignement selon une démarche de type investigation
Cognitive	logiques d'action	logiques d'action	logiques d'action
	<p>dans la conception de la fiche :</p> <ul style="list-style-type: none"> • apprendre aux élèves des connaissances d'ordre expérimental qui permettent d'accéder à la modélisation d'une loi ; • construction de la fiche autour d'une situation expérimentale particulière ; • le contenu de la fiche favorise l'aspect mathématique devant celui de la compréhension des phénomènes. <p>pendant le déroulement de classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • logique d'apprentissage, selon laquelle l'enseignant amène les élèves à construire des connaissances déclaratives et procédurales ; • Limiter le contenu à celui recommandé par le programme (éviter toute discussion à propos des passages entre divers registres). 	<p>dans la conception de la fiche :</p> <ul style="list-style-type: none"> • programmer des tâches expérimentales autour d'un dispositif expérimental préalablement fourni dans un but de guidage ; • description étape par étape la procédure expérimentale ; • intégrer la phase d'investigation avec celle de structuration des connaissances ; • fiche construite autour de connaissances procédurales au détriment du développement de l'esprit de recherche et de l'autonomie. <p>pendant le déroulement de classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • organisation de la séance autour des apprentissages contextuels ; • prédominance donnée à l'aspect expérimental. 	<p>dans la conception de la fiche :</p> <ul style="list-style-type: none"> • favoriser un apprentissage conceptuel ; • imposition du matériel d'investigation et du protocole expérimental, dans un but de guidage vers une expérimentation correcte. <p>pendant le déroulement de classe :</p> <p>concrétiser l'apprentissage de concepts physiques ;</p> <p>détournement de toute activité de discussion des passages entre divers registres (physique, graphique...), en conformité avec les directives du programme.</p>
Médiative	logiques d'action	logiques d'action	logiques d'action
	<ul style="list-style-type: none"> • organisation de la séance selon deux aspects : expérimental et théorique ; • accorder plus d'initiative aux élèves ; • guidage des élèves lors des différentes activités ; 	<ul style="list-style-type: none"> • organisation de discussion en plénière des situations de départ dans un but d'aide à la compréhension ; • guidage des élèves dans les différentes activités ; 	<ul style="list-style-type: none"> • renforcement de l'autonomie des élèves ; • mise en place de la démarche d'investigation d'une manière linéaire, expliquée par le souci de traiter le contenu du thème abordé, pendant la durée de temps recommandée dans les

Logiques d'actions et déterminants des pratiques avant et après la formation

	<ul style="list-style-type: none"> • prise en charge de diverses adaptations ; • limiter l'autonomie des élèves dans les tâches considérées complexes. 	<ul style="list-style-type: none"> • faciliter les tâches à travers de multiples consignes supplémentaires ; • prise en charge de la majorité des adaptations pour éviter à impliquer les élèves dans des tâches complexes ; • dominance des interventions de l'enseignant pour avancer dans la construction du savoir. 	<p>prescriptions officielles ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • guidage et apport régulier d'aides, dans le but de décharger les élèves des différentes tâches qui semble difficiles ; • renforcement du travail collectif, dans le but de favoriser les conflits sociocognitifs constructifs au sein des groupes d'élèves.
Institutionnelle	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques
	<ul style="list-style-type: none"> • conception de la fiche selon le modèle présenté dans le manuel scolaire ; • respect du programme dans la conception de la fiche de TP et le déroulement ; • conception de la fiche selon le modèle présenté dans le manuel scolaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • durée officielle de la séance ; • respect du contenu du programme officiel (le fait d'éviter toute discussion à propos des différents registres) ; • conception du thème selon ce qui figure dans le manuel scolaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • durée officielle de la séance ; • contenu du programme officiel ; • conception de la fiche selon le modèle présenté dans le manuel scolaire.
Personnelle	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques
	<ul style="list-style-type: none"> • mise en œuvre d'une séance de travaux pratiques en adoptant une démarche à caractère inductif. 	<ul style="list-style-type: none"> • pratiques habituelles de classe dans la phase d'investigation et de structuration. 	<ul style="list-style-type: none"> • conception des situations de déclenchement motivantes, même si cette conception n'engendre pas de vrai travail de problématisation ; • pratique habituelle de classe dans la phase de structuration des connaissances.
Sociale	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques	déterminants des pratiques
	<p>modèle prototypique dans la conception des fiches de TP, partagé avec les autres enseignants.</p>	<p>modèle prototypique dans la conception des phases d'investigation et de structuration, partagé avec les autres enseignants.</p>	<p>modèle prototypique dans la conception des phases d'investigation et de structuration, partagé avec les autres enseignants.</p>

Tableau 30 : synthèse des évolutions au niveau des logiques d'action de P₂ et des différents déterminants des pratiques

Chapitre 8 : Conclusion générale, limites et perspectives

Plan du chapitre 8

- I. RETOUR AUX QUESTIONS DE LA RECHERCHE
- II. LES LIMITES DE LA RECHERCHE
- III. PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Conclusion générale, limites et perspectives

Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse des résultats et leurs apports principaux. Nous les discutons par rapport à d'autres travaux de recherche et nous indiquons également leurs limites et les perspectives possibles.

Le but de notre recherche était d'étudier les pratiques enseignantes, dans le cas de deux enseignants tunisiens de physique, pour comprendre leurs logiques d'action et d'étudier les évolutions possibles au niveau de ces pratiques à la suite de la mise en place de séances d'enseignement fondé sur l'investigation.

Nos questions de recherche étaient construites autour des :

- logiques d'actions caractérisant les pratiques des enseignants de physique en relation avec certaines démarches adoptées en classe ;
- des régularités et des variabilités qui marquent ces pratiques ;
- des déterminants des pratiques ;
- effets de la formation, en démarche de type investigation, sur les pratiques des enseignants de physique.

Nous avons observé deux enseignants de physique de même ancienneté et qui exercent dans un même lycée pour deux niveaux différents. Pour chacun des deux enseignants, la première observation se rattache à des pratiques ordinaires, dans le sens où nous ne sommes pas intervenus dans la préparation et dans le choix du thème traité. Pour les autres observations, deux séances pour chaque enseignant, nous sommes intervenus dans la suggestion de l'enseignement avec une démarche fondée sur l'investigation et le choix des thèmes, suite à une action de formation continue que nous avons organisée, et à laquelle les deux enseignants ont participé.

Dans le but d'étudier les pratiques de ces deux enseignants, nous avons adopté le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002) qui prend en considération le côté professionnel en relation avec l'exercice du métier enseignant dans l'analyse de pratiques enseignantes, à côté de l'approche didactique.

La méthodologie que nous avons adoptée, détaillée dans le chapitre 5, est celle de l'étude de cas. À travers des analyses qualitatives des données issues des projets d'enseignement, des observations des pratiques de classes et d'entretiens d'auto-confrontation avec deux enseignants de physique, nous cherchons à donner des éléments de réponse pour notre objectif de la recherche : identifier les effets de la formation des enseignants de physique en démarche de type investigation, sur leurs pratiques enseignantes.

Nous avons mené nos analyses selon trois niveaux. : une analyse a priori permettant de reconstituer l'itinéraire cognitif que chacun des deux enseignants propose à ses élèves ; une analyse des déroulements selon les composantes cognitive et médiative pour reconstituer les logiques d'actions des deux enseignants ; une analyse du discours de l'enseignant lors des entretiens de type auto-confrontation pour reconstituer les déterminants des pratiques selon les dimensions (institutionnelle, personnel et sociale) en lien avec l'exercice du métier.

Une comparaison intra-individuelle des pratiques nous a permis de repérer certaines variabilités et régularités dans les pratiques de chacun des deux enseignants, suite à la mise en place d'une démarche d'enseignement fondé sur l'investigation et d'en tirer les évolutions dans les pratiques des deux enseignants.

I. Retour sur les questions de la recherche

Au début, nous nous sommes interrogé sur les logiques d'action qui caractérisent les pratiques des enseignants tunisiens de physique, en relation avec certaines démarches adoptées en classe, puis nous nous sommes interrogé sur les régularités et les variabilités qui marquent les pratiques des deux enseignants, suite à la mise en place d'une démarche de type investigation. Ensuite, nous avons posé la question sur les déterminants possibles des pratiques des deux enseignants observés et enfin, nous nous sommes interrogé sur les effets de la formation, en démarche de type investigation, sur les pratiques des enseignants de physique.

I.1 Logiques d'action des deux enseignants de physique

Nous présentons ci-dessous quelques éléments de réponse obtenus, en relation avec les dimensions cognitive et médiative des pratiques.

Selon la composante cognitive des pratiques

Nous avons constaté que les deux enseignants s'appuient généralement, dans la conception des fiches de TP pour les séances d'enseignement ordinaire, sur des tâches fermées qui guident les élèves dans le développement de leurs activités lors des différents déroulements. Tandis que, chacun des deux enseignants s'arrange, chaque fois qu'il s'agit de la conception d'une fiche de TP réservée à une séance menée selon la démarche de type investigation, pour intégrer une (des) situation(s) de déclenchement permettant l'appropriation d'un problème à résoudre et mettant en jeu les conceptions initiales des élèves, ce qui correspond à l'une des étapes la plus importante des démarches de type investigation.

Pendant les diverses séances d'enseignement, ordinaire et fondé sur l'investigation, les deux enseignants utilisent typiquement le manuel scolaire, relatif à chaque niveau enseigné, pour

Conclusion générale, limites et perspectives

concevoir les parties réservées à la phase d'investigation et à celle de la structuration des connaissances. C'est peut-être par habitude qu'ils ont recours aux activités expérimentales proposées dans ces manuels et qu'ils les considèrent en adéquation avec le contenu du programme officiel et répondent à ses exigences.

Les scénarios potentiels des deux enseignants sont caractérisés par des objectifs d'apprentissage conceptuel et procédural, chaque fois qu'il s'agit d'un scénario relatif à une séance organisée selon des pratiques ordinaires. Toutefois, les objectifs relatifs aux scénarios construits selon une démarche de type investigation semblent plus orientés vers le côté procédural, du fait que les enseignants cherchent à amener leurs élèves vers la construction de connaissances nouvelles, en prenant appui sur un problème à résoudre, ce qui favorise encore la recherche d'hypothèses, les questionnements et l'investigation expérimentale. Dans ce dernier type de séances d'enseignement, il s'agit pour les deux enseignants de contextualiser l'apprentissage, en construisant la séance autour de situations concrètes, suscitant l'intérêt des élèves et donnant un sens à l'apprentissage.

Toutefois, l'analyse des projets des deux enseignants sur la base du contenu des différentes fiches de TP et des scénarios potentiels que l'on vient de construire, nous incite à nous interroger sur la légitimité de ces analyses vis-à-vis des activités possibles des élèves en classe. Autrement dit, les enseignants, en préparant leurs projets et les tâches prescrites pour les séances d'enseignement ordinaire et celles fondées sur l'investigation, prennent-ils en considération les activités possibles des élèves lors des déroulements ?

Dans les fiches de TP qui se rattachent aux séances d'enseignement ordinaire, les deux enseignants se donnent comme projet d'apprentissage de faire apprendre aux élèves des connaissances physiques, en suivant un modèle prototypique basé sur l'exploitation des résultats expérimentaux, généralement déduits d'une étude expérimentale proposée par l'enseignant. Pour ce qui se rapporte aux fiches de TP réservées aux séances construites selon une démarche de type investigation, ils intègrent des phases de problématisation d'une situation de départ inspirée du quotidien des élèves, permettant de mettre en question les conceptions initiales et favorisant le questionnement.

Pour les deux enseignants, lors des deux types de séances, la structuration des connaissances se réduit essentiellement à la modélisation des lois physiques à travers des modèles mathématiques expliquant certains phénomènes physiques. Sans pour autant entrer avec les élèves dans les détails qui légitiment le passage entre divers registres (Malafosse et al, 2000 ; Malonga & Beaufiles, 2010) adoptés lors des différents déroulements. Cela renforce notre

vision qui se rattache aux logiques d'action des deux enseignants qui semblent guidées par des objectifs d'apprentissage de connaissances déclaratives et procédurales.

Selon la composante médiative des pratiques

Le travail collectif (en groupes ou en classe entière) marque les pratiques des deux enseignants. Lors des séances menées selon une démarche de type investigation, l'enseignant P₁ accorde une grande partie du temps alloué à chaque séance pour la discussion au sein des groupes. Nous renvoyons cette tendance au fait que l'enseignant intègre, lors de ce type de séance, une phase réservée à la problématisation et à la formulation d'hypothèse explicative relative à un problème qui pourra être induit des situations problèmes qu'il propose au début de la séance. Nous considérons que cette sorte de sollicitation des élèves vise à leur accorder un rôle actif dans la construction des connaissances. En contrepartie, avec l'enseignant P₂, les phases d'échange entre les élèves au sein des groupes sont souvent interrompues par des interventions à visée explicative de la part de l'enseignant, ce qui réduit le rôle des élèves dans certaines étapes de la séance. Il semble ici que l'enseignant P₂ soit plus influencé par des contraintes d'ordre institutionnel en lien avec l'insuffisance du temps alloué à une séance de travaux pratiques au regard du contenu assez lourd à traiter pendant ce type de séance. Nous considérons que, contrairement aux séances d'enseignement ordinaire, pendant les séances organisées selon une démarche de type investigation, les élèves sont beaucoup plus impliqués dans les activités de recherche.

Que ce soit pour les séances organisées selon des pratiques ordinaires ou celles organisées selon une démarche de type investigation, les deux enseignants interviennent selon un étayage (Bruner, 1983) très direct des activités des élèves. Les deux enseignants guident fortement les élèves dans l'accomplissement des différentes activités et ils interviennent de manière fréquente pour répondre à des nécessités en lien avec le contenu à enseigner. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Kermen et Barroso (2013), même si le champ disciplinaire n'est pas le même, puisque pour eux l'étude est faite avec une enseignante de chimie observée lors de deux séances en demi-classe.

Pour l'enseignant P₁, lors des trois déroulements, si une tâche lui paraît à la portée des élèves, il les laisse travailler en toute autonomie et il se contente souvent d'une relecture de la tâche en apportant quelques explications avant que les élèves ne se mettent en activité. Pour les tâches qu'il considère difficiles, il guide les élèves en prenant en charge parfois quelques adaptations nécessaires à la résolution de ces tâches. Au contraire, P₂, devant ces types

Conclusion générale, limites et perspectives

d'incidents, fait le choix de mener une discussion collective en classe entière pour aboutir à la résolution des tâches qu'il considère comme complexes.

Généralement les interventions fréquentes des deux enseignants, lors des séances d'enseignement ordinaire et celles organisées selon une démarche de type investigation, apportent aux élèves des aides procédurales, essentiellement dans les phases d'investigation expérimentale, qui n'affectent pas les tâches à résoudre. Les interventions de l'enseignant P_1 lors des deux séances construites autour de l'investigation semblent les plus appropriées pour favoriser des activités possibles et sources d'apprentissage potentiel, du fait que ces interventions prennent appui sur les propositions des élèves. De son côté P_2 s'appuie sur des interventions qui sont le plus souvent des anticipations de ce qui devrait être pris en charge par les élèves.

Avec les deux enseignants, dans les activités d'enseignement ordinaires, l'organisation de la classe est souvent marquée par un travail collectif enseignant-élèves mais par une absence pratiquement totale d'échanges inter-élèves. Cette organisation ne favorise pas l'autonomie et la prise d'initiative et laisse l'action des élèves fortement dépendante des aides que les enseignants apportent souvent.

Avec P_1 , pendant les séances d'enseignement fondé sur l'investigation, nous remarquons une tendance à favoriser l'échange inter-élèves, même si cet échange se limite essentiellement dans la phase d'appropriation du problème où les éléments de chaque groupe d'élèves discutent entre eux ce qui peut être déduit, comme problème à résoudre, à partir des situations de départ.

Selon nous, les interventions fréquentes des deux enseignants prennent une sorte de légitimité puisqu'elles prennent en considération le fait que l'enseignant doit intervenir dans la zone proximale de développement²⁵ (ZPD) des élèves, pour leurs assurer une sorte d'accompagnement lorsqu'il s'agit d'une difficulté au niveau de l'exécution de tâches en l'absence de l'aide d'autrui. Cependant, elles s'opposent à l'un des principes crucial du socioconstructivisme. En effet, l'installation des conflits socioconstructivistes entre les élèves ne sont pas beaucoup privilégiés dans les pratiques des deux enseignants (pratiques ordinaires et celles basées sur l'investigation). Ces derniers choisissent souvent d'intervenir à travers des

²⁵ La zone proximale de développement (concept du psychologue russe Lev. Vygotski) est la distance entre le niveau de développement actuel tel qu'on peut le déterminer à travers la façon dont l'enfant résout des problèmes lorsqu'il est assisté par l'adulte, ayant atteint un niveau de développement cognitif plus élevé, ou collabore avec d'autres enfants plus avancés.

Conclusion générale, limites et perspectives

discussions dont les effets peuvent toucher à l'autonomie demandée dans le travail des groupes et dans le mode d'acquisition des connaissances qui devrait être principalement à la charge des élèves. Cette représentation de la pratique d'enseignement s'oriente dans un sens où la construction des connaissances doit être constamment partagée entre l'enseignant et ses élèves, négligeant ainsi la prise d'initiative, les efforts individuels et les discussions inter-élèves. Cela met en lumière l'importance de prendre en considération, lors des actions de formation, les représentations des enseignants au sujet des pratiques enseignantes, dans le but de susciter le développement de démarches qui favorisent le rôle actif des élèves dans la construction des connaissances.

Pour les deux enseignants, la phase d'investigation expérimentale, lors des activités d'enseignement fondé sur l'investigation, est marquée par un chevauchement avec la mise en commun des différentes solutions apportées. Les deux enseignants procèdent à une mise en commun avec chacun des groupes à part, avant de passer à une mise en commun en classe entière. Cette attitude, imposée par les deux enseignants, semble peut-être en relation avec une volonté d'accompagner les élèves dans les différentes étapes de l'investigation, pour garantir la réussite des différentes tâches d'ordre expérimental d'une part et, d'autre part, pour mener en parallèle un travail d'analyse des résultats dégagés, dans un esprit de coopération entre l'enseignant et ses élèves.

