



**HAL**  
open science

# Enjeux dans l'appropriation de la démarche d'investigation par des enseignants : Cas de l'enseignement de la résonance électrique en terminale scientifique

Saida Saddouki

► **To cite this version:**

Saida Saddouki. Enjeux dans l'appropriation de la démarche d'investigation par des enseignants : Cas de l'enseignement de la résonance électrique en terminale scientifique. Education. Université de Bretagne occidentale - Brest; Université virtuelle de Tunis, 2019. Français. NNT : 2019BRES0075 . tel-03191625

**HAL Id: tel-03191625**

**<https://theses.hal.science/tel-03191625v1>**

Submitted on 7 Apr 2021

**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.

UNIVERSITE / EDUCATION

BRETAGNE / LANGAGES, INTERACTIONS

LOIRE / COGNITION, CLINIQUE

UBO

Université de Bretagne Occidentale



## THESE DE DOCTORAT EN COTUTELLE INTERNATIONALE

THESE DE L'UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE

COMUE UNIVERSITE BRETAGNE LOIRE

ECOLE DOCTORALE N° 603 (3)

EDUCATION, LANGAGES, INTERACTION, COGNITION, CLINIQUE

SPECIALITE : *SCIENCES DE L'EDUCATION*

THESE DE L'UNIVERSITÉ VIRTUELLE DE TUNIS

ÉCOLE DOCTORALE

DIDACTIQUES, SCIENCES DE L'ENSEIGNEMENT METIERS DE L'EDUCATION ET DE LA FORMATION.

SPECIALITE : *DIDACTIQUE DES SCIENCES PHYSIQUES*

Par

**Saida SADDOUKI**

**Enjeux dans l'appropriation de la démarche d'investigation par des enseignants : Cas de l'enseignement de la résonance électrique en terminale scientifique.**

Thèse présentée et soutenue à Tunis, le 7 décembre 2019

Unités de recherche : CREAD EA3875 à Rennes & ECOTIDI à Tunis

### Rapporteurs avant soutenance :

Cécile de HOSSON Professeure, Université Denis Diderot Paris 7  
Abdelmajid NACEUR Professeur, Université virtuelle de Tunis

### Composition du Jury :

Président : Mohamed TMAR Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis, Université de Tunis  
Examinateurs : Alain JAMEAU Maître de conférences, Université de Bretagne Occidentale  
Cécile de HOSSON Professeure, Université Denis Diderot Paris 7  
Abdelmajid NACEUR Professeur, Université virtuelle de Tunis

Dir. de thèse : Jean-Marie BOILEVIN Professeur, Université de Bretagne Occidentale  
Co-dir. de thèse : Bassem JAMOSSI Professeur, Université virtuelle de Tunis

## **Dédicace**

A l'âme de ma mère.

A mon père : Amara, pour ses consacrés et ses efforts sacrifices, l'encouragement qu'il me porte, son soutien, qu'il trouve dans ce travail le témoignage de ma profonde gratitude et mon infini dévouement.

A mon cher mari : Ahmed qui m'a énormément soutenue et qui m'a supporté durant toutes les étapes de ce travail.

A mes adorables enfants : Oussama, Rafed et Ranim

## **REMERCIEMENTS**

*Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de ma thèse et qui m'ont aidée à réaliser ce travail.*

*Je souhaite tout d'abord exprimer toutes mes reconnaissances à l'égard de mes directeurs de thèse M. Jean-Marie Boilevin et M. Bassem Jamoussi pour le temps qu'ils ont consacré pour diriger cette recherche. Leurs exigences m'ont grandement stimulé. Je les remercie pour le vif intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour leurs encouragements continus durant les mois difficiles de rédaction.*

*Aussi je souhaite adresser toute ma reconnaissance à mon co-directeur de thèse M. Alain Jameau pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

*Je désire ainsi remercier du fond de mon cœur madame Chiraz Ben Kilani grâce à son soutien, sa simplicité, son entière disponibilité et ses conseils. J'exprime également ma gratitude à l'égard à monsieur Jalel Saadi avec qui j'ai commencé mes recherches en didactique.*

*Je voudrais exprimer mes respects les plus profonds tous ceux qui, par leurs apports enrichis et multiformes ont contribué à l'aboutissement et à la réussite de cette recherche, précisément M. Abdelhamid Naceur et Mme Ghislaine Gueudet.*

*Je voudrais remercier vivement les rapporteurs de cette thèse, Mme Cécile de Hosson et M. Abdelmajid Naceur, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail. Je tiens aussi à remercier M. Mohamed Tmar pour avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Un grand merci à toutes les personnes du laboratoire qui m'ont gentiment accueillie parmi eux et m'ont aidée à diverses reprises et surtout Mme Carole Le Henaff, Mme Catherine Goujon, M. Jean-Noël Blocher, M. Cédric Le Moguédec et tous ceux qui m'ont aidé à s'intégrer et qui m'ont simplifié les tâches administratives.*

*Enfin, je tiens à témoigner toute ma gratitude aux deux professeurs qui ont accepté l'intrusion d'une caméra dans leurs classes de quatrième année scientifique. Ainsi je voudrais remercier leurs élèves pour leurs participations actives, leurs patientes et leurs interventions pertinentes.*

**Saida SADDOUKI**

## Listes des tableaux

Tableau 2.1 : Des difficultés rencontrées par les professeurs dans la mise en œuvre de l’investigation scientifique et le choix de décision (Marlot & Morge 2016).....	47
Tableau 3.1 : Mise en parallèle de la terminologie et des significations et des applications du concept dans l’histoire. Mouhouche et El-Hajjami .(2013).....	54
Tableau 4.1 : Composantes de PCK suivants Shulman, Grossman, Marks, Cochran et al. ....	99
Tableau 4.2 : Caractéristiques de l’enseignement en fonction de l’orientation de l’enseignant (Magnusson & al., 1999) .....	104
Tableau 5.1 : Extrait du Scénario pédagogique construit collectivement par les deux enseignants .....	120
Tableau 5.2 : extrait du synopsis de l’étape 1 : introduction de la séance réalisée par Ahmed .....	131
Tableau 5.3 : Extrait du synopsis de la phase 1 montrant les tensions entre Ahmed et ses élèves	134
Tableau 5.4: Extrait du transcrite de l’entretien en auto-confrontation simple avec Ahmed .....	136
Tableau 5.5: Extrait du synopsis de la partie 1 ambiguïté dans la définition de l’oscillateur forcé .....	138
Tableau 5.6 : Extrait du transcrite de l’entretien en auto-confrontation simple avec Ahmed .....	139
Tableau 5.7 : Extrait de transcript du début de l’étape 1 « Ahmed articulant entre les sous tâches de rappel ».....	140
Tableau 5.8 : Extrait du transcript de l’auto-analyse croisée à propos de la situation du rappel proposée par Ahmed .....	141
Tableau T1A : Extrait de transcrite en auto-confrontation croisée : cas de Férid .....	149
Tableau T2A : Schème S11F : Proposition de la situation problème cas de Férid .....	150
Tableau T3A : Schème S’11F : Aide apportée pour faire la compréhension la situation problème proposée .....	151
Tableau T4A Extrait de transcrite de la partie 2 : identification des éléments de poste radio.....	151
Tableau T5A : subdivision de but en deux sous buts.....	154
Tableau T6A : Extrait de transcrite de la partie 2 : identification des éléments du poste radio .....	156
Tableau T7A : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves .....	157
Tableau T8A : Schème S21F : Garder la planification de la séance. Cas de Férid .....	158
Tableau T9A : Schème S31F : évocation du lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d’intensité. Cas Férid .....	163
Tableau T10A : Schème S11A : Présentation de la situation problème. Cas Ahmed. ....	169

Tableau T11A : Schème S'11A : Aide apportée pour faire la compréhension la situation problème proposée. Cas Ahmed. ....	169
Tableau T12A Extrait de transcrit de la partie 2 : utilisation des notions évoquées dans le rappel .....	170
Tableau T13A Extrait de transcrit de la partie 2 : Interaction Ahmed/élèves sur le « comment ?	172
Tableau T14A : subdivision du but en deux sous buts .....	173
Tableau T15A : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves .....	177
Tableau T 16A : Schème S21A : suivre la planification de la séance. Cas Ahmed .....	178
Tableau T17A : Schème S31A : Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio. Cas Ahmed.....	181
Tableau 6.1 : Résultats de l'analyse de l'organisation de l'activité de la situation problème par Férid et Ahmed .....	183
Tableau T18A : extrait de transcription : débat sur la liste de matériel entre Férid et ses élèves E1 et E'1.....	186
Tableau T19A : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves .....	188
Tableau T20A : Schème S42F : Identification des éléments de la liste du matériel. Cas de Férid	191
Tableau T21A : Schème S'42F : Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant. Cas de Férid .....	192
Tableau T22A : Extrait de transcription : débat sur la nature de la fréquence à varier : cas de Férid .....	196
Tableau T23 : Schème S52F : proposition des hypothèses. Cas de Férid. ....	199
Tableau T24 : Schème S'52F : Aide pour formuler les hypothèses. Cas de Férid. ....	200
Tableau T24 : subdivision de but en sous buts .....	202
Tableau T25 : Extrait synopsis montrons les tensions entre Férid et ses élèves de G2 .....	205
Tableau T26A : Schème S62F : Proposition de schéma du montage. Cas de Férid. ....	208
T27A : Schème S'62F : Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant. Cas de Férid. ....	209
Tableau T28A : Schème S42A : Garder la planification de la séance. Cas de Ahmed .....	214
Tableau T29A : Schème S'42A : Influence le choix du matériel. Cas de Ahmed.....	214
Tableau T30 : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves .....	217
Tableau T31A extrait de transcrit : E de G1 ignorent comment formuler une hypothèse .....	218
Tableau T32A : extrait de transcrit : Débat entre Ahmed et ses élèves de G1 lors de formulation des hypothèses.....	219
Tableau T33A : Schème S52A : Identification des hypothèses. Cas Ahmed .....	222

Tableau T34A : Schème S'52A : Aide pour formuler les hypothèses. Cas Ahmed .....	222
Tableau T35A : subdivision de but en quatre sous buts .....	224
Tableau T36A : Schème S62A : Proposition de schéma du montage. Cas Ahmed.....	232
Tableau 7.1 : Résultats de l'analyse de l'organisation de l'activité de formulation des hypothèses par Férid et Ahmed .....	233
Tableau T37A : Schème S73F : Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage. Cas Férid .....	241
Tableau T39A : Schème S83F : Stratégie à suivre dans les mesures. Cas de Férid .....	246
Tableau T40A : Schème S'83F : retour à la stratégie proposée par les élèves. Cas de Férid .....	246
Tableau T41A : Schème S93F : Aide apportée aux élèves. Cas Férid .....	249
Tableau T42A.Extrait de transcription : débat entre les élèves de groupe G1 lors de la réalisation de montage.....	251
Tableau T43A : Schème S : Réalisation d'un montage fonctionnel commun. Cas Ahmed .....	255
Tableau T43A : subdivision du but en deux sous buts .....	256
Tableau T44A : Schème S83A : suivie de la planification de la séance. Cas Ahmed .....	260
Tableau T45A : Schème S'83A : Aide apportée aux élèves. Cas Ahmed .....	261
Tableau T8.1: Résultats de l'analyse de l'organisation de l'activité de l'investigation expérimentale par Férid et Ahmed.....	262
Tableau TS11F : Invariants opératoires. Schème S11F « Proposition de la situation problème ». Cas de Férid .....	265
Tableau Typ1 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S11F .....	265
Tableau Inf1 : Inférences du schème S11F.Cas de Férid.....	267
Tableau Inf2 : Inférences du schème S'11F.Cas de Férid .....	268
Tableau TS21F : Invariantsopératoires.SchèmeS21F « Finir la séance dans le délai ». Cas de Férid .....	269
Tableau Typ3 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schèmeS21F .....	269
Tableau Inf3 Inférences du schème S21F.Casde Férid.....	270
Tableau TS31F : Invariants opératoires. Schème S31F « Evocation du lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité ». Cas de Férid. .	271
Tableau Typ4 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S31F .....	272
Tableau T9.1 de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie de la situation problème. Cas Férid.....	273
Tableau TS11A : Invariantsopératoires.SchèmeS11A « Présentation de la situation problème ». Cas d'Ahmed .....	274

Tableau Typ 5 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S11A .....	274
Tableau TS'11A Invariantsopératoires.SchèmeS'11A « Recours à l'explication de la situation problème proposée ». Cas d'Ahmed.....	275
Tableau Typ6 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S'11A .....	275
Tableau Inf5 : Inférences du schème S11A. Recours à l'explication de la situation problème proposée. Cas d'Ahmed .....	275
Tableau Inf6 : Inférences du schème S'11A. Recours à l'explication de la situation problème proposée. Cas d'Ahmed.....	276
Tableau T S21A Invariants opératoires. Schème S21A « suivre le déroulement de la séance ». Cas d'Ahmed .....	277
Tableau Typ7 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S21A .....	278
Tableau Inf. 7 : Inférences du schème S21A.suivre le déroulement de la séance. Cas d'Ahmed .	278
Tableau TS31A : Invariants opératoires. Schème S31A « Rôle de l'antenne excité dans la réception des ondes radio ». Cas d'Ahmed.....	279
Tableau Typ8 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S31A .....	280
Tableau Inf8 : Inférences du schème S31A. Rôle de l'antenne excité dans la réception des ondes radio. Cas d'Ahmed. ....	280
Tableau T 9.2de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie de la situation problème. Cas de Ahmed.....	281
Tableau S42F : Invariants opératoires. Schème S42F « Identification des éléments de la liste de matériel ». Cas de Férid .....	282
Tableau S'42F : Invariants opératoires. Schème S'42F « Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant ». Cas de Férid .....	283
Tableau Typ9 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'42F.....	283
Tableau Inf9 Inférences du schème S'42F.Casde Ferid .....	284
Tableau Inf10 : Inférences du schèmeS'42F.Cas de Férid .....	284
Tableau T S52F : Invariants opératoires. Schème S52F « Proposition des hypothèses ». Cas de Férid.....	285
Tableau Typ10 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S52F .....	285
Tableau TS'52F : Invariants opératoires. Schème S'52F : « Aide pour formuler les hypothèses ». Cas de Férid .....	286
Tableau Typ11 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'52F.....	286
Tableau T S62F : Invariants opératoires. Schème S62F : Proposition de schéma de montage. Cas de Férid .....	288

Tableau Typ12 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S62F .....	288
Tableau : T S62F Invariants opératoires. Schème S62F : Identification des appareils de mesures de l'intensité efficace du courant. Cas de Férid.....	288
Tableau Typ13 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'62F.....	289
Tableau Inf13 : Inférences du schème S62F.Proposition du schéma de montage. Cas de Férid...	289
Tableau Inf14 : Inférences du schème S'62F.Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant. Cas de Férid.....	290
Tableau T9.3 de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie2 l'hypothèse. Cas de Férid .....	291
Tableau T S42A Invariants opératoires. Schème S42A « Proposition de la liste de matériel ». Cas de Ahmed.....	292
Tableau Typ15 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S42A.....	292
Tableau T S'42A : Invariants opératoires. Schème S'42A « Influence sur le choix de matériel ». Cas de Ahmed.....	292
Tableau Typ16 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S'42A .....	293
Tableau Inf 15 : Inférences du schème S'42A : Proposition de la liste de matériel. Cas d'Ahmed .....	293
Tableau Inf16 : Inférences du schème S'42A.Influence sur le choix de matériel. Cas d'Ahmed .	293
Tableau T S52A : Invariants opératoires. Schème S52A « Identification des hypothèses ». Cas d'Ahmed .....	294
Tableau Typ17 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S52A.....	295
Tableau T S'52A : Les invariants opératoires de schème S'52A.Cas de Ahmed.....	295
Tableau Typ18 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'52A .....	295
Tableau Inf17 : Inférences du schème S52A. Identification des hypothèses. Cas d'Ahmed.....	296
Tableau Inf 18 : Inférences du schème S'52A . Aide pour formuler les hypothèses. Cas d'Ahmed .....	296
Tableau T S62A : Invariants opératoires. Schème S62A« Proposition du schéma de montage ». Cas d'Ahmed .....	297
Tableau Typ19 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S62A.....	297
Tableau Inf 19 : Inférences du schème S62A. Identification des hypothèses. Cas d'Ahmed. ....	298
Tableau de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie2 l'hypothèse. Cas de Ahmed.....	299
Tableau T S73F : Invariants opératoires. Schème S73F « Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage ». Cas d'Ahmed.....	300

Tableau Typ20 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S73F .....	301
Tableau T S'73F : Invariants opératoires. Schème S'73F « Aide apportée aux élèves ». Cas de Férid.....	301
Tableau Typ21 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'73F.....	301
Tableau Inf20 : Inférences du schème S73F. Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage. Cas de Férid .....	302
Tableau Inf22 : Inférences du schème S2. Aide apportée pour obtenir un montage fonctionnel. Cas de Férid .....	302
Tableau T9.5 de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie3 Investigation expérimentale. Cas de Férid.....	303
Tableau T S73A : Invariants opératoires. Schème S73A « Réalisation d'un montage fonctionnel commun ». Cas d'Ahmed .....	304
Tableau typ22 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S73A.....	304
Tableau Inf23 : Inférences du schème S73A. Réalisation d'un montage fonctionnel commun. Cas d'Ahmed .....	305
Tableau T9.6 de typologie des invariants opératoires et des inférences. Partie3 Investigation expérimentale. Cas de Ahmed .....	305
Tableau T1C11 : Conditions matérielles. Cas de Ahmed .....	322
Tableau T2C11 : Conditions matérielles. Cas de Férid .....	322
Tableau T3C11 : Présentation du matériel sur la paillasse. Cas de Ahmed.....	323
Tableau T4C11. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.....	324
Tableau T5C11 : Les séances en classe. Cas de Férid .....	325
T6C11 : Les séances en classe. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. ....	326
Tableau T7C11 : Organisation de la salle. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. ....	326
Tableau T8C11 : Gestion du temps. Cas de Férid .....	327
Tableau T9C11 : L'autonomie de l'élève. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.....	328
Tableau T10C11 : Guidage dans la formulation des hypothèses. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. ....	329
Tableau T10C11 : Précipitation dans les Parties de la DI. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. ....	329
Tableau T11C11 : Manière de gérer l'ensemble des hypothèses. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. ....	330
Tableau T12C11 : La conception et la mise en œuvre de la DI. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. ....	330

Tableau T13C11 : La capacité des élèves. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. ....	331
Tableau T14C11 : Capacité limitée de l'élève. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé. .....	332
Tableau T15C11 : La motivation de l'élève. Cas de Férid .....	332

## Listes des figures

Figure 2.1 : Réponses des enseignants de Sciences Physiques et Chimiques à la question : <i>Selon vous, les difficultés à proposer des démarches d'investigation dans l'enseignement sont...</i> (Rapport d'enquête IFE – ENS de Lyon, Décembre 2011) .....	48
Figure 3.1: Couplage de deux systèmes et modes propres d'oscillants ( <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modes_propres_des_pendules.png">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modes_propres_des_pendules.png</a> ) .....	56
Figure 3.2: Extrait du programme officiel de ministère de l'éducation tunisienne (2009, p.101)...	65
Figure 3.3 : Extrait du programme officiel ministère de l'éducation tunisienne (2009, p. 104).....	66
Figure 4.1 : Schéma d'un système de régulation (Leplat, 2006) .....	89
Figure 4.2: A model of the relationships among the domains of teacher knowledge (Grossman, 1990) .....	97
Figure 4.2 : Modèle développé par Magnusson et al. (1999) sur les différentes composantes des PCK .....	100
Figure5.1 : Extrait de la fiche de l'élève .....	121
Figure5.1 ; Suivi d'Ahmed et Férid pendant l'étude empirique .....	124
Figure5.2: Les trois grains d'analyse constituant le synopsis de séance de TP .....	129
Figure 10.1 Nouvelle connaissance mobilisée. Cas de Férid.....	313
Figure 10.2 Nouvelle connaissance mobilisée. Cas de Ahmed .....	317

## SOMMAIRE

<b>PARTIE 1 INTRODUCTION GENERALE</b> .....	18
Chapitre 1 : Introduction .....	19
1.1 Cadre général : contexte social et institutionnel de la recherche .....	20
1.2 Méthodes d'enseignement des sciences par la DI .....	23
1.2.1 La DI et l'enjeu institutionnel .....	23
1.2.2 Difficultés de modifier les pratiques enseignantes .....	23
1.3 Questionnement initial - objet de la recherche .....	24
1.4 Etude de la chronophagie de la démarche d'investigation : raison de ce choix .....	25
1.5 Régulation de l'activité par l'enseignant dans le cas d'une DI : raison de ce choix .....	26
1.6 Objectifs de l'étude des sciences à l'école et de la démarche d'investigation. ....	26
1.7 Choix d'un savoir à enseigner .....	27
Chapitre 2 : La démarche d'investigation et son aspect chronophage .....	29
2.1 Introduction .....	30
2.2 Place de la DI dans l'enseignement scolaire .....	30
2.3 Des recherches sur la DI .....	31
2.4 Description de la « démarche d'investigation » .....	32
2.4.1 S'agit-il d'une ou des démarches d'investigations ? .....	32
2.4.2 Des diverses manières dont la DI est définie .....	33
2.4.3 Quelle définition de la DI adaptons-nous ? .....	34
2.5 La démarche d'investigation et les programmes officiels .....	35
2.5.1 La démarche d'investigation dans le contexte institutionnel français ....	35
2.5.2 La démarche d'investigation et les programmes officiels tunisiens .....	37
2.6 La démarche d'investigation et la construction du savoir par l'élève .....	42
2.6.1 Les effets des D.I. sur les apprentissages des élèves .....	42
2.6.2 Comment l'enseignant peut-il réussir ? .....	43
2.7 La mise en œuvre de la DI : quelles contraintes ? .....	44
2.7.1 Vue épistémologique .....	44
2.7.2 L'enseignant et la démarche d'investigation .....	44
2.7.3 Des études sur les difficultés de la pratique de la DI .....	45
2.8 L'aspect chronophage de la démarche d'investigation .....	49
2.8.1 Quelles définitions de 'chronophage' .....	49
2.8.2 Travaux antérieurs sur la chronophagie de la DI .....	49

Chapitre 3 : Le concept de résonance en physique .....	51
3.1 Etude épistémologique .....	52
3.1.1 Le concept de résonance en physique .....	52
3.1.2 Evolution terminologique et conceptuelle du concept de résonance.....	53
3.2 Phénoménologie de résonance .....	54
3.2.1 Qu'est-ce qu'un phénomène de résonance ? .....	54
3.2.2 Deux types d'oscillateurs .....	55
3.2.3 Couplage de deux systèmes et modes propres d'oscillations .....	56
3.2.4 L'excitateur et le résonateur : quelle réponse ? .....	57
3.3 Conséquences didactiques et terminologiques .....	58
3.3.1 Introduction .....	58
3.3.2 Quels obstacles ? .....	58
3.3.3 Conclusion .....	60
3.4 Le concept de résonance dans les manuels et dans l'enseignement : quels obstacles ? .....	60
3.4.1 Dans les manuels .....	60
3.4.2 Dans l'enseignement .....	63
3.5 Le concept de la résonance d'intensité électrique dans l'enseignement secondaire.....	63
3.5.1 Présentation du manuel scolaire officiel tunisien de physique de la 4 <sup>ème</sup> année	
3.5.2 Le savoir à propos de la résonance d'intensité dans le programme officiel tunisien.....	64
3.6 Conclusion .....	66
<b>PARTIE 2 : CADRE THEORIQUE .....</b>	<b>68</b>
Chapitre 4 : Cadre théorique .....	69
4.1 Introduction.....	70
4.2 La didactique professionnelle et son entourage théorique .....	72
4.2.1 La théorie de la conceptualisation dans l'action.....	73
4.2.2 Le couplage didactique professionnelle et psychologie ergonomique .....	76
4.3 Concept de schème et sa position par rapport à l'activité .....	80
4.3.1 Quelle définition donner au schème ? .....	80
4.3.2 Les éléments constitutifs du schème .....	83
4.3.3 L'activité humaine et ses vertus.....	86
4.4 Le concept de régulation : définition, objet et modèle .....	87
4.4.1 Introduction .....	87
4.4.2 L'objet de la régulation .....	88

4.4.3	Définition .....	88
4.4.4	Modèle de la régulation .....	89
4.4.5	L'analyse de l'activité et son modèle de régulation .....	90
4.5	Les outils dérivés de la didactique professionnelle : Sélection et synthèse.....	92
4.6	Les liens entre les connaissances de l'enseignant et leur l'action .....	93
4.6.2	Modèle de Shulman.....	95
4.6.3	Développement du modèle de Shulman .....	96
4.6.4	Un débat qui rend flou la notion de connaissances du contenu pédagogique (PCK)	98
4.6.5	Le modèle de PCK retenu .....	99
4.6.6	Identification des composantes des PCK.....	101
4.6.7	Connaissances d'un enseignant comme déterminant de l' action .....	105
4.6.8	Le couplage action/activité .....	108
4.6.9	Tâche et activité : Quelle dialectique ? .....	109
4.7	Synthèse du cadre théorique.....	110
4.8	Questions de recherche.....	111
<b>PARTIE 3 : METHODOLOGIE .....</b>		<b>114</b>
Chapitre 5 : Fondements méthodologiques - Outils de recueils et d'analyse de données .....		115
5.1	Fondements méthodologiques .....	116
5.1.1	Le suivi hors classe des enseignants.....	116
5.1.2	Une étude de l'écart entre le préparé et le réalisé.....	117
5.1.3	La confrontation de l'enseignant à son action .....	117
5.2	Outils de recueil de données .....	118
5.2.1	Une fiche de présentation à remplir .....	118
5.2.2	Un journal de bord individuel .....	119
5.2.3	Scénario pédagogique.....	119
5.2.4	La fiche de l'élève.....	121
5.2.5	Le recueil des données vidéo .....	122
5.2.6	Les entretiens.....	122
5.3	Vue générale .....	123
5.4	Contexte de l'étude .....	125
5.4.1	Le choix des enseignants .....	125
5.4.2	Choix des groupes d'élèves.....	126
5.4.3	Le choix d'objet d'étude .....	126
5.5	Outils de traitement des données .....	126
5.5.1	Premier niveau d'analyse : les synopsis.....	127

5.6	Deuxième niveau d'analyse .....	134
5.6.1	Transcription des vidéos.....	135
5.6.2	Exemples d'analyse de niveau deux.....	136
5.7	Conclusion .....	141
<b>PARTIE 4 : RESULTATS.....</b>		<b>143</b>
Chapitre 6 : Organisation de l'activité de la situation problème par l'enseignant .....		144
6.1	Introduction.....	145
6.2	Situation-problème : Cas de Férid .....	145
6.2.1	Événement remarquable ER1 F : L'incompréhension de la situation problème .....	145
6.2.2	Événement remarquable ER2F : L'ignorance des réponses des élèves .....	155
6.2.3	Analyse d'un événement remarquable ER3F : L'utilisation du concept de diffusion.....	159
6.3	Situation-problème : Cas de Ahmed .....	163
6.3.1	Analyse d'un événement remarquable ER1A .....	163
6.3.2	Analyse d'un événement remarquable ER2A : Interaction avec un seul élève .....	174
6.3.3	Analyse d'un événement remarquable ER3A : concept d'émission et de réception de l'onde radio .....	179
6.4	Conclusion.....	183
Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant .....		184
7.1	Introduction.....	185
7.2	Hypothèse : Cas de Férid .....	185
7.2.1	Analyse d'un événement remarquable ER4F .....	185
7.2.2	Analyse d'un événement remarquable ER5F .....	193
7.2.3	Analyse d'un événement remarquable ER6F : schéma du montage imposé.....	203
7.3	Hypothèse : Cas de Ahmed .....	210
7.3.1	Analyse d'un événement remarquable ER4A .....	210
7.3.2	Analyse événement remarquable ER5A.....	215
7.3.3	Analyse de l'événement remarquable ER6A .....	227
7.4	Conclusion.....	233
Chapitre 8 Organisation de l'activité d'investigation expérimentale par l'enseignant .....		234
8.1	Introduction.....	235
8.2	Investigation expérimentale : Cas de Férid .....	235
8.2.1	Analyse d'un événement remarquable ER7F .....	235

8.2.2	Analyse d'un événement remarquable ER8F .....	242
8.2.3	Analyse d'un événement remarquable ER9F .....	247
8.3	Investigation expérimentale : Cas de Ahmed .....	250
8.3.1	Analyse d'un événement remarquable ER7A .....	250
8.3.2	Analyse d'un événement remarquable ER8A .....	257
8.4	Conclusion.....	262
Chapitre 9	Typologie des inférences et des invariants opératoires .....	263
9.1	Introduction.....	264
9.2	Etape de la situation problème .....	264
9.2.1	Cas de Férid.....	264
9.2.2	Conclusion .....	273
9.2.3	Cas de Ahmed.....	274
9.2.4	Conclusion .....	281
9.3	Etape des hypothèses .....	282
9.3.1	Cas de Férid.....	282
9.3.2	Conclusion .....	290
9.3.3	Cas de Ahmed.....	292
9.3.4	Conclusion .....	298
9.4	Etape de l'investigation expérimentale.....	300
9.4.1	Cas de Férid.....	300
9.4.2	Cas de Ahmed.....	303
9.5	Conclusion.....	306
Chapitre10	: Les régulations du professeur .....	308
10.1	Introduction.....	309
10.2	Cas de Férid .....	309
10.2.1	Description .....	309
10.2.2	Analyse .....	310
10.2.3	Modélisation de régulation.....	313
10.3	Cas de Ahmed.....	314
10.3.1	Description .....	314
10.3.2	Analyse .....	314
10.3.3	Modélisation de régulation.....	317
10.4	Conclusion.....	318
Chapitre 11	Aspect chronophage de la démarche d'investigation .....	320
11.1	Etude de l'aspect du chronophage de la DI .....	321
11.1.1	Le chronophage du point de vue didactique .....	321
11.1.2	Le chronophage du point de vue pédagogique .....	327

11.2	L'impact de la connaissance mobilisée sur l'aspect chronophage de la DI 332	
11.3	Conclusion.....	334
Chapitre 12	Conclusion et perspectives.....	336
11.4	Les connaissances professionnelles mises en jeu dans l'activité de l'enseignant .....	338
11.5	L'activité de l'enseignant et ses connaissances professionnelles mobilisées : Points d'intersections et de distinctions .....	339
11.6	Les régulations du professeur et les connaissances mobilisées .....	340
11.7	Les origines de chronophage de la DI.....	341
11.8	L'impact de la connaissance mobilisée sur l'aspect chronophage de la DI 342	
11.9	Conséquences de la chronophagie de la DI sur le déroulement de cette démarche en classe.....	343
11.10	Perspective de la recherche .....	344
Bibliographie.....		345

# PARTIE 1

## INTRODUCTION GENERALE

# **Chapitre 1 : Introduction**

## 1.1 *Introduction*

Ma thèse de doctorat s'inscrit dans la perspective d'une recherche sur une démarche préconisée dans l'enseignement scientifique : " la démarche d'investigation ". Elle vise tout particulièrement à apporter un éclairage sur la manière dont les enseignants tunisiens de sciences physiques (SP) la mettent en œuvre au lycée. De ce fait, nous essayons d'étudier la faisabilité d'une démarche d'investigation à travers l'analyse de la manière dont les enseignants organisent leurs activités et les types de connaissances professionnelles mobilisées afin d'atteindre les objectifs d'une séance de classe. Notre recherche, par la construction des schèmes tels qu'ils sont décrits par Vergnaud, contribue à former un corpus de connaissances qui pourra éventuellement alimenter le travail des didacticiens, ainsi que celui des formateurs et des enseignants eux-mêmes.

## 1.2 *Cadre général : contexte social et institutionnel de la recherche*

Un aperçu général sur les années quatre-vingt-dix permet de dire que les pays occidentaux commençaient à s'ouvrir économiquement sur le monde entier. Les scientifiques parlent déjà d'un passage des sociétés modernes à des sociétés *postindustrielles* qui développent la notion de *capital humain*. C'est alors que les décideurs politiques et sociaux exigeaient la nécessité d'un renouvellement de l'enseignement des sciences pour qu'il soit de qualité efficiente. En effet, Coquidé et al. (2009) et Boilevin (2013b) évoquent l'existence de rapports parlants de l'exigence de repenser l'enseignement scientifique pour le fonder sur l'investigation. En fait, l'orientation vers ce type d'enseignement vise deux objectifs. Le premier objectif consiste à rendre plus attractif l'image de la science et à encourager les jeunes à choisir les études scientifiques (High Level Group, 2004 ; Rocard et al., 2007) alors que le deuxième consiste à changer les approches pédagogiques jugées trop cloisonnées (Rolland, 2006) et trop déductives (Bach, 2004 ; Rocard et al., 2007).

De son côté, Venturini (2012) met l'accent sur l'importance de la pensée critique, l'innovation, l'autonomie, la capacité à résoudre des problèmes pour *s'y insérer* positivement dans *une société post-industrielle*

Cette perspective sociétale va avoir une traduction importante au niveau de l'enseignement des sciences. En effet, depuis longtemps le but de l'enseignement des sciences consistait seulement en l'apprentissage de connaissances scientifiques. On cherche désormais à former les élèves de telle sorte qu'ils deviennent des citoyens capables d'avoir un avis éclairé sur

les choix scientifiques de la société. Il apparaît donc nécessaire de tenir compte d'une nouvelle finalité dans l'enseignement scientifique : l'étude de la nature de la science et de ses pratiques.

A l'échelle internationale, l'enseignement fondé sur l'investigation prend place dans les contextes nationaux et institutionnels.

En effet, cette méthode d'enseignement scientifique a été intégrée depuis plus d'un siècle dans les curriculums des sciences dans de nombreux pays, notamment les pays anglophones comme l'Angleterre et les Etats Unis (Hasni & Bousadra, 2016). Or, dans ces pays anglo-saxons, les mises en texte et en œuvre des démarches d'investigation ont été déclinées de façons différentes. On parle donc de diverses versions : Inquiry-Based Science Education (IBSE) ; Inquiry-Based Instruction (IBI) ; Inquiry-Based Teaching (IBT).

Aux États-Unis, ce type d'enseignement est décrit sous le terme de « inquiry » (Schwab & Brandwein, 1962) et de façon explicite dans les curricula américains (AAAS, 1989 ; NRC, 1996) et dans d'autres pays (English National Science Curriculum ; Pan Canadian Science Project). Ces DI (*Inquiry*) sont décrites comme un objet d'enseignement que les élèves doivent progressivement s'approprier (Minstrell & Kraus, 2005).

Dans ce contexte international de renouvellement, le comité national de recherche des États Unis recommandait, depuis 1996, de fonder l'enseignement des sciences sur l'élaboration de situations de classe dans lesquelles les élèves seront amenés à conduire leurs propres investigations (Coquidé et al., 2009). De même, en Europe, le rapport Rocard exige un enseignement basé sur la conduite par les élèves de leurs propres investigations.

En Europe, et plus précisément en France, le rapport Rocard (2007) exige un renouvellement de l'enseignement des sciences appuyé sur la conduite des élèves dans leurs propres investigations. En fait, l'enseignement basé sur l'investigation se diffuse progressivement dans les curricula européens (EURYDICE, 2006). L'objectif fondamental de l'institution est de faire évoluer les pratiques d'enseignement des sciences et des technologies en rendant l'apprentissage plus actif et plus motivant et en proposant aux élèves des tâches plus ouvertes, leur laissant plus d'autonomie (Boilevin, 2013a).