Une comparaison entre la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite par l'institution (MEN, 2007) et celle mise en œuvre effectivement en classe montre que les deux enseignants cherchent à réussir l'étape de problématisation, d'émission d'hypothèses explicatives et de protocoles possibles, même si leurs interventions fréquentes au niveau des groupes d'élèves ne permettent pas d'encourager leur autonomie. Dans le reste des étapes de la démarche mise en place, les enseignants font un retour à une démarche classique basée sur une structuration des connaissances en dehors de toute confrontation entre les résultats dégagés par les élèves et leurs prévisions en termes d'hypothèses émises au sujet des questionnements soulevés des situations de déclenchement de départ. Tout se passe comme si l'enjeu principal des deux enseignants résidait dans la réussite de la phase d'appropriation du problème par les élèves, pour qu'ils soient motivés par la suite dans la résolution des tâches d'ordre expérimental prescrites par les enseignants.

I.2 Régularités et variabilités dans les pratiques des deux enseignants

Nous abordons maintenant notre deuxième question de recherche, où nous nous sommes interrogés sur les régularités et les variabilités qui marquent les pratiques des deux enseignants à la suite de la mise en place d'une démarche de type investigation.

A partir des résultats d'analyses issues des conceptions des fiches de TP et des différents déroulements, nous notons quelques variabilités dans la conception d'une fiche de TP réservée à une séance où les pratiques sont ordinaires et celle d'une fiche réservée à une séance construite selon une démarche de type investigation. Pour les deux enseignants, nous relevons une diversité au niveau des tâches qui figurent dans la partie précédant la phase d'investigation dans la fiche des deux dernières séances, contre un bref rappel des connaissances antérieures dans la première fiche. Cela pourrait inciter les élèves à envisager une problématisation des situations de départ, à proposer des hypothèses explicatives et des protocoles possibles, alors que ces types de tâches sont totalement absents dans la fiche de la première séance. Ces éléments témoignent d'une différence au niveau de la composante cognitive et d'une évolution possible au niveau de la conception de la fiche de TP visant à installer une approche inspirée de la démarche hypothético-déductive, suite aux actions de formation au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation menées avec les deux enseignants. Toutefois, il nous semble que cette évolution possible dans la conception des fiche de TP reste peut-être touchée par des contraintes en relation avec la réalité de la classe et les conditions de mises en place d'une démarche de type investigation. Ce qui nous incite à s'interroger d'une part sur le niveau de compréhension, pour les deux enseignants, de la démarche hypothético-déductive et d'autre part, s'ils sont pris par d'autres contraintes en classe (institutionnelles et/ou didactique), affectant leur niveau de maîtrise des démarches de type investigation.

Pour les déroulements de classe, nous notons une différence au niveau des enjeux de l'apprentissage. En effet, lors de la séance fondée sur l'investigation, l'enjeu principal de l'enseignant est d'amener les élèves à résoudre un problème réel, par le biais des connaissances construites à travers une investigation expérimentale, contre un apprentissage, dans la séance ordinaire, dont le seul but est d'institutionnaliser une loi à appliquer dans d'autres situations ou à réussir des exercices d'un devoir, en réponse à des exigences sociales. De plus, nous notons des variabilités au niveau des interactions enseignant-élèves. Nous pouvons dire, mais non pas d'une manière exhaustive, qu'avec la mise en œuvre de la démarche d'investigation en classe, les interactions entre les deux enseignants et leurs élèves

sont plus favorisées à côté de l'engagement actif des élèves dans des tâches de différents ordres.

Avec l'enseignant P₁, nous notons un changement au niveau de la conception des tâches d'application. Ce dernier a recours, chaque fois qu'il s'agit de la conception d'une fiche de TP construite autour d'une démarche de type investigation, à des situations de l'environnement quotidien de l'élève, ce qui pourrait mettre en place une phase de mobilisation au service de l'apprentissage et impliquer les élèves dans des activités favorisant un apprentissage potentiel. Nos analyses montrent également des régularités aux niveaux des projets des différentes séances et de leurs mises en œuvre. Les deux enseignants choisissent de cadrer les activités des élèves et de les guider. Une régularité assez remarquable pendant les phases d'investigation et d'institutionnalisation du savoir, où les activités possibles des élèves sont assez guidées par l'enseignant. Cette tendance provient peut-être du fait que les deux enseignants cherchent à éviter de mettre les élèves dans un état de blocage face à certaines tâches considérées par les enseignants comme complexes et à bien gérer la répartition chronologique lors du déroulement, pour faire face au contrainte de temps en lien avec la durée insuffisante pour que les élèves arrivent à travailler en toute autonomie. Les différentes séances sont marquées par une méthode basée sur des questions orientées de la part des enseignants vers les élèves, ce qui pourrait rendre la structuration des connaissances basée sur l'initiative de l'enseignant au détriment de celle des élèves. Cela nous incite à nous demander si cette structuration des connaissances, en grande partie prise en charge par l'enseignant, contribue à des apprentissages effectifs au niveau des élèves. Les entretiens que nous avons menés avec les deux enseignants témoignent d'un désir, de la part de chacun d'eux, de mettre les élèves dans la bonne voie et de leur fournir les outils nécessaires pour la réussite des activités, que ce soit pour les activités d'investigation ou celles de structuration des connaissances.

A partir de nos analyses concernant les interventions des deux enseignants, nous soulevons un invariant relatif à l'anticipation dans les interventions de P₂. Il intervient souvent, à la place des élèves, pour répondre à des questions qu'il vient de poser, sans pour autant penser à donner un temps de réflexion nécessaire pour permettre aux élèves de donner leurs essais de réponses personnels. Cette attitude est justifiée par l'enseignant, lors de l'entretien de type auto-confrontation, par le fait qu'il se trouve obligé d'anticiper chaque fois que les élèves n'arrivent pas à comprendre le sens des questions posées.

I.3 Les déterminants des pratiques des deux enseignants

Dans notre troisième question de recherche, nous nous sommes interrogé sur les déterminants possibles des pratiques des deux enseignants observés. Les logiques qui guident les actions des enseignants sont justifiées par un ensemble de contraintes institutionnelles, sociales et des conceptions personnelles au sujet de l'enseignement de la physique.

Nous présentons ci-dessous quelques éléments de réponse, en relation avec les dimensions institutionnelle, personnel et sociale des pratiques.

Selon la dimension institutionnelle des pratiques

Dans la préparation de leurs cours, il semblerait que les deux enseignants se limitent au contenu du manuel scolaire du niveau enseigné. Cela est très prégnant dans les parties réservées à l'investigation expérimentale et même dans la partie relative à la structuration des connaissances. Ils suivent typiquement la manière de faire, consignée dans le manuel relative à l'exploitation des résultats expérimentaux pour institutionnaliser les nouvelles connaissances. Cela nous incite à nous interroger sur l'empreinte personnelle de l'enseignant et des élèves dans la manière avec laquelle ils mobilisent les résultats d'une étude empirique dans la structuration des connaissances nouvelles. Toutefois, nous remarquons que les deux enseignants se détachent du contenu proposé dans le manuel scolaire, chaque fois qu'il s'agit d'intégrer, dans leurs fiches de TP, des situations de déclenchement du processus d'apprentissage. Nous notons à ce niveau une tendance vers la mobilisation d'autres ressources²⁶ (Internet, autres manuels,...).

Les deux enseignants adaptent le plus souvent leurs pratiques avec les instructions du programme officiel. Cela nous paraît un déterminant crucial qui pourrait limiter les marges de manœuvres des deux enseignants. En effet, le fait de se limiter dans les séances de TP à une étude expérimentale suivi d'une exploitation des résultats dans le seul but de modéliser une loi physique à travers une relation mathématique, sans entrer dans les détails montrant l'intérêt du passage entre différents registres (physique, graphique, ...), est une obligation imposée par les recommandations du programme, dans lequel aucune des instructions prescrites n'invite clairement les enseignants à mener une discussion avec les élèves à ce propos. Cependant, la question qui se pose est la suivante : l'absence de telles instructions

²⁶ Dans la conception de leurs fiches de TP, nous remarquons que les enseignants mobilisent le contenu de sites internet et d'autres manuels français pour exploiter quelques situations de déclenchement des thèmes abordés.

dans le programme officiel renvoie-elle à l'interdiction de ce type d'activités dans les classes dans lesquelles matière enseignée s'appuie entre autres sur ces différents registres ?

Un des principaux déterminants des pratiques enseignantes que nous identifions à partir des différents entretiens de type autoconfrontation, menés avec les deux enseignants, est le temps alloué à chaque séance de travaux pratiques pour les deux niveaux enseignés et le rapport contenu à enseigner/durée de la séance. Les deux enseignants sont soucieux du facteur temps. Contrainte évoquée par Molvinger (2017) dans une étude sur la mise en œuvre d'une démarche d'investigation à l'école primaire.

Dans sa recherche sur les enjeux de l'appropriation de la démarche d'investigation par les enseignants, Saddouki (2019) évoque le caractère chronophage de la démarche d'investigation à travers l'écart horaire entre le prescrit et le réalisé en classe. En focalisant son étude sur les obstacles qui entravent la mise en place de la démarche d'investigation, elle évoque, entre autres, celles qui sont en lien avec la gestion du temps. Elle considère que les connaissances professionnelles mobilisées par l'enseignant, pour atteindre le but de son activité peuvent être d'un côté élément moteur dans l'activité de ce dernier et d'un autre côté un élément chronophage de la DI lors de la régulation. D'autre part, la chercheuse considère que la discussion qui s'en tiendra à une comparaison des propositions des élèves lors de la phase d'appropriation du problème, provoque un allongement du temps de l'enseignement qui accentue l'aspect de chronophage de la DI.

Avec des pratiques axées sur les démarches de type investigation, les deux enseignants témoignent une insuffisance du temps alloué à chaque séance pour mener cette démarche avec toutes ses étapes. Pour cette raison, nous constatons le plus souvent que les deux enseignants s'arrangent pour mener à bien la partie introductive (phases de présentation des situations de départ et d'appropriation du problème), alors que les autres phases sont marquées par un rythme accéléré afin de parvenir à achever le contenu de chaque séance. Le rapport « contenu à enseigner/durée de la séance » est surtout remarqué avec l'enseignant P₂, ce qui l'amène à adapter ses interventions avec les élèves en fonction de l'avancement de la séance. Il nous semble que ce déterminant est lié au recours excessif au contenu proposé dans le manuel scolaire. En effet, suivre typiquement ce qui est proposé dans le manuel scolaire, que nous considérons assez développé, rend insuffisante la durée allouée à la séance de travaux pratiques. A ce propos, nous nous demandons s'il est possible pour l'enseignant de se limiter à ce qui est intéressant (comme contenu et activités proposées dans le manuel scolaire) pour

atteindre les objectifs d'apprentissage, pendant la durée de temps d'une séance, sans qu'il soit obligé d'exploiter tout ce qui figure dans ce manuel pour la préparation de ses cours.

L'absence de prescriptions officielles pour la mise en place d'un enseignement fondé sur l'investigation dans les programmes d'enseignement de la physique et les programmes de formation des enseignants, représente l'un des déterminants des pratiques enseignantes. En effet, mettre en place une séance de physique par démarche de type investigation dans les normes attendus, en se référant à deux actions de formation à ce sujet, reste insuffisant pour les deux enseignants et présente diverses lacunes chaque fois que la mise en place de cette démarche n'est pas répandue avec tous les niveaux enseignés, les diverses matières est n'est pas prescrite dans les programmes d'enseignement et les référentiels de compétences destinés pour la formation des enseignants.

Selon la dimension personnelle des pratiques

La conception personnelle envers l'enseignement de la physique pourrait influencer, pour les deux enseignants, la dimension cognitive (la manière avec laquelle les fiche de TP sont conçues), le mode de gestion de la classe et les interactions élèves-élèves ou enseignant-élèves.

Il nous semble que les deux enseignants sont plus attachés à des pratiques basées sur une démarche inductive, où l'enjeu principal est la structuration des connaissances à partir d'une étude de cas, dont les résultats seront par la suite généralisés dans une loi.

Les deux enseignants choisissent chaque fois de proposer le dispositif servant à l'étude expérimentale, sans pour autant penser à laisser cette tâche à l'initiative des élèves. C'est une sorte de conception commune entre les deux enseignants, qui considèrent que le souci est d'amener les élèves à expérimenter correctement avec un dispositif préalablement proposé, ce qui leur permet de gagner du temps nécessaire aux autres phases de la séance.

Nos analyses des discours des deux enseignants lors des différents entretiens de type autoconfrontation montrent que l'enseignant P_1 est plus ouvert aux innovations au sujet des démarches d'enseignement de la physique. En effet, pendant la phase de préparation des fiches de TP relatives aux deux dernières séances (construites autour des démarches de type investigation) l'enseignant P_1 se montre plus motivé dans la recherche des situations-problèmes qui pourraient assurer le bon déclenchement de la leçon, contrairement à P_2 qui attend la suggestion de ressources qui pourront être exploitées dans la construction de ces types de situations.

Les deux enseignants semblent plus attachés à la méthode de gestion des interactions qui favorise l'échange enseignant-élèves plutôt que l'échange inter-élèves, par souci de guidage des élèves dans le bon chemin de structuration des connaissances. C'est une sorte d'habitude chez les deux enseignants, dont le changement pourrait être atteint par le biais de la formation à long terme.

Selon la dimension sociale des pratiques

Les deux enseignants tendent plus vers le travail individuel. Les entretiens que nous avons eus avec eux témoignent d'un désir de travail individuel que ce soit au niveau de la préparation des leçons et même au niveau de la discussion qui peut être déclenchée entre les enseignants d'un même établissement au sujet des renouvellements pédagogiques. Cette résistance envers le travail collectif inter-enseignants et les débats à propos des renouvellements pédagogiques pourrait être un déterminant de leurs pratiques qui sont caractérisées principalement par une grande tendance vers l'inductivisme. Il nous semble ainsi que les échanges inter-enseignants pourraient les amener à modifier leur pratique d'enseignement des sciences tendus vers une démarche inductive.

Nos analyses des discours des deux enseignants lors des entretiens organisés avec eux montrent aussi que l'appartenance des élèves à un établissement pilote affecte les logiques d'action des deux enseignants. En effet, les deux enseignants cherchent à donner un maximum aux élèves (du point de vue connaissances et méthodes de traitement des exercices en relation avec les thèmes traités) pour garantir la réussite avec excellence de ces derniers dans les devoirs à court terme et dans les examens à long terme. En fait, cela pourrait répondre aux attentes des parents d'élèves et de l'établissement.

I.4 Les effets d'une formation à l'enseignement de type investigation sur les pratiques

Nous abordons maintenant notre dernière question de recherche où nous nous sommes interrogé sur les effets possibles de la formation, en démarche de type investigation, sur les pratiques des enseignants de physique.

Nous présentons ci-dessous quelques éléments de réponse, en relation avec les dimensions des pratiques.

Selon la dimension cognitive des pratiques

Nos analyses des projets et des déroulements des deux enseignants, avant et après la formation au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, montrent une

évolution au niveau de la conception des fiches de TP. Pour les deux enseignants, les tâches de recherche sont intégrées dans les fiches de TP, chaque fois qu'il s'agit d'une séance construite autour d'une démarche de type investigation. Nous constatons que les projets des deux enseignants sont construits autour de situations qui pourraient provoquer la motivation des élèves et mettant en question leurs conceptions initiales. Avec P₁, les tâches de mobilisation des connaissances construites sont plus orientées vers la résolution de situations concrètes, alors qu'avant la formation en démarche d'investigation, les activités d'application prennent le plus souvent la forme d'une application théorique, dont la résolution nécessite de la part des élèves une application directe des nouvelles connaissances construites. Ceci pourrait favoriser le développement des compétences des élèves en relation avec l'interprétation, la synthèse et la créativité.

Avec les deux enseignants, la conception de la fiche de TP destinée à la mise en place d'une séance construite autour d'une démarche de type investigation prend généralement en considération les différentes étapes de la démarche d'investigation prescrites dans les instructions officielles (MEN, 2007) et celles étudiées lors des deux actions de formation. Cependant, nous constatons une linéarité dans la mise en œuvre de ces différentes étapes. Les liens qui devraient être établis entre certaines étapes (tel que le lien entre l'étape de formulation d'hypothèses explicatives et celle de la structuration des connaissances) sont le plus souvent omis. Nous constatons généralement un manque de lien entre la situation posée au début de la séance et le contenu des autres phases de la séance. Cela nous amène à nous interroger sur le niveau d'appropriation des enseignants en ce qui concerne le contenu des actions de formation et les travaux de préparation de scénarios selon une démarche de type investigation faites à l'occasion de cette formation.

Lors des déroulements, la tâche de proposition de dispositifs d'investigation reste généralement prise en charge par les deux enseignants, bien que les attitudes des deux enseignants tendent parfois vers l'implication des élèves dans les activités induites par cette tâche. Toutefois la prise de décision finale à ce propos revient toujours aux enseignants.

Selon la dimension médiative des pratiques

Lors de la mise en place des différentes séances construites autour d'une démarche de type investigation, nous constatons que l'échange enseignant-élèves est le plus répandu. Les enseignants tendent de plus en plus à placer leurs élèves dans des situations de conflit cognitif susceptible de déclencher de nouvelles acquisitions de connaissances.

Une autonomie est accordée aux élèves pendant les phases d'appropriation du problème et de l'investigation, même si cette autonomie est souvent accompagnée par un guidage de la part des enseignants. Cette attitude de guidage est présente même lors des séances qui ne font pas l'objet de la mise en place d'un enseignement fondé sur l'investigation, ce qui renvoie probablement à une sorte d'habitude imposée par des contraintes d'ordre institutionnel ou à une sorte de conception personnelle à propos de la gestion des groupes. D'une manière générale, les deux enseignants cherchent à responsabiliser leurs élèves en les impliquant dans des activités de recherche et de production, chaque fois qu'il s'agit d'une séance menée selon une démarche de type investigation.

Avec les deux enseignants, le travail collectif marque les séances organisées à la suite des actions de formation. Toutefois, le travail collectif en classe entière domine celui du travail collectif en groupes d'élèves, surtout avec l'enseignant P₂. Il semblerait que cette attitude revient au fait que les enseignants cherchent souvent à installer un débat en plénière, dans le but de conduire les élèves dans la bonne voie et de ne pas perdre le fil de gestion de la durée impartie à la séance. C'est ce qui est confirmé à partir de ce que les deux enseignants expriment lors des entretiens.