Alors, la France est également intéressée par une démarche dénommée Démarche d'Investigation (DI). Selon Calmettes & Matheron (2015), ces déclinaisons variées peuvent certainement être mises en relation, au moins partiellement, avec des références historiques et culturelles distinctes. Dans le cadre institutionnel français, la DI est introduite dans les

programmes de l'école primaire en 2002 (MEN, 2002) et du collège en 2005 sous la consigne de l'investigation comme « une démarche qui privilégie la construction du savoir par l'élève » (MEN, 2005). Par la suite, la DI a été adoptée au lycée professionnel en 2009 et dans les classes de seconde générale en 2010 (Grangeat, 2014). Depuis 2015 (MEN, 2015b), le terme de « démarches scientifiques » apparaît de manière structurante dans les textes de l'école et du collège sans qu'une distinction ne soit clairement faite avec la démarche d'investigation.

. Cette DI est recommandée dans les instructions officielles sous forme d'une perspective socioconstructiviste, laquelle tient compte des échanges (débat) entre les élèves afin de construire leur propre savoir, tel qu'il est préconisé dans les instructions officielles. Cela favorise les échanges entre les élèves afin de construire leur propre savoir (Rocard et al., 2007). Notons que cette démarche est considérée avant tout comme un moyen d'enseignement (EURYDICE, 2011).

Dans le même esprit, la Tunisie a quand même fourni des efforts, si limités qu'ils soient, afin d'améliorer la qualité de l'enseignement. Une analyse des programmes officiels et des curriculums tunisiens nous permet de remarquer qu'ils mettent l'accent sur l'action pédagogique qui doit assurer la motivation des élèves. Le programme tunisien en vigueur de 2009 n'impose pas une démarche d'enseignement précise à suivre, mais il laisse l'autonomie à l'enseignant de choisir une démarche adéquate pour sa pratique en classe, l'essentiel est qu'elle soit active d'une façon générale sans signaler explicitement la DI comme approche d'enseignement.

Signalons que plusieurs recherches en didactique des sciences ont montré que les difficultés d'apprentissage sont responsables en partie des échecs scolaires constatés. Des travaux ont montré que ces difficultés ne sont pas liées seulement au savoir lui-même et aux représentations que se font les élèves et les enseignants sur les sciences mais aussi aux pratiques pédagogiques des enseignants (Robert & Rogalski, 2002 ; Mathé et al., 2008). Dès 1996, aux États Unis, le comité national de recherche préconisait de fonder l'enseignement des sciences sur l'élaboration de situations de classe dans lesquelles les élèves seront amenés à conduire leurs propres investigations (Coquidé et al., 2009).

Les études et les travaux sur le concept de la démarche d'investigation et sa mise en œuvre au sein de la classe sont en nombre considérable. Toutefois, nous nous limiterons à repérer plus particulièrement quelques recherches offrant l'importance de cette démarche dans le cadre des bouleversements des pratiques enseignées d'une façon à devenir plus proche du quotidien des élèves (Martin & Givry, 2013 ; Boilevin, 2013b).

### 1.3 *Méthodes d'enseignement des sciences par la DI*

#### 1.3.1 **La DI et l'enjeu institutionnel**

L'enseignement basé sur « l'inquiry » (Inquiry-based Teaching-IBT) a pris une place fondamentale dans les recherches en éducation scientifique dans la majorité des programmes de recherche des pays francophones et anglo-saxons. Notons que les enseignants ont rapidement constaté la nécessité de dynamiser leur enseignement, de les rendre plus intéressants pour les élèves, d'améliorer leurs apprentissages et de renouveler leurs approches pédagogiques en classe (Venturini, 2016).

Cette DI pourrait rendre l'élève un élément effectif et responsable au cours de la construction de son savoir (Calmettes, 2008), et lui permet de réaliser un protocole expérimental non imposé par son enseignant et vérifier ses hypothèses (Coquidé et al., 2009).

#### 1.3.2 **Difficultés de modifier les pratiques enseignantes**

L'usage de la DI en classe doit permettre, selon certains auteurs, d'améliorer la compréhension des concepts scientifiques, de comprendre la nature de la science, de développer la disposition à répondre aux questions et d'améliorer les attitudes à l'égard de la science (Astolfi et Develay, 2002 ; Boilevin, 2013b ; Gengarely et Abrams, 2009). Il en découle que des contraintes apparaissent, lesquelles sont dues aux incitations institutionnelles sur la pratique de la DI en classe (Coquidé et al., 2009). Ainsi, toute activité de classe ne peut pas être labellisée « investigation » (Boilevin et al., 2009) car des tâches scolaires dénommées « investigation », sont souvent en décalage avec l'esprit des instructions (Barrow, 2006 ; Mathé et al., 2008). De plus, l'utilisation de la DI pourrait entraîner des obstacles chez l'enseignant lors de la conception des dispositifs didactiques, ce qui entraîne une perturbation du temps didactique (Calmettes, 2008) et une rupture dans la pratique d'enseignement en changeant les rôles de l'enseignant (Weil-Barais & Dumas Carré, 1998).

En effet, les chercheurs, tout comme les institutions, ne sont pas tous d'accord sur ce que sont ou sur ce que devraient être ces démarches d'investigation scientifique. De nombreuses recherches s'intéressent aux conditions de leur mise en œuvre en classe et à leurs effets sur les apprentissages des élèves (Grangeat, 2011). Ainsi, Boilevin et al. (2012), Calmettes (2012), Jameau (2015) et Marlot et Morge (2016) mettent en évidence les écarts et les tensions entre les prescriptions et les connaissances professionnelles des enseignants.

L'exploitation de la DI au sein de la pratique d'enseignement ordinaire de SP met l'accent sur l'existence d'une certaine variabilité ainsi que sur les écarts entre ce qui est prévu intentionnellement et ce qui est réalisé par l'enseignant pendant le temps didactique (Calmettes, 2008). Selon Calmettes, les facteurs dont dépend la pratique sont :

- Gestion des interactions langagières enseignant-élèves ou entre élèves ;
- Définition et gestion des prérequis, des savoirs scientifiques en jeu ;
- Guidage plus ou moins fort au niveau des travaux pratiques et aussi au niveau des activités des élèves et des connaissances limitées sur le processus de la démarche elle-même, en particulier sur les points de départ que constituent la problématisation et l'émission ;
- Gestion du temps didactique.

Le dernier facteur (la gestion du temps didactique) représente l'aspect chronophage de la DI. En fait, les travaux de Mathé (2010) ont montré que la mise en œuvre de la DI est très chronophage. Nous pouvons alors nous interroger sur les origines de cette chronophagie et envisager d'autres questions : Quelles sont ses conséquences sur la DI ? Quels sont ses effets sur l'enseignant ? Peut-on aider ce dernier à gagner du temps et minimiser les moments de régulation en gardant l'esprit de la DI ?

#### 1.4 *Questionnement initial - objet de la recherche*

La physique et la chimie sont des sciences expérimentales qui se fondent sur des méthodes scientifiques. La majorité de ces méthodes consiste pour l'essentiel à répondre aux questions scientifiques grâce à des expériences soigneusement planifiées et exécutées. La DI permet alors d'apporter une réponse satisfaisante à la situation.

Villeret (2018) montre que pour des enseignants débutants, étudiants en M1 et M2 du master MEEF (Master Enseignement, Education et Formation) parcours Physique Chimie, la mise en place de DI dans les classes ne va pas de soi puisqu'il existe, en plus des difficultés inséparables à toute démarche expérimentale, des obstacles (au sens bachelardien du terme) rencontrés par les jeunes collègues qui n'arrivent pas à mettre en œuvre cette démarche ou à gérer ce type de situation, au point parfois de renoncer à bâtir ce type de scénario pédagogique. Que peut-on dire alors pour le cas des enseignants tunisiens en sciences physiques qui sont novices dans la pratique de la DI ?

A notre connaissance, cette question n'a pas été encore abordée par la recherche en didactique dans le contexte tunisien. Nous nous proposons donc, dans la suite de cette étude, de nous focaliser sur la faisabilité de la mise en œuvre de la DI dans l'enseignement de la physique dans le contexte tunisien. Pour cette raison, nous analysons les pratiques de quelques enseignants au sein de la classe et la manière dont ils gèrent le déroulement de cette démarche afin d'atteindre les objectifs d'apprentissage visés. Nous pouvons alors proposer une formulation préalable des questions auxquelles nous souhaitons répondre : Quels types de difficultés les enseignants tunisiens rencontrent-ils dans la pratique de la DI ? Peut-on mettre à jour une typologie ? Quelles sont les origines de la chronophagie de la DI ? Quels sont ses conséquences sur cette démarche ? Quelles sont ses effets sur l'enseignant ? Peut-on aider ce dernier à gagner du temps et minimiser les moments de régulation en gardant l'esprit de la DI ?

### 1.5 *Etude de la chronophagie de la démarche d'investigation : raison de ce choix*

Le rapport d'enquête IFÉ-ENS en 2011, sous le titre de « *Démarche d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT, et technologie* », montre l'existence des difficultés liées à la mise en place des démarches d'investigation dans l'enseignement telles que la gestion des élèves durant une séance, les contraintes issues du manque du temps et du manque d'autonomie. Ce même rapport dévoile les principales difficultés à proposer des démarches d'investigation dans l'enseignement et précisément celles exprimées par les enseignants de Sciences physiques et chimiques). Ces difficultés résident dans le fait que les DI sont chronophages, et surtout délicates à gérer en classe, ce qui relève du rapport avec les élèves, en termes d'autonomie. Pour notre part, nous pensons que le volume horaire alloué à l'apprentissage doit être pris en considération si l'on veut développer la mise en œuvre de ces démarches dans les classes.

Ainsi, les travaux de Mathé (2010) montrent que la gestion du temps est également problématique pour les enseignants. Les élèves mettent plus de temps à se mettre au travail que dans un cours classique. Les travaux de Mathé se limitent à l'identification de cet aspect de chronophagie. C'est pourquoi nous essayons à travers notre recherche d'étudier comment l'enseignant réagit-il pour réduire cet aspect dans le cadre d'une régulation en classe.

## 1.6 *Régulation de l'activité par l'enseignant dans le cas d'une DI : raison de ce choix*

Lors d'une séance d'enseignement fondée sur la DI, l'enseignant rencontre des difficultés liées à cette démarche. C'est pourquoi, il prend des décisions de régulation afin d'assurer la continuité du déroulement de son activité, et de celle des élèves, et par là-même atteindre les objectifs d'apprentissage escomptés.

Nous utilisons dans notre étude un modèle de régulation (Leplat) qui permet d'éclairer l'analyse de l'activité. Nous cherchons, à travers ce modèle, à mettre en avant l'intérêt de la régulation dans la réduction de la chronophagie de la DI ainsi que la limite de sa réalisation. En effet, les travaux de Jameau (2012b) montrent qu'il y a une relation entre les connaissances mobilisées par l'enseignant et la régulation rétroactive de son activité qui lui permettent d'ajuster sa préparation. Nous discutons ainsi des intérêts du croisement de la didactique des sciences avec la didactique professionnelle pour décrire l'activité des enseignants et les apprentissages des élèves, notamment au cours d'une DI.

## 1.7 *Objectifs de l'étude des sciences à l'école et de la démarche d'investigation.*

La question de l'optimisation de la mise en œuvre de la démarche d'investigation au sein de la classe est une question primordiale dans notre recherche, car d'une part, c'est une démarche qui exige plus d'autonomie et plus de responsabilité de la part de l'élève afin qu'il puisse s'approprier la situation problème proposée et construire son savoir, et, d'autre part, c'est une démarche répandue dans plusieurs pays et à tous les niveaux scolaires, comme l'a déjà relevé Boilevin (Boilevin, 2013b).

En effet, Kaaba. (2015) confirme que cette démarche permet de développer les compétences méthodologiques et transversales suivantes :

- *S'informer : savoir observer, questionner*
- *Réaliser : manipuler et expérimenter, exercer des habiletés manuelles, réaliser certains gestes techniques (utiliser des instruments d'observation et de mesure, faire un dessin d'observation, réaliser un dispositif expérimental) ;*
- *Raisonner : pratiquer une démarche d'investigation : mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions, formuler une hypothèse et la tester, argumenter (faire des*

*prévisions, concevoir des expériences, exploiter des données ou des résultats, comparer) ;*

- *Communiquer : exprimer et exploiter les résultats d'une mesure ou d'une recherche en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral (poser des questions précises et cohérentes, décrire le protocole expérimental, rédiger un compte-rendu, un résumé, faire une représentation schématique, légènder). (Ibid., p.5)*

## 1.8 *Choix d'un savoir à enseigner*

Notre recherche de thèse se fait dans le cadre de la DI en prenant comme concept scientifique à enseigner la résonance d'intensité électrique en classe de terminale. Ce choix de concept s'appuie sur les raisons suivantes. Tout d'abord, parce qu'en 2010, j'ai soutenu un mastère de recherche à l'ISEFC (Tunis) portant sur le concept de condensateur. Le savoir à enseigner portait sur le condensateur qui représente un concept assez important dans le programme officiel tunisien en sciences physiques. Notre objet d'étude correspondait aux difficultés rencontrées par les élèves de terminale scientifique lors de l'apprentissage de concept du condensateur. Ensuite, parce que ce travail de mastère pourrait être une base initiale pour notre thèse, puisque la résonance d'intensité électrique est liée au concept de condensateur. Finalement, parce que ce savoir enseigné fait partie du thème d'électricité en terminale scientifique en Tunisie. Ce dernier renferme l'étude du condensateur (charge et décharge), du dipôle condensateur résistor (dipôle RC), du dipôle condensateur bobine (dipôle RL), des oscillations électriques amorties, des oscillations électriques forcées et de la résonance électrique.

Notre travail de thèse s'organise en quatre parties et suit la logique conventionnelle de présentation de ce type de travail scientifique.

La première partie porte tout d'abord sur le contexte socio-institutionnel de l'enseignement scientifique et sur les méthodes d'enseignement des sciences par la DI puisque notre recherche est centrée sur cette démarche. Nous présentons les raisons d'étudier la chronophage de la DI et la régulation de l'activité par l'enseignant. Ainsi, nous précisons les objectifs de la recherche et du choix de la résonance d'intensité comme un savoir à enseigner (Chapitre1). Ensuite, nous faisons le point sur la place de la DI dans l'enseignement scolaire, sur son histoire et son développement en s'appuyant sur quelques recherches. Pour avoir une idée plus claire et plus approfondie sur cette démarche étudiée, nous la décrivons à travers ses diverses définitions, son emplacement dans les programmes officiels français et tunisiens et ses effets sur l'apprentissage de l'élève et sur la pratique enseignante. En effet notre travail nous exige

de traiter la mise en œuvre de la DI en classe et de dévoiler quelques difficultés rencontrées en se basant sur des travaux antérieurs et plus précisément nous mettons l'accent sur l'aspect chronophage de cette démarche. Puis nous faisons une étude épistémologique sur le concept de résonance afin de mettre en relief les types d'obstacles rencontrés lors de son évolution et une analyse au près des programmes tunisiens(chapitre2).

Dans la deuxième partie nous présentons le cadre de notre recherche en précisant les outils théoriques dont nous appuyant dans l'analyse de données. Nous mettons en lumière le problème spécifique de notre travail et la question qui préside à cette étude (chapitre 4).

Dans la troisièmement partie nous décrivons le processus suivi lors de la partie empirique en passant par le fondements méthodologiques le contexte de l'étude et les outils de recueil et de traitement de données (chapitre 5).

Dans la quatrième partie nous analysons tout d'abord la pratique de l'enseignant en identifiant les éléments de schèmes modélisant l'organisation de l'activité de la situation problème ( chapitre 6),de l'activité des hypothèses ( chapitre7) et l'activité de l'investigation expérimentale(chapitre8).Ensuite, nous réalisons une typologie des invariants opératoires et des inférences construisant les différents schèmes identifiés dans les chapitres 6,7 et8 selon les catégories de connaissances professionnelles mobilisées par l'enseignant lors de sa pratique des trois activités( situation problème , hypothèses et investigation expérimentale).Nous cherchons de trouver une connaissance commune ( de même type) entre les invariants opératoires et les inférences (chapitre9).Puis nous étudions quelques activités de régulation réalisées par les enseignants, afin de dépasser les difficultés rencontrées par leurs élèves en identifiants les types de connaissances professionnelles mobilisées. (Chapitre10). Au terme de cette partie nous étudions les facteurs dont dépend la chronophagie de la DI et aussi l'impact des connaissances mobilisées par l'enseignant sur cet aspect (chapitre 11).

## **Chapitre 2 :**

# **La démarche d'investigation et son aspect chronophage**

## 2.1 *Introduction*

Un aperçu historique sur les démarches d'investigation nous permet de signaler qu'elles ont pris naissance aux U.S.A. dans les années 60. Il s'agit alors d'un courant qui oriente l'enseignement des sciences vers l'investigation scientifique, courant connu dans plusieurs pays et sous plusieurs dénominations : démarche d'investigation, *Inquiry based science*, *Inquiry based instruction*, *Inquiry based science education*, *Inquiry based science teaching*. Selon Boilevin (2013b), cette réflexion a été conduite par plusieurs chercheurs qui ont rencontré des difficultés pour trouver une seule définition qui posséderait un caractère universel. Dans ce chapitre, nous allons donner quelques éclaircissements sur les démarches d'investigations et par là-même nous allons nous positionner par rapport aux travaux de recherche antérieurs sur l'investigation.

## 2.2 *Place de la DI dans l'enseignement scolaire*

Les situations traditionnelles d'enseignement des sciences s'appuient fréquemment sur la mémorisation et l'utilisation de procédures (Villeret, 2018). Les démarches expérimentales mises en œuvre au sein de la classe apparaissent souvent comme stéréotypées (Leach et Paulsen, 1999 ; Mathé, Méheut & De Hosson, 2008). C'est pourquoi l'élève se trouve dans un processus où il est amené à suivre des protocoles expérimentaux prescrits (Johsua et Dupin, 1993) afin d'illustrer un phénomène ou mettre en évidence des lois (Tiberghien et al., 2001). Le passage à l'application d'un cadre socioconstructiviste exige la modification des fonctions de l'enseignant.

En effet, les résultats donnés par l'Association Internationale pour l'Evaluation du Rendement Scolaire (I.E.A), en février 1995, ont mis l'accent sur une carence des acquis des élèves en sciences dans le monde entier. Ainsi à partir de l'année 1996, aux États Unis, le comité national de recherche préconisait de fonder l'enseignement des sciences sur l'élaboration de situations en classe où les élèves seront amenés à conduire leurs propres investigations (Coquidé et al, 2009).

A l'échelle européenne, le rapport Rocard (Rocard et al., 2007) appelle aussi à un renouvellement de l'enseignement des sciences fondé sur la conduite par les élèves de leurs propres investigations. Cette démarche tient compte des échanges entre les élèves afin de construire leur propre savoir, tel qu'il est préconisé dans les instructions officielles (Rocard et al., 2007).

Dans le même ordre d'idée, la Tunisie a fourni des efforts considérables pour améliorer la qualité de l'enseignement, rechercher la meilleure adéquation possible entre la formation et

l'emploi, ouvrir l'école sur la société et le monde moderne. Les décideurs sont conscients que « *Si les citoyens n'arrivent pas à suivre l'évolution rapide et perpétuelle de ces sciences, ils vont se trouver dépassés pour se situer dans le monde* » (Ministère de l'éducation, 2009, p.3). Ainsi, de grands chantiers de réformes ont été entamés depuis l'année 1990, notamment en matière de rénovation qui visait essentiellement la généralisation de l'enseignement, l'amélioration de sa qualité y compris celle du contenu pédagogique et la restructuration des cycles de l'éducation. Malgré le lancement d'un nouveau programme de sciences physiques (Septembre 2009), la démarche d'investigation n'est pas évoquée comme étant une approche d'enseignement.

### 2.3 *Des recherches sur la DI*

Selon Venturini et Tiberghien (2012) ou encore Bächtold (2012), Boilevin (2013a, 2013b), il existe de très nombreux travaux de recherche sur les démarches d'investigation aussi bien au niveau français qu'au niveau international. Nous présentons dans ce paragraphe quelques-uns de ces travaux.

Nous trouvons ainsi des études portant sur l'analyse des curricula et plus particulièrement sur l'explicitation du sens accordé à l'expression « démarche d'investigation » (Dell'Angelo, Coquidé et Magneron, 2012 ; Gengarelly et Abrams, 2009 ; Minner, Levy et Century, 2009 ; Park Rogers et Abell, 2008 ; Venturini et Tiberghien, 2012 ; Hasni, Belletête et Potvin 2018).

En outre, des recherches existent sur les représentations des enseignants concernant les DIS (Park Rogers et Abell, 2008 ; Prieur, Monod-Ansaldi et Fontanieu, 2013). Des recherches sont faites sur les croyances et les connaissances des enseignants sur la nature des sciences (Crawford, 2007 ; Gyllenpalm *et al.* 2010 ; Péliissier et Venturini, 2012). D'autres sont faites sur la mise en évidence des écarts et des tensions entre les prescriptions et les connaissances professionnelles des enseignants comme les travaux de Boilevin *et al.* (2012), Calmettes (2012), Jameau (2015) et Marlot et Morge (2016).

Certaines études s'intéressent aussi aux effets de ce type de démarches sur les apprentissages des élèves (Blanchard *et al.*, 2009 ; Minner *et al.*, 2009 ; Windschitl, 2003). D'un point de vue méthodologique, citons par exemple les travaux de Mathé, Méheut et De Hosson (2008), Calmettes (2009), Mathé (2010), Gandit, Triquet et Guillaud (2013) portant sur des analyses de questionnaires, des fiches de préparation, des entretiens (enregistrements audio ou vidéo) et aussi sur des analyses après vidéo de classes.

Du point de vue de l'analyse de la formation à la DI, nous trouvons comme exemples, les travaux de Blanchard *et al.* (2009), Grangeat (2013) ou encore Ostermeier *et al.* (2009) sur la formation des enseignants à ces nouvelles pratiques.

La majorité des recherches montrent également une grande diversité dans les discours et les pratiques des enseignants lors de la mise en place des démarches d'investigation en physique : Boilevin (2012, 2013a, 2013b), Martinet & Gandit (2011), Triquet & Guillaud (2011), Calmettes (2012a, 2012b, 2012c), Bressoux (2013), Delserieys-Pedregosa *et al.* (2011). Alors que d'autres étudient les fondements épistémologiques, psychologiques et didactiques de ce type d'enseignement (Bächtold, 2012 ; Cariou, 2013).

## 2.4 Description de la « démarche d'investigation »

### 2.4.1 S'agit-il d'une ou des démarches d'investigations ?

Dans les propositions didactiques, le constructivisme et le socioconstructivisme sont souvent pris comme des références épistémologiques à la DI (Calmettes, 2008). Ces séquences d'investigation sont connues par leurs diversités de champs disciplinaires mais également à l'intérieur d'un même domaine (Morge & Boilevin, 2007). La question décisive consiste en la responsabilité de l'élève vis-à-vis du savoir (Monod-Ansaldi *et al.*, 2011). Boilevin (2013a) montre que les travaux d'investigation menés par Morge (Morge *et* Boilevin, 2007) sont caractérisés par des tâches, proposées aux élèves, plus riches et plus variées que celles envisagées par les instructions officielles françaises du moment. Boilevin (2017) parle de certaines conditions à prendre en compte. Il évoque en fait des démarches d'investigation permettant aux élèves de construire différents types de savoirs : les savoirs sur les sciences, les savoir-faire des sciences et les savoirs conceptuels scientifiques. Boilevin (2013a) parle de la présence de contenus scientifiques, de tâches ou de problèmes à résoudre en utilisant des activités cognitives et expérimentales, des débats argumentatifs et des communications entre pairs et d'une structuration des connaissances. Pour cet auteur, ce sont des tâches qui peuvent aller au-delà de la démarche scientifique de type hypothético-déductive. Il ajoute dans le même sens que la « *démarche d'enseignement par investigation doit prendre en considération les élèves en les amenant à s'appropriier les tâches proposées par leur professeur mais aussi en les faisant participer à la validation des productions individuelles et collectives* » Boilevin (2013a, p. 192). Nous pensons qu'il existe un écart entre les attentes des didacticiens par rapport à la démarche d'investigation d'un côté et les résultats obtenus en classe à la suite de la pratique de cette démarche par les enseignants d'un autre côté. Nous estimons que cela est dû entre autres, à la transposition de ce

savoir qui n'a pas eu lieu de façon claire chez les enseignants. En effet, les enseignants souhaitent se l'approprier sans aucune ambiguïté, mais de multiples contraintes rencontrées les empêchent de mettre en œuvre la DI au sein de la classe. De ce fait, nous verrons plusieurs définitions de démarche d'investigation.

#### 2.4.2 Des diverses manières dont la DI est définie

Les démarches d'investigation (DI) dans l'enseignement des sciences font l'objet d'incitations institutionnelles fortes, en France (B.O. 2007) comme au niveau international (Rocard et *al.*, 2007). Elles peuvent être définies de manières diverses (Loisy et *al.* 2010 ; Matheron, 2010 ; Lebaud & Gueudet, 2012). Elles peuvent ainsi faire référence à un positionnement épistémologique concernant les sciences et leur apprentissage ; elles peuvent aussi désigner une certaine organisation de l'enseignement en classe, voire des compétences à acquérir par les élèves (ces deux acceptions étant présentes dans les textes officiels en France).

Les travaux de Perron (2018) sur l'enseignement scientifique, et plus précisément sur les démarches d'investigation en classe, montrent l'existence d'un certain nombre de définitions et de caractérisations de ces démarches données par des chercheurs et dont nous choisissons quelques exemples.

Nous notons d'abord, que le terme « investigation » peut être évoqué dans l'enseignement des sciences pour décrire les pratiques des enseignants ou l'apprentissage des élèves. Bien qu'aucun consensus ne semble être trouvé (Jameau et Boilevin, 2015 ; Rönnebeck, Bernholt et Ropohl, 2016), il est possible d'identifier des éléments communs présents dans de nombreux écrits scientifiques. Linn, Davis et Bell (2004) ont donné la définition suivante :

*Par définition, une investigation est un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de planification des recherches, de recherche d'hypothèses, de recherche d'informations, de construction de modèles, de débat avec des pairs et de formulation d'arguments cohérents. (Cité par Cariou, 2015, p. 14)*

Or il nous semble que cette définition présente une certaine insuffisance, car il n'est pas indiqué si tous ces aspects doivent être présents simultanément pour qu'on puisse définir convenablement une investigation.

Les travaux de Hasni et Samson (2008) montrent qu'il est possible de distinguer les moments clés caractérisant une DI : la formulation d'un problème, la planification et la validation d'un ou de plusieurs recueils de données, la mise en œuvre de cette planification (investigation structurée), l'analyse et l'interprétation des données, ainsi que la confrontation des conclusions et la reconstruction du savoir scientifique visé. Les auteurs exigent que ces moments ne soient pas perçus comme étant des étapes fixes, mais qu'il y ait des allers et des retours entre eux.

. Grangeat (2013) identifie les six dimensions suivantes des DI : l'origine du questionnement, la nature plus ou moins ouverte du problème, la responsabilisation des élèves, la prise en compte de leur diversité, le rôle de l'argumentation et enfin l'explicitation des savoirs reconstruits.

De son côté, Cariou (2015) classe les DI en trois sortes d'investigation tout en s'appuyant sur le type d'interrogation qui les suscite. Il cite ainsi l'investigation informative (la réponse est une information), l'investigation explicative (la réponse est une explication) et l'investigation pragmatique (la réponse est un moyen).

Des études anglophones sont faites sur la diversité des définitions des DI et aussi sur la prédominance de la caractérisation par une liste de phases (moments clés) (Hasni, Belletête et Potvin, 2018). C'est aussi le cas des travaux de Pedaste *et al.* (2015), et aussi Rönnebeck *et al.* (2016) sur les phases des DI (*inquiry phases*). De même, nous trouvons les travaux de Linn, Davis et Bell (2004) qui décrivent l'inquiry comme un processus en neuf étapes (steps) débutant par le diagnostic de problèmes et se terminant par la formation d'arguments cohérents » (p.3 et 51). Minner, Levy et Century (2009) scrutent les DI suivant cinq composantes : élaborer des questions, concevoir des expériences, collecter des données, tirer des conclusions, communiquer les résultats.

Par conséquent, cette diversité de définitions nous montre qu'il n'y a pas une seule démarche d'investigation scientifique mais qu'il vaut mieux évoquer des DI.

#### 2.4.3 Quelle définition de la DI adaptons-nous ?

Dans cette recherche, nous allons choisir la démarche d'investigation au sens de Morge et Boilevin (2007) car nous pensons que la définition qu'ils fournissent est plus pragmatique. En effet, « Une séquence d'enseignement serait une séquence d'investigation si l'élève effectue un ou des apprentissages au cours de la séquence, en réalisant des tâches qui ne sont pas uniquement des tâches d'ordre expérimental, et en participant à la validation des productions des autres élèves, autrement dit en participant au choix argumenté entre plusieurs méthodes, plusieurs

*hypothèses, plusieurs protocoles expérimentaux, plusieurs explications, plusieurs modèles.* » (Morge et Boilevin, 2007, p.45). Boilevin (2013, p. 192) ajoute que la démarche d'enseignement par investigation doit prendre en considération les élèves en les amenant à s'approprier les tâches proposées par leur professeur mais aussi en les faisant participer à la validation des productions individuelles et collectives.

Nous nous focalisons dans notre étude sur la mise en œuvre d'une démarche d'investigation en classe où, d'une part, les élèves seront responsables, en totalité ou en partie, du savoir en jeu et où l'enseignant sera capable, d'autre part, de s'approprier la pratique de cette démarche.

Pour que l'enseignant puisse réussir dans la mise en œuvre de cette démarche d'investigation, il est primordial d'une part de construire une situation problème pertinente (Jameau, 2012a ; Saddouki, Boilevin et Jameau 2016) et d'autre part, de se poser les bonnes questions tout au long du processus. Ainsi, pour que les élèves puissent construire leur savoir à travers cette méthode de travail, il est nécessaire qu'ils soient accompagnés par leur enseignant. Nous constatons que le rôle de ce dernier est fondamental dans l'orientation de ses élèves vers les différentes activités d'investigations. Par exemple, l'enseignant peut les aider à concevoir ces activités, à interpréter leurs résultats et à les analyser afin de valider ou invalider leurs hypothèses de départ. A partir de ce moment-là, l'enseignant peut s'approprier cette démarche d'investigation.

## 2.5 *La démarche d'investigation et les programmes officiels*

### 2.5.1 **La démarche d'investigation dans le contexte institutionnel français**

En 2002, la démarche scientifique, qui n'est pas encore appelée démarche d'investigation est déjà initiée dans les programmes du primaire (MEN, 2002). Ensuite, elle est proposée dans les programmes du collège (MEN 2005, MEN 2007) d'une manière brève pour les diverses disciplines scientifiques : mathématiques, physique et chimie, SVT et technologie (Calmettes, 2009). Il s'agit en fait d'une démarche d'investigation qui ne fait pas appel à une caractéristique importante citée dans la description de Boilevin (2013), lequel considère que l'élève doit participer à la validation des productions individuelles et collectives. Puis en 2008, l'explicitation de la démarche d'investigation devient plus développée dans les textes du collège (MEN, 2008). C'est à partir de l'année 2015 (MEN, 2015 a) que le terme de « démarches scientifiques » apparaît de manière structurante dans les textes de l'école et du collège sans qu'une différenciation ne soit

nettement faite avec la démarche d'investigation. Ainsi, elle présente actuellement l'objet d'un apprentissage explicite où « L'élève sait mener une démarche d'investigation » (MEN, 2015b). Mais revenons à la démarche d'investigation telle que décrite en 2008 (MEN, 2008) où elle est présentée selon les « sept » étapes suivantes, sans aucune exigence à respecter l'ordre :

- **Le choix d'une situation - problème par le professeur :**
  - Analyser les savoirs visés et déterminer les objectifs à atteindre ;
  - Repérer les acquis initiaux des élèves ;
  - Identifier les conceptions ou les représentations des élèves, ainsi que les difficultés persistantes (analyse d'obstacles cognitifs et d'erreurs) ;
  - Élaborer un scénario d'enseignement en fonction de l'analyse de ces différents éléments.
- **L'appropriation du problème par les élèves :**
  - Travail guidé par l'enseignant qui, éventuellement, aide à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens, à les recentrer sur le problème à résoudre qui doit être compris de tous ;
  - Émergence d'éléments de solutions proposées par les élèves 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. Le guidage par le professeur ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales mais au contraire à faire naître le questionnement
- **La formulation d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles :**
  - Formulation orale ou écrite d'hypothèses par les élèves (ou les groupes) ;
  - Élaboration éventuelle d'expériences, destinées à tester ces hypothèses ;
  - Communication à la classe des hypothèses et des éventuels protocoles expérimentaux proposés.
- **L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves :**
  - Moments de débat interne au groupe d'élèves ;
  - Contrôle de l'isolement des paramètres et de leur variation, description et réalisation de l'expérience (schéma, description écrite) dans le cas des sciences expérimentales
  - Description et exploitation des méthodes et des résultats ; recherche d'éléments de justification et de preuve, confrontation avec les hypothèses formulées précédemment.
- **L'échange argumenté autour des propositions élaborées :**
  - Communication au sein de la classe des solutions élaborées, des réponses apportées, des résultats obtenus, des interrogations qui demeurent ;
  - Confrontation des propositions, débat autour de leur validité, recherche d'arguments et

élaboration collective de preuves.

- **L'acquisition et la structuration des connaissances :**

- Mise en évidence, avec l'aide de l'enseignant, de nouveaux éléments de savoir (notion, technique, méthode) utilisés au cours de la résolution.
- Confrontation avec le savoir établi (comme autre forme de recours à la recherche documentaire, recours au manuel), en respectant des niveaux de formulation accessibles aux élèves, donc inspirés des productions auxquelles les groupes sont parvenus ;
- Recherche des causes d'un éventuel désaccord, analyse critique des expériences faites et proposition d'expériences complémentaires,
- Reformulation écrite par les élèves, avec l'aide du professeur, des connaissances nouvelles acquises en fin de séquence.

- **L'opérationnalisation des connaissances :**

- Exercices permettant d'automatiser certaines procédures, de maîtriser les formes d'expression liées aux connaissances travaillées : formes langagières ou symboliques...
- Nouveaux problèmes œuvrent des connaissances acquises dans de nouveaux contextes (réinvestissement) ; permettant la mise en
- Évaluation des connaissances et des compétences méthodologiques.

Quant à notre recherche, nous notons que les pratiques enseignantes réalisées au sein de la classe s'appuient sur un scénario pédagogique pris comme un outil pédagogique. Ce scénario pédagogique (voir le chapitre de la méthodologie) est fondé sur une démarche d'investigation inspirée par celle décrite en 2008 (MEN, 2008). Mais nous nous limitons à cinq étapes (ou moments) tels que :

- Rappel, proposition de la situation problème et appropriation par les élèves ;
- Formulation des hypothèses ;
- Investigation expérimentale ;
- Acquisition et structuration des connaissances.
- Institutionnalisation

## 2.5.2 La démarche d'investigation et les programmes officiels tunisiens

### 2.5.2.1 *La structure du système éducatif tunisien*

Le système éducatif tunisien est composé de :

- Un enseignement de base obligatoire de 9 ans constituer d'un premier cycle primaire de 6 ans et d'un second cycle ou cycle préparatoire, dispensé dans des collèges ;

- Un enseignement secondaire qui dure 4 ans et qui est couronné par le baccalauréat ;
- Un enseignement supérieur couronné par les diplômes de licence, de master et de doctorat, ou par d'autres diplômes spécifiques ;
- Un système de formation professionnelle qui délivre trois niveaux de diplômes à la suite de l'enseignement de base (CAP, BTP et BTS) ainsi qu'un ensemble de certificats non diplômants.

### 2.5.2.2 *L'analyse des programmes tunisiens*

#### 2.5.2.2.1 *L'enseignement secondaire tunisien*

L'enseignement secondaire est ouvert à tous les titulaires du diplôme de fin d'études de l'enseignement de base et dure quatre ans. La première année représente le tronc commun et a pour but de renforcer les pré-acquis de l'élève. La deuxième année concerne l'une des quatre filières suivantes proposées aux apprenants : lettres, sciences, économie et services et technologie de la communication. La troisième période, d'une durée de deux ans, concerne l'une des six sections suivantes proposées aux apprenants : lettres, mathématiques, sciences expérimentales, sciences techniques, économie et gestion, sciences informatiques. La section sport est dispensée dans des lycées spécialisés. Nous signalons que la discipline des sciences physiques au collège (de 7<sup>ème</sup> année de base aux 9<sup>èmes</sup> années de base) s'enseigne en langue arabe, alors qu'au secondaire elle s'enseigne en langue française.

Après l'obtention du baccalauréat (mention lettres, mathématiques...) chacune de ces sections offre, au niveau de l'enseignement supérieur et de la formation professionnelle, un bouquet de filières et de spécialités.

#### 2.5.2.2.2 *Démarches pédagogiques à suivre dans l'enseignement secondaire tunisien*

Avant de présenter les méthodes d'enseignement, l'Institution précise que « *Les sciences physiques restent essentiellement une discipline expérimentale et doivent être donc enseignées en tant que telles* » (Ministère de l'éducation, 2009, p. 6) et que l'apprenant est le centre de l'action éducative. L'Institution propose de « *mettre en œuvre les principes constructivistes et d'intégration des connaissances, assignés à l'enseignement de la matière* » (Ibid.). En effet, les programmes officiels et les curriculums tunisiens mettent l'accent sur l'action pédagogique qui s'assurent de l'autonomie des élèves et mettent en place des situations stimulantes, des conditions psychologiques et matérielles favorables, ainsi que la mise en œuvre d'une démarche de présentation progressive des éléments nécessaires à la construction des concepts. Ils exigent que la démarche pédagogique s'appuie sur l'autonomie des élèves où l'enseignant « *peut s'assurer de*

*l'engagement, de la participation et de la persévérance de l'élève dans la leçon de la manière suivante :*

*- en introduisant le sujet d'étude dans une situation significative ayant un sens pour les élèves, par exemple en évoquant les rapports de ce sujet avec l'expérience antérieure des élèves et leur intérêt individuel ou avec les préoccupations sociales locales ou nationales ;*

*- en présentant le chapitre ou la leçon sous forme d'une problématique à résoudre et dont la recherche de la solution permettra d'atteindre les objectifs visés ;*

*- en instaurant au sein du groupe-classe une relation éducative assurant la sécurité psychologique et la liberté intellectuelle de chacun, de manière à lui donner confiance en lui-même et à favoriser les interactions avec ses pairs. »* (Programmes tunisiens de sciences de la vie & de la terre, septembre 2009, p.3), les activités d'apprentissage (observation, analyse de documents, expérimentation...) et l'organisation des connaissances acquises.

L'enseignant doit pratiquer des démarches variées et actives afin de favoriser le développement des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être à travers des apprentissages appropriés. Donc, on laisse l'enseignant choisir une démarche qu'il juge adéquate dans sa pratique de la classe, l'essentiel c'est qu'elle soit active.

Concernant le programme officiel de mathématiques, on demande à l'enseignant d'apprendre à ses élèves à pratiquer une démarche mathématique, communiquer dans un langage mathématique, mobiliser des algorithmes et des procédures, résoudre des problèmes, organiser et analyser l'information, utiliser les technologies de l'information et de la communication et apprécier la contribution des mathématiques. Les élèves devront être capables de développer une méthodologie de résolution de problèmes, d'abord à travers l'élaboration des stratégies, ensuite à travers la recherche d'une solution. Cette solution sera critiquée, jugée et validée ou invalidée par la confrontation avec les hypothèses.

Pour les langues telles que l'arabe, le français ..., leurs enseignements prennent appui sur l'apport des théories d'apprentissage qui mettent l'accent sur le rôle de l'élève dans la construction progressive des savoirs, savoir-faire et savoir-être. Ainsi conçus, ces différents savoirs ne se réduisent pas à des contenus disciplinaires mais intègrent aussi les démarches de pensée nécessaires à leur acquisition.

L'application du présent programme de sciences de la vie et de la terre et d'économie-gestion recourt à une pédagogie active impliquant l'élève et favorisant sa participation en prenant

en compte des prérequis des élèves et leurs besoins dans le choix des stratégies d'enseignement/apprentissage.

Par conséquent, il est fortement recommandé à l'enseignant d'utiliser une démarche pédagogique qu'il juge adéquate et adaptée pour atteindre les objectifs escomptés. L'essentiel est que cette démarche pédagogique soit *active*. Alors que signifie ce mot *active* dans le contexte de programme officiel de secondaire tunisien ? La démarche d'investigation s'insère-t-elle dans le domaine de la démarche pédagogique *active* ?

Nous remarquons qu'on recommande d'utiliser précisément la méthode de résolution de problème pour l'enseignement de mathématique. D'après le programme officiel de mathématique, la méthode de résolution de problème n'est pas présentée suivant ces différentes étapes mais elle est simplifiée pour faciliter la pratique de l'enseignant.

#### 2.5.2.2.3 Démarches pédagogiques à suivre dans l'enseignement secondaire tunisien pour les sciences physiques et chimiques

Nous analysons le programme officiel des sciences physiques de troisième et quatrième année (septembre, 2009) et c'est dans une orientation constructiviste, il insiste pour « *conduire les activités de formation par des méthodes actives, des méthodes selon lesquelles les apprenants doivent être rendus capables de construire eux-mêmes des connaissances, de s'approprier des habiletés et de les intégrer dans des situations significatives ; la large part des horaires consacrés aux séances de travaux pratiques où l'élève assume une grande part d'initiative et de responsabilité dans la construction de son savoir et dans l'acquisition de savoir-faire est en soi un signe qui ne trompe pas sur l'orientation qui place l'élève au centre des préoccupations de l'institution éducative.* » (Ministère de l'éducation, 2009, p. 6). On demande à l'élève de formuler les hypothèses et de les valider par la suite grâce à l'expérience. Le curriculum recommande que « *le professeur de physique chimie doive 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, aussi bien en cours qu'en travaux pratiques.* » (Ibid., p.6). Alors ce curriculum parle des activités d'investigation *de structuration et d'intégration* et non des démarches d'investigations. Je pense qu'il y a une ressemblance avec « ma définition » de la DI mais là, l'enseignant est laissé seul pour interpréter les instructions

Ainsi pour motiver les élèves et favoriser chez eux la compréhension, il est recommandé de recourir autant que possible à l'enseignement par le problème ou par le projet, un enseignement

qui vise un apprentissage dont le point de départ est une situation problème. Les programmes officiels de physique chimie contiennent une liste non limitative et non obligatoire de questionnements et d'activités qui peuvent être exploités en classe comme exemples de stimuli ou de supports didactiques au service des objectifs visés. Nous illustrons les deux exemples ci-dessous :

Pour mettre en évidence expérimentalement le phénomène d'induction électromagnétique dans la partie électrique en classe de terminale scientifique, le programme officiel propose les questionnements suivants : « *Pourquoi les transformateurs ne peuvent pas être utilisés en courant continu ? ; Comment fonctionnent les ralentisseurs électromagnétiques des véhicules poids lourd ?* » (Ministère de l'éducation, 2009, p. 100). Pour établir l'équation différentielle des oscillations libres d'un pendule élastique en classe de terminale scientifique, le programme officiel propose l'activité suivante « *Faire osciller librement un pendule élastique et enregistrer graphiquement les premières oscillations* » (Ministère de l'éducation, 2009, p. 102).

Dans le cadre d'une situation problème une question se pose ici. Peut-on parler d'une certaine appropriation de la part de l'élève ?

Les décideurs demandent qu'au travers des activités expérimentales, on amène l'élève à « *formuler les hypothèses et à les confronter aux faits, le professeur de la matière contribue au développement de la pensée logique chez les élèves* » (Ibid., p.6).

Nous notons bien que ces activités expérimentales sont classées en deux catégories :

- ✓ Celle du cours où on recourt à des expériences lorsqu'elles sont dangereuses ou difficile à mettre en œuvre par les élèves ;
- ✓ Les expériences des séances des travaux pratiques qui sont réalisées par les élèves. Ces expériences visent à exploiter un modèle ou à vérifier, pour les situations étudiées, la validité d'un modèle ou d'une loi, ou bien elles permettent de répondre à une situation problème.

Ainsi le texte institutionnel exige que les méthodes adoptées prennent en compte des situations problèmes définies comme « *une situation qui fait initialement problème aux élèves parce qu'ils n'ont pas les connaissances scientifiques indispensables pour s'en acquitter* » (Ibid.p.6). Nous constatons aussi que l'Institution propose d'utiliser des activités d'investigation sans évoquer la notion de démarche d'investigation.

Les activités expérimentales de physique chimie, accompagnées d'observations, de questionnements et de confrontations des représentations avec la réalité, permettent de formuler une méthode d'analyse et de raisonnement avec pertinence des jugements critiques.

Il nous semble que les curriculums et les programmes officiels des sciences physiques tunisiens recommandent l'utilisation des méthodes *actives* dans le cadre des résolutions de problème, en commençant la séance d'enseignement /apprentissage par une situation problème. Cette dernière est suivie de la formation des hypothèses, l'expérimentation, la validation pour arriver enfin à un jugement.

Nous pensons que les recommandations institutionnelles sur les méthodologies d'enseignement à suivre par l'enseignant semblent intéressantes au vu de l'insistance à conduire des approches constructivistes, mais ces propositions restent vagues et sans précision. Néanmoins, nous notons que généralement la démarche d'investigation n'est pas explicitée dans les curriculums et les programmes officiels et plus précisément dans des sciences physiques. Etant donné que la démarche d'investigation est une démarche pédagogique active, l'utilisation de cette nouvelle démarche peut-elle avoir un apport encourageant pour l'enseignement des sciences physiques et plus précisément dans l'enseignement du concept de résonance d'intensité électrique ?

## 2.6 *La démarche d'investigation et la construction du savoir par l'élève*

### 2.6.1 **Les effets des D.I. sur les apprentissages des élèves**

A l'instar de Saltiel (2007), la démarche d'investigation suppose plusieurs moments importants où l'élève est impliqué dans la construction de son savoir. Il est question en fait, de l'approche hypothético-déductive d'une démarche expérimentale (Triquet & Guillaud, 2011), qui met l'accent sur l'activité de l'élève. L'enseignant n'impose pas à ses élèves un protocole expérimental bien déterminé mais il leur laisse le choix et l'initiative. Ici, l'élève est amené à se saisir de ce protocole pour valider (ou invalider) les hypothèses (Coquidé et al., 2009). Etant donné que la DI est identifiée comme une démarche hypothético-déductive, des travaux de recherche enrichissants sont réalisés dans une même vision. Mathé, Méheut et de Hosson (2008) ont montré l'importance de l'exploitation du conflit cognitif, alors que Larcher et Peterfalvi (2006) mettent l'accent sur le questionnement dans l'investigation afin que l'élève construise ses connaissances. Par ailleurs, Boilevin et Brandt-Pomares (2011) insistent sur l'intérêt de

proposer aux élèves des tâches plus ouvertes et des activités de plus haut niveau cognitif, tout en leur laissant plus d'autonomie.

De son côté, Boilevin (2013a) met l'accent, dans son chapitre 7, sur les travaux anglo-saxons en lien avec les effets des D.I. sur les élèves. Nous notons que la majorité de ceux-ci sont centrés sur des études de cas. Les auteurs montrent l'intérêt des D.I. au niveau des apprentissages. Nous pouvons prendre à titre d'exemple l'Inquiry Synthesis Project, où Minner et al. (2009) font le bilan de 138 études en langue anglaise. Les effets de la DI apparaissent d'autant plus positifs que l'enseignant s'adresse à un public défavorisé (Blanchard & al. 2010) et maîtrise la méthode (Flammang & Forget 2002). En nous basant de plus sur les travaux de Villeret (2018), nous pouvons citer quelques effets positifs sur la DI mis en évidence par les recherches : 'élève s'implique plus fortement dans son apprentissage (Lin, Hong et Cheng 2008) et cherche à satisfaire sa curiosité (Millar, 1996). Par conséquent ses questions acquièrent une qualité meilleure (Hofstein, Navon, Kipris & Mamlock-Naaman, 2005 ; Lin, Hong & Cheng, 2008), son raisonnement s'améliore (Russ, Scherr, Hammer & Mikeska, 2008), ainsi que son rôle dans l'expérimentation (ibid.) et dans l'argumentation (ibid.).

### 2.6.2 Comment l'enseignant peut-il réussir ?

La réussite de l'enseignant au cœur de la démarche d'investigation dépend de sa compétence. En effet selon Reboul (1980), la compétence de l'enseignant n'est pas seulement de permettre à l'élève de connaître quelque chose mais de s'y « *connaître* ». Alors que selon Fabre (2004) l'interprétation de la compétence comme un « *s'y connaître en quelque chose* » (2004, p. 310) dans le cadre d'une théorie de la problématisation permet de donner du sens aux distinctions entre « *savoir que* », « *savoir comment* » et « *savoir pourquoi* » qu'implique cette compétence.

Pour faire les distinctions, Reboul et Fabre définissent ces trois types de savoirs :

- Le « savoir que » est une information qui sert soit à vivre et non à penser, soit à utiliser dans, ou alors elle doit s'incorporer à des activités supérieures, au « savoir comment » et au « savoir pourquoi » ;

- Le « savoir comment » ou « savoir-faire » : ce savoir ne concerne pas seulement le corps et le physique mais il y a aussi des savoirs faire intellectuels ;

- Le « savoir pourquoi » : c'est le savoir des raisons des structures ou des principes. Il suppose les deux autres mais ne s'y réduit pas.

Boilevin (2013a), montre qu'à l'échelle anglo-saxonne, il existe un certain nombre de travaux en didactique non francophone qui reflètent la pratique enseignante idéale pour conduire

des D.I. Nous trouvons ainsi les travaux de Bransford & Donovan (2005) qui concernent la prise en compte des principes (conceptions, connaissance de ce qu'est « faire de la science », métacognition) dans les pratiques enseignantes concernant la D.I. D'autres travaux portent sur la prise en compte du rôle de l'enseignant (Crawford, 2000) sur l'appropriation de ces principes dans leur propre réflexion et dans leurs pratiques d'enseignement plutôt que d'essayer de répéter littéralement les séquences proposées (comme celle de Minstrell & Kraus, 2005, sur les forces et la gravitation) et sur la manière de faire des enseignants qui permet l'investigation avec des tâches de type « hands'on » ou des résolutions de problème (Park Rogers & Abell, 2008). Dans cette même vision, Tang, Coffey, Elby & Levin (2010) considèrent qu'au cours de la pratique de la DI, il existe des tensions qui apparaissent lorsque les enseignants mettent trop l'accent sur les étapes de la méthode scientifique au détriment des investigations des élèves. C'est alors que pour faire réussir sa pratique, il est nécessaire que les conceptions de l'enseignant et leur évolution soient étudiées, les croyances sur ce qu'est la science et sur son enseignement sont influentes (Crawford, 2007).

## 2.7 *La mise en œuvre de la DI : quelles contraintes ?*

### 2.7.1 **Vue épistémologique**

Nous pensons que l'implantation de la DI dans le système éducatif a entraîné un changement dans les fonctions de l'enseignant qui s'en trouve sensiblement modifiées. D'ailleurs, « *la DI s'affiche dans les programmes de sciences du collège comme une modalité d'enseignement des sciences fondée sur la résolution des problèmes par franchissement d'obstacles cognitifs* » (De Hosson, Mathé & Méheut 2010, p. 20). De ce point de vue, le lancement de la démarche d'investigation entraîne une rupture avec des pratiques d'enseignement bien installées, d'où sa difficulté d'appropriation (Monod-Ansaldi et al., 2011). Cette difficulté apparaît en particulier lors de l'exécution de la démarche d'investigation au sein de la classe. Mathé et De Hosson (2008, p. 67) pensent que « *La démarche d'investigation préconisée par les programmes du collège est une démarche hypothético-déductive, se déroulant à partir d'un conflit cognitif. Il s'agit donc d'une démarche bien particulière, non seulement d'un point de vue épistémologique, mais aussi dans une perspective pédagogique* ».

### 2.7.2 **L'enseignant et la démarche d'investigation**

Les travaux de Calmettes (2008) sur la mise en œuvre de DI au sein des pratiques d'enseignement ordinaires de SPC mettent en évidence une certaine variabilité ainsi que des

écarts entre ce qui est prévu par les enseignants en se basant sur les prescriptions institutionnelles et ce qui est réellement réalisé. Calmettes identifie les contraintes de mise en pratique de la DI qui résident dans la gestion du temps didactique, des interactions langagières enseignant-élèves ou entre élèves-élèves et dans la définition et la gestion des prérequis et des savoirs scientifiques en jeu. Ainsi, il met l'accent sur des obstacles tels que la coutume didactique des travaux pratiques et le fort guidage des activités des élèves et des connaissances limitées sur l'évolution de la démarche elle-même, en particulier sur les points de départ que constituent la problématisation et l'émission d'hypothèses (Calmettes, 2008). Calmettes (ibid.) identifie les difficultés rencontrées par les enseignants lors de la constitution d'éléments du milieu didactique (prérequis, matériels, consignes) permettant une avancée des élèves dans le temps didactique. A notre tour, nous essayons à travers notre travail de thèse d'étudier la mise en œuvre de la DI en explorant les représentations d'enseignants de sciences physiques et leurs concepts clés, leurs liens avec les apprentissages du concept de la résonance d'intensité, et les difficultés de mise en œuvre.

### 2.7.3 Des études sur les difficultés de la pratique de la DI

Une revue de littérature francophone et anglo-saxonne nous a permis d'identifier les difficultés et les contraintes qui naissent à partir de la pratique de la DI au sein de la classe. En effet, nous essayons d'abord de traiter les contraintes rencontrées au niveau de la mise en place de cette démarche dans l'apprentissage de l'élève. Ensuite, nous présentons les difficultés rencontrées par l'enseignant dans sa pratique de la classe. Puisque notre travail de thèse consiste à étudier l'activité de l'enseignant et les formes de régulation effectuées lors de la rencontre de ces contraintes, alors il nous semble qu'il est intéressant et enrichissant de faire la liaison entre des difficultés de la mise en œuvre de la DI d'une part et le choix et la prise de décision par l'enseignant d'autre part.

#### 2.7.3.1 *Les difficultés de la pratique de la DI sur l'apprentissage de l'élève*

Lors d'une séance d'apprentissage fondée sur une démarche d'investigation, l'élève peut rencontrer des difficultés qui ont des effets sur la construction de son savoir (Villeret, 2018). Des recherches montrent que les élèves n'arrivent pas à concevoir le caractère public de l'investigation (Millar, 1996). Alors ils ont du mal à comprendre le statut d'une preuve expérimentale (Millar, 1996) et même à manipuler les données empiriques (Millar, 1996). D'autres travaux confirment que si les élèves arrivent à repérer des résultats anormaux, ils ont du mal à mettre en œuvre une approche scientifique adaptée pour trouver une solution (Toplis, 2007). C'est

pourquoi les acquisitions des élèves se limitent à des types d'évaluations, superficiels et non créatifs, utilisés par les enseignants. Il nous semble que le facteur temps pourrait être considéré comme une origine parmi d'autres origines des difficultés rencontrées par les élèves. De ce point de vue, ils ont besoin de temps pour prendre des initiatives (Holbrook & Kolodner, 2000 ; Flammang & Forget, 2002), trouver une solution et proposer un dispositif d'aide à l'implication (Holbrook & Kolodner, 2000), ou des tâches de plus en plus ouvertes (Windschitl, 2003).

#### 2.7.3.2 *Les difficultés de la pratique de la DI sur l'enseignant*

Après quelques années de l'intégration de la DI dans l'enseignement en France, les décideurs trouvent qu'il est temps de faire un bilan des travaux concernant les difficultés rencontrées par les enseignants de sciences et de technologie pour concevoir, réaliser et évaluer les séquences d'apprentissage par investigation (Marlot & Morge, 2016). Par conséquent, malgré les aspects positifs de cette démarche, de nombreuses recherches ont montré que sa gestion pose des problèmes aux enseignants (ibid.).

En se basant sur la littérature anglophone et francophone concernant les difficultés de mise en œuvre de l'investigation scientifique en classe, ces deux auteurs ont distingué trois catégories de difficultés : épistémologiques, épistémiques et didactiques. Ils ont représenté des « réseaux » en liant entre les difficultés, les choix et les décisions de l'enseignant avec certaines déterminations de l'action liées à son épistémologie pratique (Sensevy, 2007 ; Marlot, 2009). Les difficultés rencontrées par l'enseignant lors de la pratique de la DI et les décisions qu'il a prises sont regroupées dans le tableau de suivant :

Catégories de difficultés	Difficultés rencontrées par l'enseignant	Choix et prise de décision par l'enseignant
Épistémologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Primauté à l'observation au détriment de la construction d'un problème (Ledermann, 2007 ; Mathé, 2010).</li> <li>-Focalisation sur l'expérimentation comme unique moyen de confrontation au réel (Orange, 2003).</li> <li>-Conflits de valeurs sur la représentation de la science (conceptions erronées du travail des scientifiques, confusion démarche d'investigation et méthode scientifique).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Interaction basée sur la production par l'élève de « la bonne réponse » (Keys et Kennedy, 1999).</li> <li>-Propension à rectifier le plus vite possible les « erreurs » des élèves (Calmettes, 2010).</li> <li>-Epistémologie du « vrai/faux ». -Focalisation sur l'apprentissage du lexique spécifique (Calmettes, 2010).</li> </ul>
Épistémique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Teneur scientifique faible des arguments de validité relative aux idées explicatives des élèves (Morge, 2000 ; 2001).</li> <li>-Absence de relance telles que : autre question en feed-back ou proposition de contre-exemple (Keys et Kennedy, 1999).</li> <li>-Mobilisation d'éléments théoriques : absence ou éléments inadéquats ou moment inopportun. Mode d'avancée des élèves par tâtonnement, essai-erreur (Marlot, 2008).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Résistance à l'intrusion de l'imprévu : proposition d'élèves, résultats inattendus, connaissances pré-requis et nécessaires absentes... (Antheaume, 2001).</li> <li>-Mode de guidage faussement non directif : petits coups de force (Garcia-Debanc et Laurent, 2003)</li> </ul>
Didactique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Percolation disciplinaire : pratiques similaires sans spécificité (exemple le débat non orienté scientifiquement) (Bisault et Berzin, 2009 ; Lebeaume, 2000).</li> <li>-Inadéquation ou absence d'outils d'évaluation (Keys et Kennedy, 1999).</li> <li>-Allongement du temps de l'enseignement (dilatation du temps).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Posture majoritaire d'accompagnement (reformulation à l'identique réticence didactique très forte) (Lobato, Clarck et Ellis, 2005).</li> <li>-Modes de guidage concurrents : libre expression des élèves sollicitée mais prédominance accordée à la parole du professeur. (Garcia-Debanc et Laurent, 2003).</li> <li>-Faible explicitation des attentes pour ce contrat didactique singulier et inhabituel (Morge, 2000 ; Keys et Kennedy, 1999).</li> </ul>

Tableau 2.1 : Des difficultés rencontrées par les professeurs dans la mise en œuvre de l'investigation scientifique et le choix de décision (Marlot & Morge, 2016)

Beaucoup de recherches se sont intéressées aux contraintes et aux difficultés rencontrées par l'enseignant et ses élèves lors de la mise en œuvre de la démarche d'investigation au sein de la classe. Nous présentons à titre d'exemple un extrait de rapport d'enquête IFE – ENS de Lyon (Décembre 2011) qui évoque les difficultés de la mise en œuvre des démarches d'investigation dans l'enseignement de différentes disciplines : mathématiques, SPC, SVT et technologie. Les réponses des enseignants de Sciences Physiques et Chimiques à la question sur *les difficultés à proposer par rapport aux démarches d'investigation dans*

*l'enseignement* s'accordent sur le fait que les résultats obtenus montrent que « *Le manque de temps est la difficulté liée à la mise en place de DI qui est retenue par le plus grand nombre d'enseignants (84 % des répondants)* » (Rapport d'enquête IFÉ – ENS de Lyon Décembre 2011, p. 87).

Et puisque nous nous intéressons à l'enseignement de SPC, nous présentons les réponses menées par les enseignants de cette discipline à la question posée : *Selon vous, les difficultés à proposer des démarches d'investigation dans l'enseignement sont...* Les auteurs de l'enquête IFÉ – ENS (2011) confirment que les principales difficultés rencontrées par les enseignants de SPC répondants prouvent que les DI sont chronophages et surtout difficiles à gérer en classe.

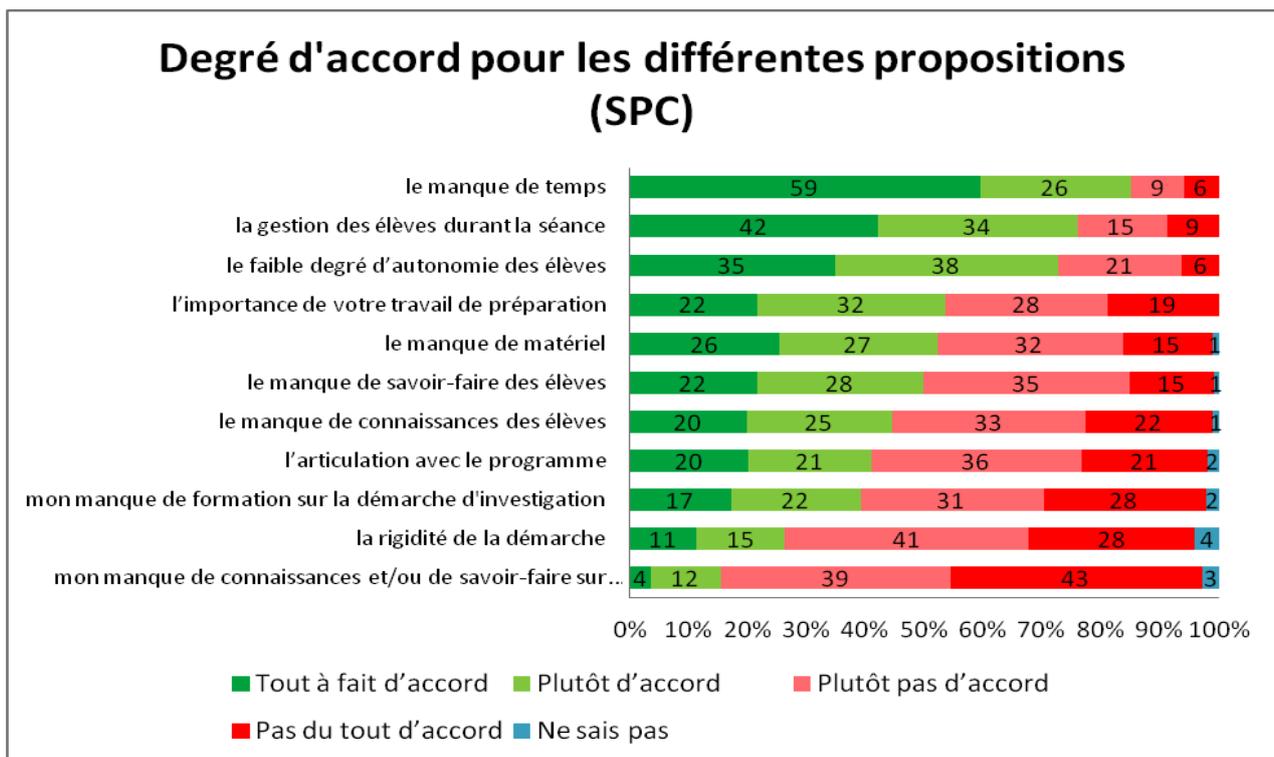


Figure 2.1 : Réponses des enseignants de Sciences Physiques et Chimiques à la question : *Selon vous, les difficultés à proposer des démarches d'investigation dans l'enseignement sont...* (Rapport d'enquête IFE – ENS de Lyon, Décembre 2011)

Ces résultats nous montrent que parmi les principales difficultés rencontrées par l'enseignant en sciences physiques et chimiques (SPC) lors de la mise en œuvre de la DI figure l'aspect chronophage. Ce résultat n'est autre qu'une argumentation pour étudier l'aspect chronophage de la DI dans la partie suivante.

## 2.8 *L'aspect chronophage de la démarche d'investigation*

Dans cette partie, nous commençons par présenter quelques définitions du concept de « chronophagie » afin de préciser son sens. Puis nous présentons des travaux réalisés sur l'aspect chronophage de la DI. Enfin, nous étudions cet aspect suivant deux points de vue.

### 2.8.1 **Quelques définitions de 'chronophage'**

Pour mieux éclaircir le sens de l'adjectif 'chronophage', nous présentons quelques définitions sélectionnées à partir de différents dictionnaires.

- ✓ *Chronophage : Adjectif singulier invariant en genre. Consommateur de temps, gourmand en temps, pour une activité. (Dictionnaire Encyclopédie Universalise) ;*
- ✓ *Chronophage : Se dit de ce qui demande beaucoup de temps ou qui en fait perdre ; Avoir des activités chronophages. (Dictionnaire LAROUSSE) ;*
- ✓ *Chronophage : adj. XX<sup>e</sup> siècle. Composé de chrono et de phage, tiré du grec phageîn, « manger, dévorer ». Plaisant. Se dit d'une tâche, d'une activité à laquelle on consacre trop de temps. Les jeux en ligne peuvent être chronophages. Subst. Désigne parfois une personne importune à laquelle on est contraint d'accorder du temps. Henry de Montherlant se plaignait des chronophages que l'on tolère par politesse (dictionnaire de l'Académie française (addenda)).*

En s'appuyant sur ces définitions, nous pouvons dire que l'étude de l'aspect chronophage de la DI revient à étudier les facteurs intervenants lors de la mise en pratique de cette démarche en classe et qui entraînent la perte du temps. Il s'agit en fait d'identifier les éléments accentuant l'écart entre le prescrit et le réalisé.

### 2.8.2 **Travaux antérieurs sur la chronophagie de la DI**

Les recherches faites sur le concept de la DI sont nombreuses, cependant elles sont rares par rapport à la chronophagie. Mathé, Méheut & de Hosson (2008) considèrent que la mise en œuvre de la DI en classe est "très chronophage ". La même remarque est prouvée par l'enquête IFÉ-ENS (2011). Alors les difficultés majeures concernent la gestion des élèves et leur manque d'autonomie, ainsi que le caractère chronophage de telles démarches. La question du temps consacré à l'apprentissage doit donc être prise en considération si l'on veut développer la mise en œuvre de ces démarches dans les classes.

Les travaux de Mathé (2010) ont montré que des difficultés sont apparues dans le parcours des enseignants lors de tentatives de la mise en place des séquences d'investigation. Cette auteure parle même des difficultés de gestion du temps. Elle a remarqué que la gestion du temps étant différente de celle d'un cours magistral, elle dépend de la participation des élèves. Elle a identifié également des difficultés de gestion des petits groupes d'élèves où les enseignants se demandent dans quelles phases ils pourraient intervenir tout en assurant l'autonomie des élèves. Par ailleurs, les enseignants se heurtent à des difficultés au niveau de la gestion de la classe. En effet, au cours de leurs mises en place de la DI, ils se sont trouvés face à des élèves démotivés ou bloqués. Par conséquent, les enseignants se questionnent sur leur rôle d'évaluer ce genre de situation. En revanche, la DI est présentée dans le programme tout en exigeant de l'enseignant qu'il s'adapte à un nouveau rôle de « guide » dans le déroulement de cette démarche. Mathé (2010) considère que la gestion du temps est également problématique pour les enseignants. Les élèves mettent plus de temps à « se mettre au travail » que dans un cours classique. Selon l'un des enseignants répondant à l'enquête, cela est dû au temps consacré à la discussion-débat prévue au début de la séance, mais aussi au volume horaire trop grand consacré à la préparation de la séance et à la mise en œuvre de la DI. C'est ce qui explique le retard dans l'avancement de programme.

Des études anglo-saxonnes sont faites sur la chronophagie de la DI. A titre d'exemple nous illustrons les travaux d'Adams & Krockover (1997) ; Loughran, (1994) ; Keys & Kennedy (1999) ; Trautmann et al. (2004). Ces auteurs précédents considèrent que le manque de temps est une des difficultés rencontrées par les enseignants dans la mise en place des séquences d'investigation. La chronophagie de la démarche investigation est vécue par les enseignants qui sont sous la pression des programmes. Pour réduire cette dimension de chronophage, il faut réserver du temps pour que les élèves prennent des initiatives (Holbrook & Kolodner, 2000 ; Flammang & Forget, 2002) et pour que les enseignants se forment à ces pratiques car ils rencontrent des difficultés à modifier leur pratique (Harlen, 2004). De même il faut proposer un dispositif d'aide à l'implication (Holbrook & Kolodner, 2000) et des tâches de plus en plus ouvertes (Windschitl, 2003).

# **Chapitre 3 : Le concept de résonance en physique**

Nous cherchons à travers ce chapitre de faire une étude épistémologique sur la naissance et l'évolution du concept de la résonance afin d'identifier quelques types d'obstacles.

### 3.1 *Etude épistémologique*

#### 3.1.1 **Le concept de résonance en physique**

Le concept de résonance occupe une place très importante dans les diverses branches de la physique. Il a pris naissance à partir du domaine des ondes, reconnu comme relativement difficile. La résonance est un phénomène mis en évidence dans notre vie courante par la vibration d'une vitre lorsqu'un lourd camion passe au voisinage. Nous l'exploitons quotidiennement à travers par exemple le post radio, l'appareillage médical, la télévision.... Et ceci en se basant sur les différents types d'ondes : mécaniques, acoustiques, électromagnétiques, électriques, etc... Vu son intérêt, la résonance peut être en plus un objet de recherche et d'analyse.

Nous avançons que les travaux en didactique réalisés sur le concept de résonance d'intensité, dont notre recherche fait l'objet, sont rares. Et puisque ce concept est lié à celui de la résonance en physique qui est lié à son tour au concept d'onde, alors nous essayons de réaliser notre étude en nous basant sur le concept d'onde. La plupart des didacticiens de la physique considèrent que le domaine de l'onde « *est un domaine de la physique connu des enseignants et des étudiants comme difficile à enseigner et comprendre* » (Maurines, 1999). Pour étudier la persistance de ces difficultés, certains didacticiens ont travaillé sur le concept d'onde. Nous trouvons ainsi les travaux de Maurines (2003), Maurines et Saltiel (1988), Maurines et Mayrargues (2001) ou bien encore les travaux de Vince (1999), de Ben Jemaa (2017) et ceux de Ben Romdhane (2007) sur le concept d'onde, les ondes optiques, les signaux mécaniques, les interférences lumineuses ainsi que sur les ondes acoustiques. De leur côté, Mouhouche et El-Hajjami (2013) classent ces difficultés suivant le niveau conceptuel et le niveau de phénoménologie. Ils pensent que les origines de ces difficultés sont diverses telles que : l'accès vers l'utilisation du formalisme mathématique, le grand nombre de concepts en liaison avec l'onde, le phénomène ondulatoire et son expérience limitée dans la vie courante, l'absence de vision assez claire vis-à-vis des mouvements vibratoires, etc.

Cependant, il semble que peu d'entre eux aient travaillé par rapport au concept de résonance.

### 3.1.2 Evolution terminologique et conceptuelle du concept de résonance

L'étude des évolutions terminologiques et conceptuelles (voir tableau 1) du concept de résonance montre que ce dernier est un terme dont l'historique dérive du son et dont l'utilisation initiale a été d'exprimer d'abord la création ou le renforcement de sonorités, ensuite d'indiquer l'écho. Il s'agit d'un terme créé dans le but de rendre compte d'un phénomène naturel audible et utilisé uniquement dans le domaine acoustique. Et ce concept se trouve actuellement dans presque tous les domaines de la physique des ondes tout en concernant des objets infiniment petits jusqu'aux dimensions astronomiques (la résonance orbitale décrit le mouvement des planètes).