À travers cette étude, nous constatons aussi que les enseignants s'efforcent d'adapter leurs interventions avec les genres de difficultés face auxquelles se trouvent les élèves lors des déroulements de classes. Selon la difficulté de la tâche proposée aux élèves, les deux enseignants interviennent parfois avec des aides procédurales, parfois en déclenchant un débat avec les élèves pour les amener à dépasser ces difficultés et les ré-impliquer de nouveau dans les activités. Avec des tâches complexes, les deux enseignants prennent en charge même les adaptations nécessaires à la résolution de ce type de tâche.

Selon la dimension institutionnelle des pratiques

Nous remarquons que la formation au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation a permis aux enseignants de se détacher du contenu du manuel scolaire dans la conception des fiches de TP, même si c'est seulement partiellement. Cela se remarque essentiellement dans le désir de recherche, en mobilisant d'autres ressources que le manuel scolaire, des situations concrètes à fonction motivationnelle pour le déclenchement des séances de travaux pratiques et utilisées par la suite comme appui pour tout un travail d'investigation dans le but d'acquisition de nouvelles connaissances.

Au niveau du programme officiel, nous remarquons que les deux enseignants sont restés fidèle à ses recommandations. Nos analyses le montrant clairement pour ce qui se rattache à

l'absence de traitement de notions non consignées dans le contenu du programme, même si cela s'avère nécessaire pour une meilleure compréhension des élèves : absence de discussion à propos des changements de registres lors de l'étude d'un phénomène physique donné.

II. Les limites de la recherche

Les limites de notre recherche sont diverses. Nous en présentons certaines que nous jugeons intéressantes de discuter.

Limites en relation avec le nombre d'enseignants observés

Nous considérons que les résultats de notre recherche, en relation avec les pratiques enseignantes des enseignants de physique, seraient plus concluants si l'échantillon d'enseignants observés était élargi et réparti sur des établissements scolaires différents. Toutefois, notre choix était orienté vers l'observation d'enseignants exerçant dans un même lycée, afin de neutraliser les paramètres en relation avec le milieu socioculturel des élèves et les différences qui se rapportent aux conditions matérielles de travail. Cela dit, une étude menée avec un échantillon plus élargi, et respectant cette contrainte permettrait- d'aboutir à des résultats plus significatifs et plus approfondis ?

Limites en relation avec le repérage d'apprentissages potentiels

L'analyse des activités possibles des élèves et leur mode de traitement des différentes tâches prescrites, ainsi que leur prise d'initiative, peuvent donner des idées, même d'une manière limitée, à propos des apprentissages potentiels. Cependant, les résultats auraient pu être plus pertinents si nous avions envisagé une évaluation des effets de l'enseignement reçu sur les apprentissages des élèves dans les classes, par le biais d'une analyse des productions des élèves, par exemple en évaluations écrites. À travers ce type d'analyse, l'étude de l'effet de la formation des enseignants au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation serait élargie pour recouvrir à la fois les pratiques enseignantes et l'apprentissage des élèves.

Limites en relation avec les actions de formation des enseignants

Il nous semble que la formation organisée en deux actions pour les enseignants autour de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation reste limitée, en durée et en contenu, pour que les enseignants arrivent à s'approprier une telle démarche. Il serait ainsi intéressant de diversifier ces actions de formation pour qu'elles touchent plus les côtés pratiques de mise en place d'une démarche de type investigation.

Limites en relation avec le rapport chercheur/enseignants observés

Nous envisageons pendant cette recherche une limite en relation avec la subjectivité possible du chercheur. En effet, bien que nous ayons choisi de travailler avec deux professeurs d'une circonscription autre que celle où nous exerçons notre métier d'inspecteur de l'enseignement de la physique-chimie dans les lycées secondaires, pour éviter toute sorte de subjectivité et rendre les données exploitées dans les analyses plus objectives, nous craignons, d'une part, que nos analyses soient influencées par la manière que nous avons adoptée chaque fois qu'il s'agit d'évaluer le travail des enseignants. La « casquette » d'inspecteur est peut-être présente dans les analyses que nous venons de mener sur la base des données recueillies lors de l'observation de classe ou à l'occasion des entretiens post-séances.

D'autre part, il est possible que les actions et le discours menés avec les enseignants suivis dans notre recherche soient influencés par la relation enseignants/inspecteur qui assure leur encadrement et que l'entretien que je viens de mener avec les deux enseignants sera pris comme sorte de jugement du travail de ces deux enseignants. Ce qui pourrait influencer leurs contributions dans les différents entretiens menés avec eux. En effet, dans la relation inspecteur-enseignant dans le contexte éducatif tunisien, l'inspecteur assiste souvent avec l'enseignant dans des séances de classe dans le cadre de visites d'inspection. Ce type de visite est suivi d'un entretien à propos du déroulement de la séance, qui sera pris comme élément, parmi d'autres, pour évaluer le travail de l'enseignant.

III. Perspectives de recherche

Une des perspectives de recherche, que nous venons d'évoquer dans les limites de la recherche, se rattache à l'intégration des analyses en rapport avec les productions des élèves. Connaître le niveau des élèves, et leurs capacités de résoudre des tâches de contrôles, pourrait fournir des indicateurs en relation avec les apprentissages potentiels des élèves et les évolutions au niveau des pratiques enseignantes. Cela permettrait, par la suite, d'envisager des interventions qui visent le développement des compétences professionnelles des enseignants. Pourquoi ne pas pousser l'étude vers l'analyse des productions des élèves lors d'évaluations ? Cela permettrait, entre autres, d'élargir le mode d'analyse qualitative à une analyse quantitative qui se rattache au niveau de traitement correct des tâches d'évaluation proposées et de classer les élèves pour mieux repérer les éventuelles difficultés, en lien avec les apprentissages visés. Pas la suite, nous pourrions envisager des actions de formation qui visent l'étude des pratiques enseignantes tout en prenant en considération les difficultés cernées.

Une autre perspective de recherche se rattache à l'analyse des interventions langagières des enseignants (Pariès *et al.*, 2009). Une analyse des actions langagières des enseignants, pourra inférer des invariants et des régularités dans leurs interventions langagières et d'en déduire l'effet de ces actions sur les activités possibles des élèves et les pratiques enseignantes.

Dans notre recherche, nous nous sommes appuyés sur l'analyse des projets des enseignants et des déroulements effectifs de classe, avant et après deux actions de formation dont l'objet était l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Notre but était la recherche d'évolutions possibles au niveau des pratiques enseignantes à la suite de la mise en place de démarches de type investigation. Ces évolutions restent, en grande partie, dépendante du degré d'appropriation des enseignants de ce type de démarche. Une formation à plusieurs niveaux pourrait-elle garantir une meilleure appropriation des différentes étapes de cette démarche ? Cette question permet à notre travail de se situer dans une autre perspective de formation. En effet, envisager des actions de formation qui s'appuient sur l'analyse, de la part des enseignants, des deux premiers projets d'enseignement et déroulements conçus selon une démarche de type investigation, rend possible l'appréhension par ses derniers d'autres pistes d'amélioration de leurs projets d'enseignement et des diverses régulations qui pourraient être apportées au niveau de leurs actions en classe. Ce type de formation permet aux enseignants de mieux réfléchir quant à la manière propice pour la mise en place de ces types de projets et constitue un moment d'échange par l'intermédiaire de situations réelles de classes. À ce propos, il serait intéressant d'envisager une sorte d'ingénierie coopérative qui repose sur la coopération enseignants-chercheur au sujet de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Enseignants et chercheur collaborent pour concevoir ensemble de séquences d'enseignement selon une démarche de type investigation, les mettre en place lors des séances de classes et par la suite ils procèdent à leur évaluation pour une nouvelle conception et une nouvelle mise en place dans les classes.

Enfin, étudier les évolutions possibles au niveau des pratiques enseignantes, à la suite de la mise en place de démarches de type investigation, pourrait être plus développée si nous pensions à mobiliser, à côté du cadre théorique de la double approche, le concept de PCK comme étant un cadre d'analyse pour caractériser les connaissances professionnelles qui pourraient être mobilisées par les enseignants. Les résultats issus de cette analyse pourraient renseigner quant aux évolutions possibles des connaissances professionnelles des enseignants, dans les dimensions qui se rattachent aux connaissances en lien avec les stratégies d'enseignement et celles en lien avec les programmes (Magnusson, Krajcik & Borko, 1999

Conclusion générale, limites et perspectives

cité dans Jameau, 2016), au cours de leurs activités avec les élèves en classe ou lors des actions de formation et les effets qui en découlent sur leurs pratiques enseignantes.

D'autre part, avec ce type d'analyse, on pourra étudier comment les enseignants arrivent à articuler, dans leurs pratiques de classes, entre les différents domaines de connaissances : connaissances académiques de la discipline à enseigner (SMK), connaissances pédagogiques générales en matière d'enseignement (PK) et les connaissances pédagogiques liées au contenu à enseigner (PCK), pour en tirer les évolutions possibles dans les pratiques enseignantes, suite à la mise en place d'une démarche de type investigation.

Références bibliographiques

- Adjage, R., & Weisser, M. (2013). Etude comparée de deux pratiques enseignantes lors d'une séquence de résolution d'un problème de modélisation. *éducation et didactique*, 7(3), pp. 55-78.
- Altet, M. (1999). Un dispositif de formation initiale des enseignants, innovant et théorisé. *Recherche et formation*(31), pp. 31-52.
- Altet, M. (2010). Deux décennies de formation des enseignants dans les IUFM : un processus de formation professionnalisante en héritage. *Recherche en éducation*(8), pp. 12-23.
- Astolfi, J., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences: Repère, définitions, bibliographies*. Louvain-la-Neuve, Belgique: De Boeck Supérieur. doi:10.3917/dbu.astol.2008.01.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (2016). *La didactique des sciences*. Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique* (éd. 1ère édition). paris: Vrin.
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*(38), pp. 7-39.
- Baudrit, A. (2005). *L'apprentissage coopératif: origines et évolutions d'une méthode pédagogique*. Bruxelles : De Boeck.
- Bereiter, K., & Scardamalia, M. (2003). *Knowledge building*. In *Encyclopedia of Education* (éd. 2nd éd). New York, USA: Macmillan Référence.
- Bernard, C. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (éd. Rééd. 1984). Paris, France: Flammarion, coll. « champs ».
- Bisault, J., & Berzin, C. (2009). Analyse didactique de l'activité effective des élèves en sciences à l'école primaire. *Éducation et didactique*, 3(2), pp. 77-99.
- Blanchard, M., Southerland, S., & Granger, E. (2009). No silver bullet for inquiry : Making senses of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. *Science Education*, 93(2), pp. 322-360.
- Blanchenay, P. (2005). *Les sciences sociales dans la philosophie de Karl Popper : la cohérence du système Poppérien*. Consulté le Juin 23, 2018, sur http://www.pdimension.net/Sciences_sociales_Karl_Popper_v-ecran.pdf
- Bodergat, J. (2006). Dilemmes et ressources d'accompagnement en formation initiale. *recherche et formation*(51), pp. 27-42.

Références bibliographiques

- Boilevin, J.-M. (2013a). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. Dans M. Grangeat (Éd.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (pp. 27-53). Grenoble: PUG.
- Boilevin, J.-M. (2013b). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- Boilevin, J.-M. (2014). Désaffection pour les études scientifiques et recherche en éducation scientifique. *Review of science, mathematics and ICT Education*, 8(2), pp. 5-23.
- Boilevin, J.-M., & Dumas-Carré, A. (2001). Un modèle d'activité de résolution de problème de physique en formation initiale d'enseignants. *Aster*(32), pp. 63-90.
- Boilevin, J.-M., & Ravanis, K. (2007). L'éducation scientifique et technologique à l'école obligatoire face à la désaffection : recherches en didactique, dispositifs et références. Dans J.-M. Boilevin (Éd.), *Regards croisés franco-helléniques sur l'éducation scientifique et technologique à l'école obligatoire* (pp. 5-11). Marseille, France: IUFM Aix-Marseille.
- Boilevin, J.-M., Brandt-Pomarès, P., Givry, D., & Pedegrosa, A. (2012). L'enseignement des sciences et de la technologie fondé sur l'investigation - étude d'un dispositif collaboratif entre enseignants de collège et chercheurs en didactique. Dans B. Calmettes (Éd.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation* (pp. 241-259). Paris, France: L'Harmattan.
- Boilevin, J.-M., Delserieys-Pedregosa, A., Brandt-Pomares, P., & Coupaud, M. (2016). Démarches d'Investigation : histoire et enjeux. Dans C. Marlot (Éd.), *l'investigation scientifique & technologique, Comprendre les difficultés de mise en oeuvre pour mieux les réduire* (pp. 4-26). Rennes, France: Presses universitaires de rennes.
- Boilevin, J.-M., Morge, L., & Delserieys, A. (2010). Inquiry-based physics education in French middle school. *Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?*, 503-510. Reims, France.
- Bomchil, S., & Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? . *Aster*(26), pp. 85-108.
- Bordage, J.-E. (2010). Description et comparaison de la socio- construction des connaissances dans trois contextes d'apprentissage différents du milieu scolaire. *Revue canadienne de l'éducation*, 33(4), pp. 711-731.

Références bibliographiques

- Bourdoncle, R. (1991). Note de synthèse. La professionnalisation des enseignants : analyses sociologiques anglaises et américaines. *Revue française de pédagogie*(94), pp. 73-91.
- Bourdoncle, R. (2000). Professionnalisation, formes et dispositifs. *Recherche et Formation*(35), pp. 117-132.
- Boy, D. (1992). Quelle image les jeunes se font de la science. *Science et Vie*(180), pp. 10-17.
- Bru, M. (2002). Pratiques enseignantes : des recherches à conforter et à développer. *Revue Française de Pédagogie*,(138), pp. 63-73.
- Butlen, D., Pézard, M., & Masselot, P. (2006). *Comment former à l'enseignement des mathématiques en ZEP ? L'accompagnement des nouveaux titulaires. Cahiers Pédagogiques 445*. Consulté le Février 6, 2018, sur <http://www.cahiers-pedagogiques.com/Comment-former-a-l-enseignement-des-mathematiques-en-ZEP-L-accompagnement-des-nouveaux-titulaires>
- Calmettes, B. (2008). Analyse d'un dispositif de formation à l'enseignement en sciences par démarche d'investigation. Actes du congrès de l'AIPU., (pp. 20-40). Montpellier, France.
- Calmettes, B. (2009a). Démarche d'investigation en physique, des textes officiels aux pratiques en classe. *Spirale-Revue de recherche en éducation*(43), pp. 139-148.
- Calmettes, B. (2009b). Milieu didactique et démarche d'investigation en physique. Analyses de pratiques ordinaires. *Actes du premier colloque international de l'ARCE « Où va la didactique comparée ?* Genève, Suisse: ARCD.
- Calmettes, B. (2012). *Modélisation pragmatiste de l'action didactique de l'enseignant*. Note HDR, Toulouse 2.
- Calmettes, B., & Boilevin, J.-M. (2014). Le modèle « investigation-structuration » et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*(9), pp. 103-128.
- Calmettes, B., & Matheron, Y. (2015). Les démarches d'investigation : utopie, mythe ou réalité? *Recherches en Éducation*(21), pp. 3-12.
- Cariou, J. -Y. (2002). La formation de l'esprit scientifique. Trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC. *Biologie Géologie*(2), pp. 279-318.
- Cariou, J.-Y. (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences*. Thèse de doctorat, Genève : Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de

Références bibliographiques

- l'éducation. Repéré à https://cortecs.org/wp-content/uploads/2014/01/CorteX_Cariou_JY_these_esprit_scientifique.pdf.
- Cariou, J.-Y. (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*(7), pp. 137-166.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*(21), pp. 12-33.
- Chalmers, A. (1987). *Qu'est-ce que la science ? Récents développements en philosophie des sciences : Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*. Paris : Ed. La Découverte.
- Cherkaoui, A., & Haouata, S. (2017). Eléments de Réflexion sur les Positionnements Epistémologiques et Méthodologiques en Sciences de Gestion. *Revue interdisciplinaire*, 1(2), pp. 1-17.
- Chesnais, A. (2009). *L'enseignement de la symétrie axiale en sixième dans des contextes différents : les pratiques de deux enseignants et les activités des élèves*. Thèse de doctorat, Paris : Université Paris-Diderot - Paris VII. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00450402/document>.
- Chesnais, A. (2011). Apprentissages en mathématiques en sixième : contextes différents, pratiques différentes et inégalités. *Revue Française de pédagogie*(176), pp. 57-72.
- Choquet, C. (2016). Profils de professeurs des écoles proposant des problèmes ouverts en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 36(1), pp. 11-47.
- Choquet, C. (2017). Profils de professeurs des écoles proposant des problèmes ouverts en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques, la pensée sauvage*, 36 (1), pp. 11-47.
- Clanet, J. (2010). Professionnalisation des métiers de l'enseignement : l'apport de l'observation des pratiques. *Recherche en éducation*(8), pp. 73-84.
- Clerc, A., & Martin, D. (2011). *L'étude collective d'une leçon, une démarche de formation pour développer et évaluer la construction des compétences professionnelles des futurs enseignants*. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 27(2). Consulté le Août 27, 2017, sur <https://journals.openedition.org/ripes/514>
- Coquidé, M. (2003). Face à l'expérimental scolaire. Dans J.-P. Astolfi (Éd.), *Education, formation : nouvelles questions, nouveaux métiers* (pp. 153-180.). ESF.

Références bibliographiques

- Coquidé, M., & Flatter, E. (2015). D'une auto-prescription à une mise en oeuvre d'investigation. Étude de cas en SVT au collège. *Recherches en Éducation*(21), pp. 33-49.
- Coulange, L., & Robert, A. (2015). Les mathématiques dans les activités du professeur – Conséquences pour la formation. Dans L. Theis (Éd.), *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage* (pp. 81-94). Alger: Actes du colloque EMF – GT1. repéré à <http://emf.unige.ch/files/9814/6416/3706/ACTESEMF2015COMPLET.compressed.pdf>.
- Crawford, B. (2000). Embracing the essence of inquiry : New roles for sciences teachers. *Journal of Research in Science Teaching* , 37(9), pp. 916-937.
- Cross, D. (2010). Action conjointe et connaissances professionnelles de l'enseignant. *Éducation et didactique*, 4(3), pp. 39-60.
- Cross, D., & Grangeat, M. (2014). Démarches d'investigation : analyse des relations entre contrat et milieu didactiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*(10), pp. 155-182.
- Crossley, M., & Vulliamy, G. (1984). Case-study research methods and comparative education. *Comparative Education*(20), pp. 193-207.
- Darley, B. (1996). Exemple d'une transposition didactique de la démarche scientifique dans un TP de biologie en DEUG 2eme année. *Didaskalia*(9), pp. 31-56.
- Desmeules, M. S. (2017). *Une finalité commune au travail du corps : l'étude des expériences de formation de l'acteur au regard de la théorie de l'activité selon des professeurs de voix, d'interprétation et de mouvement*. Thèse de doctorat, Ottawa : Université d'Ottawa, Faculté d'éducation. Repéré à https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/35821/5/Skelling_Desmeules_Marie-Eve_2017_these.pdf.
- Dewey, J. (1993). *Logique. La théorie de l'enquête*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms : A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*(5), pp. 61-84.
- Dumet, T. (2010). Analyser les situations d'enseignement et d'apprentissage: l'exemple d'une formation dite « de base ». *Savoirs*(24), pp. 59-77.