Selon Mouhouche et El-Hajjami (2013) l'évolution de concept de la résonance montre qu'il a connu trois grandes conceptions dans l'histoire :

- La première consiste à considérer la résonance comme l'émission, la production ou le prolongement d'un son. La résonance semblait être un attribut du son lui-même ou d'un seul objet vibrant. Cette signification a perduré jusqu'à la fin du XVIe siècle ;
- La seconde est que la résonance des objets sonores est connue comme une production des sons harmoniques, surtout par les cordes, excitées par une fondamentale. Elle désignait l'émission de sons par influence d'un objet vibrant sur un autre et le phénomène scientifique était appelé communication des vibrations des corps jusqu'à la fin du XIXe siècle. Cette signification a continué à coexister et à être utilisée en parallèle à celle de la première, notamment dans les livres d'enseignement de la physique ;
- La troisième consiste à présenter la résonance en tant que phénomène physique général résultant d'un couplage exciteur-résonateur et s'appliquant à plusieurs types d'ondes (acoustiques, mécaniques, électriques, électromagnétiques,) et de mouvements vibratoires. Cette définition est devenue un outil d'étude et d'exploration. Nous pouvons déduire qu'il y a eu passage d'un fait détectable par les sens (audible et visible dans le cas des ondes stationnaires) vers un phénomène physique d'interaction d'objets vibrants. Ainsi, le phénomène a pris ses origines dans l'excitation d'objets sonores avant de s'étaler vers d'autres ondes et objets vibrants. Et il est devenu si complexe et général qu'il se produit dans des situations parfois insoupçonnées et s'étend sans cesse à de nouvelles interactions découvertes par la science au fil de l'évolution de celle-ci. Ce sont désormais des objets qui résonnent, et non l'onde ni la fréquence, la seconde étant un attribut essentiel de la première, ce que soutient l'acousticien Hunt en expliquant que « a frequency doesn'tresonate » (Hunt, 1971, p. 435).

**Partie 1 : Introduction Générale**  
**Chapitre 3 : Le concept de résonance en physique**

En se basant sur les travaux Mouhouche et El-Hajjami. (2013), nous présentons le tableau synthétique suivant qui met en parallèle la terminologie et les significations et les applications du concept dans l'histoire :

Dates	Terminologie	Significations et applications
1155 ou 1160	Apparition du verbe résonner	Produire un son accompagné de résonances ; retentir en s'accompagnant de résonances ; renvoyer un écho ; retentir (du bruit de...) ; s'emplit de bruit, d'échos, de résonances (lieu).
1365 ou 1374	Apparition du terme résonance	Prolongation de la durée d'un son, prolongement ou amplification des sons dans certains milieux sonores, renforcement de l'intensité vibratoire ou sonore
1538	Résonant	Qui est le siège d'un phénomène de résonance.
1746	Résonance	Propriété d'un corps d'entrer en vibration.
1863	Résonance	Reflexion d'un son. Echo (si la réflexion se produit sur un obstacle éloigné).
1862	Modification de la signification de résonance	Transmission de vibration par l'air. Augmentation de l'amplitude d'un système physique en vibration lorsque la vibration excitatrice se rapproche d'une fréquence naturelle de ce système.
1868	Résonateur (utilisation en science)	Appareil où peut se produire une résonance, un milieu matériel capable d'entrer en vibration sous l'influence d'un excitateur.
1887	Résonance acoustique et autre qu'acoustique	La résonance acoustique est appelée renforcement des sons. Le phénomène de résonance autre qu'acoustique est décrit par l'expression transmission ou communication de vibrations.
1911	Généralisation de la signification de résonance	Chappuis et Lamotte utilisent le terme résonance pour les ondes électriques, et parlent de l'expérience de Hertz, dans le sens admis maintenant.
1911	Résonance optique	Paul Drude explique la modification de la lumière, produite par les milieux troubles, par l'absorption d'un rayonnement par résonance et donne des résultats qu'il décrit comme « absolument conformes aux phénomènes généraux de résonance ».
1926	Résonance en mécanique quantique	Heisenberg, en 1926, utilise le mot résonance pour la première fois en mécanique quantique dans ses travaux sur les systèmes d'oscillateurs couplés.
1930	Résonance en chimie	Introduite par Pauling dans ses recherches sur la nature de la liaison chimique.

Tableau 3.1 : Mise en parallèle de la terminologie et des significations et des applications du concept dans l'histoire. (Mouhouche & El-Hajjami, 2013)

## 3.2 *Phénoménologie de résonance*

### 3.2.1 **Qu'est-ce qu'un phénomène de résonance ?**

*Le mot « résonance » s'applique au renforcement de l'intensité vibratoire ou sonore. Il évoque donc essentiellement un phénomène mécanique. Heisenberg, en 1926, l'utilisa pour la première fois en mécanique quantique dans ses travaux sur les systèmes d'oscillateurs couplés. (Encyclopædia Universalis, 2002, p.790)*

Un système vibratoire susceptible d'entrer en résonance (le siège d'oscillations amorties) est un oscillateur réalisant des oscillations. Ce système a la particularité de pouvoir emmagasiner temporairement de l'énergie sous deux formes : potentielle ou cinétique. Alors l'oscillation est le phénomène par lequel l'énergie du système passe d'une forme à l'autre, de façon périodique. Si on injecte une énergie potentielle au moment où l'énergie potentielle déjà emmagasinée est maximale, l'énergie ainsi injectée s'ajoute à l'énergie déjà emmagasinée et l'amplitude de l'oscillation va augmenter, ainsi que l'énergie totale. De la même façon, si on injecte de l'énergie cinétique au moment où l'énergie cinétique est maximale, l'énergie totale augmentera. Si on apporte ainsi de l'énergie avec une périodicité égale (ou proche) de la périodicité propre du système, l'énergie totale va augmenter régulièrement. L'amplitude des oscillations du système va ainsi croître. L'exemple le plus simple est celui d'une balançoire : l'énergie de chaque poussée s'ajoute à l'énergie totale, à condition de pousser au bon moment. Leurs oscillations libres ne peuvent se produire qu'à une fréquence bien définie susceptible d'induire une résonance.

Le phénomène de résonance n'est rien d'autre que cet effet d'accumulation de l'énergie en injectant celle-ci au moment où elle peut s'ajouter à l'énergie déjà accumulée, c'est-à-dire « en phase » avec cette dernière.

Dans ce qui précède, l'introduction implicite concerne des systèmes à un degré de liberté ou supposé tel que l'évolution est décrite par un seul paramètre fonction du temps. C'est le cas par exemple de l'élongation en fonction du temps  $X = f(t)$  dans le cas du système ressort-masse ou de l'intensité électrique en fonction du temps  $I = f(t)$  dans le cas du circuit électrique RLC.

### 3.2.2 Deux types d'oscillateurs

Il existe plusieurs types d'oscillateurs dont deux que nous citons.

Le premier type est l'oscillateur mécanique. C'est un système formé par un pendule simple (un ressort dont une de ses extrémités est fixe et l'autre est accrochée à un solide) ou bien une corde). En vibrant, l'énergie d'une corde est sous forme entièrement potentielle au moment où elle passe par son maximum d'élongation. Au moment où elle passe par sa position d'équilibre, sa vitesse est maximale, et son énergie est entièrement sous forme cinétique. Alors l'énergie passe de la forme potentielle à la forme cinétique.

Le deuxième type est l'oscillateur électrique forcé, nommé aussi circuit RLC. Il est composé d'un résistor de résistance  $R$ , d'une bobine d'inductance  $L$  et d'un condensateur de

capacité  $C$ . Dans cet oscillateur, l'énergie est sous forme potentielle quand la tension est maximale aux bornes du condensateur. L'énergie est sous forme cinétique (ou magnétique) quand le courant est maximum dans la bobine (et la tension nulle sur le condensateur).

### 3.2.3 Couplage de deux systèmes et modes propres d'oscillations

En mécanique classique, la résonance n'est en fait qu'un aspect très particulier de couplage entre systèmes vibratoires, qui se manifeste pour certaines valeurs des paramètres définissant ces systèmes par une augmentation très importante de l'intensité vibratoire (vibrations mécaniques).

Si on *couple* deux pendules par un ressort, comme l'indique la figure n° 3.2 ci-dessous, le système est alors décrit par les inclinaisons généralement distinctes des deux pendules. Ce système à deux degrés de liberté possède deux modes propres dans lesquels les pendules oscillent à la même fréquence. Toute oscillation libre est une somme des deux modes propres correspondants et, face à une excitation sinusoïdale, chacun d'eux peut engendrer une résonance. En supposant les deux pendules identiques, l'origine des deux types d'oscillation devient évidente. Dans un cas les pendules oscillent de concert, comme s'ils étaient liés par une barre rigide ; la fréquence propre du système est la même que celle du pendule simple. Dans l'autre cas, ils oscillent en opposition, comme si le milieu du ressort avait été fixé ; une moitié du ressort accroît donc la raideur associée à chacun d'eux, ce qui, comme il est précisé plus loin, augmente la fréquence propre.

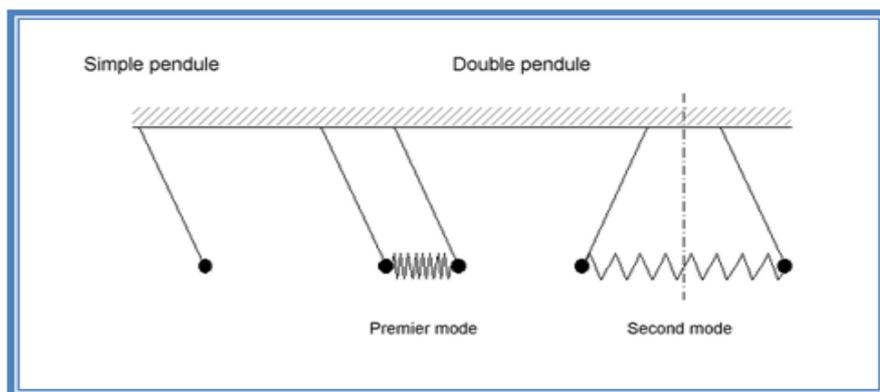


Figure 3.1: Couplage de deux systèmes et modes propres d'oscillants  
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modes\\_propres\\_des\\_pendules.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modes_propres_des_pendules.png))

Cette notion a été utilisée par Heisenberg, et pour la première fois en mécanique quantique en 1926, dans ses travaux sur le système d'oscillateurs couplés. En effet il a remarqué que deux horloges à balancier, placées sur la même cloison, synchronisaient leur mouvement. Heisenberg a fourni l'explication de la notion de couplage. Le système composé des deux balanciers et de la cloison a deux fréquences voisines faiblement couplées, il possède par le couplage deux modes

propres correspondant aux mouvements en phase et en opposition de phase des deux pendules : c'est sur le premier mode que se produit la synchronisation. On retrouve la synchronisation dans de nombreux phénomènes naturels : vols d'oiseau, clignotement des lucioles, ...

### 3.2.4 L'excitateur et le résonateur : quelle réponse ?

Lorsqu'un oscillateur mécanique (pendule simple ou ressort-masse) ou un oscillateur électrique (circuit RLC) sont non entretenus, alors leur énergie totale diminue au cours des oscillations. Cette diminution est causée par l'amortissement dû au frottement visqueux dans le cas de l'oscillateur mécanique et, pour le cas de l'oscillateur électrique, par la résistance totale  $R_{\text{totale}} = R + r$  avec  $R$  est la résistance du résistor et  $r$  est la résistance interne de la bobine. Dans ce cas, l'oscillateur est dit non entretenu.

Pour compenser cette perte d'énergie, il faut un dispositif jouant le rôle d'un excitateur tel que par exemple une lame vibrante menue à l'extrémité du ressort pour l'oscillateur mécanique ou bien un générateur à basse fréquence (G.B.F) pour l'oscillateur électrique. La lame vibrante exerce une force mécanique excitatrice d'amplitude  $F$  et le G.B.F. alimente l'oscillateur par une tension électrique excitatrice d'amplitude  $U$ . Ce dispositif est appelé excitateur et a pour rôle l'entretien, alors que l'oscillateur entretenu joue le rôle d'un résonateur. En effet, à toute excitation provenant de l'excitateur (oscillateur) est associée une réponse donnée par le résonateur.

Au cours des oscillations entretenues, nous constatons qu'il y a un rapport entre l'amplitude de la réponse (résonateur) et l'amplitude de l'excitation. En effet, ce rapport dépend, pour l'oscillateur mécanique, de la masse  $M$  (ou inertie) et de la raideur, alors qu'il dépend de la résistance  $R$ , de l'induction  $L$  et l'inverse de la capacité  $C$  pour l'oscillateur électrique. La fréquence propre croît avec la raideur  $K$  et décroît lorsque la masse  $M$  (ou l'inertie) augmente. L'amplification du résonateur ne varie pas seulement en fonction de la fréquence  $N_e$  de l'excitateur. Elle dépend également de l'amortissement du système : lorsque celui-ci décroît, l'amplification augmente dans une bande de fréquences de plus en plus étroite.

Ce phénomène d'amplification est mis à profit dans divers domaines pour séparer une fréquence déterminée de ses voisines. En contrepartie, il peut être fréquemment à l'origine de dommages causés au système. Dans ce dernier cas, nous cherchons soit à l'atténuer en augmentant l'amortissement, soit à déplacer la fréquence propre en jouant sur l'inertie ou sur la raideur.

### 3.3 *Conséquences didactiques et terminologiques*

#### 3.3.1 Introduction

Les concepts *sont des éléments de connaissances identifiables par des propriétés et des relations*. Ils permettent la structuration de la connaissance en savoir, ainsi que la création et le renouvellement de ce dernier. Selon Mouhouche et Himrane (2016), le concept connaît des évolutions pouvant être *l'abstraction*, la *spécialisation*, le *nomadisme*... et entraîne la circulation de la connaissance d'un domaine à un autre. Alors, ces auteurs considèrent que l'analyse *terminodidactique* est l'étude de ces circulations. Ce qui amènent les didacticiens à l'interprétation des ruptures et des obstacles conceptuels et contextuels, parmi d'autres, que le terme subit. De plus elle permet d'évoluer la structure du savoir enseigné et intervient dans la culture scientifique (Ferreira Queiros, 2002). L'analyse termino-didactique historique des concepts de sciences physiques est rarement rencontrée dans les travaux de recherche et particulièrement sur le concept de résonance en physique (Mouhouche et El-Hajjami, 2010).

L'étude épistémologique que nous avons présentée dans le paragraphe (3.1) montre que le terme résonance a dépassé le son et les objets sonores pour avoir une signification plus généralisée et modifiée en tant que phénomène physique. Donc le terme résonance a obtenu une forme de *plurivoque* (ibid.) qui a plusieurs sens. Cependant, cette disposition possède des conséquences que nous étudions dans la suite pour identifier les difficultés et les obstacles.

#### 3.3.2 *Quels obstacles ?*

Les travaux de Mouhouche et El-Hajjami (2010) nous permettent d'identifier deux types d'obstacles rencontrés par les étudiants des premières années universitaires lors de l'apprentissage du concept du phénomène de résonance : obstacles épistémologiques et obstacles didactiques. En se basant sur les travaux de ces deux auteurs, nous présentons dans ce qui suit cette typologie tout en évoquant leurs conséquences didactiques.

##### 3.3.2.1 *Obstacles épistémologiques*

Mouhouche et El-Hajjami, (ibid.) affirment l'existence de deux types d'obstacles épistémologiques : un obstacle verbal et un obstacle substantialiste.

###### 3.3.2.1.1 *Obstacle verbal : la résonance ne concerne que les ondes sonores*

Selon eux, l'obstacle verbal serait venu de l'origine étymologique du terme résonance qui évoque le son, ce qui entraîne des difficultés de compréhension du phénomène de résonance.

L'ambiguïté pourrait être à l'origine d'un obstacle verbal comme il est nommé par Bachelard (1938, p. 24). Ce même point est évoqué aussi par Viennot (1979), Astolfi (1997) et aussi par Iardella (1998) pour le cas des sciences physiques. En effet, la désignation d'une manière continue du phénomène par le vocable de résonance renforce l'idée que celle-ci ne concerne que les ondes sonores, lesquelles sont liées au domaine de l'acoustique. Alors qu'actuellement le concept de la résonance concerne tous les types d'ondes, et avec une signification physique différente.

#### 3.3.2.1.2 *Obstacle substantialiste : la résonance est un attribut d'un objet*

L'association de son à la résonance pour passer au phénomène physique pourrait amener à des difficultés chez l'apprenant. Cet obstacle, tel que le définit Bachelard (1993), dérive du raisonnement commun, en pensant le réel comme constitué de substances. Alors, le son serait vu comme un objet responsable du bruit dont la résonance serait un attribut.

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, il y a eu un passage d'une caractérisation d'un son vers la désignation *d'un réseau de relations* (existence de deux éléments - l'excitateur et le résonateur - couplés et vibration à une fréquence particulière).

#### 3.3.2.2 *Obstacles didactiques : la désyncrétisation du savoir*

D'après notre étude épistémologique (paragraphe 3.1), il nous semble que l'évolution du concept de résonance dans le temps a mis en évidence l'existence de plusieurs cas de résonance qui se distinguent par la nature des ondes en jeu, ou par celle de l'excitateur ou du résonateur. Selon Mouhouche et Himrane (2016), le phénomène, nommé initialement transmission des vibrations, désignait la vibration d'un corps, fréquemment accompagnée d'émission sonore. Actuellement, le caractère diversifié de la résonance l'amène à se produire avec toutes les catégories d'ondes (optique, électrique, mécanique, électromagnétique, acoustique) et à toutes les gammes de fréquences et à la rendre un concept abstrait et général. Il nous semble que les conséquences du passage de la conception événementielle et substantialiste de la résonance à une vision plus abstraite ont donné naissance à la difficulté de la conceptualisation du phénomène de résonance.

De son côté, Conceição précise que « *Les termes sont des entités doubles dans lesquelles il nous faut considérer une face linguistique et une face cognitive. Le processus de dénomination est l'établissement d'une relation entre un ensemble de traits conceptuels et un ensemble de données linguistique dans une langue.* » (Conceição, 1999, p. 33).

Cette dénomination de résonance à sens sonore serait à l'origine de la difficulté de conceptualisation observée aussi bien chez les étudiants que chez certains enseignants et auteurs, du fait que la face cognitive ne convient pas à la face linguistique du terme (Mouhouche & Himrane, 2016). Caubarrère et al. (1995) ainsi que Alonso et Finn (1986) montrent que le concept de résonance est uniquement évoqué dans certains manuels récents de physique générale du premier cycle universitaire, mais son mécanisme résonant n'est pas explicité. Il s'agit donc d'un découpage du savoir (Mouhouche & Himrane, 2016). De même, le cloisonnement des chapitres et la séparation des matières d'enseignement, se répercutent dans la transposition didactique par une désyncrétisation (Verret, 1975, p. 146) du savoir, ce qui est source d'obstacles.

### 3.3.3 Conclusion

L'étude de l'évolution du concept de résonance au cours du temps montre l'existence de deux obstacles épistémologiques (obstacle verbal et obstacle substantialiste) et d'un obstacle didactique (la désyncrétisation due au découpage du savoir lors de sa transposition). Ces deux types d'obstacles pourraient coexister simultanément. Cette idée est confirmée par Artigue qui déclare : « *On constate que les nœuds actuels de résistance sévère correspondent souvent aux points où un obstacle d'origine épistémologique intervient renforcé par un obstacle d'une autre origine, en particulier un obstacle d'origine didactique* » (Artigue, 1991, p. 4).

## 3.4 *Le concept de résonance dans les manuels et dans l'enseignement : quels obstacles ?*

### 3.4.1 Dans les manuels

#### 3.4.1.1 *Vue historique sur l'évolution de la définition du concept de résonance dans les manuels*

En se basant sur les travaux de Mouhouche et Himrane (2016), nous essayons d'analyser dans ce qui suit les diverses définitions réservées pour le concept de résonance dans les livres d'enseignement depuis le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle.

En 1847, Pecllet décrit avec précision le phénomène de résonance comme « *communication des mouvements vibratoires des corps, à travers les liquides et à travers l'air* » (Pecllet, 1847, p. 347). Et il nomme le résonateur par l'expression « *corps ébranlé* ». En 1863, Boutet de Monvel a nommé et défini le concept de résonance différemment mais en gardant toujours la notion de prolongement d'un son en disant que « *la résonance n'était pas la mise en vibration d'un résonateur par un excitateur, mais que c'était plutôt l'arrivée à l'oreille d'un*

son » (ibid, p. 641). En 1877, Blaserna a décrit la réflexion d'une onde sur un obstacle : « *Les deux effets les plus importants de la réflexion sont la résonance et l'écho* » (Blaserna, 1877, p. 34-35).

Il nous semble que la définition de la résonance est liée aux deux aspects suivants : l'effet de la réflexion du son et le renforcement d'un son. Au terme de cette période (une trentaine années), la définition de la résonance se fait tout en liant entre sonorisation de la résonance et objet sonores.

En 1887, Jamin introduit la notion de transmission ou (communication) de vibrations. Il a dénommé la résonance acoustique par le « renforcement des sons » (tome 3, p. 164), « *chaque impulsion continue l'effet de la précédente, et la vibration se transmet et s'exagère* » (Jamin, 1887, p. 166). Nous constatons une déviation de la définition de la résonance vers l'idée d'augmentation de l'amplitude du corps ébranlé et même vers l'idée de la fréquence propre. En effet, nous remarquons la naissance du concept de la fréquence propre à cette époque.

Le savoir savant se construit fondamentalement sur l'expérience de Hertz (1887) qui a décrit deux nouveaux concepts : l'excitateur et le résonateur. La présentation de la résonance comme un phénomène qui se produit par l'effet d'un excitateur sur un résonateur. En 1892, les travaux de Helmholtz, Hertz et Tesla commencent à influencer les contenus des manuels d'enseignement. En effet, la définition du concept de résonance acquiert un aspect général qui lui permet d'être utilisé également pour différentes catégories d'ondes optiques, sonores, électriques et hertziennes après s'être limité aux ondes sonores. Or, cette extension est absente dans les programmes d'enseignement puisque nous signalons l'absence de résonance mécanique et de résonance en astronomie, bien qu'elles soient connues à l'époque. Il s'agit donc d'un écart de temps entre le savoir enseigné et le savoir savant

En 1926, le *Dictionnaire pratique et historique de la musique* définit la résonance comme étant « *la production de sons harmoniques à un son principal d'une source sonore.* » (Brenet, 1926, p. 389). En 1930, Pauling introduit le concept de résonance en chimie pour la première fois à travers des travaux de recherche sur la nature de la liaison chimique. Ensuite, des travaux ont été réalisés sur le sens de la résonance en visant l'excitateur, le résonateur, la fréquence propre et l'augmentation de l'amplitude du résonateur dans le cas de résonance et le transfert d'énergie de l'excitateur vers le résonateur

Pour le reste du XXème siècle, la plupart des ouvrages intercalent le sens de la résonance véhiculant les quatre composantes, à savoir l'excitateur, le résonateur, la fréquence

propre et l'augmentation de l'amplitude du résonateur en situation de résonance ; c'est à dire d'une façon indirecte, le transfert d'énergie de l'excitateur vers le résonateur

#### 3.4.1.2 *Analyse épistémologique des manuels des sciences physiques*

Nous présentons les travaux de Mouhouche et El-Hajjami (2009) dans le domaine de la didactique des sciences faites sur les manuels de physique suivants : Alonso et Finn (1974, 1986), Caubarrère, Fourny et Ladjouze (1987), afin d'identifier les origines des obstacles rencontrés lors de la construction du concept de résonance. Ces travaux montrent que ce concept est introduit fréquemment dans l'enseignement par l'intermédiaire soit du courant alternatif, soit des oscillations forcées. Il est présenté d'une manière descriptive limitée, liée directement à la nature de l'onde étudiée. En plus, cette présentation est accompagnée d'une approche plutôt mathématique, à travers l'équation différentielle, la pulsation propre, la fréquence propre et le calcul de facteur de surtension (appelé aussi facteur de qualité), plutôt qu'une approche physique et phénoménologique. Ces auteurs notent aussi que l'aspect historique et explicatif portant sur les effets et les applications de la résonance à tous types d'ondes sont peu évoqués. Malgré les intérêts portés par certaines de ses applications, ces dernières sont presque absentes dans la majorité des manuels. L'étude expérimentale, lors d'une séance de TP, du phénomène de résonance mécanique demeure ignorée vu la disponibilité partielle et l'encombrement des montages mécaniques résonant. On se limite alors dans le TP à l'étude de résonance d'électricité à travers le circuit RLC. Le programme d'enseignement renferme l'étude de la résonance dans un circuit RLC et dans les oscillations mécaniques forcées. Il nous semble donc que les difficultés rencontrées lors des activités d'apprentissage ont comme origines le manque de conceptualisation chez l'apprenant et les effets de transpositions didactiques. A l'instar de Mouhouche et El-Hajjami (2009), l'étudiant de l'université ne considère pas la résonance comme un phénomène qui résulte de l'influence d'un objet sur un autre mais comme une propriété de l'objet résonant. L'origine de cette difficulté pourrait être le manque de conceptualisation. En fait, ce manque de conceptualisation est traité dans les travaux de Dury (1999, p. 487) montrant que « *très souvent les concepts scientifiques évoluent sans que les dénominations qui les désignent en soit modifiées pour autant* ». Conceição (1999, p. 36) confirme l'idée en ajoutant qu'en cours de transmission des connaissances, on peut avoir un problème de déformation d'un concept et que ce problème pourrait être renforcé en plus si les connaissances du récepteur (apprenant) sur le domaine sont faibles. Cet auteur ajoute que « *Cette idée pourrait être vérifiée dans une situation d'enseignement/apprentissage où l'élève*

*(récepteur) est appelé à découvrir, apprendre au sujet d'un nouveau phénomène qu'il ignorait »* (1999, p. 36).

### 3.4.2 Dans l'enseignement

Vu son importance, le phénomène de résonance occupe actuellement une place principale et quasiment totale dans l'enseignement, aux classes de terminale de lycée pour certaines filières scientifiques, et à l'université dans le cadre de programme de physique générale, notamment dans le domaine de la physique des vibrations des rayonnements. Le phénomène de résonance peut être aussi rencontré dans le domaine de l'acoustique architecturale, dans la distorsion du son, son absorption ou le niveau de confusion des sonorités d'une salle et il se manifeste par des effets dans la vie courante. La résonance est liée à toutes catégories d'ondes applicables à des objets de dimensions très variés de l'échelle microscopique (les particules élémentaires) à l'échelle macroscopique (les planètes). Elle est assez exploitable pour obtenir des informations inaccessibles avec d'autres moyens ou bien éviter le risque d'aspect descriptif vu sa grande énergie vibratoire accumulée.

## 3.5 *Le concept de la résonance d'intensité électrique dans l'enseignement secondaire.*

### 3.5.1 Présentation du manuel scolaire officiel tunisien de physique de la 4<sup>ème</sup> année

En Tunisie, il n'existe pas d'éditeurs scolaires privés comme en France et il n'y a donc qu'un seul manuel scolaire de la physique contenant les différentes filaires : sciences expérimentales, mathématique et sciences d'informatiques.

Nous traitons dans ce qui suit le savoir à enseigner tel qu'il est présenté dans le livre scolaire de la physique de la quatrième année suivant la filaire des sciences expérimentales

Ce livre est en français et il est édité par le Centre National Pédagogique en septembre 2009 en conforme au programme officiel de la 4<sup>ème</sup> année Sciences Expérimentales. Avec un découpage en onze chapitres développant les trois thèmes du programme (Evolution de systèmes - Ondes - Physique atomique et nucléaire), ce manuel a été conçu avec une approche centrée sur l'élève afin que celui-ci s'y retrouve et puisse en tirer le maximum de profit dans sa préparation à l'examen du baccalauréat, à côté de ce qu'il réalise avec ses pairs et son professeur en classe. Pour faire ce manuel le ministère de l'éducation a choisi deux professeurs de faculté, un inspecteur général de l'éducation, deux inspecteurs principaux des collèges et des lycées et trois professeurs de l'enseignement secondaire. Effectivement, les différents contenus sont construits par ces

auteurs dans l'esprit de permettre à l'élève une exploitation optimale du livre, que ce soit avant la classe pour essayer de faire tout seul son cours ou après dans le but de consolider ses acquis. Dans cette perspective, les onze chapitres du livre sont présentés avec une logique visant la stimulation et la motivation de l'élève et facilitant son implication dans le développement de leur contenu scientifique.

Avec les objectifs fixés et les prérequis précisés en début de chapitre, des questionnements tirés du vécu quotidien sont cités pour donner du sens à l'étude proposée. Après position du problème, un ensemble d'activités proposées le plus souvent sous forme d'une manipulation réalisable dans une séance de classe (cours ou travaux pratiques) est suivi de questions posées sur les observations et les constatations indiquées, sur les mesures faites, voire sur leur exploitation graphique ou analytique afin d'entraîner l'apprenant à la pratique de la démarche scientifique expérimentale. Outre les conclusions, les analyses et les interprétations théoriques développées par les auteurs viennent par la suite pour rassurer l'apprenant et l'aider à s'auto évaluer. Les connaissances fondamentales construites par le traitement du chapitre sont reformulées dans une rubrique intitulée "L'Essentiel" et elle est insérée à la fin du cours.

De plus, un ensemble de questions du contrôle rapide des acquis, d'exercices d'application et de synthèse dont les réponses figurent en fin d'ouvrage est précédé d'un exercice entièrement résolu, présenté comme un autre support d'aide à l'autoévaluation.

En fin de chapitre, sont proposées une fiche technique comme complément facilitateur de l'étude et/ou une rubrique intitulée « En savoir plus » dont le contenu est un sujet de lecture qui peut servir à un certain approfondissement des connaissances du lecteur et à l'éclairer davantage sur leur importance dans la compréhension du monde physique moderne.

Selon le sommaire de cet ouvrage, le savoir à enseigner tel que la résonance de l'intensité électrique occupe une partie du chapitre des oscillations forcées en régime sinusoïdale. Ce dernier est le quatrième chapitre du premier thème appelé « Évolution des systèmes électriques ».

### 3.5.2 Le savoir à propos de la résonance d'intensité dans le programme officiel tunisien

A travers cette partie, nous essayons d'identifier les objectifs visés lors de l'enseignement du savoir « résonance d'intensité », de décrire le volume horaire qu'il occupe dans le programme officiel et de dégager les commentaires et les consignes exigés par les décideurs.

Partie 1 : Introduction Générale  
Chapitre 3 : Le concept de résonance en physique

Une vue chronologique sur ce programme nous permet de localiser l'emplacement de ce savoir. En fait, il doit être enseigné au terme du chapitre *Oscillations forcées en régime sinusoïdal*. Ce chapitre appartient au thème de physique désigné par *Le circuit RLC série* et qui occupe un volume horaire de 9 heures et 30 minutes à 10 heures. L'enseignement de la résonance d'intensité s'effectue dans une séance des travaux pratiques qui dure une heure et demie par groupe et dont l'objectif est de mettre en évidence expérimentalement le phénomène de la résonance d'intensité.

Notons que le support (programme officiel) sur lequel l'enseignant doit préparer ses séances est réparti en quatre parties comme suit : les objectifs d'enseignement, le contenu à enseigner, des exemples de questionnement et d'activités et enfin des commentaires, comme le montre cet extrait du programme officiel (Ministère de l'éducation, 2009, p. 101).

Figure 3.2 : Extrait du programme officiel de ministère de l'éducation tunisienne (2009, p.101)

Objectifs	Exemples de questionnements et d'activités	Contenu	Horaire
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réaliser un montage permettant de suivre les oscillations libres d'un circuit RLC série.</li> <li>▪ Reconnaître le régime pseudopériodique et le régime aperiodique.</li> <li>▪ Reconnaître le facteur responsable de l'amortissement.</li> <li>▪ Etablir l'équation différentielle des oscillations libres d'un circuit RLC série.</li> <li>▪ Interpréter la diminution de l'amplitude des oscillations libres amorties par le transfert d'énergie de l'oscillateur vers le milieu extérieur.</li> <li>▪ Distinguer, en régime forcé, le résonateur de l'excitateur.</li> <li>▪ Visualiser simultanément à l'oscilloscope la tension excitatrice <math>u(t)</math> et l'intensité du courant <math>i(t)</math>.</li> <li>▪ Mesurer l'amplitude et la fréquence d'une grandeur oscillante sinusoïdale.</li> <li>▪ Déterminer le déphasage entre la tension excitatrice <math>u(t)</math> et l'intensité du courant <math>i(t)</math>.</li> <li>▪ Mettre en évidence expérimentalement le phénomène de résonance d'intensité et celui de la résonance de charge.</li> <li>▪ Etablir en <math>i(t)</math> ou en <math>q(t)</math>, l'équation différentielle des oscillations forcées en régime sinusoïdal.</li> <li>▪ Etablir l'expression de l'intensité maximale <math>I_m</math> en fonction de la fréquence des excitations de l'oscillateur et déduire celle de la charge maximale <math>Q_m</math>.</li> <li>▪ Calculer la puissance moyenne absorbée par un oscillateur électrique.</li> <li>▪ Expliquer l'importance du facteur de puissance dans les transformations de l'énergie électrique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ En quoi consiste la recherche manuelle ou automatique d'une chaîne radio ou d'un canal de télévision ?</li> <li>▶ Réaliser la décharge d'un condensateur de capacité <math>C</math> dans une bobine <math>(L, r)</math> en série avec un résistor de résistance <math>R_0</math>, visualiser et tracer la tension <math>u(t)</math> à ses bornes pour différentes valeurs de la résistance <math>R_0</math>. □</li> <li>▶ Tracer les courbes représentant l'énergie totale d'un circuit RLC série en régime libre ainsi que les énergies <math>E_a = \frac{1}{2} C u^2</math> et <math>E_m = \frac{1}{2} L i^2</math> emmagasinées respectivement dans le condensateur et dans la bobine. □</li> <li>▶ Alimenter un circuit RLC série par un générateur délivrant une tension <math>u(t)</math> de valeur maximale <math>U_m</math> fixe et de fréquence <math>N</math> réglable :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- visualiser simultanément les tensions <math>u(t)</math> et <math>u_R(t)</math>,</li> <li>- suivre qualitativement, l'évolution du déphasage de <math>i(t)</math> par rapport à <math>u(t)</math> en fonction de la fréquence <math>N</math> de l'excitateur,</li> <li>- suivre quantitativement l'évolution de <math>I_m</math> en fonction de la fréquence <math>N</math> de l'excitateur,</li> <li>- suivre quantitativement l'évolution de la tension efficace <math>u_C</math> aux bornes du condensateur en fonction de la fréquence <math>N</math>,</li> <li>- tracer les courbes représentant <math>I_m = f(N)</math> et <math>U_C = g(N)</math>. □</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>I-3. Le circuit RLC série</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oscillations libres amorties :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Régime pseudopériodique et régime aperiodique.</li> <li>• Equation différentielle.</li> <li>• L'énergie totale et sa non conservation.</li> </ul> </li> <li>- Cas particulier : l'oscillateur libre non amorti             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equation différentielle.</li> <li>• Période propre <math>T_0</math> et fréquence propre <math>N_0</math>.</li> <li>• L'énergie totale et sa conservation.</li> </ul> </li> <li>- Oscillations forcées en régime sinusoïdal :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Production.</li> <li>• Influence de la fréquence d'excitation sur les oscillations : résonance d'intensité et résonance de charge.</li> <li>• Impédance électrique.</li> <li>• Puissance moyenne et facteur de puissance : pertes en ligne.</li> </ul> </li> </ul>	9,5-10,5 h

101/155

Les décideurs précisent dans la colonne de gauche les objectifs visés par le cours. Pour réaliser ces objectifs, ils mettent à la disposition de l'enseignant dans la deuxième colonne des propositions d'activités expérimentales à réaliser avec ces élèves. Enfin, ils donnent une série de commentaires, qui sont encadrés en rouge dans l'extrait du programme officiel (2009) suivant :

En dévoilant les commentaires de cette partie du programme, nous constatons que les décideurs consignent la possibilité d'étudier la résonance d'intensité et celle de charge dans la même séance de travaux pratiques et par la même ils signalent l'importance du phénomène de ce savoir dans la pratique (2009, p.104). Néanmoins dans notre recherche nous avons réservé toute une séance pour l'étude expérimentale de la résonance d'intensité.

<p>A l'aide d'un système d'acquisition numérique, par exemple, on montrera expérimentalement la non conservation de l'énergie totale (<math>E = \frac{1}{2} C.u^2 + \frac{1}{2} L.i^2</math>) d'un circuit RLC série en régime libre.</p>	<p>On interprétera le phénomène de résonance et on montrera l'existence du phénomène de surtension qui sera caractérisé par le facteur de surtension <math>Q = \frac{L\omega_0}{R}</math> à la résonance d'intensité et on signalera l'importance de ce dernier. La notion de bande passante est hors programme.</p>
<p>Par application de la loi des mailles, on montrera que les oscillations libres d'un circuit LC (circuit RLC série de résistance négligeable) sont sinusoïdales de fréquence <math>N_0</math> appelée fréquence propre de l'oscillateur.</p>	<p>***</p>
<p>En régime forcé sinusoïdal, avec l'étude expérimentale qui devance l'étude théorique on traitera l'influence de la fréquence <math>N</math> de la tension excitatrice <math>u</math> sur la réponse du résonateur (valeur maximale de l'intensité du courant et valeur maximale de la charge) pour différentes valeurs de la résistance totale <math>R</math> du circuit, on mettra en évidence la manifestation du phénomène de résonance d'intensité à la fréquence <math>N_r</math> égale à la fréquence propre <math>N_0</math> de l'oscillateur et celui de charge à une fréquence <math>N_c</math> inférieure à la fréquence propre <math>N_0</math>. L'étude de la résonance d'intensité et celle de charge peuvent faire l'objet d'une même séance de travaux pratiques. On ne manquera pas de signaler l'importance du phénomène de résonance dans la pratique.</p>	<p>Pour le pendule élastique, en supposant que les premières oscillations libres dans l'air sont pratiquement non amorties, on fera dégager expérimentalement qu'elles sont périodiques, que la période propre <math>T_0</math> est indépendante de l'amplitude des oscillations et que son expression est <math>T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}</math> dans laquelle <math>k</math> est la raideur du ressort et <math>m</math> est la masse du solide. Par la suite, dans le but de vérifier les résultats expérimentaux trouvés, on passera à une étude théorique des oscillations libres d'un pendule élastique horizontal. Dans ce cadre, et pour établir l'équation différentielle des oscillations libres du pendule, on appliquera la relation fondamentale de la dynamique.</p>
<p>Par la suite, on établira les expressions de l'impédance <math>Z</math> du circuit RLC série et de l'intensité maximale <math>I_m</math> du courant électrique en fonction de la fréquence <math>N</math>. L'expression de la charge maximale <math>Q_m</math> en fonction de la fréquence <math>N</math> de la tension excitatrice <math>u(t)</math> sera déduite à partir de celle de l'intensité maximale <math>I_m</math>.</p>	<p>Comme expression de l'énergie potentielle élastique, on donnera <math>E_{pe} = \frac{1}{2}k\Delta\ell^2</math>, où <math>\Delta\ell</math> est la déformation du ressort.</p>
	<p>Connaissant la nature sinusoïdale du mouvement du solide, on montrera que l'énergie mécanique totale de l'oscillateur horizontal est constante et qu'elle est proportionnelle au carré de l'amplitude de la grandeur oscillante.</p>

Figure 3.3 : Extrait du programme officiel ministère de l'éducation tunisienne (2009, p. 104)

### 3.6 Conclusion

Nous notons que l'étude épistémologique du concept de résonance d'intensité ainsi que l'analyse de l'évolution de sa définition dans les manuels nous permettent d'identifier les obstacles d'apprentissage, leurs origines et leurs conséquences didactiques. Une vue historique nous amène à déduire que ce concept possède actuellement un aspect diversifié qui touche tous les domaines et pas seulement le domaine de la physique. Mais malgré cela, nous remarquons que le concept de résonance n'occupe pas une place importante dans les programmes de physique tunisien, vu le volume horaire assez limité qui lui est imparti. Nous pouvons alors nous demander si ces obstacles persisteraient dans une séance d'enseignement/apprentissage du concept de résonance d'intensité

Partie 1 : Introduction Générale  
Chapitre 3 : Le concept de résonance en physique

---

fondée sur une démarche d'investigation. Nous pouvons de plus nous interroger sur les impacts de cette démarche d'enseignement sur l'apprentissage des élèves et sur la pratique de l'enseignant. En particulier, peuvent-ils accentuer l'aspect chronophage de la DI ?

Nous traitons dans la partie suivante le cadre théorique sur lequel s'appuie notre travail de recherche.

## PARTIE 2 : CADRE THEORIQUE

## **Chapitre 4 : Cadre théorique**

Dans ce chapitre nous évoquons les différents concepts liés au cadre théorique de notre travail de thèse afin de mettre en relief la problématique et de préciser les questions de recherche.

#### 4.1 *Introduction*

Notre recherche consiste à étudier un déterminant de l'action de l'enseignant tel que les connaissances professionnelles mobilisées (Jameau, 2012b ; Jameau & Boilevin, 2015) dans l'enseignement des sciences expérimentales. L'identification de ce déterminant nous amène à examiner l'organisation de l'activité des enseignants et son but ainsi que les tâches prescrites qui s'en suivent pour les élèves. Nous la considérons comme une prise de décisions ou une série de décisions ou une série d'actions et de réactions. Nous nous limitons à la mise en œuvre de l'action au sein de la classe où les connaissances mobilisées par l'enseignant apparaissent comme des moyens de décision (Calmettes, 2012b ; Sensevy, 2011 ; Dumez & Jeunemaître, 2005). En fait, l'enseignant n'est sûrement pas conscient de la totalité des déterminants de son action mais, cependant, il est capable d'expliquer une partie importante de celle-ci (Sensevy, 2011). Ceci nous conduit à chercher ce qui pourrait nous aider à mieux comprendre la nature des tâches prescrites aux élèves, dans ce contexte d'apprentissage en sciences expérimentales. Alors nous devons explorer différents cadres théoriques que nous présentons ci-dessous.

L'étude des connaissances professionnelles mobilisées par l'enseignant lors de son activité au sein de la classe exige de faire appel à la référence de la didactique professionnelle. Cette approche a pris naissance en France en 1990 au sein d'un petit groupe de chercheurs œuvrant dans le domaine de la formation des adultes, de la didactique des disciplines et de la psychologie ergonomique. Elle s'appuie sur la théorie de la conceptualisation dans l'action d'inspiration piagétienne. La didactique professionnelle a pour but d'analyser la formation des compétences professionnelles tout en étudiant l'activité des acteurs dans un contexte de travail.

La particularité de la didactique professionnelle est de combiner les méthodes d'analyse du travail issues de l'ergonomie francophone (Leplat, 1997) avec la théorie des schèmes de Vergnaud (1996, 2001) développée dans la lignée directe des travaux piagétiens sur les apprentissages des enfants (Piaget, 1936, 1947). La didactique professionnelle s'est développée à partir d'un cadre théorique très structurant, celui de la conceptualisation dans l'action évoquée par Piaget (1974). Ce dernier pense que la connaissance est une adaptation qui possède comme première propriété d'être opératoire. C'est à dire elle a pour rôle d'orienter et de guider l'action. Il s'agit, effectivement, d'étudier ce qui relève de l'action et ce qui relève de la pensée. En effet, les travaux de Piaget soulignent l'idée que l'action est organisée en citant le concept de schème.

Cette idée piagétienne a été reprise par Vergnaud (1990) en faisant de ce concept l'organisateur interne de l'action. De plus, ses travaux montrent l'existence d'une *organisation invariante* assez générale dans chaque *activité humaine* permettant de s'adapter à un grand nombre de situations et que cette organisation n'est pas obligatoirement implicite ou bien connue par le sujet. Ainsi, l'analyse de l'activité nous permet de la mettre en évidence. Le concept de schème est défini par Vergnaud comme « *une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations donnée* » (Vergnaud, 1990, p.136) et il permet de combiner judicieusement les deux propriétés essentielles de l'activité : l'invariance de son organisation (en quelque sorte son squelette) et sa grande adaptabilité aux circonstances (Pastré, 2004). Dans notre recherche, nous analyserons les schèmes mobilisés par les enseignants afin de comprendre l'organisation de leur activité et voir comment celle-ci est efficace, reproductible, adaptable et intelligible (Piaget, 1974).

Par ailleurs, lors de sa pratique au sein de la classe, l'adaptation de l'enseignant se fait à travers des boucles de régulation. Ce sont des processus qui ont pour objectif d'adapter la situation d'enseignement / apprentissage en jouant sur les deux versants : il faut arriver en fait à faire joindre la prescription de l'enseignant et le vécu de l'apprenant, et pour cela, accepter que les deux parties bougent (Allal, 1991). Une boucle de régulation peut être soit rétroactive, c'est-à-dire concerner ce qui s'est passé avant le moment où intervient la régulation, soit interactive, c'est-à-dire qu'elle concerne ce qui est en train de se passer, ou bien encore proactive, et concerne alors ce qui va se passer par la suite (Scallon, 2000). En fait, les procédures de la régulation permettent de mobiliser de nouvelles règles d'action à partir d'indices pris dans la classe. Nous faisons référence ici aux travaux de Leplat (1997), Pastré (2008) et Coulet (2011) à propos des boucles de régulation rétroactives de l'activité, pour comprendre comment l'activité des enseignants change lorsqu'ils s'adaptent aux imprévus dans la classe.

L'étude des tâches prescrites aux élèves, nous amène à faire référence à la didactique des sciences et, plus précisément, aux travaux de Martinand concernant la modélisation scientifique. Dans ses travaux (1996), il a proposé un schéma permettant de décrire la tâche de l'élève, lors de son apprentissage. Ainsi il s'est intéressé aux processus de modélisation que les élèves peuvent prendre en charge, en tout ou en partie, avec la notion de « tâche ou problème impliquant la modélisation », puis les tâches d'application du modèle. Pour étudier les connaissances professionnelles mobilisées par l'enseignant lors de sa pratique en classe nous ferons appel au modèle de Shulman (1986). Celui-ci définit la connaissance liée au contenu, *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*, laquelle exprime l'amalgame entre le contenu et la pédagogie. Signalons cependant que cette typologie de la connaissance présentée dans ce chapitre

est considérée plutôt comme un cadre d'analyse que comme un cadre théorique. En effet, ce modèle nous permet d'identifier des types de connaissances, et précisément celles qui sont spécifiques à l'enseignement d'un contenu (Hashweh, 2005). En plus, nous pourrions préciser les PCK mises en jeu à travers l'identification du contenu enseigné, en relation avec les instructions officielles.

#### 4.2 *La didactique professionnelle et son entourage théorique*

La didactique professionnelle a pris naissance à partir de la convergence de trois cadres théoriques avec un champ de pratique. Pastré, entant que son concepteur, les a identifiés de la manière suivante : le premier cadre est la conceptualisation dans l'action, développé par Piaget et continué par Vergnaud (1996), le deuxième est initié par Ombredane et Faverge (1955) et continué par Leplat (1997) et le troisième est la didactique des disciplines, continué par Brousseau (1998) et Vergnaud (1990). Quant au champ de pratiques dont la didactique professionnelle s'est inspirée, il s'agit de l'ingénierie de formation (analyse de besoins, définition d'objectifs, construction et évaluation de dispositifs).

Les travaux de Pastré, Mayen et Vergnaud (2006) ont montré que la didactique professionnelle a comme but d'analyser le travail en vue de la formation des compétences professionnelles, et elle a comme hypothèse : « *l'activité humaine est organisée sous forme de schèmes, dont le noyau est constitué de concepts pragmatiques* » (Pastré et al., 2006, p.145). Selon ces didacticiens, la didactique professionnelle s'est construite autour de trois orientations : l'analyse des apprentissages et l'analyse de l'activité des acteurs, l'analyse de la formation des compétences professionnelles et l'articulation entre activité et apprentissage dans un contexte de travail. Vue la continuité existante entre agir et comprendre « *de et dans son activité* » (Jameau, 2012b, p. 146), la didactique professionnelle exige que l'analyse des apprentissages et l'analyse des acteurs soient toutes les deux inséparables.

En fait, Pastré (2011) met l'accent sur le développement des adultes du point de vue psychologique du « sujet capable » (Rabardel, 2005) en disant « Je peux » avant de dire « Je sais ». Ainsi, il pense que ce développement se réalise durant leur vie professionnelle et que « *l'activité ne peut se penser sans développement* » (Vinatier, 2012, p. 138). A travers cette orientation, la didactique professionnelle interroge le développement des compétences chez les apprenants. Mais l'analyse de la formation des compétences professionnelles exige d'observer ces apprenants sur leur lieu de travail : c'est-à-dire qu'il est indispensable d'analyser l'activité dans un contexte de

travail. Pour cette raison, la théorie de la conceptualisation dans l'action apporte un cadre pertinent (Rabardel, 2005).

Comme nous l'avons indiqué précédemment, cette théorie présente un cadre théorique (une source) fondamental d'inspiration pour la didactique professionnelle (Pastré, 2011) alors que les deux autres relèvent de la psychologie ergonomique et de la didactique des disciplinaires.

#### 4.2.1 La théorie de la conceptualisation dans l'action

La conceptualisation dans l'action a pris naissance à partir des travaux de Piaget et elle fait le lien entre deux registres globalement séparés : le registre qui relève de la pensée et celui qui relève de l'action, d'un côté, ce qui donne naissance aux théories et aux connaissances et, de l'autre, ce qui va de « *l'étude de la technique à celle de la morale* » (Pastré, 2011, p. 149).

Dans son ouvrage *Réussir et comprendre*, Piaget (1974) déduit deux conclusions théoriques : l'*action* est une connaissance autonome et la prise de conscience est un véritable travail de conceptualisation. Pastré (2011) montre qu'il existe un écart temporel entre la réussite et la compréhension.

En effet, cette théorie offre à la connaissance deux importantes propriétés. Elle est en premier temps un élément opératoire pour orienter et guider l'action et en deuxième temps elle donne naissance à des savoirs théoriques. Ceci permet à la conceptualisation d'avoir une fonction opératoire qui l'éloigne de la théorisation et d'aller au point de ne pas pouvoir dissocier la connaissance et l'action. Pastré insiste effectivement sur l'importance de la première conclusion de Piaget : « *c'est une thèse très forte qui affirme à la fois que l'action est organisée et intelligible et que le principe de cette organisation de l'action (...) est à chercher à l'intérieur d'elle-même* » (ibid., p. 156). Il cite le concept de schème, issu des travaux de Piaget et repris par Vergnaud, comme organisation interne de l'action « *qui permet de comprendre comment celle-ci est efficace, reproductible, adaptable et intelligible* » (Ibid., p. 156). Selon Vinatier (2012, p. 140), la théorie de la conceptualisation dans l'action est appelée par Pastré « *théorie de l'organisation de l'activité* » (2011, p. 180) et le concept de schème, dans la filiation principale de Piaget, est au cœur de cette théorie.

Les travaux de Vergnaud (1996) montrent que le sujet sait mobiliser des connaissances-en-acte afin de réussir son action avant d'en concevoir les raisons. Il s'agit bien de savoir mobiliser des concepts sans en être conscient. Ces deux auteurs Piaget et Vergnaud ont effectivement essayé de faire convertir la théorie de la conceptualisation dans l'action sur le plan

pratique. Cette idée est confirmée par Vinatier lorsqu'elle s'est rendu compte qu'ils insistent sur « *la dimension pratique de la conceptualisation* » (Vinatier, 2009, p. 52).

Le sujet est amené de ne pas apprendre le concept mais à le construire. Pour cette raison, il est nécessaire de faire référence aux deux formes de la connaissance : la forme prédicative et la forme opératoire. Selon Vergnaud (année), la forme opératoire de la connaissance permet d'agir en situation. Elle ne se contredit pas avec les connaissances classiquement transmises par l'école et l'université. Elle permet de prélever des informations dans le réel et d'adapter l'action. Mais il existe un écart parfois étonnant entre ce qu'on fait en situation et ce qu'on est capable de faire. Alors que la forme prédicative de la connaissance est celle qui énonce les propriétés et les relations des objets de la pensée ; 'est à dire qu'elle permet « *d'identifier dans le réel les objets, des propriétés de ces objets, des relations entre ces objets et leurs propriétés* » (Pastré, Vergnaud, & Mayen, 2006, p. 158). De plus, la forme prédicative de la connaissance n'est pas seulement discursive.

En se positionnant dans le contexte du concept de schème et d'invariants opératoires et en s'appuyant sur les travaux de Piaget, Vergnaud déduit que cette forme de connaissance permet de « *voir une intelligence des situations avec un double mouvement d'assimilation et d'accommodation* » (ibid., 2006, p. 159). Il ajoute que les deux formes sont liées, mais la forme opératoire est la première. L'application de ces deux formes se fait selon deux registres de conceptualisation. : un registre pragmatique et un registre épistémique. Chaque registre est caractérisé par son but et par le type de conceptualisation qu'il implique. Le registre épistémique cherche à comprendre l'action caractérisée par son but et par son type de conceptualisation en identifiant dans une situation donnée ses objets, ses propriétés et ses relations. Ce registre répond à la question « comment ça fonctionne ? » et il cherche à identifier les relations de détermination qu'on peut établir entre les principales variables constitutives du système (ibid., p. 159). Alors que le registre pragmatique a pour but la réussite de l'action. Ce registre répond à la question « Comment ça se conduit ? » dans ce cas (la conduite d'un système technique). « *La conceptualisation va avoir comme but d'établir une sémantique de l'action (...) et également permettre de repérer les principales classes de situations de manière à ajuster l'action à ces différentes classes. La conceptualisation du registre pragmatique sert ainsi à relier les prises d'information sur la situation aux répertoires de règles d'action disponibles* » (ibid., p. 159).

Le concept de la conceptualisation est utilisé par la didactique professionnelle dans son développement en mettant l'accent sur l'aspect opératoire qui se réfère aux schèmes et aux invariants opératoires (IO) considérés comme des instruments cognitifs issus d'une intériorisation des procédures efficaces mobilisées dans l'action (Pastré, Vergnaud, & Mayen, 2006). Les travaux de Vergnaud (1985) prolongeant les travaux de Piaget sur le schème ont permis de définir ses constituants afin de comprendre l'organisation de l'activité en situation. Selon Vergnaud, le schème est conçu comme une totalité dynamique organisée d'un ensemble d'éléments : des inférences, des attentes, des invariants opératoires (IO) et des règles d'action. Les IO sont les objets, les propriétés, les relations et les processus de pensée découpés dans le réel pour l'organiser.

Par ailleurs, la psychologie ergonomique a permis d'identifier les processus en jeu quand un sujet agit dans un contexte particulier, à savoir en situation. Et elle permet précisément d'apporter une autre distinction entre les deux registres pragmatique et épistémique : la différence entre la tâche et l'activité (Jameau, 2012b).

Selon le registre pragmatique, le point de vue de la tâche est un point de vue objectif alors que celui de l'activité est un point de vue subjectif. En gardant ce registre du point de vue de la tâche et pour une situation donnée, Pastré (1999) est allé plus loin pour parler de la « *structure conceptuelle de la situation* » constituée par « *l'ensemble de concepts (d'origine pragmatique ou scientifique) organisant l'action et servant à la guider* » (Pastré, Vergnaud, & Mayen, 2006, p. 159). Pastré (2011) définit la structure conceptuelle d'une situation comme « *l'ensemble des concepts pragmatiques ou pragmatisés qui servent à orienter l'action* » (p. 87). Mais, en se basant sur les travaux d'Ochanine (1981) à propos du concept d'image opérative, Pastré (2011) insiste sur le fait que le registre épistémique (les concepts scientifiques et techniques) permet de comprendre comment le système fonctionne mais il est insuffisant pour orienter l'action des opérateurs. En effet, les concepts scientifiques et techniques ne disent pas quelles sont les variables essentielles permettant de faire un diagnostic de situation (ibid., p. 88). Il est donc nécessaire d'identifier les variables « pragmatisés » : celles qui sont cruciales pour la conduite. En effet, pour identifier une structure conceptuelle en didactique professionnelle, il est nécessaire de passer par une première analyse de l'activité et, dans ce cas, elle représente « *l'ensemble des éléments invariants que l'on retrouve mobilisés chez tous les sujets ayant une action efficace* » (Pastré, 2006, p. 160).

Dans le registre épistémique, l'équivalent de la structure conceptuelle de la situation est représenté par « *le savoir portant sur un domaine* » (Pastré, Vergnaud et

Mayen (2006, p. 160). Ce savoir est « *un ensemble d'énoncés cohérents, estimés valides par une communauté scientifique ou professionnelle* » (ibid., p. 160). Caractérisé par deux propriétés essentielles, « *sa non-contradiction et sa validité* » (ibid., p. 160), il a une dimension objective. Ainsi dans ce même registre, et du point de vue de l'activité, les deux modèles cognitif et opératif sont les équivalents du savoir portant sur un domaine et de la structure conceptuelle d'une situation.

Selon Ochanine (1981) le modèle opératif désigne « *la représentation que se fait un sujet d'une situation dans laquelle il est engagé pour la transformer* » alors que le modèle cognitif désigne « *la représentation qu'un sujet se fait d'un domaine en termes d'objets, de propriétés et de relations indépendamment de toute action de transformation portant sur ce domaine* » (Pastré, Vergnaud, & Mayen, 2006, p. 160). Selon ces auteurs (ibid., p. 160) les deux modèles s'articulent l'un avec l'autre suivant deux grandes méthodes : soit le modèle cognitif appris séparément du modèle opératif, soit les deux modèles appris simultanément. Ces auteurs considèrent que le modèle cognitif est caractérisé par son aspect empirique qui peut soutenir le modèle opératif mais insuffisant pour le justifier. Le modèle cognitif est généralement de nature empirique, ce qui peut être suffisant pour soutenir le modèle opératif mais insuffisant pour le justifier.

Jameau (2012b) affirme que dans le cas de l'indépendance dans les apprentissages, qualifié de *sur le tas* (Pastré, Vergnaud, & Mayen, 2006, p. 160) entre les deux modèles, la formation (la théorie) va servir à la construction du modèle opératif par confrontation à la pratique, « avec les invalidations-validations » (ibid., p. 161) que l'exercice de l'activité apporte.

#### 4.2.2 Le couplage didactique professionnelle et psychologie ergonomique

Pastré (2011, p. 83) souligne que les origines de la didactique professionnelle plongent dans plusieurs sources dont l'une est la psychologie ergonomique. Cette dernière débute sous le nom de psychologie ergonomique de langue française (Ombredane et Faverge, 1955), puis elle est développée par Leplat (1997) sous le nom de psychologie du travail. Elle a comme objet principal les processus en jeu quand un sujet agit dans un contexte particulier à savoir en situation de travail (Rogalski, 2007). Pastré (2011, p. 38) signale qu'au départ la didactique professionnelle ne se distingue pas de la psychologie ergonomique « (...), au moment où elle se constitue, la didactique professionnelle emprunte à la psychologie ergonomique, non seulement ses concepts et ses méthodes d'analyse du travail, mais aussi ses principes de centration sur l'activité et le sujet. Et c'est en cela surtout que la didactique professionnelle s'inscrit dans la psychologie ergonomique ». Il ajoute que l'intérêt commun concerne « l'analyse de l'activité des

*hommes au travail en se situant du point de vue du sujet de l'activité* » (p. 38). En effet, en didactique professionnelle l'analyse du travail est fondée sur « *son cadre théorique de référence la conceptualisation dans l'action et sa méthodologie qui s'inspire principalement de la psychologie ergonomique* » (ibid.).

En fait, selon Pastré, deux principes en résultent. D'une part, la centration sur l'activité requiert l'analyse du travail réel et pas seulement le travail prescrit. D'autre part, il est nécessaire de se centrer sur le sujet travaillant ou le sujet apprenant « *et non pas sur le dispositif qui est mis en place* » (Pastré, 2011, p. 39). Le premier principe, concernant la centration sur l'activité, n'est autre qu'un apport de la psychologie ergonomique à la didactique professionnelle (Jameau, 2012b, p. 18). Les travaux de Leplat (1997) abordent la distinction entre tâche prescrite et activité, en décrivant ces deux concepts de la manière suivante : « *La tâche c'est ce qu'il y a à faire le but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions (...)l'activité dépend de la tâche et des caractéristiques du sujet mais elle peut contribuer (en retour) à la définition de la tâche et à la transformation du sujet* » (ibid., p. 14). Vinatier (2009) va plus loin avec cette idée de distinction évoquée par Leplat en soulignant que l'analyse de l'activité ne peut se faire indépendamment de la tâche.

Cette indépendance est expliquée par les travaux de Pastré (2011) de point de vue épistémologique, il explique que « *cela signifie qu'il y a toujours plus dans le travail réel que dans l'activité construite car il y a dans le travail humain une dimension de création, d'adaptation fine à des circonstances infiniment variées* » (ibid., p. 39). Ainsi l'étude de l'activité réelle se fait au travers de l'identification de l'écart entre la tâche prescrite et le travail réel. Ce processus est désigné par Pastré comme le *paradigme de Leplat* où il insiste sur la nécessité de réaliser deux analyses successives dans le temps : d'abord, une analyse de la tâche suivie d'une analyse de l'activité ou de la tâche effective.

Quant à Rogalski (2003), tout en se basant sur les aspects physiques, affectifs et sociaux, il définit l'activité de la manière suivante : « *L'activité est ce que développe un sujet lors de la réalisation de la tâche non seulement ses actes extériorisés, mais aussi les inférences, les hypothèses qu'il fait, les décisions qu'il prend, la manière dont il gère son temps. Une partie de l'activité est directement finalisée par la réalisation de la tâche, mais l'activité dépasse les actions sur ce qui est à faire* » (ibid., pp. 343-388).

D'un autre côté, Goigoux (2007) considère que l'activité de l'enseignant dépend pour l'essentiel de trois éléments : sa situation de travail, les élèves et lui-même. Ainsi elle est multi

finalisée (Leplat, 1992), c'est-à-dire qu'elle est dirigée simultanément dans plusieurs directions : vers les élèves, vers les autres acteurs de la scène scolaire (les parents d'élèves, la hiérarchie, les enseignants qui ont reçu les élèves les années précédentes et ceux qui les recevront ensuite, les autres enseignants qui agissent simultanément - dans d'autres disciplines, dans des actions de soutien, dans l'aide aux devoirs, etc.-, les divers partenaires de la co-éducation) et vers l'enseignant lui-même. Le second principe, concernant la centration sur le sujet, dit la nécessité de ne pas se focaliser sur le dispositif de formation qui est mis en place. En fait, la centration sur le sujet consent une mise à l'écart de l'ingénierie de formation au profit d'une centration sur l'apprentissage. Pastré (2011) convient de signaler l'importance qu'a eue un auteur russe, Ochanine, avec son concept d'image opérative (1981). Et comme nous l'avons indiqué précédemment, les modèles opératif et cognitif ont été définis en référence aux travaux d'Ochanine (1981) qui a établi une distinction entre image opérative et image cognitive. En effet, l'image cognitive expose un objet en dénombrant ses principales propriétés. Alors que l'image opérative conserve de ce même objet, les propriétés qui sont utiles pour l'action sur cet objet (Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006). En plus la distinction-opposition entre ces deux types d'image a exigé de montrer l'existence des deux formes de conceptualisation « *l'une qui énonce des propriétés et des relations sur des objets* » et *l'autre « qui sélectionne certains traits d'un objet pour en faire des concepts qui orientent et organisent l'activité* » (ibid., p. 148).

Nous notons que Pastré (2011) a remplacé le terme « image » par « modèle » afin de définir les équivalents du savoir portant sur un domaine et de la structure conceptuelle de la situation. Il considère que le terme tolère « *d'éviter toute référence à une épistémologie faisant de la représentation un simple reflet de la réalité* » (Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006, p. 160). Cette distinction offre à l'action une certaine conceptualisation spécifique dont son rôle consiste à la guider et à l'orienter et non plus de construire les savoirs. Ainsi elle n'a de pertinence que dans la mesure où elle permet de décrire les échanges qui se font entre modèles cognitifs et modèles opératifs. Pastré (2011) conseille d'éviter la confusion entre théorisation et conceptualisation, tout en concluant que la théorie d'Ochanine permet d'identifier les concepts organisateurs qui orientent et guident l'action et que l'on peut considérer comme « *le noyau central de l'organisation de l'activité des acteurs* » (Ibid., pp. 40-41).

Les travaux de Hoc (1996), Amalberti (1996), Cellier, De Keyser, et Valot (1996), Rogalski et Samurçay (1993) montrent qu'il existe un autre apport de la psychologie ergonomique sur les situations dynamiques. Cet apport permet à la situation d'avoir sa dynamique propre de telle sorte qu'elle se modifie de façon indocile des actions de l'opérateur. En plus, elle évolue

encore davantage quand l'opérateur ajoute ses actions. Il est nécessaire pour l'opérateur qu'il fasse un diagnostic afin de détecter, repérer la configuration de l'environnement sur laquelle il agit et un pronostic sur sa modification future sans négliger effectivement le facteur temps qui présente une dimension fondamentale de l'activité. Pastré (2011) confirme que la compétence de l'opérateur s'étend du *savoir quoi faire* au *savoir quand le faire*.

Un débat enrichissant entre Leplat (1997) d'un côté, Theureau (1992) et Clot (1999) d'un autre côté, a entraîné une évolution en psychologie ergonomique. Selon Jameau (2012b), ces deux derniers reprochent à Leplat de faire une analyse extrinsèque de l'activité puisqu'il s'agit d'analyser la tâche effective en la comparant à la tâche prescrite. Ils recommandent plutôt une analyse intrinsèque qui se centre avant tout sur l'activité. En contrepartie, Leplat fait entendre son approche méthodologique en supposant que l'analyse du travail se fonde aussi bien sur les caractéristiques de la tâche que sur celles du sujet de l'activité.

Leplat (1997) détermine la définition de l'analyse du travail ainsi que les facteurs dont elle dépend de la manière suivante « *L'analyse psychologique du travail met en jeu trois notions essentielles : l'agent (sujet, opérateur, acteur), la tâche et l'activité (...) analyser le travail c'est analyser les relations complexes et dynamiques entre ces trois notions (...) l'activité dépend de la tâche et des caractéristiques du sujet, mais elle peut contribuer en retour, à la définition de la tâche et à la transformation du sujet* » (ibid. , p. 14). Pastré (2011) qualifie de duale l'analyse du travail proposé par Leplat. Il parle d'une analyse qualifiée d'*extrinsèque* (en référence à la tâche) et d'une autre analyse qualifiée d'*intrinsèque* (en référence aux caractéristiques de l'agent).

Selon Pastré (2011), l'analyse de l'activité se fait suivant deux étapes : la première étape qui a pour but d'identifier les concepts organisateurs qui structurent la tâche et qui doivent être pris en compte pour que l'action soit efficace et la deuxième pour identifier les différentes stratégies des agents, stratégies dépendantes des caractéristiques de ces agents (ibid., p. 44). Il ajoute que la complexité de la situation est liée à l'importance de la deuxième étape de l'analyse.

Dans ce qui précède, nous avons dévoilé les relations entre la psychologie ergonomique et la didactique professionnelle. Ces relations ont connu des évolutions respectives et communes sur les bases de concepts et de méthodes d'analyse de travail. Nous allons maintenant analyser les relations qui favorisent le couplage entre la didactique professionnelle et la didactique des disciplines. Comme nous l'avons signalé en introduction, la didactique des disciplines a participé à la transformation de la didactique professionnelle.

Nous traitons dans ce qui suit les travaux de recherche sur l'organisation de l'action, ainsi du concept de schème qui dépend de son organisation interne. Nous présentons une définition de ce concept et ses éléments constitutifs.

### 4.3 *Concept de schème et sa position par rapport à l'activité*

En s'inspirant de l'idée de Piaget (1974) Vergnaud (1990) considère que le concept de schème est l'organisateur fondamental de l'activité humaine. En effet, chaque activité humaine est caractérisée par une organisation invariante, pas forcément explicite ni connue du sujet, pour pouvoir s'adapter à un grand nombre de situations. Selon Vergnaud, l'activité est caractérisée par ses deux propriétés essentielles : l'invariance de son organisation (globalement son squelette) et sa grande adaptabilité aux circonstances. Pour cet auteur, le concept de schème fait la combinaison entre ces deux propriétés. Pastré (2011) rappelle que le noyau central de l'organisation d'une activité est composé d'invariants, de nature conceptuelle. Vergnaud décrit cette idée par la formule « *au fond de l'action, la conceptualisation* » (Vergnaud, 1996).

#### 4.3.1 *Quelle définition donner au schème ?*

La définition piagétienne :

*« Les actions, en effet, ne se succèdent pas au hasard, mais se répètent et s'appliquent de façon semblable aux situations comparables. Plus précisément, elles se reproduisent telles quelles si, aux mêmes intérêts, correspondent des situations analogues, mais se différencient ou se combinent de façon nouvelle si les besoins ou les situations changent. Nous appellerons schèmes d'actions ce qui, dans une action, est ainsi transposable, généralisable ou différenciable d'une situation à la suivante, autrement dit ce qu'il y a de commun aux diverses répétitions ou applications de la même action »* (Piaget, 1973, pp. 23-24). L'idée de schème est la pierre angulaire de l'analyse de l'activité (Pastré, Mayen & Vergnaud, 2006). Ainsi, selon ces auteurs, le concept de schème marque la continuité existante entre les deux formes de la connaissance, opératoire et prédicative. Ils ajoutent que son intérêt réside précisément dans le fait qu'il met en évidence la dimension de conceptualisation présente au cœur de l'organisation de l'activité. Vinatier (2009) signale que l'intentionnalité, la généralité, la conceptualisation et l'interférence doivent se rencontrer dans un schème.

Selon Vergnaud, cette définition piagétienne est discutable, puisqu'il manque la précision du concept de classe de situations. Pour lui, cette définition est assez générale et il propose la redéfinition suivante : Un schème est « *une organisation invariante de la conduite pour une classe*

*de situations donnée* ». Il ajoute qu'« *Il est surprenant que l'auteur du concept de schème manque le concept dual qui lui donne sa portée significative* » (Vergnaud, 2001, p. 112).

Vergnaud cite dans la définition un concept important tel que la *classe de situations* qu'il a développé par la suite pour révéler des événements porteurs d'une même *structure conceptuelle* et qui vont convoquer chez ceux qui y sont confrontés des schèmes d'actions spécifiques nécessaires à leur adaptation (Vinatier, 2009). Rappelons, que selon Pastré, une structure conceptuelle d'une situation est l'ensemble des concepts pragmatiques ou pragmatisés qui servent à orienter l'action. En effet, Vergnaud confirme que les situations vécues ont un effet important pour la connaissance. Elles représentent simultanément son critère et sa critique. C'est à dire qu'on n'apprend la connaissance qu'en situation et que cette connaissance ne peut être que préparatoire. Donc, il existe un lien fort entre les classes de situations et les concepts qui s'y trouvent à l'œuvre. Vinatier (1990) signale que ces concepts prennent sens grâce aux situations et par les biais du sujet. Elle différencie les classes de situations pour lesquelles le sujet dispose des compétences nécessaires au traitement immédiat de la situation, et celles pour lesquelles le sujet ne dispose pas de toutes les compétences nécessaires à son traitement. Vinatier ajoute que le fonctionnement du concept de schème ne se fait pas de la même manière dans les deux cas. Dans le premier cas, et pour une même classe de situation, le sujet amène à des conduites énormément automatisées et organisées par un seul schème. Alors que dans le second cas, le sujet déclenche tour à tour un certain nombre de schèmes qui, selon Vinatier, « *peuvent entrer en compétition et qui, pour aboutir à la solution recherchée, doivent être accommodés de combinés et recombinaisons ; ce processus s'accompagne nécessairement de découverte* » (ibid., p. 136). Par conséquent, la classe de situations à laquelle s'adresse le schème, peut être très petite ou très grande (Jameau, 2012b). Vergnaud ajoute ceci : « *Au cours du développement cognitif, un schème a une portée réduite très locale qu'il s'agit ensuite d'élargir. Du fait qu'il s'adresse à une classe de situations, même petite, c'est un universel en ce sens qu'on peut le formaliser avec des règles et des concepts importants des quantificateurs universels* » (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 45). Nous pouvons donc signaler que le schème se construit et se développe en situation. Il s'agit d'une catégorie de l'action, par rapport à une classe de situations (Vinatier, 2009). De son côté Vergnaud (1994) considère le couple « *schème-situation* » comme « *la clef de voûte de la psychologie cognitive et de la théorie de l'activité : pour cette raison simple que la connaissance étant adaptation, ce sont les schèmes qui s'adaptent, et qu'ils s'adaptent à des situations* » (Vergnaud, 2001, p. 112). Cependant, Vergnaud insiste que le schème dans sa généralité s'adresse

à une classe de situations. C'est là un point essentiel pour l'éducation et le travail car la notion de « situation » ouvre l'espace d'intervention pour l'enseignant et le formateur.