Références bibliographiques

- Durand, M. (2008). Un programme de recherche technologique en formation des adultes. *Éducation et didactique*, 2(3), pp. 97-121.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki : Orienta-Konsultit. Récupéré sur <http://lchc.ucsd.edu/mca/Paper/Engestrom/Learning-by-Expanding.pdf>
- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work : Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), pp. 133-156.
- Ernst, S. (1997). *Les 10 principes de la main à la pâte*. Fondation la main à la pâte. Consulté le Janvier 5, 2019, sur <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/15318/description-des-10-principes>.
- Farrelly, R. E. (2012). *Emerging from the Echo Chamber : An Activity Theory Perspective on L2 Teachers of Adult Emergent Readers* . Thèse de doctorat, Utah : University of Utah.
- Gandit, M., Triquet, E., & Guillaud, J.-C. (2010). *Démarches scientifiques, démarches d'investigation en sciences et en mathématiques : représentations d'enseignants stagiaires de l'IUFM*. Actes du congrès international de l'actualité de la recherche en éducation et en formation, Genève, Université de Genève. Repéré à <https://plone.unige.ch/aref2010/symposiums-longs/coordonateurs-en-c/les-demarches-d2019investigation-dans-les-disciplines-scientifiques-et-technologiques/Demarches%20scientifiques.pdf>.
- Giordan, A. (1996). Les conceptions de l'apprenant : Un tremplin pour l'apprentissage. *Sciences humaines Hors série*(12), pp. 48-50.
- Goigoux, R. (2007). Un modèle d'analyse de l'activité des Enseignants. *Éducation et didactique*, 1(3), pp. 47-70.
- Gordon, N. A., & Brayshaw, M. (2008). Inquiry based Learning in Computer Science teaching in Higher Education. *Innovation in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences*, 7(1), pp. 22-33.
- Grangeat, M. (2013). *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation*. Grenoble: Presse universitaire de Grenoble.
- Guibert, P., & Lazuech, G. (2010). Parcours professionnels et professionnalisation des enseignants du secondaire : des régularités du social aux trajectoires singulières. *Recherche en éducation*(8), pp. 50-62.

Références bibliographiques

- Guillon, A. (1995). Démarches scientifiques en travaux pratiques de physique de DEUG à l'université de Cergy-Pontoise. *Didaskalia*(7), pp. 113-127.
- Guillon, A. (1996). *Étude épistémologique et didactique de l'activité expérimentale en vue de l'enseignement et de l'apprentissage des démarches du physicien, dans le cadre des travaux pratiques de première et deuxième années d'université*. Thèse de doctorat, Paris : Université Paris XI.
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.-O., & Holmgren, S.-O. (2010). Teachers' language on scientific inquiry : methods of teaching or methods of inquiry ? *International Journal of Science Education*, 39(9), pp. 1151-1172.
- Helmo-Silver, C., Duncan, G., & Chinn, C. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning : A Response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), pp. 99-107.
- Jameau, A. (2012). *Les connaissances mobilisées par les enseignants dans l'enseignement des sciences. Analyse de l'organisation de l'activité et de ses évolutions*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale.
- Jameau, A. (2015). Les connaissances professionnelles des enseignants et leur évolution à travers une analyse de l'activité. Une étude de cas en physique au collège. *Education et Didactique*, 9(1), pp. 9-31.
- Jameau, A. (2016). Des processus d'acquisition de connaissances professionnelles chez deux professeurs des écoles lors d'un enseignement de sciences. *Review of science, Mathematics and ICT Éducation*, 10(2), pp. 29-53.
- Jameau, A., & Boilevin, J.-M. (2015). Les déterminants de la construction et de la mise en oeuvre de démarches d'investigation chez deux enseignants de physique-chimie au collège. *Recherche en éducation*(21), pp. 109-122.
- Karasavvidis, I. (2009). Activity Theory as a conceptual framework for understanding teacher approaches to Information and Communication Technologies. *Computers & Education*(53), pp. 436-444.
- Kermen, I. (2017). Caractériser l'activité d'une enseignante de physique-chimie. Une double approche didactique et ergonomique. Dans M. Bächtold, J.-M. Boilevin, & B. Calmettes, *La pratique de l'enseignant en sciences. Comment l'analyser et la modéliser* (pp. 25-43). Louvain: Presses universitaires de Louvain.

Références bibliographiques

- Kermen, I., & Barroso, M. T. (2013). Activité ordinaire d'une enseignante de chimie en classe de terminal. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*(8), pp. 91-114.
- Kermen, I., & Colin, P. (2017). Trois mises en oeuvre d'une transformation chimique pour introduire le thème des piles : des choix didactiques très contrastés. *Education et didactique*, 11(2), pp. 187-212.
- Kim, E.-J. (2008). *In the midst of ELT curricular reform : An activity theory analysis of teachers' and students' experiences in South Korea*. Pennsylvania State: University Pennsylvania.
- Kirk, J., & Miller, M. (1986). *Reliability and validity in qualitative research*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Kouchou, I., Kaddari, F., Bennis, N., Hour, R.-H., & Bouayad, A. (2017). *Aperçu sur la place de la démarche d'investigation en sciences expérimentales dans l'enseignement du secondaire qualifiant : cas de l'académie de la ville de Fes*. *European scientific*. Récupéré sur <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/8968/8533>
- Laborde, C., Coquidé, M., & Tiberghien, A. (2002). Les situations de formation en vue de l'apprentissage du savoir scientifique et mathématique. Dans A. Tiberghien, *Des connaissances naïves au savoir scientifique*. Programme « École et sciences cognitives » (pp. 81-108).
- Lafontaine, D., Crépin, F., & Quittre, V. (2017). *Les compétences des jeunes de 15 ans en sciences, en mathématiques et en lecture. Résultats de l'enquête PISA 2015 en Fédération Wallonie-Bruxelles. Les cahiers des sciences de l'éducation*, 37. Récupéré sur http://www.aspe.ulg.ac.be/Files/cahier_pisa2015__37_.pdf
- Lapostolle, G. (2013). *Formation initiale des enseignants et professionnalisation : un itinéraire de recherche*. Rapport d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation. Bourgogne : Université de Bourgogne. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00870793/document>.
- Le plat, J. (2004). L'analyse psychologique du travail. *Revue européenne de psychologie appliquée*(54), pp. 101-108.
- Le plat, J., & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahier de psychologie cognitive*, 3(1), pp. 49-63.

Références bibliographiques

- Leblanc, s. (2007). Concepts et méthodes pour valoriser l'activité professionnelle au sein de la formation initiale et continue des enseignants. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*(6), pp. 11-33.
- Lenoir, Y., & Vanhulle, S. (2006). Étudier la pratique enseignante dans sa complexité : une exigence pour la recherche. Dans A. Hasni, Y. Lenoir, & J. Lebeaume (Éds.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies dans le contexte des réformes par compétences* (pp. 193-245). Québec: Presses de l'université du Québec. Consulté en ligne le 3. 10. 2018 sur https://www.usherbrooke.ca/crcie/fileadmin/sites/crcie/fichiers/SRC/Lenoir_Texte-14.pdf.
- Leontiev, A.-N. (1978). *Activity, consciousness and personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Lhoste, Y., & Le Marquis, H. D. (2012). Analyser l'activité langagière d'élèves de CP-CE1 pour comprendre les fonctions de différents moments de la démarche d'investigation sur les apprentissages des élèves. *Actes du 7 e rencontre scientifique de l'ARDiST* (pp. 251-260). Bordeaux: Université de Bordeaux : IUFM d'Aquitaine.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Magee, P.-A., & Flessner, R. (2012). Collaborating to improve inquiry-based teaching in elementary science and mathematics methods courses. *Science Education Internationala*, 23(4), pp. 353-365.
- Magnoler, P. (2010). Une formation on line pour former l'enseignant réflexif. *Recherche en éducation*,(8), pp. 85-96.
- Malafosse, D., Lerouge, A., & Dusseau, J.-M. (2000). Étude, en inter-didactique des mathématiques et de la physique, de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : espace de réalité. *Didaskalia*(16), pp. 81-106.
- Malonga, F., & Beaufils, D. (2010). Modélisation et registres sémiotiques : exemple d'étude de manuels de physique de terminale. *Recherche en didactique des sciences et de technologies*(1), pp. 293-316.
- Marlot, C. &. (2016). *L'investigation scientifique et technologique : comprendre les difficultés de mise en oeuvre pour mieux les réduire*. (C. Marlot, & L. Morge, Éd.) Rennes: Presses Universitaire de Rennes.

Références bibliographiques

- Maroy, C. (2006). *Les évolutions du travail enseignant en France et en Europe : facteurs de changement, incidences et résistances dans l'enseignement secondaire*, 42. Consulté le Mai 2, 2018, sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00603481/document>
- Masselot, P., & Robert, A. (2007). Le rôle des organisateurs dans nos analyses didactiques de pratiques de professeurs enseignant les mathématiques. *Recherche et formation*(56), pp. 15-32.
- Mathé, S. (2010). *La démarche d'investigation dans les collèges français : élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants*. Thèse de doctorat, Université Paris 7, Paris. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00516314/document>.
- Mathé, S., Méheut, M., & De Hosson, C. (2008). Démarches d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*(32), pp. 41-76.
- Millar, R. (1996). Investigations des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*(9), pp. 9-30.
- Minner, D., Levy, A. -J., & Century, J. (2009). Inquiry based science instruction. What is it and does it matter ? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), pp. 474-496.
- Molvinger, k. (2017). La mise en oeuvre d'une démarche d'investigation à l'école élémentaire. *Spiral-E - Revue de Recherches en Éducation*(59), pp. 49-78.
- Molvinger, K., & Munier, V. (2014). Étude des pratiques d'une enseignante sur les notions de contenance et de volume en CM2 en éducation prioritaire. *Educational journal of the university of patras UNESCO Chair*, 1(2), pp. 34-53.
- Monod-Ansaldi, R., Vince, J., Prieur, M., & Fontanieu, V. (2011). Représentations des enseignants de mathématiques et de sciences expérimentales concernant des termes (ou concepts) relatifs aux démarches d'investigation : expliciter pour mieux interagir. *Journées mathématiques EducTice*. Lyon. Récupéré sur <http://ife.ens-lyon.fr/editions/editions-electroniques/actes-des-journees-mathematiques-de-life>
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand: SCEREN – CRDP d'Auvergne.
- Moscovici, S. (2004). *La psychanalyse, son image et son public*. Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France. doi:10.3917/puf.mosco.2004.01.

Références bibliographiques

- Munier, V., & Passelaigue, D. (2012). Réflexions sur l'articulation entre didactique et épistémologie dans le domaine des grandeurs et mesures dans l'enseignement primaire et secondaire. *Tréma*(38), pp. 107-147.
- Oh, P.-S. (2005). Discursive roles of the teacher during class sessions for students presenting their science investigations. *International Journal of Science Education*, 27(15), pp. 1825–1851.
- Ostermeier, C., Prenzel, M., & Duit, R. (2009). Improving Science and Mathematics Instruction : The SINUS Project as an example for reform as teacher professional development. *International Journal of Science Education*, 32(3), pp. 303-327.
- Paillé, P. (2007). La méthodologie de recherche dans un contexte de recherche professionnalisante : douze devis méthodologiques exemplaires. *Recherches qualitatives*, 27(2), pp. 133-151.
- Paillé, P., & Mucchielli, A. (2012). Chapitre 1 - Choisir une approche d'analyse qualitative. Dans P. Paillé, & A. Mucchielli, *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (pp. 13-32). Paris: Armand Colin.
- Pariès, M., Robert, A., & Rogalski, J. (2009). Comment l'enseignant de mathématiques, en classe, met ses élèves sur le chemin des connaissances : un point de vue méthodologique en didactique des mathématiques. *Travail et Apprentissages*(3), pp. 95-123.
- Park Rogers, M.-A., & Abell, S.-K. (2008). The design, enactment, and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: a case study. *Science Education*, 92(4), pp. 591-607.
- Perez-Roux, T. (2015). Formation des enseignants et enjeux identitaires : entre dispositifs à visée réflexive, acteurs et contextes d'insertion. *Education et Formation-e-303*, pp. 11-24. Consulté en ligne le 03. 8. 2017 sur <http://revueeducationformation.be/index.php?revue=21&page=3>.
- Perez-Roux, T. (2016). La professionnalisation des enseignants : entre contextes d'insertion professionnelle, mobilisation de ressources pour l'action et dynamiques d'acteurs. Dans B. Marin, & D. B. (dir), *Recherches en éducation, recherches sur la professionnalisation : consensus et dissensus. Le Printemps de la recherche en ESPE 2015* (pp. 59-71). Paris: Réseau national des ESPE. 7. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01722349/document>.

Références bibliographiques

- Perrenoud, P. (1994a). *La formation des enseignants entre théorie et pratique*. Paris: éditions L'Harmattan.
- Perrenoud, P. (1994b). *La formation continue comme vecteur de professionnalisation du métier d'enseignant*. (Goutelas-Marcoux., Université d'été) Consulté le Mai 3, 2018, sur https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1994/1994_10.html
- PISA. (2015). *Résultats à la loupe, OCDE, 2016*. Consulté le Avril 22, 2017, sur <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-FR.pdf>
- Pope, C., & Mays, N. (2006). Qualitative methods in health research. Dans C. Pope, & N. Mays (Éds.), *Qualitative research in health care* (pp. 1-11). Malden: Blackwell Publishing.
- Poper, K. (1985). *Conjecture et réfutation* (éd. 1ère édition). Paris: Payot.
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013). Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*(7), pp. 53-76.
- Raymond, B. (2000). Professionnalisation, formes et dispositifs. *Recherche et Formation*(35), pp. 117-132.
- Reid, N., & Yang, M.-J. (2002). Open-ended problem solving in school chemistry: a preliminary investigation. *International Journal of Science Education*, 24(2), pp. 1313–1332.
- Robardet, G., & Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Robert, A. (1998). Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en didactique des mathématiques*, 18(2), pp. 139-190.
- Robert, A. (2004). Une analyse de séance de mathématique au collège, à partir d'une vidéo filmée en classe. La question des alternatives dans les pratiques d'enseignants. Perspectives en formation d'enseignants. *Petit x*(65), pp. 52-79.
- Robert, A. (2005a). Deux exemples d'activités en formation des enseignants de mathématiques du second degré. *Petit x*(67), pp. 63-76.
- Robert, A. (2005b). Recherche en didactique des mathématiques et formations professionnelles des enseignants du second degré en mathématiques – l'exemple d'une formation de formateurs. *Actes du séminaire national de didactique des*

Références bibliographiques

- mathématiques*, C. Castela & C. Houdement (dir) (pp. 137-176). ARDM et IREM de Paris 7.
- Robert, A. (2007). Stabilité des pratiques des enseignants de mathématiques (second degré): une hypothèse, des inférences en formation. *Recherches en didactique des mathématiques*, , 27(3), pp. 271-311.
- Robert, A. (2008). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques. Dans F. Vandebrouck, *La classe de mathématiques : Activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse: Éd. Octarès.
- Robert, A. (2017). Une méthodologie pour décrire des déroulements de séances de classe à partir de vidéo dans des recherches sur les pratiques d'enseignants de mathématiques au collège et au lycée. Dans P.-G. Marie-Jeanne, & R. Yves (Éds.), *Les méthodes de recherche en didactiques* (pp. 191-202). Villeneuve d'ascq: Presses Universitaires du Septentrion.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), pp. 505-528.
- Robert, A., & Vandebrouck, F. (2014). Proximités-en-acte mises en jeu en classe par les enseignants du secondaire et ZPD des élèves : analyses de séances sur des tâches complexes. *Recherches en didactique des mathématiques*, 24(2/3), pp. 239-285.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. L. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Commission Européenne, Direction de la Recherche. consulté le 09 Janvier 2018 sur https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf.
- Roditi, E. (2003). Régularité et variabilité des pratiques ordinaires d'enseignement. : Le cas de la multiplication des nombres décimaux en sixième. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 23(2), pp. 183-216.
- Roditi, E. (2014). Les actes de parole de l'enseignant : déterminants et révélateurs de sa pratique. *Spirale-Revue de recherche en éducation*(54), pp. 85-101.
- Roditi, E. (2015). Diversité, variabilité et convergence des pratiques enseignantes. *Proceedings of the 2015 annual meeting of the Canadian mathematics education study group / actes. 39 th Annual Meeting Université de Moncton*, , (pp. 3-15.).

Références bibliographiques

- Roehrig, G.-H., & Luft, J.-L. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), pp. 3–24.
- Rogalski, J. (2007). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant dans la professionnalisation des enseignants de l'éducation de base. *les recrutements sans formation initiale*. Séminaire international. Sèvres : CIEP.
- Roquet, P. (2009). L'émergence de l'accompagnement, une nouvelle dimension de la formation. *Revue recherche et formation*(62), pp. 13-24.
- Roux, S. (2007). *La fonction des expériences. Cours d'épistémologie des sciences physiques*,. Consulté le Mars 2, 2018, sur http://disoaua.free.fr/L1_05_ep_4_pdf.
- Rudolph, J. (2005). Inquiry, instrumentalism, and the public understanding of science. *Science Education*, 89(5), 89(5), pp. 803-821.
- Saddouki, S. (2019). Enjeux dans l'appropriation de la démarche d'investigation par des enseignants. Cas de l'enseignement de la résonance électrique en terminale scientifique. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Université virtuelle de Tunis.
- Samurçay, R., & Vergnaud, G. (2000). Que peut apporter l'analyse de l'activité à la formation des enseignants et des formateurs ? . *Carrefours de l'éducation*(10), pp. 48-63.
- Schneuwly, B., Dolz, J., & Roveaux, C. (2006). Le synopsis : un outil pour analyser les objets enseignés. Dans M.-J. & Perrin-Glorian (Éd.), *Les méthodes de recherche en didactiques* (pp. 175-189). Villeneuve d'Ascq: Septentrion.
- Sensevy, G. (2006). L'action didactique. Eléments de théorisation. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 28(2), pp. 205-225.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. Dans G. Sensevy, & A. Mercier, *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves dans la classe* (pp. 13-49). Rennes: Presses Universitaires de Rennes.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Eléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble : L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses universitaires de Rennes.
- Tatchou, G. (2004). *Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques : cas de quelques expériences de cours en Electrocinétique*.

Références bibliographiques

- Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop Dakar (ENS). Repéré à <http://www.fastef-portedu.ucad.sn/cesea/cuse/tatchou.pdf>, Dakar.
- Theureau, J. (2010). L'entretien de remise en situation par les traces matérielles, leur introduction et leurs sources d'inspiration. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2(2), pp. 287- 322.
- Uwamariya, A., & Mukamurera, J. (2005). Le concept de « développement professionnel » en enseignement : approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), pp. 133-155.
- Vandebrouck, F. (2008). *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse: Octarès.
- Venturini, P. (2004). Attitude des élèves envers les sciences : le point des recherches. *Revue française de pédagogie* (149), pp. 97-121.
- Venturini, P. (2012). Action, activité, « agir » conjoints en didactique : discussion théorique. *Éducation et didactique*, 1(6), pp. 127-136.
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). Mise en oeuvre de la démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue Française de Pédagogie*(180), pp. 95-120.
- Veyrac, H. (1998). *Approche ergonomique des représentations de la tâche pour l'analyse d'utilisations de consignes dans des situations à risques*. Toulouse: Université Toulouse Le Mirail. Repéré à <https://core.ac.uk/download/pdf/47898269.pdf>.
- Violet, D. (2005). Mythes d'accompagnement et représentation des pratiques dans la formation des maîtres. *Revue recherche et formation*(50), pp. 117-131.
- Visser, W., & Falzon, P. (1992). Catégorisation et types d'expertise. Une étude empirique dans le domaine de la conception industrielle. *Intellectica*, 15(3), pp. 27-53.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education : What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice ? *Science Education*, 87(1), pp. 112-143.
- Wittorski, R. (2008). Professionnaliser la formation : enjeux, modalités, difficultés. *Formation emploi*(101), pp. 105-117.

Rapports et textes officiels

- American association for the advancement of science, (. (1989). *science for all Americans*. New York, Oxford: University Press.

Références bibliographiques

- Direction générale des études de la planification et des systèmes d'information ministère de l'éducation Tunisienne. (2012). *statistiques scolaires*.
- High level group. (2004). Increasing human resources for science and technology in Europe. *EC conference Europe needs more scientists*. Consulté le 8. 7. 2018 sur <http://www.eirma.org/sites/www.eirma.org/files/doc/documents/EU/HLG-2004-gago-HumanResource.pdf>.
- Loi d'orientation n° 2002-80 du 23 juillet 2002 relative à l'éducation et à l'enseignement scolaire. (2002). *Journal officiel de la république tunisienne*(62), pp. 1735-1740.
- Loi d'orientation n°2008-9 du 11 février 2008 modifiant et complétant la loi d'orientation n° 2002-80 du 23 juillet 2002 relative à l'éducation et à l'enseignement scolaire. (2008). *Journal officiel de la république tunisienne*(4), pp. 681-682.
- Manuel scolaire 2ème SC. (2014). PHYSIQUE 2ème année de l'enseignement secondaire SCIENCES. *Centre national pédagogique*.
- Ministère de l'éducation. (2009). programmes de sciences physiques 3ème année & 4ème année de l'enseignement secondaire. *Centre national pédagogique*, pp. 1-155.
- Ministère de l'Éducation. (2010). Programmes de sciences physiques 1ère année & 2ème année de l'enseignement secondaire. *Centre National Pédagogique*, pp. 1-80.
- Ministère de l'éducation. (2014). *Indicateurs de performance du système éducatif, 1-109*. Consulté le Août 28, 2019, sur http://www.education.gov.tn/article_education/planification/indic_performance_sys_educatif.pdf
- Ministère de l'éducation. (2017). Référentiel national des compétences des enseignants. pp. 1-35.
- Ministère de l'Éducation nationale. (2000). Bulletin Officiel de L'Éducation Nationale. 23, 15 juin 2000.
- Ministère de l'Éducation nationale. (2007). Bulletin Officiel de L'Éducation Nationale, 23, 14 juin 2007.
- Ministère de l'Éducation nationale. (2007). Bulletin Officiel de L'Éducation Nationale, HS. 6, 19 avril 2007.
- National research council (NRC). (1996). National Sciences Education Standards, washington, DC, the National Academies Press.
- National Research Council. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards : A Guide for Teaching and Learning, Washington, National Academy Press.

Références bibliographiques

- Organisation International du travail. (2013). *Analyse du système éducatif Tunisien*. Consulté le Décembre 8, 2017, sur http://adapt.it/adapt-indice-a-z/wp-content/uploads/2014/09/oit_analyse_syst%C3%A9me_%C3%A9ducatif_tunisien_2013.pdf
- Organisation International du travail. (2014). *Le système éducatif et de formation Tunisien*. Consulté le Décembre 10, 2017, sur https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_policy/documents/publication/wcms_342152.pdf
- PISA. (2015). *Résultats à la loupe, OCDE, 2016*. Consulté le Avril 22, 2017, sur <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-FR.pdf>

Table des illustrations

Liste des figures :

Figure 1: Structure du Système Educatif Tunisien..... 21

Figure 2 : Description synthétique des niveaux de culture scientifique..... 24

Figure 3 : Extrait du programme tunisien des sciences physiques (1^{ère} année secondaire) 27

Figure 4 : Extrait du programme tunisien des sciences physiques (2^{ème} année secondaire) 28

Figure 5 : Extrait du référentiel de compétences, 2017, p.9..... 31

Figure 6 : Extrait du référentiel de compétences, 2017, p. 10..... 32

Figure 7 : Groupe d’enseignants participants à une formation en « démarche d’investigation »
..... 33

Figure 8 : Représentation schématique des éléments de la démarche inductive 40

Figure 9 : Représentation schématique des éléments de la démarche déductive 40

Figure 10 : Complémentarité entre démarche inductive et démarche déductive 41

Figure 11 : Modèle de Robardet et..... 42

Figure 12 : principaux types de démarches pour le physicien (Guillon, 1995, p. 116) 44

Figure 13 : principes d’unité et de diversité de la démarche d’investigation..... 54

Figure 14 : boucles possibles pour la démarche d’investigation en classe 54

Figure 15 : L’Investigation, un processus itératif, La démarche pas à pas 55

Figure 16 : Modélisation des actions réalisées au cours d’une séquence d’investigation..... 60

Figure 17 : Caractéristique d’une conception..... 68

Figure 18 : The structure of human activity 89

Figure 19 : Schéma descriptif du cadre théorique de la double approche avec les deux visions
(didactique et ergonomique) et les dimensions d’analyse..... 102

Figure 20 : répartition chronologique des observations de classes et de la formation..... 123

Figure 21 : Extrait d’un synopsis 131

Figure 22 : extrait d’une répartition des phases en épisodes..... 132

Figure 23 : extrait de la fiche de TP de P1 (phase expérimentale)..... 137

Figure 24 : extrait de la fiche TP de P1 (phase de mobilisation) 138

Figure 25 : Situations de déclenchement..... 140

Figure 26 : Etude expérimentale 141

Figure 27 : Phase de mobilisation 141

Figure 28 : extrait de la fiche TP de P₁ (troisième séance) 145

Tables des illustrations

Figure 29 : tâches expérimentales	146
Figure 30 : situations d'applications	146
Figure 31 : extrait de la fiche TP de P ₂ (phase expérimentale)	151
Figure 32 : extrait de la fiche TP de P ₂ (phase d'institutionnalisation du savoir)	151
Figure 33 : situations de déclenchement	154
Figure 34 : étude expérimentale	154
Figure 35 : institutionnalisation du savoir	155
Figure 36: Application des deux lois de Descartes	155
Figure 37 : situations de déclenchement	159
Figure 38 : étude expérimentale	160
Figure 39 : institutionnalisation du savoir	160
Figure 40 : Répartition des interventions (en %)	170
Figure 41 : Durée du type d'organisation de classe (en minute).....	170
Figure 42 : Répartition des interventions (en %)	182
Figure 43 : Durée du type d'organisation de classe (en minute).....	182
Figure 44 : Répartition des interventions (en %)	195
Figure 45 : Durée du type d'organisation de classe (en minute).....	195
Figure 46 : Répartition des interventions (en %)	201
Figure 47 : Répartition des interventions (en %)	211
Figure 48 : Durée du type d'organisation de classe (en minute).....	211
Figure 49 : Répartition des interventions (en %)	225
Figure 50 : Durée du type d'organisation de classe (en minute).....	225
Figure 51 : synthèse du déroulement de la séance 2	242
Figure 52 : synthèse du déroulement de la séance 3	246
Figure 53 : conception de l'étude expérimentale entre le manuel scolaire et la vision de P ₂	253
Figure 54 : synthèse du déroulement de la séance 2	255
Figure 55 : synthèse du déroulement de la séance 3	259
Figure 56 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire.....	308
Figure 57 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire.....	312
Figure 58 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire.....	316

Figure 59 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire.....	320
Figure 60 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire.....	323
Figure 61 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire.....	327

Liste des tableaux :

Tableau 1: Evolution des taux d'orientation à la fin de la première année secondaire.....	21
Tableau 2 : Évolution des taux d'orientation à la fin de la deuxième année secondaire	22
Tableau 3 : score et classement de la Tunisie dans le programme de l'évaluation PISA	23
Tableau 4 : Résultats des élèves tunisiens selon les évaluations TIMSS.....	25
Tableau 5 : Tâches élèves privilégiant un esprit logique ou un esprit de contrôle,.....	50
Tableau 6 : catégories de la démarche d'investigation (Cariou, 2015, p. 24).....	51
Tableau 7 : Caractéristiques des DI dans les textes officiels américains et français.....	56
Tableau 8 : recherches pluridisciplinaires en démarche d'investigation.....	58
Tableau 9 : Mise en relation de quelques concepts de tâche (Veyrac, 1998, p. 45).....	96
Tableau 10 : les séances observées.....	125
Tableau 11 : (tâches prescrites et activités attendues : phase de l'étude expérimentale).....	128
Tableau 12 : comparaison entre la démarche proposée par P1 dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation, inspirée de	144
Tableau 13 : comparaison entre la démarche proposée par P ₁ dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation.....	149
Tableau 14 : comparaison entre la démarche proposée par P ₂ dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation.....	158
Tableau 15 : comparaison entre la démarche proposée par P ₂ dans le scénario avec les étapes de la démarche d'investigation.....	163
Tableau 16 : phases et épisodes (déroulement de P ₁ : séance 1).....	165
Tableau 17 : phases et épisodes (déroulement de P ₁ : séance 2).....	172
Tableau 18 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI.....	182
Tableau 19 : déroulement séance 3 (Professeur P ₁)	184
Tableau 20 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI.....	194
Tableau 21 : déroulement séance 1 (Professeur P ₂)	197

Tables des illustrations

Tableau 22 : déroulement séance 2 (Professeur P ₂)	202
Tableau 23 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI.....	210
Tableau 24 : déroulement séance 3 (Professeur P ₂)	213
Tableau 25 : lien des différentes phases de la séance avec les étapes de la DI.....	224
Tableau 26 : Etude comparative des séances observées en référence aux étapes de la démarche d'investigation	228
Tableau 27 : régularités et variabilités dans les pratiques de P ₁	247
Tableau 28 : régularités et variabilités dans les pratiques de P ₂	260
Tableau 29 : synthèse des évolutions au niveau des logiques d'action de P ₁ et des différents déterminants des pratiques	262
Tableau 30 : synthèse des évolutions au niveau des logiques d'action de P ₂ et des différents déterminants des pratiques	264
Tableau 31 : Répartition de la fiche de TP de P ₁ en tâches et activités attendues de l'élève. (Première séance)	306
Tableau 32 : Répartition de la fiche de TP de P ₁ en tâches et activités attendues de l'élève. (Deuxième séance)	310
Tableau 33 : Répartition de la fiche de TP de P ₁ en tâches et activités attendues de l'élève. (Troisième séance)	314
Tableau 34 : Répartition de la fiche de TP de P ₂ en tâches et activités attendues de l'élève. (Première séance)	318
Tableau 35 : Répartition de la fiche de TP de P ₂ en tâches et activités attendues de l'élève. (Deuxième séance)	322
Tableau 36 : Répartition de la fiche de TP de P ₂ en tâches et activités attendues de l'élève. (Troisième séance)	325
Tableau 37 : Synopsis séance (P ₁) (Première séance).....	329
Tableau 38 : Synopsis séance (P ₁) (deuxième séance).....	332
Tableau 39 : Synopsis séance (P ₁) (Troisième séance).....	336
Tableau 40 : Synopsis séance (P ₂) (Première séance).....	340
Tableau 41 : Synopsis séance (P ₂) (Deuxième séance).....	344
Tableau 42 : Synopsis séance (P ₂) (Troisième séance).....	347

Annexes

Tableau 31 : Répartition de la fiche de TP de P₁ en tâches et activités attendues de l'élève
(Première séance)

Tâches	Activité attendue de l'élève
T _{I1} : réalisation du circuit schématisé par la figure 1.	branchement d'éléments électriques dans un circuit en série ; branchement d'un ampèremètre dans un circuit en respectant l'ordre de branchement des pôles de ce dernier ; branchement convenable d'un voltmètre aux bornes d'un dipôle ;
T _{I2} : mesure des tensions.	choix adéquat du calibre du voltmètre ; lecture correcte de la déviation de l'aiguille du voltmètre à la fermeture du circuit ; application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de chacune des tensions mesurées.
T _{I3} : réalisation du circuit schématisé par la figure 2.	branchement d'éléments électriques dans un circuit en dérivation ; branchement d'un ampèremètre dans un circuit en respectant l'ordre de branchement des pôles de ce dernier ; branchement convenable d'un voltmètre aux bornes d'un dipôle ;
T _{I4} : mesure des tensions.	choix adéquat du calibre du voltmètre ; lecture correcte de la déviation de l'aiguille du voltmètre à la fermeture du circuit ; application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de chacune des tensions mesurées.
T _{I5} : déduction de la loi des mailles.	recherche d'une relation mathématique entre les différentes tensions mesurées ;

Annexes

	énoncé de la loi des mailles dans le cas d'un circuit série et celui d'un circuit en dérivation ;
T ₁₆ : représentation des tensions dans le cas d'une situation d'application.	représentation des tensions électriques avec des flèches.
T ₁₇ : détermination du nombre de voltmètres nécessaire pour la mesure des tensions dans un circuit.	identification des éléments électriques constituant le circuit.
T ₁₈ : reconnaissance d'erreur et recherche de preuve.	Application de la loi des mailles, dans les différentes mailles du circuit, pour vérifier l'exactitude des valeurs mesurées.

**Document 1 : Analyse globale du scénario de P₁
(Première séance)**

➤ **Organisation globale du scénario (type de scénario, place dans la progression du programme, lien entre les phases du scénario, savoir visé)**

- étude expérimentale de la loi des mailles ;
- la notion est traitée à la suite de l'étude des grandeurs électriques (tension et intensité du courant électrique) ;

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relier l'intensité du courant à la quantité d'électricité ($Q = I.t$). ■ Mesurer l'intensité d'un courant électrique avec un ampèremètre. ■ Vérifier expérimentalement et appliquer la loi des nœuds. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qu'est-ce qu'un court circuit ? ▶ Pourquoi des fusibles sautent-ils ? 	<p>II-4. Intensité du courant : Mesure ; loi des nœuds</p>	2 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualiser une tension électrique sur un oscilloscope et la mesurer. ■ Mesurer la tension électrique avec un voltmètre. ■ Vérifier expérimentalement et appliquer la loi des mailles. ■ Utiliser le rhéostat dans un circuit pour faire varier l'intensité du courant ou la tension. ■ Utiliser les appareils électriques en respectant les règles de sécurité. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Que signifient les indications 1,5V sur une pile ronde, 4,5 V sur une pile plate, 220 V du courant du secteur ?... ▶ A partir de quel ordre de grandeur, la tension électrique devient-elle dangereuse pour l'homme ? 	<p>II-5. Tension électrique : Mesure ; loi des mailles</p>	2 h

Figure 56 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 13

- le scénario débute par une étude expérimentale qui consiste à la mesures des tensions électriques (dans les cas d'un circuit série et d'un circuit parallèle) qui seront exploitées par la suite dans la recherche d'une relation entre les différentes tensions électriques dans une maille. Le savoir institutionnalisé est exploité dans la dernière partie du scénario pour résoudre une nouvelle situation en relation avec la loi des mailles ;
 - le savoir visé dans ce scénario est la loi de distribution des tensions dans un circuit fermé.
- **connaissances mobilisées : nouvelles et antérieures**
- Connaissances nouvelles : loi de distribution des tensions dans un circuit fermé.
 - Connaissances antérieures :
- déclaratives : tension électrique, convention générateur, convention récepteur ;
 - procédurales : branchement d'un circuit électrique, branchement d'un voltmètre, utilisation d'un voltmètre, mesure d'une tension électrique.
- **répartitions des différentes tâches repérées dans le scénario**
- Le scénario comporte huit tâches :
- quatre tâches d'ordre expérimental (50 %) ;
 - une tâche de recherche de relation entre les grandeurs mesurées (12,5 %) ;
 - une tâche de représentation (12,5 %) ;
 - une tâche de preuve (12,5 %) ;
 - une tâche de reconnaissance d'erreur (12,5 %) ;
- **adaptations**

Annexes

- les tâches simples et isolées sont ceux qui figurent dans l'application proposée dans le scénario ;
- Toutes les tâches d'ordres expérimentales, nécessitent des adaptations de type A_1 et de type A_2 ;
- La tâche de recherche de relation, nécessite des adaptations de types A_1 et A_3 .