Pastré (2011) développe la conception de Vergnaud sur ce couplage « schème-situation » qui en est un élément central. En fait, cette conception est caractérisée en notant que « *le schème est à l'action ce que le concept est à la cognition... c'est-à-dire l'élément de base constitutif de l'action, et qui en permet l'analyse* » (Pastré, 2011, p. 161).

Avec plus de précision, Vergnaud présente deux définitions supplémentaires du *schème* :

La première définition que nous avons citée (p. 80) présente un aspect fonctionnel. En fait, dans cette définition, un certain nombre de points sont dignes d'être évoqués. Vergnaud fait la distinction entre l'activité et son organisation puisque « *le schème n'est pas un stéréotype : ce qui est invariant, c'est l'organisation, non pas l'activité et la conduite* » (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 45). Pastré (2011) signale que l'activité est contextualisée, variable et adaptée aux circonstances. Nous déduisons alors que l'invariance dans un schème s'appuie sur la part de l'organisation de l'activité et non pas sur la part de l'activité elle-même. Ainsi, la classe de situations à laquelle le schème se rapporte est un déterminant de l'organisation de l'activité.

La seconde définition est d'aspect analytique car elle considère que l'activité est engendrée par le schème au moment de son déroulement. Il existe un lien entre le caractère conditionnel de l'activité et la conceptualisation du réel (Vinatier, 2009). Pour comprendre la structuration de l'activité, Vergnaud (1996) trouve la nécessité d'identifier les éléments constitutifs d'un schème. Selon lui un schème comporte quatre catégories distinctes de composantes :

- Un but (ou plusieurs), des sous-buts et des anticipations ;
- Des règles d'action, de prise d'information et de contrôle ;
- Des invariants opératoires (concepts-en-acte et théorèmes-en-acte) ;
- Des possibilités d'inférence.

Par l'identification de ces éléments, il éclaire l'idée de l'organisation de l'activité. Le schème est une totalité dynamique fonctionnelle. Cela signifie en clair que le schème est une unité identifiable de l'activité du sujet, qui correspond à un but identifiable, qui se déroule selon un certain discours temporel (et donc une dynamique), et dont la fonctionnalité repose sur un ensemble d'éléments peu dissociables les uns des autres (Vergnaud, 1996, p.

283). Vergnaud trouve donc qu'il est fondamental d'identifier ces éléments afin de saisir comment fonctionne un schème et comment il génère l'action.

#### 4.3.2 Les éléments constitutifs du schème

##### 4.3.2.1 *Le but, les sous-buts, les anticipations*

Le but constitue la partie représentative de l'intention, le besoin, la motivation, le désir et l'attente suscités par la situation. Cet élément prend naissance avant le déclenchement de l'action et il l'accompagne par la suite. Ce but à atteindre se décline en sous-buts et en anticipations de la même manière que les schèmes se composent et se décomposent hiérarchiquement (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 46).

Les auteurs montrent que les critères présentés par cet élément tels que l'intention, le désir, le besoin, la motivation ne sont pas couramment incorporés dans l'organisation du schème. Si la représentation est composée de formes d'organisation de l'activité, et pas seulement d'images, de mots et de concepts, il est essentiel d'intégrer but, intention et désir dans le schème lui-même (ibid., p. 46).

Pour rendre la vision plus nette, les auteurs attribuent quatre sens de la représentation :

- Le premier, se fonde sur la thèse que la représentation, y compris la perception, est structurée par des concepts « *qui permettent de penser des objets de différents niveaux, leurs propriétés, leurs relations, leurs transformations* » (ibid., p. 44). Ceci résulte de l'existence d'un système de concepts qui assure plusieurs fonctions cognitives, tels que le travail d'inférence de la pensée et la sélection dans l'environnement de l'information pertinente ; Le second sens est celui où, en absence de signe et de symbole, la représentation conceptuelle et l'expérience ne peuvent pas être communiquées ; Le troisième sens s'appuie sur le fait que la représentation est considérée comme une activité fonctionnelle et comme un ensemble de schèmes ; Le quatrième sens concerne la fonctionnalité de la représentation qui permet de simuler le réel et donc l'anticipation ; elle organise l'activité tout étant elle-même le produit de l'action et de l'activité (ibid., p. 45). Or ceci produit deux répercussions : d'un côté l'organisation de l'activité doit être centrée sur le système de concept, et d'un autre côté, « *les activités langagières et symboliques sont elles-mêmes gérées par des schèmes de dialogues et d'énonciation* » (ibid., p. 45).

Finalement, les anticipations doivent être liées au but visé. Ce sont les anticipations des résultats de la mise en œuvre du schème mobilisé.

#### *4.3.2.2 Règles d'action, de prise d'information et de contrôle*

Il s'agit ici de la partie générative du schème qui amène au résultat envisagé.

En Effet, les règles d'actions représentent la partie générative du schème et elles permettent de comprendre la façon dont l'activité est engendrée au fur et à mesure. Elles engendrent l'activité dans son déroulement temporel, l'action, les prises d'informations et les contrôles ainsi que les actions matérielles. Nous notons que les contrôles se produisent tout au long de l'activité.

En fait, les règles d'action organisent, en quelque sorte, l'adaptation du schème à la situation (Vergnaud, 2001). Vergnaud et Récopé (2000, p. 47) affirment que les règles engendrent la conduite aussi bien observable que non observable.

L'adaptation est un caractère fondamental pour les schèmes. Nous identifions, dans le paragraphe suivant, les conditions d'adaptation du schème en situation du point de vue des règles et des inférences qui sont habituellement implicites et même inconscientes pour un sujet.

#### *4.3.2.3 Les inférences*

Cet élément est présent dans toutes les activités en situation car une activité n'est jamais automatique, sans contrôle ni prise d'informations, mais au contraire elle est régulée par des adaptations locales et des ajustements progressifs. Il permet l'ajustement du schème aux conditions locales de la situation. Pourtant, il est possible théoriquement qu'une action se déroule de manière totalement automatique, sans contrôle et sans prise de nouvelle information. Mais cela ne concerne que des segments d'activité très petits (Vergnaud & Récopé, 2000)

Pour mettre en évidence le caractère adaptable des schèmes, nous devons faire appel à des règles conditionnelles du type SI...ALORS... en fonction des variables de situation. Nous présentons une interférence de la manière suivante : SI telle variable de situation a telle valeur et SI telle autre variable de situation a telle valeur ALORS l'action X, la prise d'information Y ou le contrôle Z doivent être effectués (Ibid., p. 48).

Des variables de situations peuvent prendre plusieurs valeurs. L'enjeu du sujet est de s'adapter à ces différentes valeurs. En fait, les règles d'action, de prise d'information et de contrôle sont l'incarnation pragmatique des théorème-en-acte.

#### 4.3.2.4 Les invariants opératoires

Selon Pastré (2011), les invariants opératoires ou principes tenus pour vrais par un sujet *en situation* sont des éléments constitutifs des schèmes.

Les invariants opératoires permettent le prélèvement et la sélection de l'information, ceci pour en inférer des conséquences utiles pour l'action, assurer un contrôle et prendre des informations (Vergnaud, 2002). Ils ne sont pas forcément explicites. Ils forment la partie épistémique du schème. Ils sont composés par des concepts-en-acte (des objets ou des prédicats qui ne sont ni vrai ni faux mais seulement pertinents ou non pertinents pour la prise d'information nécessaire à l'action) et de théorèmes-en-acte (des propositions qui sont susceptibles d'être vraies ou fausses). Le choix de la formule « *en-acte* » permet de signaler le fait que, pour certains niveaux d'organisation de l'activité, les invariants opératoires échappent à la conscience du sujet. De même, ils sont aussi très difficiles à expliciter car ils sont intégrés dans l'exécution de l'activité (Coulet, 2009).

Les invariants opératoires, originaires du réel, servent à « identifier et reconnaître les objets, leurs propriétés, leurs relations, et les transformations que les objets subissent » (Vergnaud & Récopé, 2000, p. 47). De plus, ils permettent de prélever et de sélectionner l'information pertinente pour en inférer des conséquences utiles pour l'action.

Pour répondre à la question « *qui est l'invariant ?* » Vinatier (2009) avance que, vu que le schème s'adresse à une classe de situations, alors il s'agit de comparer les variations des objets et les situations d'une même classe. En conséquence, les invariants peuvent se situer au niveau des objets, des propriétés ou des relations pour sélectionner l'information utile.

Vergnaud montre que les concepts ne se prêtent pas directement, à eux seuls, à l'inférence. Donc, un concept peut être soit pertinent, soit non pertinent. Or, les *inférences* sont ce qui est tenu pour vrai, ce qu'il est raisonnable de tenir pour vrai. Seulement, les propositions peuvent être vraies ou fausses. Par la suite, Vergnaud propose les définitions suivantes : un *théorème-en-acte* est « *une proposition tenue pour vraie dans l'activité* » ; un *concept-en-acte* est constitué des « *objets et des prédicats qui sont pertinents ou non-pertinents pour la prise d'informations nécessaire à l'action* » (Vinatier, 2009, p. 56).

De plus, il affirme que la relation entre théorèmes et concepts est dialectique. Dans le même contexte, il n'y a pas de concepts-en-acte sans théorème-en-acte et réciproquement

(Vergnaud & Récopé, 2000). Les auteurs signalent que dans les disciplines scientifiques et techniques, il peut y avoir plusieurs théorèmes-en-acte pour un même concept-en-acte.

Pour concevoir les relations, dans l'activité, entre fonctionnement et développement, Pastré (2011, p. 99) ajoute que « *quand on s'approche des détails, on repère du fonctionnement* » et il continue « *ce qui me paraît important, c'est la liaison de type logique entre fonctionnement et invariants opératoires* ».

### 4.3.3 L'activité humaine et ses vertus

La notion d'activité trouve son origine dans la psychologie du travail. Cette notion s'est beaucoup développée dans une perspective d'analyse du travail. Quand on l'applique aux relations enseignants-élèves, on arrive à l'hypothèse que le métier d'enseignant est un métier au même titre que les autres, ce qui implique qu'il aura ses spécificités, mais qu'on peut le comprendre en le situant dans un ensemble plus général, celui de l'activité d'humains sur et avec d'autres humains, dans lequel on trouvera les activités de service, d'aide et de conseil, de travail social, etc. (Pastré, 1997 ; Vinatier, 2007). Pour Vergnaud (1990), il existe dans toute activité humaine une organisation invariante qui est suffisamment générale pour pouvoir s'adapter à un grand nombre de situations. Une analyse de l'activité permet de mettre en évidence cette organisation. En fait, cette dernière n'est pas forcément explicite ni connue du sujet. Bronckart (2005) définit l'activité comme une lecture de l'agir au niveau du collectif organisé et l'action au niveau d'une personne singulière.

Leontiev (1975) signale que les actions réalisées sont considérées comme les composantes essentielles des activités humaines. Elles sont subordonnées aux activités. Les activités se réalisent par des actions ; les actions répondent à des buts conscients. Ces buts font partie de la tâche qu'il définit comme « *un but donné dans des conditions déterminées* » (Leontiev, 1975, p. 96). Les actions sont réalisées par les opérations déterminées par les conditions de l'activité et les activités sont orientées par un mobile, objet matériel(s) ou idéal(s) satisfaisant un besoin (Venturini, 2012).

Vergnaud considère que les schèmes touchent tous les registres de l'activité : les gestes, les jugements et les raisonnements intellectuels, le langage, les interactions avec autrui et les affects (1990). En fait, ces registres évoluent avec l'expérience par découverte, combinaison, différenciation et structuration. Ils sont à la fois distincts et interdépendants. Les formes nouvelles

de l'organisation de l'activité sont le produit de formes anciennes et de situations nouvelles auxquelles elles sont confrontées.

Pastré (2011) trouve que l'intérêt à étudier l'organisation de l'activité d'un sujet est due aux propriétés qu'elle possède. Elle est efficace, reproductible, adaptable et analysable. Selon lui elle est :

- Efficace car à l'intérieur de l'action il y a une organisation « *qui n'est ni totalement nécessaire ni totalement contingente* » (ibid., p. 88); reproductible car sa reproductivité fait qu'elle ne peut pas être le fruit du hasard. Par conséquent, elle repose sur un mouvement de généralisation ;
- Analysable car l'activité est intelligible.

Selon Jameau (2012b), la composante inférence permet de montrer comment le schème s'adapte aux conditions locales traduisant l'idée que l'activité en situation n'est jamais automatique. Donc, pour des portées plus ou moins locales ces régulations peuvent être de différents types.

Nous traitons dans le paragraphe suivant la définition du concept de régulation et nous identifions les travaux de recherches concernant un modèle de régulation dans une analyse de l'activité.

#### 4.4 *Le concept de régulation : définition, objet et modèle*

##### 4.4.1 **Introduction**

Le concept de *régulation* revient souvent dans les textes consacrés à l'étude de l'activité en situation de travail, que ce soit dans une perspective psychologique, ergonomique ou dans celle de la formation (Leplat, 2006). Ainsi Ashby (1958, p. 105) a donné un statut à cette notion et il en a montré aussi l'intérêt dans des domaines variés : « *Le sujet de la régulation est très étendu dans ses applications couvrant la plupart des activités en physiologie, sociologie, écologie, économie et beaucoup d'activités dans toutes les branches de la science et de la vie* ». Ce concept se retrouve dans des domaines aussi variés que la biologie avec la régulation des protéines, l'économie avec la régulation du marché ou dans des domaines technologiques comme la régulation de température (Cariou, 2004). Ceci nous amène à penser que même terme ne correspond pas nécessairement au même concept. Pour autant, l'idée qui prédomine est celle de maintenir constante la valeur d'une grandeur quelles que soient les perturbations qui pourraient la faire

varier (Jameau, 2012b). En effet, trois acceptions au terme de régulation ont été distingués par Cariou (2004). Pour lui, une régulation peut être un contrôle avec une prévention des dérivés, un contrôle sans idée de maintien ou un contrôle avec maintien « élastique ». Elle est considérée comme une valeur référence pour laquelle une grandeur a une valeur invariante. Cette idée de consigne est au cœur du concept de régulation. Et suivant les domaines elle a pour synonyme « norme » ou bien « attente ». Elle est ajustée par l'homme dans la majorité des systèmes et chaque perturbation qui déséquilibrerait le système est régulée.

Ce système de régulation fonctionne à l'aide d'un processus appelé une *boucle de rétroaction* (ou *feedback*). Ce dernier a pour rôle le renvoi de l'information de la valeur de la grandeur perturbée. En comparant avec la consigne, une correction est amenée dans le but de garder la valeur initiale invariante (correspondant à la consigne). En d'autres termes, et structurellement, un système de régulation est formé par un capteur (qui évalue l'écart avec la consigne) et un effecteur (qui corrige cet écart) avec, entre les deux, un système de contrôle (Cariou, 2004).

#### 4.4.2 L'objet de la régulation

La régulation est une notion fondamentale ; elle consiste à gérer l'écart entre le prescrit et le vécu. Les analyses de la régulation faites par Allal (1991) et Scallon (2000) nous permettent d'envisager la régulation dans une activité d'enseignement selon deux critères. Le premier critère consiste en l'objet de la régulation où Allal (1991) signale que la régulation consiste à adapter la situation d'enseignement / apprentissage, en faisant rencontrer la prescription de l'enseignant et le vécu de l'apprenant. Le second critère concerne, selon Scallon (2000), la direction de la régulation : « celle-ci peut être soit rétroactive, c'est-à-dire concerner ce qui s'est passé avant le moment où intervient la régulation, soit interactive, c'est-à-dire qu'elle concerne ce qui est en train de se passer, soit proactive, et concerne alors ce qui va se passer par la suite ».

#### 4.4.3 Définition

Il existe un certain nombre de définitions données dans des domaines variés. Ainsi Piaget (1967) a noté que « sous sa forme la plus générale, une régulation est un contrôle rétroactif qui maintient l'équilibre relatif d'une structure organisée ou d'une organisation en voie de construction » (Piaget, 1967, p. 239). Puis il est revenu sur la notion en 1975 à propos de l'équilibrage des structures cognitives en faisant remarquer que « la construction d'une structure est indissociable de sa régulation » (ibid.).

Dans l'Encyclopédia Universalis, Canguilhem écrit que « le concept de régulation, dans son acception la plus large, renferme au minimum trois idées : celle de relation d'interaction entre éléments instables, celle de critère ou de repère, celle de comparateur. La régulation, c'est l'ajustement, conformément à quelque règle ou norme, d'une pluralité de mouvements ou d'actes ou de leurs effets ou produits que leur diversité ou leur succession rend d'abord étrangers les uns aux autres. À consulter les dictionnaires du siècle dernier, on constate que le terme de régulateur a précédé celui de régulation ».

#### 4.4.4 Modèle de la régulation

Vinatier et Pastré (2007, p. 98) notent que « Les différentes modalités d'usage de la notion d'organisateur auxquelles nous faisons référence montrent qu'il n'existe pas de modèle unique qui puisse être appliqué à l'ensemble des variables et à leur articulation à différents niveaux hiérarchiques d'organisation de la pratique, de l'activité et/ou du travail enseignant ».

Concernant l'analyse des modèles de régulation, la théorie du contrôle a développé un formalisme mathématique dont on ne retiendra ici, à l'instar de Jameau (2012a) que quelques traits essentiels en empruntant à Naslin (1958) cette définition : « Un système asservi ou à régulation est un système dont le fonctionnement est régi par les écarts de son comportement effectif ou instantané par rapport à son comportement assigné » (p.13).

Dans le système de régulation schématisé par Leplat et présenté dans la figure ci-dessous, les éléments essentiels d'un modèle de régulation apparaissent le comparateur, le régulateur, le dispositif contrôlé et la boucle de régulation (feedback).

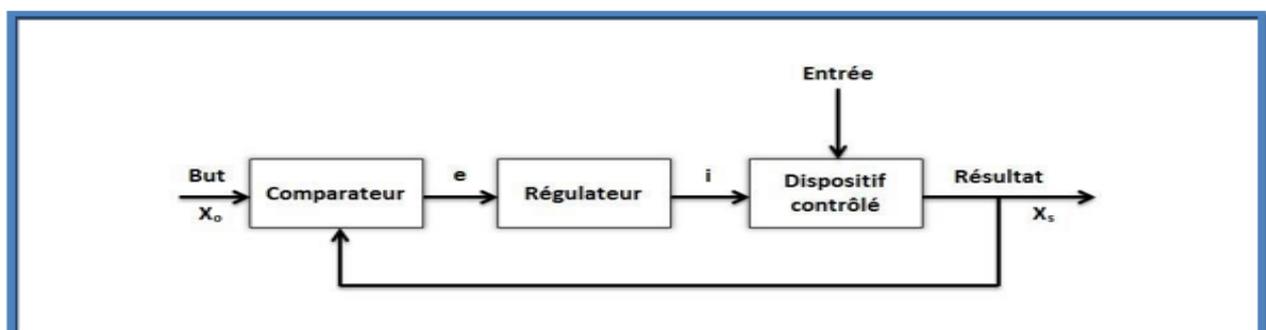


Figure 4.1 : Schéma d'un système de régulation (Leplat, 2006)

Légende : e : erreur ou écart. I : action visant à l'élimination de l'erreur.  $X_0$  : variable cible.  $X_s$  : résultat ou variable réglée

Le *comparateur* évalue l'écart entre le but à atteindre ( $X_0$ ) et le comportement effectif ( $X_s$ ). Le *régulateur* traduit l'écart précédent (e) en actions (i) pour l'éliminer. Le dispositif se

caractérise aussi par ses entrées, par les perturbations qu'il peut subir et par les actions qui peuvent être exercées sur lui. La boucle de régulation (ou feedback) transmet au comparateur les informations sur les résultats du fonctionnement du dispositif.

Un tel modèle permet d'identifier les différents types de fonctions mises en œuvre dans une action de contrôle d'un dispositif. Il permet d'étudier la manière dont sont remplies ces différentes fonctions, et de mieux saisir la différence entre règle et régulation.

Reprenant Gill (1996) et Leplat (2006), Jameau (2012b, p. 33) précise qu'« *une règle est une proposition qui indique l'action à réaliser dans des conditions données. Sa forme la plus simple est : « si A se produit, faire X ». Il faut distinguer l'expression de la règle de son application, de son suivi, le résultat duquel ne dépend pas seulement de la règle, mais des conditions dans lesquelles celle-ci doit être appliquée, conditions qui ne peuvent jamais être complètement définies* ».

Par conséquent, en se basant sur la figure précédente (Figure 4.1, p. 89), la mise en œuvre de la règle peut être conçue comme une fonction du régulateur : celle qui transforme l'écart (e) en actions (i) sur le système. La règle n'est, de ce fait, qu'une composante du processus de régulation. Mais comme le signale Jameau (2012a), elle est malgré tout essentielle. De plus, Jameau insiste sur la nécessité de faire la distinction entre un système en autonomie et un système qui demande une intervention extérieure, afin d'être régulé. Certains systèmes, notamment technologiques, sont équipés (par des capteurs et des fonctions électroniques) pour évaluer et réguler : nous pouvons parler d'autorégulation. D'autres systèmes sont dépendants d'évaluations et de régulations « externes ». Dans ce cas, la régulation est qualifiée « d'externe » par opposition aux systèmes autorégulés. Pour Cariou (2004), le concept de régulation peut seul s'appliquer à l'autorégulation : la régulation externe est davantage un « réglage ».

#### 4.4.5 L'analyse de l'activité et son modèle de régulation

Pour Leplat (2006), c'est dans la théorie de l'activité que le modèle de régulation est étudié et développé par Leontiev. Selon cet auteur) une activité se définit par son motif, l'action par son but conscient, les opérations par les moyens de réalisation de l'action. Leontiev (1975) décrit l'emplacement de l'activité, action et opération dans le modèle de l'activité : « *Les composantes essentielles des activités humaines sont les actions qui les réalisent. Nous appelons action un processus soumis à la représentation du résultat qui doit être atteint, c'est-à-dire à un*

*processus soumis à un but conscient. De même que le concept de motif est corollaire du concept d'activité, le concept de but est corollaire du concept d'action* » (ibid. p. 121).

Pour cet auteur, une activité se réalise par des actions : l'action répond à un but et elle trouve son motif et son sens dans l'activité dans laquelle elles s'insèrent. Toute l'importance de la notion de but apparaît dans le modèle de régulation car, en fonctionnement réel, c'est l'écart avec le but assigné qui est traité. Et comme l'ont signalé Bedny et Meister (1997), le modèle de régulation tient effectivement une place importante dans cette théorie. Ils considèrent que ce modèle du passage du but à l'action forme une sorte de modèle-cadre permettant de distinguer quelques problèmes importants soulevés par ce passage.

De son côté, Leplat identifie deux situations : une situation paradigmatique et une situation comportant une multiplicité de boucles possibles pour le contrôle du même dispositif. La première situation concerne le contrôle d'un système simple. La fonction du régulateur, qui est d'annuler l'écart, est réalisable selon différents modes caractérisés, par exemple, à partir de la hiérarchie d'abstraction de Rasmussen (Rasmussen, Pejtersen & Goodstein, 1994) : un mode routinier, un mode règle et un mode connaissances sur le fonctionnement du dispositif technique. Dans le premier mode, à chaque catégorie d'erreur est associé un type d'action (automatisation de l'action). Dans le second mode, l'opérateur dispose d'un ensemble de règles du type « *si tel diagnostic, engager tel type d'action* » (Leplat, 1997, p. 7). Dans le troisième mode, l'opérateur fait appel à ces connaissances pour trouver comment éliminer l'écart au but. Ce modèle de régulation simple ne profite pas de la richesse de l'activité mais permet seulement de mettre en évidence un type rétroactif de mode de contrôle « *la boucle de feedback centrée sur le résultat ne permet la correction des écarts qu'une fois qu'ils se sont produits* » (ibid., p. 7).

Dans la seconde situation, de nombreuses sources d'informations peuvent être prélevées sur un dispositif en fonctionnement. Une multiplicité de boucles est alors possible pour le contrôle du même dispositif. Ces sources d'informations sont intégrées à des boucles de régulation exploitables pour l'amélioration du fonctionnement de ce dispositif et la prévention des erreurs. Leplat mentionne quelques principaux types de régulation qu'il classe comme des « *régulations rétroactives et proactives* » (ibid., p. 8) : la première est fondée sur les résultats, la seconde sur l'anticipation.

Jameau (2012b) rappelle que les travaux de Pastré (1999) sur l'apprentissage de la conduite de centrales nucléaires sur simulateurs, montrent qu'il existe deux types de stratégies, qualifiées toutes les deux de « rétroactives et partielles ». Bien évidemment, le novice n'arrive

pas à avoir une représentation d'ensemble du fonctionnement ; sa stratégie nommée à *boucle courte* est de type procédural. Grâce au résultat de la formation sur simulateur, Pastré a pu qualifier la seconde stratégie de *boucle longue* ; elle est de type analytique. Cela fait dire que le novice change son activité petit à petit, en suivant un mode qualifié d'essai/erreur et en attribuant une règle d'action à chaque défaut.

Or pour Piaget (1974), la boucle courte est une régulation de type *coordination agie* principalement orientée vers la réussite. Et concernant la boucle longue, l'opérateur utilise une forme de « *coordination conceptuelle* » (ibid.) à travers une approche globale.

De plus, dans les travaux sur la résolution de problèmes, on voit une autre forme de régulation rétroactive de l'activité : celle qui réoriente le sujet vers d'autres formes d'activités, vers d'autres schèmes, qui seraient plus adaptés aux propriétés de la situation et de la tâche. Il s'agit de régulations de type « *changement de schème* » (Coulet, 2011, p. 20).

Nous présentons dans ce qui suit une synthèse préliminaire du cadre théorique évoqué précédemment puis nous identifions les recherches faites sur les connaissances des enseignants et la modélisation dans l'enseignement de la physique-chimie.

#### 4.5 *Les outils dérivés de la didactique professionnelle : Sélection et synthèse*

Une lecture des recherches en didactique professionnelle nous permet de dévoiler un certain nombre d'éléments permettant de nous aider dans l'analyse de nos données recueillies en liaison avec l'objet de notre étude. Nous en faisons une synthèse comme suit :

Distinguer entre la tâche prescrite et l'activité. En effet la tâche est liée au but à atteindre, alors, l'activité est la manière dont un sujet réalise la tâche. Or, l'activité dépasse toujours la tâche. L'analyse de la tâche n'est qu'une analyse préalable de l'activité, qui est l'objectif de l'analyse du travail. En plus, l'écart entre la tâche prescrite et le travail réel permet une analyse de l'activité réelle.

L'action est une connaissance autonome et la prise de conscience est un travail de conceptualisation. C'est à dire, sans en avoir conscience, nous pouvons mobiliser des concepts dans l'action. Cela exige d'utiliser les deux formes de la connaissance suivantes : La forme opératoire qui amène à prélever les informations et à adapter l'action et la forme prédicative qui permet l'identification dans le réel des objets, des propriétés et de leurs relations.

L'action est caractérisée par son intelligibilité et par son organisation interne connue par le concept de schème. Ce dernier est défini pour une classe de situation et il met en évidence l'efficacité, la reproduction et l'adaptabilité de l'action qu'il représente. Les systèmes de régulations assurent la continuité de l'activité. Les régulations peuvent être définies suivant deux types : proactives fondées sur l'anticipation et rétroactives fondées sur les résultats. Nous notons que notre travail se focalise sur l'étude des régulations rétroactives de l'activité uniquement. Ce type de régulation peut être subdivisé en trois classes : en boucle courte qui vise la réussite de l'activité, en boucle longue qui vise des éléments de compréhension et en boucle changement de schèmes qui vise la réorientation du sujet vers d'autres schèmes.

Au terme de cette analyse des travaux de recherche au sein de notre problématique, nous traitons l'étude concernant les connaissances des enseignants. Nous commençons d'abord par présenter un bref historique des travaux menés, puis nous détaillons le modèle que nous utiliserons dans notre analyse.

#### 4.6 *Les liens entre les connaissances de l'enseignant et leur l'action*

Cette section s'inspire du précédent travail de Jameau (2012b) sur les liens entre les connaissances des enseignants de sciences et l'analyse de leur action, travail que nous complétons avec certaines références supplémentaires.

##### 4.6.1 **Vue épistémologique sur les connaissances de l'enseignant**

Selon Abell (2007), la recherche des années 60 et 70 sur l'enseignement des sciences définissait les connaissances des enseignants comme un élément statique (une compétence ou une qualification) d'une catégorie plus large : les caractéristiques des enseignants, mais sans lien avec la pratique de classe ni aux productions des élèves. Dans ce courant, la professionnalité enseignante était l'objet de recherches et la cible était la production d'une « base de connaissances » pour identifier les connaissances formelles nécessaires à l'enseignement.

Ensuite, les travaux de Smith et Cooper (1967), de Bruce (1971), ont mis l'accent sur la pratique enseignante. Les chercheurs vont alors s'intéresser aussi aux résultats des élèves (Northfield & Fraser, 1977 ; Rothman, Welch, & Walberg, 1969). Ces études ont débouché sur une production de « connaissances de base » (Reynolds, 1989) nécessaires pour enseigner. En 1994, Fenstermacher parlera de « known » et définira les connaissances « TK/F, formal knowledge », les connaissances à propos de l'enseignement. Puis dans les années 80, la recherche sur les connaissances des enseignants a changé grâce à de nouveaux programmes de

recherche. Dans ces derniers, les enseignants étaient vus comme les « connaisseurs » et l'intérêt s'est porté sur leurs connaissances professionnelles. Ces travaux sont inscrits dans le deuxième courant de la classification de Fenstermacher et ils se focalisent sur la pratique de l'enseignant. Dans ce deuxième courant, les enseignants sont considérés comme les *knowers*. Il s'agit bien d'un passage des connaissances à propos de l'enseignement produit par des tiers aux connaissances des enseignants construites par les enseignants. Dans ce cas, l'enseignant prend le rôle d'un détenteur et producteur de son propre savoir. Les études permettent de définir ce que Fenstermacher nommera les « TK/P, practice Knowledge », les connaissances de l'enseignant dans la pratique d'enseignement. Dans cette étude, outre la classification des connaissances de l'enseignant, Fenstermacher présente quatre programmes de recherche : trois concernent les productions des enseignants et la maîtrise des connaissances (Clandinin & Connelly, 1996 ; Schön, 1983 ; Schön, 1987 ; Cochran-Smith & Lytle, 1993 ; Cochran-Smith & Lytle, 1999) et un programme tente de définir « les connaissances essentielles pour enseigner » (Shulman, 1986). En fait, les travaux de Shulman (ibid.) se différencient du reste de ces travaux en ce qu'ils cherchent à répondre à la question : *Quelles connaissances sont essentielles pour enseigner ?* Alors, il étudie les connaissances des enseignants relatives à la fois à leur discipline et à l'enseignement. Ces travaux se fondent sur les bases de connaissance des enseignants. Il poursuit les travaux précédents considérant l'enseignant comme *knower*, en étudiant ses connaissances du sujet et sa façon de l'enseigner. Aux États-Unis, son modèle va servir de base à la formation des nouveaux enseignants, et sera repris dans des rapports comme *Standards for Science Teacher Preparation* (National Science Teachers Association, 1998).

C'est vers la fin des années 80 que les auteurs s'intéressent à la pratique enseignante et plus précisément à ce qu'ils doivent savoir pour enseigner (Carter, 1993). Ainsi, certains auteurs posent même le postulat que la connaissance « *n'a de pertinence pour un enseignant que si elle lui permet d'agir et de s'adapter aux situations de classe complexes et aléatoires* » (Gal-Petitfaux, 2010, p. 42). En effet, la majorité des études internationales, comme le montre Abell (2007), ont cherché à identifier les connaissances des enseignants à partir de ce qu'ils disent sur leurs connaissances et de leur pratique. Cependant, d'autres recherches plus récentes, notamment en France, mettent en œuvre des méthodologies qui permettent de repérer le concept de Pedagogical Content Knowledge PCK (Shulman, 1987 ; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) à partir de l'action du professeur (Cross, 2010 ; Hammoud, 2012 ; Jameau 2015 ; Jameau & Boilevin, 2015). En fait, ce concept désigne une connaissance spécifique pour enseigner un contenu particulier, nourrie partiellement par la connaissance du contenu (Sensevy & Amade-Escot, 2007).

Nous présentons dans le paragraphe suivant un modèle de connaissances de l'enseignant fondé sur les travaux de Shulman. Cependant, Jameau prévient que ce modèle originel ne fait pas l'agrément dans la communauté des chercheurs en didactique car plusieurs de ses paramètres font débat. Autrement dit, il est soit redéfini à chaque recherche, soit un autre cadre théorique est proposé (Abell, 2007).

#### 4.6.2 **Modèle de Shulman**

Les recherches en didactique se sont particulièrement intéressées à la manière dont les connaissances s'empruntent dans l'activité interactionnelle de l'enseignant, en présence des élèves de niveaux scolaires différents, en établissements dits « difficiles » (Monnier & Amade-Escot, 2009) ou encore nécessitant une intervention différentielle (Thépaut & Léziart, 2006 ; Verscheure, 2009). Elles aboutissent à des résultats marquant l'importance des connaissances didactiques dans l'activité de l'enseignant, et plus particulièrement dans la manière dont il classe et agence les situations d'apprentissage en contexte (Ade et Amade-Escot, 1997). De plus, la distinction entre un enseignant débutant et un enseignant expert est la maîtrise de chaque connaissance (Park & Oliver, 2007). Le modèle de Shulman (1986, 1987) permet de comprendre les connaissances spécifiques en jeu, dans l'enseignement d'un savoir en lien avec un sujet, pour distinguer un enseignant d'un spécialiste de ce sujet. Selon Gess-Newsome (1999), Shulman définit, en 1986, d'abord trois types de « content understanding », compréhension du contenu, et étudie son impact en classe : « Subject Matter Knowledge (SMK) », « Pedagogical Content Knowledge (PCK) » et « Curricular Knowledge (CK) ». Puis, Grossman (1990) propose une évolution du modèle de Shulman en définissant quatre domaines : les connaissances pédagogiques générales (PK), les connaissances disciplinaires (SMK), les connaissances pédagogiques liées au contenu (PCK), et les connaissances du contexte (KofC). Il s'agit de redéfinir les PK en PCK (Pedagogical Content Knowledge), connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire. Magnusson et al. (1999) indique que Shulman a appelé ce type de connaissances PCK pour exprimer chez l'enseignant un développement des connaissances du contenu et de la pédagogie (Gess-Newsome & Lederman, 1999). Donc, le concept de PCK est défini comme une connaissance spécifique pour enseigner (Shulman, 1986). Pour Jameau (2012b) les PCK sont une reconnaissance de l'importance de la transformation des connaissances disciplinaires d'un sujet (SMK), en connaissances à enseigner. Par conséquent elles sont décrites comme des connaissances utiles pour transformer le contenu du sujet dans une forme plus compréhensible aux élèves (Geddis, Onslow, Beynon & Esch, 1993 ; Grossman, 1990 ; Shulman, 1986, 1987). Cela implique « *de comprendre le sujet, de trouver de nouvelles approches, de les réorganiser en lien avec les*

*activités et les émotions, en exercices et en métaphores, en exemples et en démonstrations, et il pourra être compris par des élèves »* (Shulman, 1987, p. 9). Pour ce dernier (ibid.), les PCK sont une des sept connaissances de bases pour l'enseignement. Elles sont au même niveau que les connaissances du contenu du sujet, les connaissances pédagogiques générales, les connaissances des programmes, les connaissances des apprenants, les connaissances des contextes éducatifs, et les connaissances de l'histoire philosophique et des buts de l'éducation.