Tableau 32 : Répartition de la fiche de TP de P₁ en tâches et activités attendues de l'élève
(Deuxième séance)

Tâches	Activité attendue de l'élève
T _{II1} : Expliquer la stabilité d'un corps dans la situation 1.	identifier des différentes forces qui s'exercent sur le corps ; détermination des caractéristiques des forces reconnues ; comparaison des caractéristiques des forces.
T _{II2} : Préciser les forces qui s'exercent sur un plongeur dans la situation 2.	identifier des différentes forces qui s'exercent sur le plongeur.
T _{II3} : représenter les forces qui s'exercent sur le plongeur.	détermination des caractéristiques (point d'application, direction, sens et valeur) des forces identifiées représentation des vecteurs forces identifiées.
T _{II4} : comparer les forces qui s'exercent sur le plongeur.	comparaison des caractéristiques (deux à deux) des forces identifiées ;
T _{II5} : choisir le matériel nécessaire pour vérifier la condition de stabilité des corps étudiés et schématiser ce dispositif.	choix d'un corps immobile sous l'effet de deux forces ; reconnaissance de l'élément du dispositif permettant la mesure de la valeur d'une force ; Proposition d'un schéma pour le dispositif choisi.
T _{II6} : réaliser l'expérience et représenter les forces qui s'exercent sur le corps dans le dispositif choisi.	réalisation d'une activité expérimentale ; représentation des forces à partir de leurs caractéristiques.
T _{II7} : dégager la condition d'équilibre du solide étudié	comparaison des caractéristiques des forces à partir des résultats de l'activité expérimentale ; généralisation de la condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.
T _{II8} : faire l'inventaire des forces exercées sur un corps dans une situation d'application.	identification de l'action exercée par la terre sur le solide en équilibre sur un plan

Annexes

	horizontal ; identification de la force exercée par le plan horizontal sur le solide en équilibre.
T _{II9} : préciser les caractéristiques de la force qui s'exerce par le plan horizontal sur le solide.	recherche du point d'application, de la direction et du sens du poids du corps en équilibre ; recherche de la valeur du poids exercé sur le solide ; application de la condition d'équilibre sur le solide en équilibre sous l'effet de son poids et la force exercée par le plan horizontal ; représentation des deux vecteurs forces ; déduction des caractéristiques de la force exercée par le plan sur le solide en équilibre.

Document 2 : Analyse globale du scénario de P₁
(Deuxième séance)

➤ **Organisation globale du scénario (type de scénario, place dans la progression du programme, lien entre les phases du scénario, savoir visé)**

- étude expérimentale de la condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces ;
- la notion est traitée à la suite de l'étude des actions mécaniques, caractéristiques d'une force, principe d'inertie et le poids d'un corps.

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appliquer la 1^{ère} loi de Newton. ▪ Distinguer entre le poids et la masse d'un corps. ▪ Exploiter la relation de proportionnalité entre le poids et la masse d'un corps. ▪ Expliquer l'effet de l'apesanteur sur le fonctionnement de l'organisme humain. ▪ Appliquer la condition d'équilibre d'un objet soumis à deux forces. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Comment expliquer la chute des corps ? ▶ Comment situer le centre de gravité d'un solide homogène de forme géométrique simple ? ▶ Quelle relation y a-t-il entre le poids et la masse d'un corps ? ▶ Pourquoi les cosmonautes revenant sur Terre trouvent-ils des difficultés à se maintenir debout ? 	<p>I-7. 1^{ère} loi de Newton (Principe d'inertie)</p> <p>I-8. Le poids d'un corps</p> <ul style="list-style-type: none"> - Direction et sens ; centre de gravité - Relation entre l'intensité du poids et la masse (intensité de pesanteur g en $N.kg^{-1}$) - Danger de l'apesanteur 	3 h
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Déterminer le centre de gravité d'un corps. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Comment déterminer expérimentalement le centre de gravité d'une plaque ? 	<p>II. Forces et équilibres</p> <p>II-1. Equilibre d'un solide soumis à deux forces</p> <p>Application : Détermination expérimentale du centre de gravité</p>	3 h
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expliquer le principe de fonctionnement d'un dynamomètre droit. ▪ Appliquer la 3^e loi de Newton. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Expliquer l'équilibre d'un objet posé sur une table ou suspendu à un fil. 	<p>II-2. Forces de liaison : Tension d'un fil ; tension d'un ressort: $T = k.x$; réaction d'un plan d'appui ; 3^e loi de Newton</p>	

Figure 57 : programme des sciences physiques 1^{ère} année et 2^{ème} année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 19

- le scénario débute par la présentation de deux activités de déclenchement avec quelques situations de déclenchement. Pendant ces deux activités, les élèves sont invités à donner leur explication concernant la stabilité des différents corps qui figurent dans les situations de déclenchement. Par la suite, il est demandé aux élèves de remplir un tableau dans laquelle figurent les caractéristiques des différentes forces exercées dans chacune des situations présentées. La deuxième partie du scénario est réservée à l'étude expérimentale, dans laquelle les élèves proposent un dispositif expérimental, réalisent ce dispositif et prennent une mesure de la valeur des deux forces exercées sur un solide au repos, attaché à deux fils de deux dynamomètres. À partir de la représentation des deux vecteurs forces, il est demandé aux élèves de dégager leurs caractéristiques et d'en déduire une condition pour laquelle le solide étudié reste en état d'équilibre. L'étude débouche sur une généralisation de la condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.

La dernière partie du scénario est réservée à l'étude d'une application de la loi institutionnalisée.

- le savoir visé dans ce scénario est la condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.

➤ **connaissances mobilisées : nouvelles et antérieures**

- Connaissances nouvelles : condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces ; forces directement opposées.

- Connaissances antérieures :
 - déclaratives : action mécanique, modélisation d'une action mécanique, caractéristiques d'une force, poids d'un corps ;
 - procédurales : mesure de la valeur d'une force par un dynamomètre, représentation d'un vecteur force.
- **répartitions des différentes tâches repérées dans le scénario**

Le scénario comporte onze tâches :

 - trois tâches d'ordre expérimental (27,3 %) ;
 - deux tâches de recherche de relation (18,2 %) ;
 - trois tâches de représentation (27,3 %) ;
 - une tâche de preuve (9 %) ;
 - deux tâches d'identification (18,2 %) ;
- **adaptations**
 - Les deux tâches de recherche de relation, nécessitent une adaptation de type A_1 .
 - Les deux tâches d'identification, nécessitent une adaptation de type A_1 .
 - Les trois tâches de représentation, nécessitent des adaptations de type A_1 et de type A_2 .
 - La tâche de preuve nécessite une adaptation de type A_1 .
 - Toutes les tâches d'ordres expérimentales, nécessitent des adaptations de type A_1 et de type A_2 .
 - Les tâches de recherche et de représentation dans la situation d'application, nécessitent une adaptation de type A_3 .

Tableau 33 : Répartition de la fiche de TP de P₁ en tâches et activités attendues de l'élève
(Troisième séance)

Tâches	Activité attendue de l'élève
T _{III1} : recherche du problème qui découle de chacune des deux situations de déclenchement.	rappel des connaissances antérieures ; proposition de(s) problème(s) qui découle(nt) de chacune des deux situations proposées (phare d'une voiture en panne et défaillance d'éclairage d'un scooter) ;
T _{III2} : émission d'hypothèse explicatives et proposition de protocoles de vérification.	discussion du problème (en groupes) ; recherche d'hypothèses explicatives ; discussion collective des hypothèses proposées par les différents groupes ; proposition du matériel nécessaire et représentation schématique du circuit selon la situation choisie ; discussion collective des dispositifs proposés ;
T _{III3} : réalisation d'un circuit électrique.	réalisation d'un circuit série (comportant une pile, un interrupteur, une lampe et un électrolyseur ou un moteur et des voltmètres) par un ou deux groupes d'élèves ; réalisation d'un circuit en dérivation (comportant une pile, un interrupteur, une lampe et un électrolyseur ou un moteur et des voltmètres) par un ou deux groupes d'élèves ; vérification des branchements avec l'enseignant.
T _{III4} : prise des mesures des tensions électriques aux bornes des éléments constituant chaque circuit réalisé.	branchement convenable d'un voltmètre aux bornes de chaque dipôle ; choix adéquat du calibre du voltmètre ; application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de chacune

Annexes

	des tensions mesurées ;
T _{III5} : énoncé de la loi des mailles.	exploitation des résultats des mesures pour la recherche d'une relation entre les différentes tensions mesurées dans les deux cas de circuits ; vérification des hypothèses émises ; généralisation de la loi des mailles.
T _{III6} : recherche de la nature du branchement à faire dans une situation nouvelle.	application de la loi des mailles conformément à la situation proposée ; proposition d'un branchement électrique qui répond à la situation étudiée ;
T _{III7} : identification d'une erreur de mesure de tension, commise.	application de la loi des mailles ; comparaison avec les valeurs des mesures consignées ; identification de l'erreur ;

**Document 3 : Analyse globale du scénario de P₁
(Troisième séance)**

- **Organisation globale du scénario (type de scénario, place dans la progression du programme, lien entre les phases du scénario, savoir visé)**
- étude expérimentale de la loi des mailles ;
- la notion est traitée à la suite de l'étude des grandeurs électriques (tension et intensité du courant électrique) ;

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ■ Relier l'intensité du courant à la quantité d'électricité ($Q = I.t$). ■ Mesurer l'intensité d'un courant électrique avec un ampèremètre. ■ Vérifier expérimentalement et appliquer la loi des nœuds. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Qu'est-ce qu'un court circuit ? ▶ Pourquoi des fusibles sautent-ils ? 	<p>II-4. Intensité du courant : Mesure ; loi des nœuds</p>	2 h
<ul style="list-style-type: none"> ■ Visualiser une tension électrique sur un oscilloscope et la mesurer. ■ Mesurer la tension électrique avec un voltmètre. ■ Vérifier expérimentalement et appliquer la loi des mailles. ■ Utiliser le rhéostat dans un circuit pour faire varier l'intensité du courant ou la tension. ■ Utiliser les appareils électriques en respectant les règles de sécurité. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Que signifient les indications 1,5V sur une pile ronde, 4,5 V sur une pile plate, 220 V du courant du secteur ?... ▶ A partir de quel ordre de grandeur, la tension électrique devient-elle dangereuse pour l'homme ? 	<p>II-5. Tension électrique : Mesure ; loi des mailles</p>	2 h

Figure 58 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 13

- le scénario débute par la présentation de deux situations de déclenchement inspirées du quotidien des élèves. Dans cette partie, il est demandé aux élèves de dégager le problème qui découle de ces deux situations et les questions que l'on se pose. Dans une deuxième étape, il est demandé aux élèves de donner une (des) hypothèse(s) explicatives et de protocoles possibles permettant de tester les hypothèses émises. Dans une troisième partie, une étude expérimentale consiste à réaliser deux circuits (l'un en série et l'autre en parallèle) qui comportent une pile plate, deux lampes, un électrolyseur, un ampèremètre et des fils conducteurs. Par la suite, il est demandé aux élèves de mesurer (à l'aide de voltmètres) les tensions aux bornes des différents dipôles constituant les circuits. Dans la partie qui suit du scénario, les élèves sont invités à retrouver une relation entre les valeurs des tensions mesurées, pour chaque type de circuit à part, de vérifier les hypothèses explicatives émises, au sujet des deux situations proposées au départ et de généraliser une loi de distribution des tensions dans un circuit électrique.
La dernière partie du scénario, est réservée à la mobilisation du savoir établi pour résoudre deux nouvelles situations en lien avec le thème traité.
- le savoir visé dans ce scénario est la loi de distribution des tensions dans un circuit électrique.
- **connaissances mobilisées : nouvelles et antérieures**
 - Connaissances nouvelles : loi de distribution des tensions dans un circuit fermé.
 - Connaissances antérieures :
- déclaratives : tension électrique, convention générateur, convention récepteur ;

- procédurales : branchement d'un circuit électrique, branchement d'un voltmètre, utilisation d'un voltmètre, mesure d'une tension électrique.
- **répartitions des différentes tâches repérées dans le scénario**
Le scénario comporte sept tâches :
 - deux tâches d'ordre expérimental (28,5 %) ;
 - quatre tâches de recherche (57 %) ;
 - une tâche de reconnaissance d'erreur (14,5 %) ;
- **adaptations**
 - les tâches d'ordres expérimentales, nécessitent des adaptations de types A_1 , A_2 ;
 - les deux premières tâches de recherche relative à l'identification du problème et l'émission d'hypothèses et de protocoles possibles, nécessitent une adaptation du type A_1
 - la deuxième tâche de recherche relative à l'établissement d'une loi, nécessite des adaptations de type A_1 et A_3 ;
 - la quatrième tâche de recherche relative à la reconnaissance de l'association convenable, nécessite une adaptation du type A_3 ;
 - La tâche de reconnaissance d'erreur nécessite une adaptation du type A_3

Tableau 34 : Répartition de la fiche de TP de P₂ en tâches et activités attendues de l'élève
(Première séance)

Tâches	Activité attendue de l'élève
T' ₁₁ : réaliser un circuit comportant différents éléments électriques.	représentation d'un circuit série avec les éléments indiqués ; branchement des différents éléments du circuit ; branchements des appareils de mesures ;
T' ₁₂ : relever les différents couples de mesures (I ; U).	choix de la résistance du rhéostat, avant chaque prise de mesure, en déplaçant le curseur de ce dernier ; choix adéquat du calibre du voltmètre et de l'ampèremètre ; lecture correcte de la déviation de l'aiguille du voltmètre et de ; application de la relation mathématique permettant de retrouver la valeur de chacune des grandeurs mesurées ;
T' ₁₃ : tracer la courbe $U = f(I)$.	choix de l'échelle adéquat ; recherche des points correspondants aux différents couples de mesures ; traçage de la courbe $U = f(I)$;
T' ₁₄ : déterminer les grandeurs qui caractérisent la pile.	recherche du coefficient directeur de la droite obtenue ; recherche de l'ordonnée à l'origine ; déduction de la force électromotrice et de la résistance interne de la pile.
T' ₁₅ : Énoncer la loi d'Ohm relative à un générateur réel	écriture de l'équation de la droite obtenue en fonction des valeurs dégagées expérimentalement (pente et ordonnée à l'origine) ; généralisation de la loi d'Ohm en fonction

Annexes

	des grandeurs caractéristiques d'un générateur ;
T' ₁₆ : reconnaître le type de générateur à partir de l'allure de sa caractéristique intensité-tension.	exploitation de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur pour connaître le type du générateur (réel et idéal) ; traçage de la caractéristique intensité-tension d'un générateur selon le type de ce dernier ;

**Document 4 : Analyse globale du scénario de P₂
(Première séance)**

- **Organisation globale du scénario (type de scénario, place dans la progression du programme, lien entre les phases du scénario, savoir visé)**
- étude expérimentale de l'évolution de la tension aux bornes d'un dipôle générateur en fonction de l'intensité du courant électrique ;
- la notion est traitée à la suite de l'étude de la caractéristique intensité-tension d'un dipôle récepteur ;

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ■ Construire point par point ou acquérir éventuellement à l'ordinateur la caractéristique d'un dipôle. ■ Reconnaître un conducteur ohmique et particulièrement le résistor par l'aspect de sa caractéristique $U = r(I)$. ■ Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'un récepteur actif. ■ Appliquer la loi d'Ohm relative à un récepteur actif. ■ Calculer le rendement d'un récepteur actif. ■ Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'un générateur. ■ Mesurer la f.e.m. E d'un générateur. ■ Appliquer la loi d'Ohm relative à un générateur. ■ Calculer le rendement d'un générateur. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Etudier l'évolution de la tension aux bornes d'un dipôle en fonction de l'intensité du courant qui y circule. ☐ ▶ S'entraîner à utiliser le code des couleurs pour préciser la résistance d'un résistor. ▶ Comparer la valeur de la résistance d'un qu'un autre" ? ▶ Etudier expérimentalement l'évolution de la tension aux bornes d'un électrolyseur à électrodes inattaquables en fonction de l'intensité du courant qui y circule. ☐ ▶ Pourquoi le fonctionnement de certains appareils électroniques (Baladeur, appareil photo, télécommande...) nécessite plus d'une seule pile ? Comment ces piles sont-elles branchées ? ▶ Etudier expérimentalement l'évolution de la tension aux bornes d'un générateur en fonction de l'intensité du courant qu'il débite. ☐ 	<p>III. Caractéristiques intensité-tension de dipôles électriques</p> <p>III-1. Récepteurs passifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracé de la caractéristique $U = f(I)$ d'une lampe à incandescence, d'une diode et <p>III-3. Dipôle générateur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracé de la caractéristique $U = f(I)$ - Loi d'Ohm relative à un générateur. - Puissance utile et rendement - Associations de générateurs : <ul style="list-style-type: none"> • en série • en parallèle • en opposition: <p>Charge d'une batterie</p>	2,5 h

Figure 59 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 36

- le scénario débute par une étude expérimentale qui consiste dans une première étape à la réalisation d'un circuit série comportant une pile plate, un rhéostat, un interrupteur, un ampèremètre et un voltmètre. Dans une deuxième étape, il est demandé aux élèves de mesurer l'intensité du courant circulant dans le circuit et la tension aux bornes de la pile, pour différentes valeurs de la résistance du rhéostat. Les résultats des mesures, sont exploités par la suite dans la recherche de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur, en fonction des grandeurs caractéristiques de ce dernier ;
- le savoir visé dans ce scénario est la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur.
- **connaissances mobilisées : nouvelles et antérieures**
 - Connaissances nouvelles :
 - loi d'Ohm relative à un dipôle générateur ;
 - force électromotrice d'un générateur ;
 - résistance interne d'un générateur.
 - Connaissances antérieures :
 - Déclaratives : tension électrique, convention générateur, intensité de courant électrique ;
 - Procédurales : branchement d'un circuit électrique, branchement d'un voltmètre, branchement d'un ampèremètre, utilisation d'un voltmètre, mesure d'une tension électrique, mesure d'une intensité de courant électrique.
- **répartitions des différentes tâches repérées dans le scénario**
- Le scénario comporte huit tâches :
 - trois tâches d'ordre expérimental (50 %) ;
 - une tâche de recherche des grandeurs caractéristiques d'un dipôle générateur (16,66 %) ;
 - une tâche de représentation (16,66 %) ;

- une tâche de reconnaissance du type de générateur à partir de la caractéristique (16,66 %)
;
- **adaptations**
- les tâches simples et isolées sont en relation avec la représentation de la caractéristique intensité-tension et ceux qui figurent dans l'application proposée dans le scénario.