#### 4.6.3 Développement du modèle de Shulman

Les travaux de Shulman et ses collègues ont permis plus tard de développer et d'exploiter les PCK avec, en fin de compte, leur reconnaissance dans l'intégration et la transformation en d'autres formes de connaissances (Wilson, Shulman, & Richert, 1987). Shulman (1999) définit donc trois catégories de connaissances : les connaissances pédagogiques générales en relation avec le contrôle de classe, l'activité des élèves, la prise en compte des aspects institutionnels, temporels et matériels de l'enseignement ; les connaissances liées à la matière enseignée et les connaissances scientifiques liées au contenu disciplinaire et les PCK, englobant à la fois des connaissances sur le contenu disciplinaire et des connaissances pédagogiques (Shulman, 1987). Le caractère heuristique de cette classification apparaît dans les nombreuses études proposant des évolutions du modèle de Shulman. Ainsi, Grossman (1990, p. 5)), définit les « *quatre grands domaines de connaissance de l'enseignant (...) comme les pierres angulaires de l'émergence de travaux sur les connaissances professionnelles de l'enseignement : des connaissances pédagogiques générales (PK), les connaissances disciplinaires d'un sujet (SMK), les connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire (PCK), et la connaissance du contexte KofC* ». De ces quatre bases de connaissances, les PCK sont celles ayant le plus grand impact en classe, par l'action de l'enseignant.

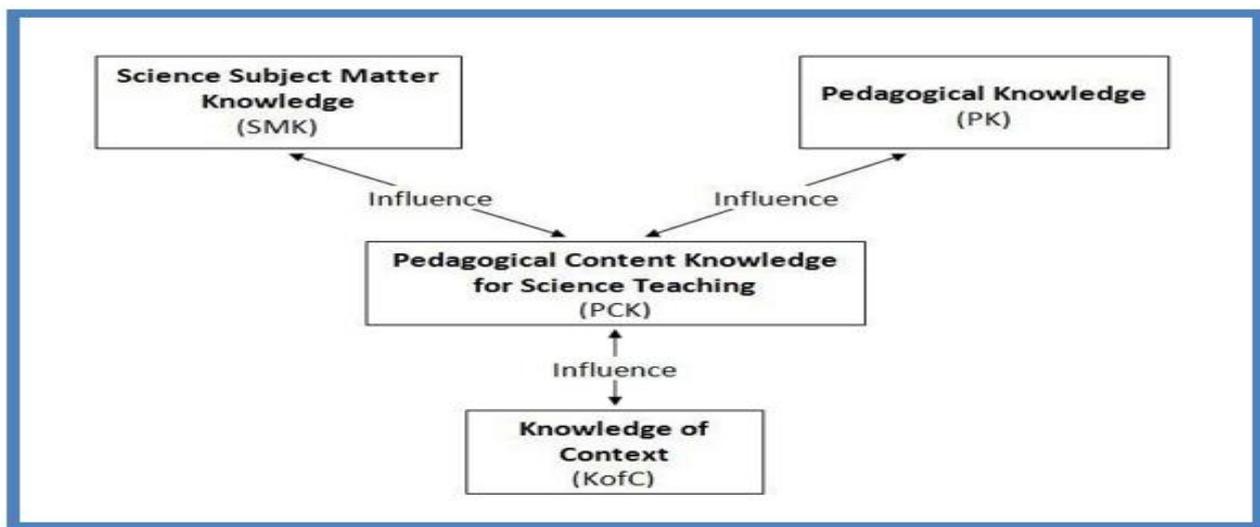


Figure 4.2: A model of the relationships among the domains of teacher knowledge  
(Grossman, 1990)

Ces quatre catégories sont liées entre elles :

- **Les connaissances du contenu disciplinaire (SMK)** : il s'agit des connaissances que l'enseignant est chargé d'enseigner aux élèves. Elles sont en lien avec le sujet d'étude mais pas strictement. Abell (2007), citant Schwab (1964), classe les connaissances du contenu disciplinaire en deux natures : « syntactic and substantive ». Autrement dit, elles peuvent porter sur l'organisation des concepts, faits, principes et théories ainsi que sur les relations qui les organisent ou bien sur les règles régissant les preuves utilisées pour généraliser et justifier les connaissances produites par la discipline. Ajoutons deux catégories aux précédentes : les convictions et les croyances des enseignants à propos de la discipline (Grossman, Wilson, & Shulman, 1989) ;
- **Les connaissances pédagogiques générales (PK)** : Elles font référence aux connaissances générales de l'enseignant à propos de l'enseignement, sans être liées à un contenu disciplinaire. Elles incluent la connaissance des principes pédagogiques, la gestion de la classe, les apprenants et l'apprentissage et des objectifs éducatifs, tout ce qui ne concerne pas les contenus disciplinaires. Par exemple on peut citer les connaissances mises en œuvre par l'enseignant lorsque celui-ci désire ramener le calme dans la classe ;
- **Les connaissances sur le contexte (KofC)** : Elles associent toutes les connaissances que possède l'enseignant à propos du contexte dans lequel il enseigne comme l'origine de ses élèves (sociale, culturelle, etc.), le type d'établissement dans lequel il enseigne (situation géographique, sociale, etc.) et qu'il prend en compte

dans son enseignement. Ce sont des connaissances qui influencent son enseignement au quotidien ;

- **Les connaissances pédagogiques liées au contenu (*Pedagogical Content Knowledge, PCK*)** : ce sont les connaissances développées par l'enseignant pour aider les élèves à comprendre et à apprendre un contenu particulier. Cette catégorie de connaissances, les PCK, a tout exceptionnellement attiré l'attention des chercheurs en éducation.

#### 4.6.4 Un débat qui rend flou la notion de connaissances du contenu pédagogique (PCK)

Les PCK sont définies comme étant propres à un enseignant mais elles sont aussi considérées comme étant tout à la fois une action et une base de connaissances, ce qui ne contribue pas à clarifier le concept (Gess-Newsome, 2013). En effet, le concept de PCK, introduit au début par Shulman comme une forme particulière de connaissances du contenu, transformées dans le but d'enseigner. Ceci peut être vu comme un amalgame entre des connaissances pédagogiques et des connaissances disciplinaires. Ces connaissances sont utilisées pour adapter les connaissances disciplinaires (SMK) dans des situations pédagogiques, à travers le procédé que Shulman appelle « transformation », alors que Ball (1990) parle de « Représentation », Vela et MaKinster (1999) de « translation », Bullough de « Professionnalisation » et Dewey de « processus psychologisant » cités par Park et Oliver (2007).

Par conséquent, la notion de PCK est devenue floue (Berry & Riel, 2008 ; Hashweh, 2005), les chercheurs étudiant les PCK suivant différents cadres théoriques. Il en ressort un manque de cohérence, ce qui rend difficile leur catégorisation (Abell, 2007). Par exemple, pour Jameau (2012b), le mot « connaissance » inclut des termes comme conceptions, perceptions, théories, soucis et croyances (ou convictions). Jameau rappelle alors une autre interrogation fréquemment posée, concernant la relation entre les PCK et le contenu enseigné. Une PCK est-elle spécifique à un contenu enseigné ? Dans l'enseignement des circuits RLC, un professeur mobilise-t-il d'autres PCK que dans l'enseignement de mécanique ?

Certains chercheurs considèrent en effet que la méthodologie qui consiste à analyser seulement la préparation des enseignants paraît insuffisante pour les identifier. Peterson et Treagust (1995) exigent d'étudier les PCK en amont et en aval de la préparation en étudiant non pas uniquement le temps de préparation mais aussi les effets de sa pratique.

#### 4.6.5 Le modèle de PCK retenu

Tous les chercheurs s'accordent pour dire que les PCK sont constituées de différentes composantes. Le travail initial de Shulman (1986) résulte de l'identification de deux natures de connaissances : les connaissances des façons de présenter ou de représenter un contenu de savoir, et des activités pertinentes pour l'enseigner ; les connaissances portant sur les difficultés des élèves vis-à-vis de ce contenu. En se basant sur cette classification, plusieurs tendances se distinguent. Nous trouvons les travaux de Grossman (1990) qui permettent d'identifier des nouvelles composantes de connaissances aux PCK, à propos des buts de l'enseignement d'un contenu et à propos du matériel didactique pour l'enseigner. Ensuite, Marks (1990) a considéré les connaissances disciplinaires comme étant une composante des PCK tout en négligeant l'ajout, par Grossman, des connaissances relatives aux buts de l'enseignement d'un contenu au sein des PCK. Puis en 1993, la tendance de Cochran et al. (Citée dans van Driel et al., 1998), a pris naissance en s'appuyant sur un point de vue explicitement constructiviste. En fait, ces chercheurs renommèrent les PCK en Pedagogical Content Knowing (PCKg) pour prendre en compte le caractère dynamique de ces connaissances. Ils définissent les PCKg comme étant l'appropriation et la compréhension par l'enseignant de quatre catégories de connaissances : pédagogique, disciplinaire (contenu), apprenants et contexte. Van Driel et al. (1998) dressent un bilan des recherches qui ont eu lieu entre 1987 et 1995 sur les composantes des PCK fonction des tendances, résumé dans le tableau (1) suivant :

Chercheur	Connaissances sur :						
	Le contenu	Les représentations et les stratégies d'enseignement	L'apprentissage des élèves et les conceptions	Pédagogie générale	Curriculum et Matériel didactique	Contexte	But de l'enseignement du contenu
Shulman (1978)	a	PCK	PCK	a	a	a	a
Grossman (1990)	a	PCK	PCK	a	PCK	a	PCK
Marks (1990)	PCK	PCK	PCK	b	PCK	b	b
Cochran et al (1993)	PCKg	b	PCKg	PCKg	b	PCKg	b

Tableau 4.1 : Composantes de PCK suivant Shulman, Grossman, Marks, Cochran et al.

Nous trouvons aussi un autre modèle qui résulte des travaux de Magnusson, Krajcik et Borko (1999), où nous rencontrons les deux catégories communes aux recherches entre 1987 et 1995 (figure n°4.2)

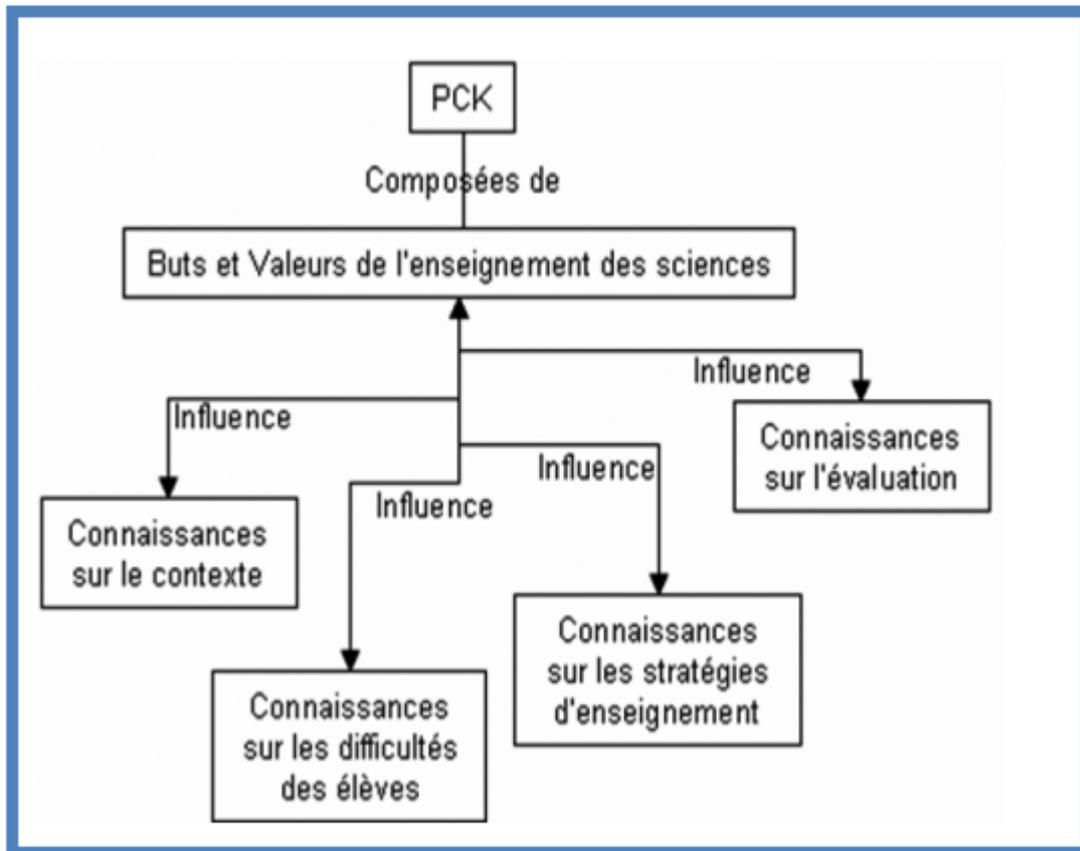


Figure 4.2 : Modèle développé par Magnusson et al. (1999) sur les différentes composantes des PCK.

Dans ce modèle, les PCK se composent de la façon suivante :

- Les connaissances de l'évaluation en sciences, y compris ce qu'il faut évaluer et la façon d'évaluer ;
- La connaissance des stratégies éducatives en sciences, y compris les représentations, les activités, et des méthodes ;
- La connaissance de ce que peuvent comprendre les élèves en sciences, les conceptions communes et les zones de difficultés
- Les connaissances curriculaires en sciences ;
- Les orientations de l'enseignant pour l'enseignement des sciences, incluant sa connaissance des objectifs et des approches générales pour cet enseignement.

Nous notons que la connaissance « orientations de l'enseignant pour l'enseignement des sciences » chapeaute les quatre autres composantes et que chacune des quatre catégories est composée de sous catégories

Magnuson *et al.* (1999) insistent sur le fait que ces différentes catégories de connaissances interagissent entre elles. Dans notre étude, ce modèle nous semble être très important, surtout lorsqu'il s'agit de prendre en considération des connaissances dans l'action. Ainsi, il est utile pour catégoriser les connaissances en jeu dans la pratique du professeur. Il est composé de catégories et sous-catégories qui permettent de distinguer finement les connaissances qui se situent au niveau enseignant, celles qu'il mobilise en lien avec un contenu à enseigner (étude expérimentale de la résonance de l'intensité), des connaissances au niveau élève qui sont les connaissances spécifiques à l'enseignement de ce contenu.

#### 4.6.6 Identification des composantes des PCK

##### 4.6.6.1 *Connaissance de l'évaluation scientifique*

Pour Cross (2009), cette composante comporte des sous-catégories relatives aux aspects de l'apprentissage des sciences qu'il est important d'évaluer et aux connaissances relatives à leur évaluation. Ainsi cette évaluation s'effectue tout en s'appuyant sur les différents aspects tels que l'utilisation des concepts, la résolution de problèmes, les capacités expérimentales, etc.

Selon Magnusson *et al.* (1999), les connaissances de l'évaluation scientifique des enseignants englobent la compréhension de ce qui est important à évaluer dans l'apprentissage des sciences, ainsi que la connaissance des méthodes d'évaluation des apprentissages en sciences.

Le premier aspect concerne la compréhension des concepts, l'évaluation de thèmes interdisciplinaires, des principes clés et les idées qui fournissent une description de la science comme un moyen de savoir, ainsi que les caractéristiques de la connaissance scientifique « nature of science », des investigations scientifiques et des capacités expérimentales. La seconde sous-catégorie concerne la connaissance des enseignants par rapport aux moyens qu'ils pourraient employer afin d'évaluer les aspects spécifiques de l'apprentissage des élèves juger importants pour un thème. Cependant, certains aspects de l'apprentissage des sciences sont plus ou moins faciles à évaluer en fonction du contenu.

##### 4.6.6.2 *Connaissances des stratégies d'enseignement des sciences*

Il s'agit d'un type de connaissances chez les enseignants qui engagent des stratégies spécifiques à l'enseignement de certains sujets, tel que, par exemple, l'utilisation d'analogies, de démonstrations ou d'expériences sur un cycle d'apprentissages. Elle est formée de deux sous-catégories. La première concerne des connaissances plus générales sur des stratégies pour

l'enseignement des sciences (pour plusieurs sujets). La seconde porte sur les connaissances des activités spécifiques à un sujet en sciences qui peuvent aider les élèves à comprendre un contenu. Pour plus d'éclaircissement Jameau (2012b) a traité un exemple concernant la première sous-catégorie. Un enseignant sait, par exemple, que pour conceptualiser le poids d'un corps, il faut mettre en place une activité expérimentale dans laquelle l'élève suspend des objets de différentes masses à un ressort ou un dynamomètre pédagogique afin d'observer les effets et d'en faire des mesures. Cette approche n'est pas forcément la même pour d'autres concepts. La seconde sous-catégorie peut être illustrée par une approche de certaines notions à partir de l'analyse d'une bande dessinée : par exemple, à propos des éclipses de Lune, de la gravitation et de la lumière, etc.

#### 4.6.6.3 *Connaissances sur les élèves*

Cette composante de PCK concerne les connaissances que les enseignants ont à propos des apprentissages des élèves en sciences. : les exigences de l'apprentissage de certaines notions, les parties que les élèves trouvent difficiles, les conceptions alternatives et les approches de l'apprentissage des sciences, D'après Magnusson, Krajcik et Borko (1999), cette catégorie contient deux sous-catégories : les connaissances sur les prérequis nécessaires pour l'apprentissage des notions scientifiques spécifiques et les connaissances des domaines pour lesquels les élèves ont des difficultés. La première concerne la connaissance de l'enseignant de ce que l'élève doit savoir pour comprendre et apprendre une nouvelle notion scientifique. La seconde concerne les notions qui posent des problèmes de compréhension et d'apprentissage, dans les programmes.

#### 4.6.6.4 *Connaissance des programmes de sciences*

Magnusson et *al.* (Ibid.) signalent que cette composante est subdivisée en deux sous-catégories : la connaissance des buts et objectifs dans les programmes officiels (attentes nationales) et la connaissance spécifique du programme et du matériel pédagogique. La première sous-catégorie concerne une connaissance globale des programmes de la discipline qui dépasse le seul niveau dans lequel ils enseignent. La seconde rend compte de la connaissance de l'enseignant par rapport au matériel disponible qu'il peut utiliser pour son enseignement et un ensemble de documents disponibles à l'échelle de son établissement. A titre d'exemple, les enseignants peuvent se servir d'un document mis au point par un collègue, s'ils estiment que ce document est adapté à l'enseignement d'un contenu.

#### 4.6.6.5 *Orientation pour l'enseignement des sciences*

Cette composante des PCK, telle que l'orientation pour l'enseignement des sciences, contient les connaissances des enseignants à propos des buts et des objectifs pour enseigner les sciences à un niveau d'étude particulier. Ces connaissances jouent un rôle fondamental dans l'orientation des décisions de l'enseignant concernant les sujets tels que les objectifs qu'il doit atteindre, l'évaluation de l'apprentissage des élèves ou bien l'utilisation du manuel scolaire. Le terme d' « orientation » est introduit par Anderson et Smith (1987) comme un moyen de catégoriser les approches disparates pour l'enseignement des sciences : les activités conduites, la didactique, les approches sous forme de découverte et le changement conceptuel.

La catégorie « objectifs pour l'objet d'enseignement » est proposée par Grossman (1990) et que Magnusson et *al.* (1999) ont remplacé plus tard par le terme « orientation ». Ils cherchent à travers l'utilisation de ce terme, d'une part, à définir les connaissances des buts et des objectifs des enseignants pour l'enseignement des sciences, et d'autre part, une orientation est appelée « *vue générale ou conceptualisation de l'enseignement des sciences* » (ibid., p. 97).

Ces chercheurs ont travaillé sur la liste d'Anderson et Smith afin de l'élargir de quatre à neuf orientations comme l'indiquent le tableau n° 4.2 représenté ci-dessous :

## Partie 2 : Cadre théorique

Orientation	Caractéristiques de l'enseignement
Méthodes « process »	L'enseignant introduit les élèves aux raisonnements employés par les scientifiques pour acquérir de nouvelles connaissances. Les élèves s'engagent dans des activités afin de développer le raisonnement scientifique et des compétences.
Rigueur académique	Les élèves sont confrontés à des problèmes et des activités difficiles. Les séances de TP et les démonstrations expérimentales sont utilisées afin de vérifier les concepts scientifiques en démontrant les relations entre des concepts particuliers et des phénomènes.
Didactique	L'enseignant présente des informations, en général à partir de conférences ou de discussions, et les questions posées aux élèves ont pour but de vérifier qu'ils connaissent les faits produits par la science.
Changement conceptuel	Les étudiants sont interrogés sur leurs visions du monde et a propos de la pertinence d'explications alternatives. L'enseignant facilite la discussion et le débat pour établir des affirmations (connaissances) valables (correctes).
Conduite de l'activité	Les étudiants participent à des activités d'investigation (« hands-on ») à des fins de vérification ou de découverte. Les activités choisies doivent être adaptées ce qui nécessite chez les enseignants de comprendre les buts particuliers.
Découverte	Centration sur l'élève. Les élèves explorent le monde « réel » en fonction de leur propre intérêt et découvrent des modèles permettant de décrire comment il fonctionne.
Démarche de projets collaboratifs en sciences	Centration sur le projet. L'activité de l'enseignant et des élèves est orientée par une question « productive », qui organise les concepts, les principes et les activités au sein d'un sujet d'étude. A travers l'investigation, les élèves développent un certain nombre d'instruments (des productions) qui reflètent leur compréhension.
Investigation	Centration sur l'investigation. L'enseignant aide les élèves à définir et investiguer les problèmes posés, à tirer des conclusions et évaluer la validité des connaissances issues de leurs conclusions.
Investigation guidée	L'apprentissage centré sur la communauté. L'enseignant et les élèves participent à la définition et à l'investigation d'un problème, à la construction des modèles, à l'invention et aux tests des explications, et l'évaluation de l'utilité et de la validité de leurs données et la cohérence de leurs conclusions. L'enseignant étaye les efforts des élèves pour utiliser le matériel et les outils intellectuels de la science jusqu'à ce qu'ils acquièrent une autonomie.

Tableau 4.2 : Caractéristiques de l'enseignement en fonction de l'orientation de l'enseignant (Magnusson et *al.*, 1999)

En effet, la description de chaque orientation est fondée sur deux caractéristiques considérées utiles pour les définir et les distinguer les unes des autres : les buts de l'enseignement des sciences que l'enseignant aurait suivant une orientation particulière et les caractéristiques de l'enseignement qui seraient menées par un enseignant suivant une orientation particulière. Le choix pris par l'enseignant concernant l'orientation dépend du

contenu traité en classe, mais aussi du contexte social dans lequel est situé l'établissement, etc. Il peut aussi choisir des orientations distinctes lors de la séance.

Des recherches ont prouvé que les apprentissages et la pratique des enseignants sont influencés par des orientations, même si cette influence n'est pas directe. (Anderson, Smith, & Peasley, 2000 ; Lantz & Kass, 1987 ; Lemberger, Hewson & Park, 1999). Néanmoins, le choix d'une orientation par l'enseignant peut changer très souvent, ce qui peut rendre difficile leur étude (Anderson & al., 2000 ; Bryan & Abell, 1999 ; Sweeney & al., 2001). Par conséquent, pour Abell (2007), l'intégration des orientations dans le modèle des PCK est problématique et ceci pour deux raisons. La première est qu'une orientation est théorisée comme une vue générale de l'enseignement des sciences, et non pas comme des connaissances spécifiques d'un sujet. La deuxième est que ces vues générales de l'enseignement des sciences et des apprentissages sont souvent étudiées en tant qu'interactions entre les connaissances, les croyances et les valeurs, et non pas strictement comme une structure de connaissances

#### 4.6.7 **Connaissances d'un enseignant comme déterminant de l'action**

Nous avons exposé précédemment des cadres théoriques contenant les outils conceptuels utiles dans les analyses des données relatives à l'activité des enseignants et à leur organisation mais aussi aux types de connaissances à mobiliser pendant l'enseignement. Celui-ci vise à assurer le déroulement de la démarche d'investigation DI suivie lors de la séance des travaux pratiques sur l'étude expérimentale de la résonance d'intensité. Ainsi, pour approfondir cette étude, nous mettons en évidence la relation entre la connaissance d'un enseignant comme déterminant de l'action au sein de la classe.

Nous avons rappelé, dans le paragraphe 4.2.1, que pour Vergnaud (1996), le sujet sait mobiliser des connaissances-en-acte pour atteindre son but. Il s'agit bien pour le sujet de mobiliser des concepts dans l'action, qu'il a d'abord construit avant de les avoir appris. Ceci conduit l'auteur à distinguer les connaissances prédicatives des connaissances opératoires. En fait, ces deux formes sont indissociablement liées, sans oublier que la forme opératoire qui en est la première.

Altet (2002) signale qu'il existe une correspondance entre action et connaissance et que l'activité est vue comme étant « *située, orientée par des fins, des buts et les normes d'un groupe professionnel* ». Ainsi, elle affirme que l'activité professionnelle « *se traduit par la mise en œuvre des savoirs, procédés et compétences en actes d'une personne en situation professionnelle* »

(ibid.). De même, ce lien entre l'activité de l'enseignant et ses connaissances professionnelles est évoqué par Van Driel et al. (1998) dans leurs travaux tout en renvoyant ces connaissances aux pratiques professionnelles.

Selon Cross (2009), les actions sont situées et dépendantes du contexte et il ne faut pas considérer les connaissances comme n'étant que ce qui est su par l'enseignant. Pour lui, il s'agit préférablement de rendre compte de l'action de l'enseignant dans un contexte donné au sein d'une situation. Cela lui permet de parler des connaissances mises en œuvre par l'enseignant plutôt que de base de connaissances :

- L'activité de l'enseignant est fondée sur le discours et particulièrement sur la mise en relation d'un savoir entre le moment présent et des moments antérieurs ou ultérieurs d'une séquence d'enseignement. Cette mise en relation influence les apprentissages des élèves. Il existe une relation interpersonnelle que l'enseignant réussit à établir avec ses élèves : d'une part, il diagnostique une certaine forme d'activité (qui ne lui convient pas forcément) ; d'autre part, il les pousse à agir et ils les traitent chacun comme un « sujet capable » (Rabardel, 2005). Ainsi, dans le cadre de l'interaction de l'enseignant avec ses élèves, Badreddine (2009) propose une typologie d'articulations discursives. En fait, il s'agit de six catégories décrites pour assurer la cohésion des contenus enseignés dont trois qui permettent d'assurer des articulations vers le passé (appel, rappel, reprise) et trois autres qui permettent d'assurer des liens vers le futur (annonce, avance, remise). L'auteur définit ces articulations de la manière suivante : L'annonce : l'enseignant signale qu'il abordera ultérieurement un sujet, parfois à la suite d'une demande des élèves. Le contenu annoncé est souvent prévu dans la progression de l'enseignant ; L'avance : l'enseignant décide d'avancer immédiatement sur un contenu prévu ultérieurement dans sa préparation ;
- La remise : l'enseignant reporte sa réponse à une séance ou un moment ultérieur. En général, cette action d'articulation n'est pas prévue dans la progression de l'enseignant ; L'appel : l'enseignant fait référence à un épisode déjà passé, que ce soit une situation déjà vécue dans la classe (appel de situation) ou une notion déjà enseignée (appel de notion) ; Le rappel : l'enseignant fait une synthèse de ce qui a été présenté dans une séance passée, ou demande aux élèves de faire cette synthèse ; La reprise : l'enseignant décide de continuer et de poursuivre un contenu en cours de présentation dans la séance ou dans une séance antérieure après l'avoir mis en attente.

Dans le cadre de l'étude du rôle « *des savoirs professionnels dans la pratique enseignante* » (p. 9), Grangeat et Munoz (2011) définissent le concept de « savoir-processus » comme étant une unité identifiable du système de représentations de l'activité du sujet. Ce concept est constitué de quatre éléments : un indice, un but et des sous-buts, une ou des règles d'action et des connaissances de référence. En fait, le savoir-processus associe le but de l'action, le ou les indices qui la déclenchent, la ou les règles d'action mises en œuvre et les connaissances qui justifient à la fois l'action et les choix réalisés en cours d'action. Si l'un de ces éléments constitutifs est absent alors le savoir-processus n'est pas pris en compte. Cette définition conduit les chercheurs à dépasser les notions de concepts pragmatiques et de schèmes et à forger le concept de savoir-processus (Briot & Grangeat, 2010a ; Grangeat, 2010b ; Grangeat & Munoz, 2011). Or, Vergnaud (1996) a déjà défini ce même concept mais sous le nom d'une adaptation du schème combiné à la notion de connaissance du processus de travail proposée par Fischer et Boreham (2004). De son côté, Pastré (2005, p. 10) l'a défini comme une unité élémentaire d'un « *modèle opératif* » qui est « *comme un modèle cognitif qui sous-tend les activités professionnelles (...) pour comprendre les savoirs et les pratiques enseignantes* ».

Comme les schèmes, les *savoir-processus* représentent l'organisation de l'activité des enseignants. Et ils peuvent être groupés dans un réseau qui donne sens à l'activité en formant un système d'activité (Engeström, 2000). Ce dernier est proche du modèle opératif de Pastré (2005) et il est orienté selon les dimensions principales de la situation (Grangeat, & Gray, 2007). En fait, ces savoir-processus informent sur le *modèle opératif* de chaque enseignant « *autour de quelques dimensions critiques de la situation en vue de faciliter l'action pratique* » (Pastré, 2005, p. 7). Cela fait dire qu'il ne s'agit pas d'une modalisation « dynamique » de ce qui se passe dans la classe en termes de changements de buts et de régulations, suivant une échelle de temps, mais plutôt d'une modélisation « statique » de ce qui est fait afin de renseigner sur le modèle opératif. Grangeat (2011) signale, de plus, que les *savoirs-processus* sont regroupés selon leurs buts génériques. Cependant, cette notion de « photographie » du modèle opératif réservée par chaque enseignant permet de caractériser son expertise en analysant le développement et l'extension du modèle opératif et elle renseigne aussi sur ses besoins en formation. Grangeat (ibid.) ajoute que les notions de savoir-processus et de modèles opératifs permettent d'identifier les manières de faire des personnes étudiées et aussi de prendre en considération leurs mobiles et de donner un sens à leur action.

Dans notre travail de recherche, nous nous focalisons sur la pratique de l'enseignant au sein de la classe et plus spécifiquement sur l'étude de l'organisation de son activité. A l'instar de

Jameau (2012b), nous choisissons l'utilisation du concept de schème et non celui de savoir-processus parce que notre problématique nécessite d'identifier les changements de but et les régulations opérées par les enseignants dans l'action qui doit être articulée entre invariance et adaptabilité (Pastré, 2005). En effet, nous pensons identifier les connaissances professionnelles à partir du repérage des écarts entre ce qui est prévu et ce qui est réalisé. Et comme nous l'avons indiqué précédemment, le schème est « *est une organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée* » (Vergnaud, 1990). Cette définition nous montre qu'il existe une certaine articulation, opérée par Vergnaud, entre la notion de schème et la notion de situation, permettant de montrer que toute activité est organisée. Vergnaud attribue à la classe de situations, à laquelle le schème se rapporte, la responsabilité de déterminer cette organisation. L'auteur cite les quatre éléments constitutifs du schème dont l'identification est nécessaire afin de comprendre comment le schème fonctionne, comment il génère l'action. En effet, les connaissances des enseignants sont contenues dans les invariants opératoires (OI). Ces derniers sont des théorèmes-en-acte et des concepts-en-acte. Cela nous amène à dire qu'ils représentent des propositions tenues pour vraies et des objets ou des prédicats qui sont tenus pour pertinents, pour la prise d'information nécessaire à l'action. Nous remarquons effectivement la relation existante entre les concepts, les propositions et les connaissances des enseignants.

A la suite de Jameau (2012b), nous supposons que le concept de PCK est compatible avec les connaissances-en-acte, suivant les définitions données précédemment. En effet, nous avons montré (4.1.6.4.), à la suite de Jameau (2012b), que le concept de PCK n'appartient pas à un paradigme particulier mais qu'il provient d'une analyse *des tests pour les professeurs*. Nous pouvons l'utiliser comme un cadre d'analyse des connaissances des enseignants et il nous aide à comprendre la compatibilité entre les connaissances utilisées par les enseignants et l'action au sein de la classe.

#### 4.6.8 Le couplage action/activité

Sensevy (2007, p. 5) attribue au mot action dans le syntagme « action didactique » le sens d'agir « *que celui-ci soit manifeste ou intellectuel, et le sens général qu'on peut lui donner lorsqu'on parle de philosophie de l'action* » alors que Bronckart (2005, p. 81) le définit par « *toute forme d'intervention orientée d'un ou de plusieurs humains dans le monde* ». Pour sa part, Leontiev (1975) considère les actions réalisées comme les composantes fondamentales des activités humaines et elles sont subordonnées à ces dernières. En fait, c'est grâce aux actions que

les activités se réalisent. Il signale que les actions répondent à des buts conscients. Ces buts font partie de la tâche qu'il définit comme « *un but donné dans des conditions déterminées* » (Leontiev, 1975, p. 96). Pour Venturini (2012), les actions sont réalisées par les opérations déterminées par les conditions de l'activité et les activités sont orientées par un mobile, objet matériel(s) ou idéal(s) satisfaisant un besoin.

En se basant sur les travaux de Leontiev (1975), Bronckart définit l'activité comme une lecture de l'agir au niveau du collectif organisé et l'action au niveau d'une personne singulière. Il attribue à l'activité une dimension collective dont « l'importance » consiste à l'apport des finalités sur le plan intentionnel et à l'action une dimension individuelle portée par des intentions et des motifs qui sont propres aux raisons d'agir de celle-ci. Alors ceci permet à Schubauer Leoni et al. (2007) de mettre en évidence l'intérêt à retenir les éléments d'articulation entre activité et action.

Pour Gardiès (2011), l'articulation action et savoir n'est pas évidente dans le sens où les actions sont singulières alors que les savoirs sont généraux et certains auteurs parlent plutôt de savoirs d'action, c'est-à-dire d'une formulation par les acteurs d'un énoncé relatif à l'action professionnelle. Par exemple, pour Charlot (1997), « *Le savoir est construit dans une histoire collective qui est celle de l'esprit humain et des activités de l'homme et il est soumis à des processus collectifs de validation, de capitalisation, de transmission* ».

#### 4.6.9 Tâche et activité : Quelle dialectique ?

Pour étudier les tâches prescrites aux élèves dans une séance d'enseignement/apprentissage, il nous paraît fondamental de distinguer entre ce qui relève de la tâche et de ce qui relève de l'activité. Pour mettre en évidence cette différence, les travaux de Leplat (2004) se sont articulés autour de ces deux concepts. Pour lui « *La tâche c'est ce qu'il y a à faire : le but dont il s'agit d'atteindre sous certaines conditions (...)* » et que « *l'activité dépend de la tâche et des caractéristiques du sujet mais elle peut contribuer (en retour) à la définition de la tâche et à la transformation du sujet* » (Leplat, 2004, p. 14). Ceci nous permet de conclure que l'étude de l'activité ne peut se faire indépendamment de la tâche (Vinatier, 2009).