Toutes les tâches d'ordres expérimentales, nécessitent des adaptations de types A_1 , A_2 et A_3 .

Annexes

**Tableau 35 : Répartition de la fiche de TP de P₂ en tâches et activités attendues de l'élève
(Deuxième séance)**

Tâches	Activité attendue de l'élève
T' _{II1} : recherche du problème qui découle des deux situations proposées.	discussion des deux situations au sein des groupes ; proposition des questions engendrées par le problème en relation avec les deux situations ;
T' _{II2} : émission d'hypothèse explicative et proposition de protocole expérimental.	recherche d'hypothèses explicatives ; discussions collectives des hypothèses proposées par les différents groupes ; proposent le matériel nécessaire et le schéma du dispositif de vérification de l'hypothèse retenue ; discussion collective des dispositifs proposés ;
T' _{II3} : réalisation du dispositif expérimental.	participation collective dans la réalisation du montage ;
T' _{II4} : traçage des rayons lumineux.	traçage des rayons lumineux par exploitation du principe rectiligne de la lumière ;
T' _{II5} : prise des mesures.	recherche de la direction du rayon lumineux réfléchi ; mesure de l'angle de réflexion en fonction de l'angle d'incidence ;
T' _{II6} : Énoncé des deux lois de Descartes relatives à la réflexion.	comparaison des plans contenant respectivement le rayon incident et le rayon réfléchi ; comparaison de l'angle de réflexion à celui d'incidence ; énoncé des lois de Descartes ;
T' _{II7} : recherche de l'image d'une bougie par un miroir plan.	traçage des rayons incidents et des rayons réfléchis ; recherche de l'image réelle et de l'image virtuelle ;

**Document 5 : Analyse globale du scénario de P₂
(Deuxième séance)**

- **Organisation globale du scénario (type de scénario, place dans la progression du programme, lien entre les phases du scénario, savoir visé)**
- Étude expérimentale des deux lois de la réflexion de la lumière.
- la notion est traitée au début du thème « lumière » ;

LUMIERE (6 heures)

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appliquer les lois de Descartes relatives à la réflexion au tracé de la marche des rayons lumineux et à la construction de l'image donnée par un réflecteur plan. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Réaliser la réflexion d'un pinceau lumineux cylindrique sur un miroir plan et suivre l'évolution de l'angle de réflexion en fonction de l'angle d'incidence. ▶ Mettre en œuvre des situations expérimentales qui permettent d'obtenir l'image d'un objet donné par un miroir plan et dégager les lois de Descartes. 	I. Réflexion de la lumière I-1. Définition I-2. Lois de Descartes I-3. Principe du retour inverse de la lumière I-4. Image d'un objet réel et celle d'un objet virtuel, données par un miroir plan	3 h
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appliquer les lois de Descartes relatives à la réfraction au tracé de la marche des rayons lumineux. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Comment expliquer le fait qu'un objet qui plonge dans l'eau paraît plus petit et plus proche ? ▶ Pourquoi une cuillère partiellement immergée dans l'eau paraît-elle brisée au niveau de la surface de séparation eau-air ? 	II. Réfraction de la lumière II-1. Définition II-2. Lois de Descartes II-3. Réfraction limite et réflexion totale	3 h

Figure 60 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 46

- le scénario débute par la présentation de deux situations de déclenchement inspirées du quotidien des élèves en relation avec la propagation de la lumière. Dans cette partie, il est demandé aux élèves de dégager le problème qui découle de ces deux situations et les questions que l'on se pose. Dans une deuxième étape, il est demandé aux élèves de donner une (des) hypothèse(s) explicative(s) et de protocoles possibles permettant de tester les hypothèses émises. Dans une troisième partie, une étude expérimentale consiste à réaliser un dispositif expérimental qui comporte un disque gradué en degré, sur lequel est placé un miroir, une source lumineuse (S) et un écran. Par la suite, il est demandé aux élèves de repérer le rayon réfléchi suite à la rencontre du rayon incident avec le miroir et de mesurer l'angle de réflexion pour différents angles d'incidence. Par la suite, les élèves sont invités à déduire les lois de réflexion. La dernière partie du scénario est réservée à une application des lois de la réflexion, pour chercher l'image d'un objet à travers un miroir plan.
- le savoir visé dans ce scénario est celui qui se rattache aux lois de Descartes.
- **connaissances mobilisées : nouvelles et antérieures**
 - Connaissances nouvelles :
 - phénomène de réflexion de lumière ;
 - première loi de Descartes : le rayon réfléchi est contenu dans le plan d'incidence ;
 - deuxième loi de Descartes : l'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence.
 - Connaissances antérieures :
 - déclaratives : sources lumineuses primaire et secondaire, propagation rectiligne de la lumière ;
 - procédurales : traçage de rayons lumineux, mesure d'un angle.
- **répartitions des différentes tâches repérées dans le scénario**
Le scénario comporte sept tâches :

- trois tâches d'ordre expérimental (43 %) ;
- trois tâches de recherche (43 %) ;
- une tâche de traçage (14 %) ;
- **adaptations**
 - les tâches de recherche relatives au problème qui découle de la situation de départ et l'émission des hypothèses, sont des tâches simples et isolées.
 - les tâches d'ordres expérimentales, nécessitent des adaptations de types A_1 et A_2 .
 - La tâche de recherche de l'image dans l'application proposée nécessite une adaptation du type A_3 .

Tableau 36 : Répartition de la fiche de TP de P₂ en tâches et activités attendues de l'élève
(Troisième séance)

Tâches	Activité attendue de l'élève
T'III1 : recherche du problème qui découle de chacune des deux situations de déclenchement.	rappel des connaissances antérieures ; proposition de(s) problème(s) qui découle(nt) de chacune des deux situations proposées (l'indication 4,5 V inscrite sur une pile ; questionnement sur la définition d'un générateur, en tant que dipôle qui maintient une tension constante entre ses bornes) ;
T'III2 : émission d'hypothèse explicatives et proposition de protocoles de vérification.	discussion du problème (en groupes) ; recherche d'hypothèses explicatives ; discussions collectives des hypothèses proposées par les différents groupes ; proposition du matériel nécessaire et représentation du circuit d'étude ; discussion collective des dispositifs proposés ;
T'III3 : représentation du circuit.	représentation d'un circuit série à partir des symboles des différents éléments qui le constituent.
T'III4 : branchement du circuit.	branchement des différents éléments du circuit ; branchements des appareils de mesures ;
T'III5 : prise des mesures.	mesure de la tension électrique aux bornes du générateur pour chaque valeur de l'intensité du courant dans le circuit ; préparation d'un tableau de mesures.
T'III6 : traçage de la courbe $U = f(I)$.	choix de l'échelle adéquat ; recherche des points correspondants aux différents couples de mesures ; traçage de la courbe $U = f(I)$;
T'III7 : détermination des grandeurs qui	recherche du coefficient directeur de la droite

Annexes

caractérisent la pile.	obtenue ; recherche de l'ordonnée à l'origine ; déduction de la force électromotrice et de la résistance interne de la pile.
T _{III8} : Énoncé de la loi d'Ohm relative à un générateur réel	écriture de l'équation de la droite obtenue en fonction des valeurs dégagées expérimentalement (pente et ordonnée à l'origine) ; généralisation de la loi d'Ohm en fonction des grandeurs caractéristiques d'un générateur ;
T _{III9} : reconnaissance du type de générateur à partir de l'allure de sa caractéristique intensité-tension.	exploitation de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur pour connaître le type du générateur (réel et idéal) ; traçage de la caractéristique intensité-tension d'un générateur selon le type de ce dernier ;

**Document 6 : Analyse globale du scénario de P₂
(Troisième séance)**

- **Organisation globale du scénario (type de scénario, place dans la progression du programme, lien entre les phases du scénario, savoir visé)**
- étude expérimentale de l'évolution de la tension aux bornes d'un dipôle générateur en fonction de l'intensité du courant électrique ;
- la notion est traitée à la suite de l'étude de la caractéristique intensité-tension d'un dipôle récepteur ;

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Volume horaire
<ul style="list-style-type: none"> ■ Construire point par point ou acquérir éventuellement à l'ordinateur la caractéristique d'un dipôle. ■ Reconnaître un conducteur ohmique et particulièrement le résistor par l'aspect de sa caractéristique $U = R(I)$. ■ Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'un récepteur actif. ■ Appliquer la loi d'Ohm relative à un récepteur actif. ■ Calculer le rendement d'un récepteur actif. ■ Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'un générateur. ■ Mesurer la f.e.m. E d'un générateur. ■ Appliquer la loi d'Ohm relative à un générateur. ■ Calculer le rendement d'un générateur. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Etudier l'évolution de la tension aux bornes d'un dipôle en fonction de l'intensité du courant qui y circule. ☐ ▶ S'entraîner à utiliser le code des couleurs pour préciser la résistance d'un résistor. ▶ Comparer la valeur de la résistance d'un qu'un autre" ? ▶ Etudier expérimentalement l'évolution de la tension aux bornes d'un électrolyseur à électrodes inattaquables en fonction de l'intensité du courant qui y circule. ☐ ▶ Pourquoi le fonctionnement de certains appareils électroniques (Baladeur, appareil photo, télécommande...) nécessite plus d'une seule pile ? Comment ces piles sont-elles branchées ? ▶ Etudier expérimentalement l'évolution de la tension aux bornes d'un générateur en fonction de l'intensité du courant qu'il débite. ☐ 	<p>III. Caractéristiques intensité-tension de dipôles électriques</p> <p>III-1. Récepteurs passifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracé de la caractéristique $U = f(I)$ d'une lampe à incandescence, d'une diode et <p>III-3. Dipôle générateur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracé de la caractéristique $U = f(I)$ - Loi d'Ohm relative à un générateur. - Puissance utile et rendement - Associations de générateurs : <ul style="list-style-type: none"> • en série • en parallèle • en opposition: <p>Charge d'une batterie</p>	2,5 h

Figure 61 : programme des sciences physiques 1ère année et 2ème année de l'enseignement secondaire, 2010, p. 36

- le scénario débute par la présentation de deux situations de déclenchement. Dans cette partie, il est demandé aux élèves de dégager le problème qui découle de ces deux situations. Dans une deuxième étape, il est demandé aux élèves de donner une (des) hypothèse(s) explicatives concernant l'indication de la valeur de la tension inscrite sur une pile et de protocoles possibles permettant de tester les hypothèses émises. Dans une troisième partie, le scénario comporte une étude expérimentale qui consiste à réaliser, dans sa première étape, un circuit série comportant une pile plate, un rhéostat, un interrupteur, un ampèremètre et un voltmètre. Dans une deuxième étape, il est demandé aux élèves de mesurer l'intensité du courant circulant dans le circuit et la tension aux bornes de la pile, pour différentes valeurs de la résistance du rhéostat. Les résultats des mesures, sont exploités par la suite dans le traçage de la caractéristique intensité-tension du générateur et la recherche de la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur, en fonction des grandeurs caractéristiques de ce dernier ;
- le savoir visé dans ce scénario est la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur.
- **Connaissances mobilisées : nouvelles et antérieures**
 - Connaissances nouvelles :
 - loi d'Ohm relative à un dipôle générateur ;
 - force électromotrice d'un générateur ;
 - résistance interne d'un générateur.
 - Connaissances antérieures :
 - Déclaratives : tension électrique, convention générateur, intensité de courant électrique ;

- Procédurales : branchement d'un circuit électrique, branchement d'un voltmètre, branchement d'un ampèremètre, utilisation d'un voltmètre, mesure d'une tension électrique, mesure d'une intensité de courant électrique.
- **Répartitions des différentes tâches repérées dans le scénario**
Le scénario comporte neuf tâches :
 - deux tâches d'ordre expérimental (22,2 %) ;
 - quatre tâches de recherche (44,4 %) ;
 - deux tâches de représentation (22,2 %) ;
 - une tâche de reconnaissance (11,2 %) ;
- **adaptations**
 - les tâches de recherche relatives au problème qui découle de la situation de départ et l'émission des hypothèses, sont des tâches simples et isolées.
 - les deux tâches d'ordres expérimentales, nécessitent des adaptations de types A_1 et A_2 .
 - les deux tâches de représentation nécessitent des adaptations de types A_1 et A_3 .
 - les deux tâches de recherche relatives à la détermination des grandeurs caractéristiques de la pile et l'énoncé de la loi d'Ohm relative à un générateur nécessitent des adaptations de types A_1 et A_3 .
 - la tâche de reconnaissance, nécessite une adaptation du type A_3 .

Annexes

Tableau 37 : Synopsis séance (P₁) (Première séance)

Phases	Durée	Nombre de tours de paroles	Organisation de la classe	Activités déployées par l'enseignant	Activités déployées par les élèves
Préparation de l'étude expérimentale	02'42'' ↓ 12'30''	1 ↓ 37	classe entière	Distribue aux élèves une fiche TP et annonce le but. Distribue le matériel nécessaire. Rappelle la représentation d'une. contrôle et aide les élèves à la représentation correcte des tensions et le sens du courant.	Rappellent des connaissances concernant la mesure d'une tension et le branchement d'un voltmètre. Représentent les tensions aux bornes des dipôles et le sens du courant dans le circuit.
			enseignant au tableau	Donne la représentation correcte des tensions aux bornes des dipôles du circuit.	

Annexes

Activité expérimentale	(12'30'')	38	groupes	<p>Orienté les élèves pour réaliser correctement les expériences.</p> <p>Ajoute une solution électrolytique dans l'électrolyseur pour chaque groupe.</p> <p>Rappelle la méthode de mesure d'une tension électrique.</p> <p>Intervient auprès des groupes pour aider les élèves à surmonter les difficultés remarquées et pour dépasser certains états de blocage.</p> <p>Intervient auprès de l'un des groupes pour réaliser lui-même le circuit suite au non fonctionnement du circuit réalisé par le groupe.</p> <p>Discute avec les élèves les résultats trouvés</p>	<p>Réalisent un circuit série constitué d'un générateur, deux lampes, un électrolyseur et un interrupteur.</p> <p>Mesurent les tensions aux bornes des différents dipôles du circuit.</p> <p>Comparent la tension trouvée aux bornes du générateur à la somme des tensions mesurées aux bornes des différents dipôles récepteurs.</p> <p>Réalisent le circuit en dérivation schématisé sur la fiche TP.</p> <p>Mesurent les tensions électriques aux bornes des différents dipôles du circuit en dérivation.</p> <p>Comparent les tensions aux bornes des dipôles du circuit.</p>
	↓ (49')	↓ 115		330	

Annexes

Exploitation des résultats et institutionnalisation du savoir	(49')	116	classe entière	Exploite, au tableau, les résultats trouvés par les groupes pour chercher une relation entre les tensions dans un circuit, série ou parallèle, fermé. Enonce la loi des mailles. Il signale que : « <i>en parcourant le circuit dans le sens ABCDEF, $U_{AF}-U_{AB}-U_{BC}-U_{CD}-U_{DE}-U_{EF}=0$</i> » Signale que : « <i>pour une maille CABD formée de deux dipôles montés en parallèles, $U_{CD} - U_{AB} = 0$</i> »	Participent avec l'enseignant à l'élaboration de la loi des mailles. Répètent la loi des mailles. Notent les nouvelles connaissances.
	↓ (59')	↓ 129			
Mobilisation du savoir	(59')	130	élève au tableau	Expose l'application devant les élèves.	Exploite la loi des mailles pour résoudre l'application proposée
	↓ (65')	↓ 142	classe entière	Orienté l'élève invité au tableau pour retrouver la rectification à apporter à l'une des valeurs des tensions aux bornes des dipôles du circuit proposé, pour qu'ils obéissent à la loi des mailles.	Proposent une réponse à la situation proposée dans l'application. Notent la correction de l'application.

Annexes

Tableau 38 : Synopsis séance (P₁) (deuxième séance)

Phases	Durée	Nombre de tours de paroles	Organisation de la classe	Activités déployées par l'enseignant	Activités déployées par les élèves
Rappels et présentation des situations de déclenchement	1'06'' ↓ 13'18''	1 ↓ 20	classe entière	<p>Demande aux élèves un rappel des caractéristiques d'une force</p> <p>Distribue au élèves les fiches TP à remplir et contenant diverses situations de déclenchement</p> <p>Présente le but de la séance</p> <p>Discute avec les groupes chacun à part et donne d'autres exemples pour clarifier</p> <p>Demande aux élèves de trouver une condition sur les forces pour que les corps tirés restent immobiles (en équilibre à sa parole)</p> <p>Demande aux élèves de répondre aux questions figurant sur la fiche</p>	<p>Rappellent les caractéristiques d'une force</p> <p>Discutent entre eux les situations présentées</p> <p>Répondent à quelques questions posées par l'enseignant.</p>

Annexes

Appropriation du problème et émise d'hypothèses	13'20''	21	travail de Groupes (4 groupes)	<p>Intervient pour aider les élèves à comprendre la situation posée (bande dessinée) et pour répondre aux questions posées.</p> <p>Discute avec les élèves (chaque groupe à part) les forces qui s'exercent et les différents cas qui se présente de point de vue relation entre les forces.</p> <p>Discute avec les élèves l'hypothèse émise.</p>	<p>Les élèves mobilisent la notion de force pour comprendre le problème posé dans la situation.</p> <p>Donnent des conditions (au sens de l'enseignant) pour que le solide étudié dans chaque situation ne reste plus immobile</p> <p>Donnent une hypothèse sur les deux forces exercées dans chaque situation pour que le corps étudié reste immobile (en équilibre selon le terme annoncé par l'enseignant)</p> <p>L'hypothèse émise est en relation avec les directions, les valeurs et les sens des deux forces dans le cas où le solide reste en équilibre.</p>
	↓ 30'50''	↓ 55			

Annexes

Etude expérimentale	30'55'' ↓ 50'33''	56 ↓ 76	travail de groupes	<p>Demande aux élèves de proposer un protocole expérimental pour vérifier les hypothèses.</p> <p>Demande aux élèves de représenter le dispositif expérimental</p> <p>Invite les élèves à réaliser l'expérience et à vérifier l'hypothèse émise par l'ensemble des groupes.</p> <p>Il demande aux élèves de déterminer les caractéristiques des deux forces exercées sur le solide en équilibre.</p> <p>Il contrôle le travail des groupes.</p> <p>Il montre aux élèves comment on peut vérifier que les droites d'actions sont confondues.</p>	<p>Les élèves proposent le matériel nécessaire à la lumière des connaissances antérieures : mesure d'une force.</p> <p>Les élèves représentent le dispositif expérimental qu'ils proposent.</p> <p>Les élèves discutent entre eux et avec l'enseignant (au sein de chaque groupe) les résultats de l'expérience</p> <p>Ils représentent les vecteurs forces en adoptant l'échelle qu'ils jugent adéquat.</p> <p>Ils confirment l'hypothèse émise au début.</p>
Structuration des connaissances et institutionnalisation du savoir	51' ↓ 55'	77 ↓ 87	enseignant au tableau + quelques interventions des élèves	<p>Demande aux élèves de donner leurs conclusions.</p> <p>écrit au tableau la condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.</p>	<p>Proposent la relation entre les deux forces</p> <p>Comparent les caractéristiques des deux forces</p> <p>Note la conclusion et les relations mathématiques sur leurs fiches</p>

Annexes

Mobilisation du savoir	55'30'' ↓ 63'	88 ↓ 108	élève au tableau	Orienté l'élève invité au tableau pour faire l'application	Proposent une réponse à la situation proposée dans l'application. Notent la correction de l'application.
-------------------------------	---------------------	----------------	------------------	--	---

Tableau 39 : Synopsis séance (P₁) (Troisième séance)

Phases	Durée	Nombre de tours de paroles	Organisation de la classe	Activités déployées par l'enseignant	Activités déployées par les élèves
Rappels et présentation des situations de déclenchement	04''	1	Classe entière	<p>Annonce l'objectif de la séance</p> <p>Demande aux élèves de rappeler la notion de tension électrique et l'appareil de mesure utilisé pour la mesurer</p>	Donnent une définition de la tension électrique et l'appareil de mesure de cette grandeur.
	↓	↓		<p>Distribue aux élèves la fiche TP et présente les deux situations de déclenchement pour aborder le thème étudié.</p>	
	7'	12		<p>Explique aux élèves le travail demandé (à faire en groupes).</p>	

Annexes

Appropriation du problème et émission d'hypothèses	7'20''	13	travail de Groupes (3 groupes)	Discute avec les élèves (chaque groupe à part). Oriente le débat entre les élèves. Discute avec les élèves l'hypothèse émise. Demande aux élèves de proposer une expérience de vérification pour chaque hypothèse retenue. Discute avec les groupes l'hypothèse relative à chaque situation.	Discutent entre eux la situation sur laquelle ils travaillent. Proposent quelques pistes de résolution qui découlent de la situation de départ. Proposent une hypothèse explicative. Proposent un protocole expérimental. Représentent le schéma du circuit proposé dans lequel ils se proposent de mesurer différentes tensions. Les différents groupes traitent le cas d'un circuit série et d'un circuit en dérivation, selon la situation choisie.
	↓ 20'30''	↓ 36			

Annexes

Etude expérimentale	21' ↓ 45'	37 ↓ 59	travail de groupes	<p>Invite les élèves à réaliser l'expérience et à vérifier l'hypothèse émise par l'ensemble des groupes.</p> <p>Il demande aux élèves mesurer les tensions aux bornes des différents dipôles du circuit réalisé</p> <p>Il contrôle le travail des groupes.</p> <p>Il demande aux élèves de dégager une relation entre les différentes tensions mesurées.</p>	<p>Réalisent le circuit proposé.</p> <p>Mesurent les tensions aux bornes des dipôles constituant le circuit discutent entre eux et avec l'enseignant (au sein de chaque groupe) les résultats de l'expérience proposent une relation entre les différentes tensions mesurées.</p> <p>Ils confirment l'hypothèse émise au début.</p>
Structuration des connaissances et institutionnalisation du savoir	45'30 " ↓ 55'30 "	60 ↓ 69	enseignant au tableau + quelques interventions des élèves	<p>Demande aux représentants des groupes de donner leurs résultats</p> <p>Discute avec les élèves les résultats trouvés dans le cas d'un circuit série (cas du problème du scooter) et d'un circuit en dérivation (cas des phares d'une voiture).</p> <p>Ecrit au tableau la loi des mailles relative à un circuit électrique.</p>	<p>Proposent la relation entre les tensions électriques dans les deux cas de circuits réalisés</p> <p>Note la conclusion et la loi des mailles sur leurs fiches</p>

Annexes

Mobilisation du savoir	56'	70	discussion collective	Discute avec les élèves l'application proposée. Propose des pistes de résolution.	Proposent une réponse à la situation proposée dans l'application. Notent la correction de l'application.
	↓	↓			
	61'	75			

Annexes

Tableau 40 : Synopsis séance (P₂) (Première séance)

Phases	Durée	Nombre de tours de paroles	Organisation de la classe	Activités déployées par l'enseignant	Activités déployées par les élèves
Mise en situation	2'46 '' ↓ 3'54''	1 ↓ 2	individuel	Rappel sur la caractéristique intensité-tension d'un électrolyseur. Signale le but de la séance	
préparation de l'étude expérimentale	3'54'' ↓ 6'26''	3 ↓ 11	classe entière	oriente les élèves et intervient pour vérifier les mesures	Proposent un circuit d'étude « <i>circuit constitué d'un générateur, un interrupteur, un rhéostat, un ampèremètre et un voltmètre</i> »
		12 ↓ 16	élève au tableau	Apporte les corrections nécessaires « <i>la tension aux bornes du générateur n'est pas nulle c'est clair car c'est un générateur et il va débiter du courant</i> »	Représente le schéma du circuit En signalant que « <i>la tension $U_{PN} = 0$</i> »

Annexes

Activité expérimentale	6'30'' ↓ 14'	17 ↓ 45	groupes	<p>Orienté les élèves lors de l'expérimentation : il les invite à :</p> <p>Mesurer la tension à vide.</p> <p>Mesurer la tension U_{PN} pour différentes valeurs de I « <i>maintenant tu peux varier l'intensité du courant à l'aide du curseur du rhéostat et on va varier de 0,1A ou bien de 0,2A et on va chercher la tension aux bornes du générateur</i> »</p> <p>Intervient chaque fois qu'il constate un blocage, au niveau de l'un des groupes, pour apporter l'aide nécessaire.</p>	<p>S'organisent en 4 groupes de 4élèves.</p> <p>Réalisent le circuit d'étude proposé au tableau par l'un des élèves.</p> <p>En groupes, les élèves mesurent (sous le contrôle de l'enseignant) les différentes valeurs que prend la tension aux bornes du générateur pour différentes valeurs de l'intensité du courant</p>
Exploitation des résultats	14' ↓ 35'	45 ↓ 46	élève au tableau	<p>Pendant la mise en commun, P demande à un élève de reprendre au tableau les valeurs trouvées par son groupe.</p>	<p>Un élève, faisant partie de l'un des groupes, reproduit au tableau les résultats des mesures faites par le groupe</p>

Annexes

		<p>47</p> <p>↓</p> <p>106</p>	<p>classe entière</p>	<p>Demande aux élèves de dégager la manière avec laquelle varie la tension U lorsque I augmente</p> <p>Demande aux élèves de dégager l'équation mathématique reliant U et I</p> <p>Amène les élèves à déduire à partir de l'allure de la caractéristique $u = f(I)$, que la pile est « linéaire » et « actif »</p>	<p>Les élèves interrogés par l'enseignant avancent le mode de variation de U.</p> <p>Tracent la courbe $U=f(I)$</p> <p>Cherchent la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite tracée.</p> <p>Dégagent (avec l'aide de l'enseignant) la fem de la pile et la valeur de sa résistance interne.</p> <p>Déduisent l'équation mathématique de la caractéristique :</p> <p style="text-align: center;">$U = 4,6 - 2I$</p> <p>Notent les résultats trouvés.</p>
--	--	-------------------------------	-----------------------	---	---

Annexes

Structuration des connaissances et institutionnalisation du savoir	35'	107	classe entière	Demande aux élèves de généraliser les résultats trouvés, avec la pile utilisée, pour un dipôle générateur. Énonce la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur Pose la question suivante aux élèves : « <i>Si $r = 0$. Est ce qu'on peut tracer cette caractéristique</i> » Signale que lorsque la caractéristique est une droite parallèle à l'axe des intensités, le générateur est dit idéal et si la caractéristique est une droite décroissant, le générateur est réel.	Formulent avec l'enseignant, la loi d'Ohm relative à un générateur. Notent la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur. Répondent avec hésitation à la question de l'enseignant. Reconnaittent un générateur idéal et un générateur réel, à partir de leurs caractéristiques Notent la conclusion générale
	↓ 45'	↓ 124			

Annexes

Tableau 41 : Synopsis séance (P₂) (Deuxième séance)

Phases	Durée	Nombre de tours de paroles	Organisation de la classe	Activités déployées par l'enseignant	Activités déployées par les élèves
déclenchement et appropriation du problème présentation de situations de	1'14''	1	classe entière	Distribue au élèves les fiches TP à remplir et contenant une situation de déclenchement	Proposent quelques explications pour la situation étudiée
	↓	↓		Demande aux élèves de citer d'autres exemples de la vie courante en relation avec la réflexion de la lumière. Explique quelques phénomènes de réflexion de la lumière.	Un élève au tableau expose la manière avec laquelle doit être tenu un miroir plan pour orienter une partie de la lumière, reçue du projecteur, vers l'emplacement de Ahmed. Proposent d'autres exemples de réflexion de la lumière dans des situations de la vie quotidienne.
	10'24''	16			

Annexes

Etude expérimentale	10'30''	17	travail de groupes (trois groupes)	<p>Invite les élèves à exploiter un miroir et une source laser pour réaliser une expérience qui pourra vérifier les propositions des élèves (pour étudier la réflexion de la lumière). Représente le dispositif expérimental au tableau</p> <p>Invite les élèves à réaliser l'expérience et à vérifier l'hypothèse émise par l'ensemble des groupes.</p> <p>Il demande aux élèves de comparer l'angle d'incidence à l'angle de réflexion.</p> <p>Il contrôle le travail des groupes.</p> <p>Intervient auprès des groupes pour corriger certaines erreurs commises lors de l'expérimentation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les élèves réalisent l'expérience dont le protocole est représenté au tableau. - Dégagent les valeurs de l'angle de réflexion en fonction de l'angle d'incidence. - Ils complètent le tableau de mesures.
	↓	↓			
	19'20''	33			
n institutionnalisatio n du savoir	19'30	34	élève au tableau + Enseignant au tableau + quelques interventions	<p>Demande aux élèves de donner leurs conclusions</p> <p>Explique au tableau les deux lois de la réflexion</p> <p>Écrit au tableau les lois de la réflexion de la lumière</p>	<p>Proposent la relation entre l'angle d'incidence et l'angle de réflexion</p> <p>Proposent une formulation de la première loi et de la deuxième loi de la</p>
	↓	↓			
	29'	44			

Annexes

			des élèves		réflexion Notent la conclusion et les relations entre i et r sur leurs fiches.
Mobilisation du savoir	29'30'' ↓ 52'	45 ↓ 64	élève au tableau + enseignant	Propose aux élèves une application directe de la réflexion de la lumière pour le cas de l'image d'une bougie à travers un miroir plan Il explique les différents cas qui se présentent : <ul style="list-style-type: none"> • Image réelle • Image virtuelle 	Chaque fois un élève est invité au tableau pour tracer la marche des rayons lumineux à partir de l'objet pour trouver la nature de l'image d'une bougie à travers le miroir Discutent avec l'enseignant les cas traités dans l'application proposée. Notent la correction de l'application.

Annexes

Tableau 42 : Synopsis séance (P₂) (Troisième séance)

Phases	Durée	Nombre de tours de paroles	Organisation de la classe	Activités déployées par l'enseignant	Activités déployées par les élèves
déclenchement et appropriation du problème présentation de situations de	0' ↓ 18' 15''	1 ↓ 48	enseignant au tableau + classe entière	<p>Présente le but de la séance</p> <p>Distribue au élèves les fiches TP à remplir et contenant deux situations de déclenchement</p> <p>Discute avec les élèves le contenu de la première situation</p> <p>Incite les élèves à chercher le problème qui dérive de la première situation.</p> <p>Discute avec les élèves leurs propositions de problèmes</p> <p>Sollicite les élèves à tirer les questions qui se posent à partir du problème identifié.</p> <p>Rappelle avec les élèves quelques prè-recquis.</p> <p>Discute avec les élèves les hypothèses émises</p> <p>Incite les élèves à proposer un dispositif d'investigation</p>	<p>Discutent en groupes le contenu de la situation étudiée.</p> <p>Proposent des problèmes qui découlent de la situation étudiée</p> <p>Proposent des questionnements possibles.</p> <p>Discutent entre eux et avec l'enseignant les propositions des questionnements et les hypothèses émises.</p> <p>Proposent des protocoles expérimentaux nécessaires à l'investigation.</p> <p>Discutent avec l'enseignant pour établir un dispositif commun.</p>

Annexes

Etude expérimentale	19' ↓ 40'	49 ↓ 76	travail de groupes (trois groupes)	<p>Invite les élèves à réaliser le circuit électrique. Contrôle les circuits réalisés. Intervient pour aider les élèves à dépasser des difficultés au niveau du branchement des éléments constitutifs du circuit. Vérifie avec les élèves (chaque groupe à part) les valeurs des tensions électriques et des intensités de courant mesurées. Donne des explications à propos de la tension aux bornes du générateur mesurée dans le cas d'un circuit ouvert. Vérifie avec les élèves le traçage de la caractéristique intensité-tension de la pile.</p>	<p>Réalisent le même circuit électrique. Mesurent la tension U_{PN} pour un circuit ouvert. Mesurent la tension U_{PN} pour différentes valeurs de l'intensité de courant électrique circulant dans le circuit. Préparent un tableau de mesures. Tracent la caractéristique intensité-tension de la pile utilisée dans le circuit.</p>
Structuration des connaissances et institutionnalisation du savoir	40' 30'' ↓ 58'	77 ↓ 121	élève au tableau + travail collectif	<p>Demande aux élèves de présenter leurs résultats. Discute avec les élèves l'allure de la caractéristique. Oriente les élèves dans la recherche de la pente et l'ordonnée à l'origine de la caractéristique. Explique la valeur non nulle de U_{PN} pour $I = 0$.</p>	<p>Un élève au tableau note le tableau de mesures. Un élève au tableau trace l'allure de la caractéristique. Exploitent la caractéristique pour retrouver les grandeurs caractéristiques de la pile.</p>

Annexes

				<p>Aide les élèves à dégager les grandeurs caractéristiques de la pile.</p> <p>Amène les élèves à énoncer la loi d'Ohm relative à un dipôle générateur.</p>	<p>Exploitent l'équation mathématique de la caractéristique et dégagent une expression mathématique de la loi d'Ohm pour un générateur.</p> <p>Enoncent la loi d'Ohm pour un générateur.</p> <p>Notent le contenu du tableau sur leurs fiches.</p>
Mobilisation du savoir	<p>58'</p> <p>30''</p> <p>↓</p> <p>70'</p>	<p>122</p> <p>↓</p> <p>135</p>	<p>travail collectif</p>	<p>Traite avec les élèves le cas où la résistance interne du générateur est nulle.</p> <p>Donne la différence entre le générateur réel et le générateur idéal.</p> <p>Trace au tableau l'allure de la caractéristique pour les deux types de générateur.</p> <p>Synthétise le savoir finalement établie.</p>	<p>Interviennent juste pour répondre à quelques questions de l'enseignant.</p> <p>Notent le contenu du tableau sur leurs cahiers.</p>

Titre : Effets d'une formation en démarche d'investigation sur les pratiques enseignantes
Cas des enseignants tunisiens de physique

Mots clés : pratiques enseignantes, physique, double approche didactique et ergonomique, démarche d'investigation, formation.

Résumé :

Cette étude, qui s'inscrit dans le prolongement des recherches sur les pratiques enseignantes, examine dans quelle mesure la formation des enseignants de physique à l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, dans le contexte tunisien, pourrait modifier leurs pratiques. La recherche souhaite déterminer dans quelle mesure les enseignants s'approprient les démarches de type investigation, pour une mise en place au service de l'apprentissage de la physique par les élèves.

La double approche didactique et ergonomique (Robert et Rogalski, 2002), qui s'inscrit dans la théorie de l'activité, est adoptée comme cadre théorique.

Le corpus des données est constitué des fiches de TP, d'observations de classe et d'entretiens de type auto-confrontation.

Nous présentons dans cette thèse une analyse des pratiques de deux enseignants de physique. Dans une première partie, nous envisageons une analyse selon

la dimension cognitive pour l'analyse a priori des scénarios de classe afin de reconstituer l'itinéraire cognitif choisi par les enseignants. Dans une deuxième partie, une analyse selon la dimension médiative permet d'inférer des renseignements sur les accompagnements envisagés par les enseignants, les activités possibles ainsi que les apprentissages potentiels correspondants. La troisième partie, en relation avec les dimensions personnelle, institutionnelle et sociale, permet de dégager les déterminants des pratiques.

La recomposition des composantes à l'échelle de plusieurs séances montre que les enseignants sont guidés par des logiques d'actions en lien avec la nature de la séance et que les pratiques des enseignants sont caractérisées par certaines variabilités suite à la formation en démarches de types investigation.

Title : Effects of training in investigative approaches on teaching practices
Case of Tunisian physics teachers

Keywords : teaching practices, physics, double approche didactic and ergonomic, way of investigation, training.

Abstract :

This study, which is involved in improving the researches about teaching practices, aims at examining to what extent the training of the physics teachers in the Tunisian context and concerning sciences based on investigation, contributes in boosting teachers' practice.

As a theoretical framework we chose to adopt a double approach didactic and ergonomic (Robert and Rogalski, 2002).

All the data was gathered from TP papers, lesson's supervision and samples of interviews.

In this paper we represent an analysis for two practices of two teachers of physics. In the first part our analysis is based on cognitive dimension focusing on projects in order to rebuild the cognitive way implemented by the

teacher. In the second part our analysis is based on meditative dimension that allows us give instructions about the co-teaching observed by the teachers, the tasks that can be added and the necessary teaching skills.

The third part is devoted to personal, institutional and social dimensions in order to trace background the teacher's practices.

After gathering all the data, from different lessons, we noticed that teachers are guided by the logic of activities with relation with the type of the lesson so that teachers' practices are characterized by certain variabilities and that is due to their training in type approaches investigation.