En effet, lors d'une séance d'enseignement/apprentissage en classe, l'enseignant intervient sur le rapport entre élèves et contenu enseigné à travers des tâches qu'il donne aux élèves et directement par des actions portant sur l'activité des élèves au cours de la réalisation des tâches. Dans ce cas, l'activité de l'enseignant consiste à remplir une fonction *d'étayage* ; c'est à dire qu'il apporte une aide à l'élève qui ne pourrait pas accomplir seul la

tâche et à travers cette aide agit sur le rapport de l'élève au contenu enseigné. Selon Piaget, l'enseignant a alors un rôle central dans les acquisitions par les tâches qu'il prescrit aux élèves. Grangeat (2013) signale que l'étude de la relation reliant tâche et activité revient à étudier l'articulation entre ce qui est à faire, ce qui est prescrit, et ce qui est réalisé finalement, aux yeux de l'agent ou selon un point de vue externe.

#### 4.7 *Synthèse du cadre théorique*

Nous avons identifié précédemment les outils issus de la didactique professionnelle et nous avons exposé un modèle des connaissances enseignantes. Ce modèle décrit quatre catégories de connaissances utilisées par l'enseignant au sein de la classe lors de sa pratique. Parmi ces connaissances, nous avons focalisé sur les PCK car elles nous intéressent particulièrement. Nous avons montré qu'au début, elles font un assemblage entre des connaissances pédagogiques et des connaissances disciplinaires. Cependant, Grossman montre à travers l'évolution du modèle que la connaissance du contexte d'enseignement possède ainsi un impact sur les PCK. Ces dernières sont en lien avec un contenu à enseigner. Les PCK sont également fondées sur l'approche didactique professionnelle et la théorie de l'activité.

Notre recherche vise à mieux comprendre les pratiques et la réflexion des enseignants sur leur activité à travers l'analyse de l'organisation de cette dernière et l'identification de leurs connaissances mobilisées, en s'appuyant sur ce modèle. D'ailleurs, les PCK sont fondées sur cinq composantes qui sont formées à leurs tours par des sous-catégories :

- Les connaissances de l'évaluation en sciences, y compris ce qu'il faut évaluer et la façon d'évaluer ;
- La connaissance des stratégies éducatives en sciences, y compris les représentations, les activités, et les méthodes ;
- La connaissance de ce que les élèves peuvent comprendre en sciences, les conceptions communes et les zones de difficultés ;
- Les connaissances curriculaires en sciences ;
- Les orientations de l'enseignant par rapport à l'enseignement des sciences, incluant sa connaissance des objectifs et les approches générales mise en pratique de son enseignement.

Le rôle de ces sous-catégories est fondamental et sophistiqué dans l'analyse des connaissances mises en jeu par l'enseignant. Elles devraient nous permettre en particulier d'analyser finement le discours des enseignants en situation.

#### 4.8 *Questions de recherche*

Dans notre étude, les enseignants cherchent à mettre en œuvre un enseignement scientifique fondé sur une démarche d'investigation (ESFI) à propos de la résonance de l'intensité électrique, dans le but d'améliorer la motivation et les acquisitions de connaissances des élèves. Ces pratiques ciblent le soutien aux apprentissages de tous les élèves et privilégient la transmission de contenus.

Notre problématique s'articule autour des trois questions principales que nous présentons de la manière suivante :

- Q1 : Comment l'enseignant procède-t-il pour mettre en œuvre les trois parties d'une « DI » dans le cadre de la résonance de l'intensité électrique : situation-problème, formulation d'hypothèses, expérimentation ?
- Q2 : Quels types de régulations les enseignants réalisent-ils pour ces trois parties afin d'assurer la continuité de l'activité ?
- Q3 : Quelles sont les origines de la chronophage de la « DI » ?

Notre étude prend en compte l'enseignement des sciences par les démarches d'investigation (DI). Elle nous conduit à comparer des mises en œuvre des trois étapes de la DI : la situation problème, la formulation des hypothèses et l'expérimentation. Ainsi, elle nous amène à évoquer les connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants dans leur enseignement des sciences expérimentales. Il s'agit d'identifier les types de connaissances en jeu dans la préparation de la classe et au cours de sa mise en œuvre. La première question principale Q1 se décline donc en sous-questions de la manière suivante :

- Q1a : Quelles sont les types de connaissances professionnelles mises en jeu dans l'activité de l'enseignant lors de la DI ?
- Q1b : Quels sont les points d'intersections et de distinctions entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de ces trois étapes de la DI ?

Les cadres théoriques que nous avons présentés dans ce chapitre nous permettent de favoriser l'articulation entre l'action des enseignants et ses connaissances. L'étude de l'organisation de l'activité s'effectue par la représentation du concept de schème. Dans cette organisation, nous arrivons à l'hypothèse que nous trouverons des connaissances professionnelles spécifiques mises en jeu aux moments de la régulation. Nous mobilisons le concept de PCK comme cadre d'analyse des connaissances des enseignants en nous référant au modèle de Magnusson, Krajcik, et Borko (1999) pour caractériser les types de connaissances professionnelles en jeu. La deuxième question principale Q2 se décline donc en sous-questions de la manière suivante :

- Q2a : Quels types de connaissances professionnelles identifions-nous lors de la régulation ?
- Q2b : Retrouvons-nous les catégories et les sous-catégories du modèle de référence ?
- Q2c : Identifions-nous des nouvelles connaissances professionnelles lors du changement de but et le passage d'un schème à un autre ?
- Q2d : Quelles typologies de régulation pouvons-nous identifier ?

En s'inspirant des travaux de Jameau (2012b), nous constatons que l'analyse de l'activité des enseignants à partir du concept de schème nous permet d'identifier les changements de but dans l'action, à la suite d'un *incident critique*. D'un point de vue méthodologique, un *incident critique* est un imprévu que les enseignants ont identifié et qu'ils peuvent caractériser. Nous appelons un *imprévu* une situation de classe qui n'a pas été anticipée par le professeur. Il peut être une réponse d'élève, une attitude, une difficulté inattendue dans une activité, etc.

Nous étudions ces changements dans l'activité des enseignants car nous pensons pouvoir, d'une part, interroger leur préparation à travers le scénario pédagogique, c'est-à-dire ce qui est prévu et, d'autre part, identifier les régulations qu'ils opèrent dans l'action, c'est-à-dire ce qui est réalisé.

C'est à partir du concept de boucle de régulation rétroactive de l'activité que nous analysons les conséquences de l'écart entre le prévu et le réalisé. Par conséquent, nous étudions l'aspect de chronophagie de la DI. Alors, la troisième question principale Q<sub>3</sub> se décline en sous-questions de la manière suivante :

- Q<sub>3a</sub> : Quelles sont les facteurs dont dépend la chronophagie de la DI ?

- Q<sub>3b</sub> : Quelles sont les conséquences de cette chronophagie sur le déroulement de cette démarche en classe ?
- Q<sub>3c</sub> : Quel est l'impact de cet aspect de la chronophagie sur les types de régulation effectuée ?

Pour répondre à ces questions de recherche, il est primordial de construire une méthodologie permettant de passer de l'observation des enseignants en action au sein de la classe à l'identification des connaissances qu'ils mobilisent dans cette action. Notre méthodologie est présentée au chapitre suivant.

## PARTIE 3 : METHODOLOGIE

## **Chapitre 5 :**

# **Fondements méthodologiques - Outils de recueils et d'analyse de données**

## 5.1 *Introduction*

Nous présentons dans ce chapitre la méthodologie suivie pour répondre à nos questions de recherche. Nous commençons d'abord ce chapitre par la présentation des fondements méthodologiques qui s'articulent autour d'une idée principale, celle d'analyser l'écart entre la préparation du scénario pédagogique par des enseignants et la pratique de classe. Ensuite, nous précisons nos outils de recueil de données qui nous permettent de suivre le travail de chaque enseignant en classe. Nous explicitons le contexte de l'étude. Pour ce faire, nous avons formé un binôme de professeurs « novices » (Ahmed et Férid), qui ont presque le même nombre d'années d'expérience dans l'enseignement (une vingtaine d'années), mais qui n'ont jamais pratiqué la DI. Nous avons suivi le travail de ce binôme aussi bien au cours de la construction du scénario pédagogique avec notre collaboration, qu'au cours de la mise en œuvre de ce scénario lors d'une séance de travaux pratiques. Nous poursuivons notre travail par la présentation de nos outils de traitement des données que nous exemplifions à la fin du chapitre.

## 5.2 *Fondements méthodologiques*

En se basant sur notre problématique, nous construisons une méthodologie propre à cette recherche. Nous analysons l'activité des enseignants en classe que nous comparons à leur préparation afin d'identifier les régulations réalisées en mettant l'accent sur l'aspect chronophage de la DI et ses origines. Nous construisons notre méthodologie suivant trois fondements : un suivi des enseignants qui englobe leur activité en classe, une comparaison de ce qui est prévu et de ce qui est réalisé, la confrontation du professeur à son action.

### 5.2.1 *Le suivi hors classe des enseignants*

Une part du travail des deux enseignants est faite en dehors de la classe au sein du lycée. Il s'agit d'une séance de formation des deux enseignants que nous réalisons sur la DI. Celle-ci est suivie d'une séance de construction du scénario pédagogique prenant comme objet l'étude expérimentale du phénomène de la résonance d'intensité. Nous assistons à la construction du scénario pour s'assurer qu'il est fondé sur la DI. Nous voulons garder une trace de leur activité en lien avec leur enseignement. Pour cette raison, nous mettons en place un suivi continu durant notre étude en proposant un contrat entre le chercheur et chaque enseignant pour avoir accès à son activité pendant une durée significative. Le professeur est associé au recueil des données, ce qui

l'incite à un travail réflexif (Gueudet & Trouche, 2010). Nous essayons de tenir compte de toutes les interactions des enseignants qui ont un effet sur leur enseignement.

#### 5.2.2 Une étude de l'écart entre le préparé et le réalisé

Nous savons tous que la pratique du scénario pédagogique ne se réalise pas d'une façon intégrale en classe. Pour cette raison, nous observons des écarts au sein de la classe lorsque l'enseignant réalise une ou plusieurs régulations pour atteindre son but. Nous pouvons dire qu'une étude spécifique de ces écarts permettrait d'identifier l'aspect chronophage de la DI et ses origines.

Dans notre étude, le chercheur doit identifier les régulations réalisées par les enseignants. Pour cela, nous avons les données issues du travail hors classe des enseignants que nous comparons à la mise en œuvre en classe. Cette étude est faite en deux étapes. La première étape consiste à analyser des interactions entre le professeur et les élèves dans l'action de la classe. Le chercheur peut identifier des tensions qui sont discutées à chaud à la fin du cours avec le professeur. Dans une deuxième étape, l'analyse est faite à partir d'enregistrements audio et/ou vidéo. Ces enregistrements donnent naissance à des transcriptions qui permettent d'effectuer des analyses suivant des grains différents. La participation des enseignants au recueil des données se poursuit lors du choix de la constitution du corpus. Ce dernier représente la base empirique sur laquelle nous réalisons notre partie d'analyse. Nous souhaitons disposer de son regard critique sur sa propre activité. Ceci nous permet d'avoir accès à l'ensemble de son activité en classe. Nous essayons de présenter les outils de recueil de données utilisés dans notre recherche et qui sont inspirés de la méthodologie d'investigation réflexive de Gueudet et Trouche (2010).

#### 5.2.3 La confrontation de l'enseignant à son action

Nous avons présenté dans les paragraphes précédents quelques fondements méthodologiques qui nous permettent d'identifier les moments des régulations réalisées par l'enseignant ainsi que l'aspect chronophage de la DI et ses origines.

Nous pouvons ajouter un autre fondement que nous avons retenu : la confrontation de l'enseignant à son action. Elle pourrait se faire à travers les vidéos et l'auto-confrontation. Notre choix de stratégie est de suivre deux enseignants séparément mais ils enseignent le même thème. Ce fondement nous permet de mettre en œuvre un dispositif dans lequel l'action d'un enseignant est analysée par lui-même mais également par l'autre enseignant du binôme. Ce dispositif est constitué en collaboration de telle sorte que chaque professeur assiste avec le chercheur à l'élaboration du corpus qui sera discuté avec l'autre membre du binôme. Nous accédons ainsi à l'aspect réflexif de la méthodologie qui amène chaque professeur à réaliser une auto-analyse de

son action. Ces auto-analyses sont accompagnées par des débats au sein du binôme qui peuvent s'excentrer sur un objet d'analyse pour lequel les professeurs peuvent se référer à leur préparation, à la formation suivie, etc.

Nous notons que les outils de recueil de données nous ouvrent l'accès à des éléments de réponses à nos questions de recherche. Nous présentons dans le paragraphe suivant nos outils de recueil de données.

### 5.3 *Outils de recueil de données*

Nos outils de recueil des données ont pour intérêt d'apporter des éléments de réponses aux questions de notre travail. Comme nous l'avons indiqué dans le paragraphe précédent, nous allons présenter ces outils de recueil de données en les classant.

#### 5.3.1 **Une fiche de présentation à remplir**

La fiche de présentation à remplir (Annexe) est distribuée à chacun des deux enseignants justes avant la séance de leur formation faite par le chercheur sur la démarche d'investigation. Cette fiche de présentation est là pour être discutée au premier entretien, en début de séquence d'observation. Sa construction est fondée sur la collection des informations pour chaque enseignant sur son parcours professionnel, sur la classe qui sera observée, sur l'enseignement des sciences ou des sciences physiques et sur son aspect collaboratif dans son métier. L'organisation de cette fiche est faite de la façon suivante :

- a. Parcours professionnel
- b. Milieu de travail : matériel, élève, collègues
- c. L'enseignement des sciences ou des sciences physiques au lycée
- d. Travail collectif dans et hors du lycée.

Cette fiche a pour but de permettre au chercheur d'avoir un support suffisant d'informations sur les deux enseignants pour qu'il puisse préparer le premier entretien avec eux. Nous prenons en considération les connaissances qui sont en relation directe avec l'enseignement des sciences ou des sciences physiques. Elles peuvent aussi être liées au quotidien de l'enseignant, aux activités réalisées dans le lycée ou hors lycée (comme les activités de type associatif). Les effets pourraient persister dans les choix et les prises de décisions au moment de la préparation de son cours ou de son TP ou bien au moment de son action au sein de la classe.

### 5.3.2 Un journal de bord individuel

Pour avoir une trace de l'activité hors classe, nous avons mis en place un journal de bord pour les deux enseignants (exemples en Annexe et Annexe). La construction du document s'est faite conjointement avec eux selon leurs disponibilités et aussi de façon à faciliter le renseignement du concept de la résonance d'intensité électrique. Les deux enseignants nous donnent une trace de leur préparation de classe et plus précisément le prévu de la séance de travaux pratiques à réaliser et ceci sous forme d'un scénario pédagogique (annexe). Le journal de bord de Ahmed est pratiquement le même que celui de Férid. Ils vont enseigner le même concept, la résonance d'intensité électrique, au même niveau de terminale scientifique, le même jour, pendant une séance de TP d'une heure et demie, avec le même scénario pédagogique préparé collectivement avec le chercheur. La seule différence apparente figure au niveau de la date d'auto-confrontation simple réalisée entre le chercheur et l'enseignant.

Ce journal de bord devrait nous donner des cheminements d'analyse pour les entretiens en lien avec la fiche de présentation. Il s'agit d'un outil fondamental de la méthodologie d'investigation réflexive qui s'oriente dans le sens de la réflexivité sur les activités. Nous voulons du professeur qu'il « *relate l'histoire vécue* » (Power, 2008).

### 5.3.3 Scénario pédagogique

Après la séance de formation sur la démarche d'investigation, les deux enseignants Ahmed et Férid ont préparé collectivement avec le chercheur un scénario pédagogique sur la résonance d'intensité électrique fondé sur une démarche d'investigation. Il se présente sous forme d'un tableau (tableau n°) composé par :

- Le titre
- Le texte de la situation problème que nous avons proposé collectivement
- Les pré-requis que l'enseignant est amené à évoquer sous forme du rappel
- Les objectifs de la séance de TP que l'enseignant doit atteindre
- La planification de la séance de TP fondée sur les étapes de la DI est réalisée sous forme d'un tableau contenant des lignes et des colonnes.

Chaque étape de la DI est présentée dans une ligne alors que les colonnes sont réservées pour le nom, la durée prévue et les activités des élèves et le rôle de l'enseignant pour chaque étape. Nous présentons dans ce qui suit un extrait de ce scénario dans le tableau suivant :

## Partie 3 : Méthodologie

### Chapitre 5 : Fondements méthodologiques - Outils de recueils et d'analyse de données

Etapas de la démarche	Durées prévues	Activités des élèves et rôle du professeur
E1 : Rappel du cours précédent	(5min)	Le professeur pose quelques questions à la classe afin de faire quelques rappels sur les prérequis nécessaires dans la séance.
E2 : Présentation du problème	(5min)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le professeur distribue les fiches du sujet du TP sur lesquelles est inscrite la situation problème.</li> <li>• Les élèves lisent la fiche en silence le temps de la distribution</li> </ul> <p>Le professeur lit la fiche à haute voix en montrant au bureau un poste radio ordinaire qui fonctionne dans les conditions normales. En plus, il place les dipôles électriques suivants : un rhéostat de résistance <math>R</math>, une boîte de condensateur de capacité <math>C</math>, une bobine d'inductance <math>L</math> et de résistance interne <math>r</math>, un générateur de basses fréquences GBF, un oscilloscope bicourbe un ampèremètre et un voltmètre.</p> <p>Le professeur fait remarquer que faire fonctionner le poste radio revient à faire fonctionner le circuit RLC qui le contient.</p>
E3 : Hypothèses	Questionnement (5min)	Le professeur indique que par groupes de 3 ou 4 élèves, ils devront émettre une (des) hypothèse(s) et les tester par le branchement d'un circuit RLC série aux bornes du générateur GBF et en procédant à la visualisation des deux tensions $u(t)$ et $u_R(t)$ aux bornes respectivement du GBF et du rhéostat.
	Elaboration d'hypothèses Et débat En groupe de 3 ou 4(10min)	<p>Les élèves de chaque groupe émettent une hypothèse. A l'aide du cours ou sans celui-ci, ils essayent de trouver une façon de tester leur hypothèse par une mesure de la tension <math>u_R(t)</math> ou de l'intensité qui traverse le circuit et par la visualisation du déphasage entre <math>u(t)</math> et <math>u_R(t)</math>.</p> <p>Quelques hypothèses attendues pour détecter la résonance d'intensité d'un circuit RLC série alimenté par une tension sinusoïdale excitatrice sont :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- On varie la valeur de la capacité <math>C</math> en fixant la fréquence <math>N</math></li> <li>2- On varie la valeur de l'inductance <math>L</math> en fixant la fréquence <math>N</math></li> <li>3- On varie la valeur de la résistance <math>R</math> en fixant la fréquence <math>N</math></li> <li>4- On varie la fréquence <math>N</math> de GBF.</li> </ol> <p>Le professeur passe dans les groupes pour s'assurer que tous les groupes ont émis une hypothèse. Pour les groupes qui n'arrivent pas à faire un choix, le professeur leur dit d'en explorer une et qu'ils verront ensuite pour les autres. Pour ceux qui ont peur de « ne pas trouver LA BONNE » le professeur rassure les élèves en disant qu'une hypothèse écartée est déjà une aide précieuse</p>

Tableau 5.1 : Extrait du Scénario pédagogique construit collectivement par les deux enseignants

## 5.3.4 La fiche de l'élève

En se basant sur le contenu du scénario pédagogique préparé auparavant pour l'appliquer dans la séance de TP sur le concept de la résonance d'intensité, les deux enseignants ont construit conjointement avec le chercheur la fiche de l'élève. Chaque enseignant devrait exiger de ses élèves un travail en groupe et le remplissage collectif de cette fiche après la réalisation du débat ainsi que la prise de la décision. Nous présentons dans la figure n°5.1 suivantes un extrait de la fiche de l'élève, préparée par les enseignants :

Oscillations électriques forcées en régime sinusoïdal : Résonance d'intensité	Classe de 4ème
<p><b>I-Situation problème :</b></p> <p>Un poste radio ordinaire est formé par un circuit RLC série d'inductance L et de condensateur C variable. L'onde radio reçue par l'antenne de poste radio et émise par la station choisie, crée aux bornes du dipôle <b>RLC</b> une tension excitatrice : <math>u(t) = U_m \sin(2\pi N t)</math> avec N la fréquence de l'onde. Le poste radio joue le rôle d'un récepteur de fréquence propre <math>N_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})</math> et la station joue le rôle d'excitateur de fréquence N.</p> <p>Que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ?</p> <p><b>II-Etude de la variation de l'intensité du courant I en fonction de la fréquence N de générateur</b></p> <p>1- Etude expérimentale</p> <p>a- <b>Matériel proposé</b> : .....</p> <p>.....Hypothèse(s)</p> <p>Proposé par le groupe hypothèse choisie</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </div> <p>c-schéma de circuit proposé :</p> <p>Proposition du groupe      proposition choisie</p>	

Figure 5.1 : Extrait de la fiche de l'élève

### 5.3.5 Le recueil des données vidéo

Nous présentons la planification du recueil des données dans la figure 5.1 (p .125). Nous avons enregistré une séance et une auto-confrontation simple avec chacun des deux enseignants et une auto-confrontation croisée. Il s'agit d'un enregistrement audio et vidéo qui dure globalement environ 8 heures. Nous avons utilisé deux caméras dont la première était fixe et ciblant le tableau et un deuxième mobile entre les deux groupes de la classe et dont l'utilité est de filmer les interactions du professeur avec ses élèves. Nous avons placé un micro sur la paillasse de chaque groupe d'élèves et un micro-cravate sur les vêtements de l'enseignant. Nous avons numérisé l'enregistrement vidéo pour pouvoir le traiter par l'ordinateur.

### 5.3.6 Les entretiens

Nous avons amené dans notre étude deux types d'entretien :

- a. Entretien mis en place avant l'enregistrement de la séance de TP. Il était effectué collectivement entre le chercheur et les deux enseignants
- b. Des entretiens de type auto-confrontation simple et croisée (Clot & Faïta, 2000 ; Clot, Faïta, Fernandez, & Scheller, 2001) : un entretien en auto-confrontation simple, réalisé à chaud après l'observation de la séance de TP, entre la chercheuse et les deux enseignants Ahmed et Férid séparément ; un entretien en auto-confrontation croisée, effectué juste après celui en auto-confrontation simple, entre les deux enseignants.

L'entretien en pré-enregistrement de la séance de TP a eu lieu après la séance de formation. Elle était réalisée en deux étapes. Pendant la première, le chercheur et les deux enseignants ont discuté des principes liés à cette recherche tels que la programmation de la séance de TP, la construction et le renseignement du journal de bord. Dans la seconde étape, les deux enseignants, en collaboration avec le chercheur, ont construit le scénario pédagogique en faisant référence au programme officiel de sciences physiques. Nous envisageons dans cet entretien pré-séance de TP de prendre des informations sur le déroulement envisagé, les contenus en jeu et les situations construites. Pour cette raison, nous favorisons la narration de l'action et non l'interprétation de celle-ci (Vermersch, 1994, 2003).

L'entretien en auto-confrontation simple est un entretien à chaud qui nous permet de faire un retour sur les moments forts identifiés par l'enseignant ou par le chercheur. Le concept à enseigner « Etude expérimentale de la résonance d'intensité » a été décidé au préalable par le chercheur, puisqu'il présente l'objet de notre étude. Cet entretien est fondé sur l'auto-analyse

simple qui n'est autre qu'un entretien entre le chercheur et chaque enseignant. Ce dernier est appelé à décrire, ensuite à analyser ses actions, en explicitant verbalement ce qu'il faisait, pensait ou prenait en compte pour agir, et en évitant les interprétations ou généralités.

L'entretien en auto-confrontation croisé a été mis en place après celui d'auto-confrontation simple. Chacun des deux enseignants est amené séparément à observer l'enregistrement vidéo de la séance de TP de son collègue, et à préparer des questions à poser lors de cet entretien croisé. Ce dernier est fondé sur l'auto-analyse croisée qui met en discussion les deux enseignants et le chercheur dans une analyse commune du même enregistrement vidéo.

Les deux enseignants sont considérés placés dans un niveau d'expertise proche (Clot, 1999). Ils sont appelés à analyser les incidents critiques identifiés lors de l'autoanalyse simple.

#### 5.4 *Vue générale*

Nous avons indiqué au début de ce chapitre les observations des séances de TP où l'enseignant est en pleine action et les déroulements des entretiens. Ces derniers sont effectués dans la même année scolaire aussi bien pour l'enseignant Ahmed que pour l'enseignant Férid.

Nous avons fait le choix de suivre les deux enseignants séparément pendant une séance des travaux pratiques concernant l'étude expérimentale du phénomène. Elle a duré une heure et demie où ils ont essayé d'appliquer le scénario pédagogique fondé sur la DI, préparé collectivement auparavant hors classe. Ce choix est dicté, d'une part par la nécessité d'avoir une vision globale sur le déroulement de la DI et son aspect chronophage, et d'autre part, par la nécessité d'identifier les régulations réalisées par les deux enseignants afin de faire une étude comparative entre leurs pratiques.

Nous avons effectué des enregistrements audio et vidéo pendant une séance de TP pour chaque enseignant suivis par des entretiens simples et croisés. Nous reviendrons sur cette organisation dans le paragraphe 5.5.

Nous présentons sur la figure n° 5.1 suivante le défilement de la partie empirique de notre recherche afin d'avoir une idée claire sur la méthodologie suivie.

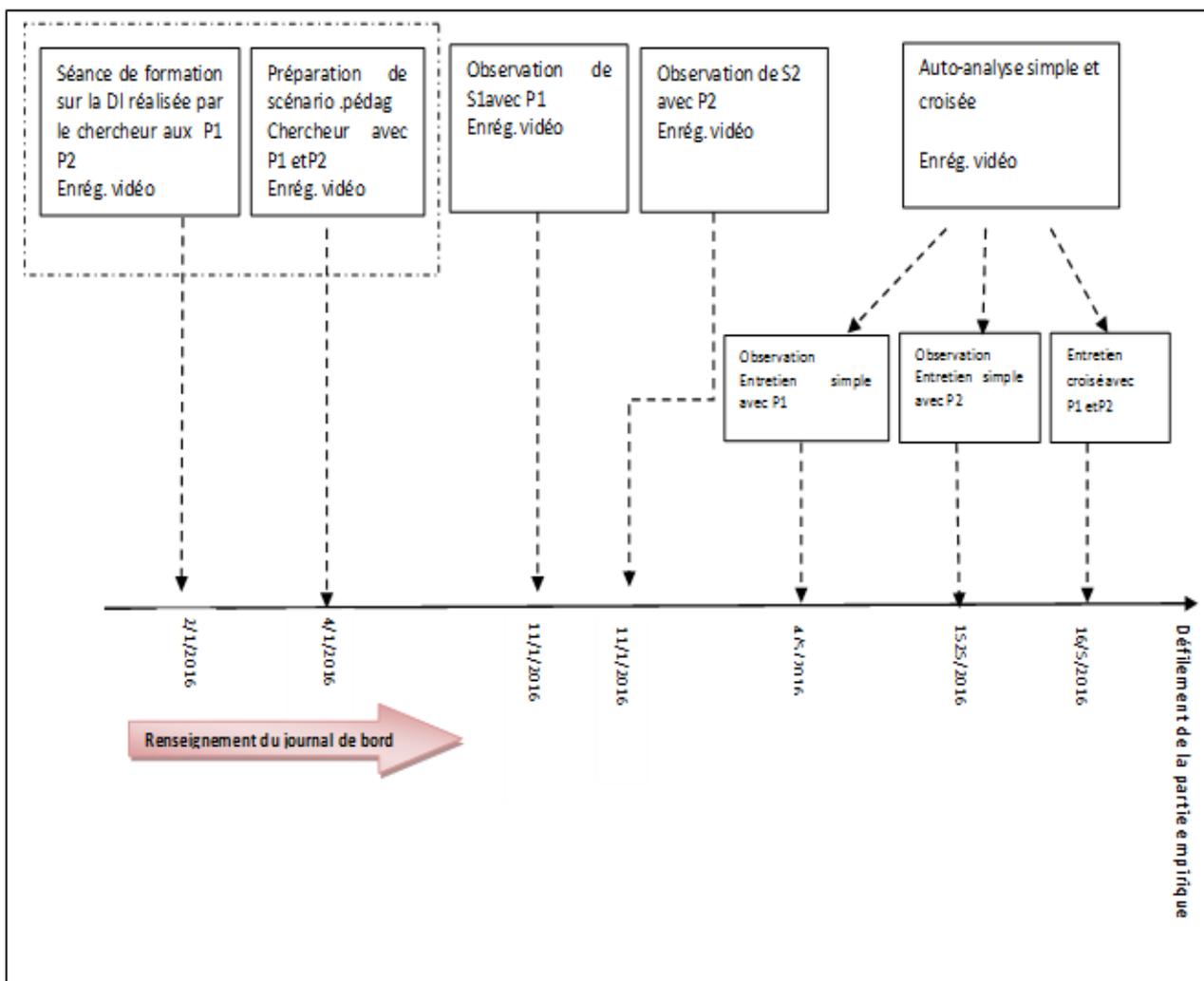


Figure 5.1 ; Suivi d'Ahmed et Férid pendant l'étude empirique

Notons que la séance de TP de l'enseignement de la résonance d'intensité électrique constitue un chapitre du thème des oscillations électriques forcées dans le programme officiel tunisien de terminale scientifique de sciences physiques. Les enregistrements audio vidéo de cette séance ont eu lieu le même jour, du mois de janvier, pour les deux enseignants. Les entretiens ont également fait l'objet d'un enregistrement audio vidéo. Selon les disponibilités des enseignants, l'entretien simple effectué avec Férid a eu lieu avant celui effectué avec Ahmed. Les entretiens en auto-analyse croisée ont été programmés au mois d'Avril. Les deux enseignants adaptent des stratégies différentes lors de la pratique du scénario pédagogique au sein de la classe. Pour cette raison, la séance de TP offre un contenu assez riche à discuter en entretien surtout si nous faisons référence à la démarche d'investigation recommandée pour l'enseignement des sciences au lycée.

## 5.5 *Contexte de l'étude*

Lors de notre recherche, nous sommes assistés dans la préparation du scénario pédagogique par les enseignants Ahmed et Férid. Ainsi, notre étude est effectuée dans des conditions de classe ordinaire.

### 5.5.1 **Le choix des enseignants**

Notre méthodologie, comme nous l'avons indiqué précédemment, nous permet de suivre les pratiques des deux enseignants au sein de la classe et leurs interactions avec les élèves, afin de déterminer l'écart entre le prévu et le réalisé à travers sein le scénario pédagogique préparé hors classe et sa pratique. Ce binôme doit enseigner dans des classes de terminales scientifiques et dans le même lycée. Nous notons que les deux enseignants choisis sont « novices » puisqu'ils n'ont jamais pratiqué la DI dans leur parcours d'enseignement. De plus, ils n'ont aucune formation sur cette démarche.

Ces choix se justifient par plusieurs raisons. Nous avons choisi le même établissement pour nous assurer que l'environnement socioculturel est similaire aussi bien pour les élèves que pour les deux enseignants. Ceci pouvait aussi nous garantir une habitude de travail commune entre les deux professeurs. En effet, ce paramètre nous a paru encourageant car il nous a aidé à faire réussir les entretiens. Nous pensons qu'ainsi un membre du binôme accepte sans hésitation d'analyser l'activité de l'autre. Alors que s'ils ne se connaissent pas, ceci pourrait placer l'un des deux enseignants dans une situation telle qu'il peut éviter de blesser son collègue dans ses analyses.

Nous avons décidé de ne pas choisir les enseignants débutant dans l'enseignement car les difficultés intrinsèques au début de carrière pourraient dissimiler les objets de notre recherche. Pour cette raison, nous avons choisi deux enseignants experts dans l'enseignement des sciences physiques et qui ont tous les deux plus qu'une vingtaine d'années de carrière dans l'enseignement ordinaire. Mais nous notons que ces deux enseignants sont motivés et coopératifs et ils n'ont jamais pratiqué la DI durant leurs carrières d'enseignement. Nous présentons dans ce qui suit les deux enseignants.

#### 5.5.1.1 *Cas de Ahmed*

C'est un enseignant volontaire, âgé de quarante-neuf ans, et qui possède une maîtrise en sciences physiques de la faculté des sciences de Tunis, obtenue en 1995. Il a une expérience de vingt-un an d'enseignement des sciences physiques dont dix-neuf ans dans l'enseignement des classes de terminale scientifique. Il enseigne au lycée de la région de Manouba à Tunis.

#### 5.5.1.2 *Cas de Férid*

C'est un enseignant volontaire qui a quarante-six ans et qui a une maîtrise en sciences physiques de la faculté des sciences de Tunis obtenue en 1997. Il pratique son métier comme enseignant des sciences physiques depuis vingt-ans, dont dix-sept ans en classes de terminale scientifique. Il enseigne au même lycée que son collègue Ahmed.

#### 5.5.2 **Choix des groupes d'élèves**

La séance des travaux pratiques s'effectue avec un seul groupe d'élèves (environ la moitié du nombre total des élèves d'une classe car les TP ont lieu en « classe dédoublée ») qui ont choisi l'orientation des sciences expérimentales. Aussi nous avons laissé le choix du groupe à chaque enseignant.

Le groupe d'Ahmed est composé de 4 filles et de 5 garçons, dont deux élèves sont absents, alors que le groupe de Férid est formé par 7 filles et 2 garçons, dont trois élèves sont absents. Nous notons qu'une classe de terminale scientifique de cet établissement comprend en moyenne vingt élèves dont la majorité est formée de filles. Le lycée concerné se trouve dans la banlieue de Tunis, dans une zone populaire, et les élèves sont issus d'une couche sociale défavorisée. L'établissement souffre, selon les enseignants, d'un manque de matériel de laboratoire, bien qu'il nous apparaisse suffisamment équipé. Mais en réalité, les enseignants protestent contre le manque d'entretien car le matériel est la plupart du temps défaillant.

#### 5.5.3 **Le choix d'objet d'étude**

Le choix d'objet d'étude a été fait conjointement avec les enseignants. Ils connaissent bien les difficultés rencontrées par les élèves au cours de l'enseignement de la notion de résonance d'intensité électrique.

### 5.6 *Outils de traitement des données*

Dans notre recherche, le traitement des données recueillies à partir des enregistrements audio et vidéo de la séance de TP et des entretiens simples et croisés, est fondé sur une méthodologie d'analyse spécifique. A l'instar des travaux de Jameau (2012b), il s'agit de recourir à deux niveaux d'analyse.

Au premier niveau, nous commençons notre analyse par la description détaillée de ce qui se passe au cours de la séance de TP à l'aide du logiciel Transana. Ensuite, nous préparons un synopsis (Sensevy & Mercier, 2007) de cette séance à partir d'une première analyse vidéo. Puis, nous passons à la détection de ce que nous appelons des *événements remarquables*. Le

chercheur peut les identifier lors de la prise de décisions de l'enseignant. Ils apparaissent sous la forme d'une question posée par l'élève ou par son professeur, ou bien sous la forme d'une réponse, d'une attitude (silence, tâtonnement...), etc. Ils peuvent aussi surgir à la suite d'une tension entre enseignant/élève ou bien entre enseignant/groupe d'élèves. Le chercheur peut ainsi identifier un certain nombre d'événements remarquables dont il ne retient finalement que ceux qui touche vraiment la problématique de recherche.

Nous attribuons à chacun des deux enseignants la vidéo de leur propre pratique au sein de la classe avec le synopsis de la séance de TP. Ce synopsis est soigneusement construit et il renferme la colonne *événements remarquables* réservée pour les observations du chercheur.

Dans le cadre de la préparation de l'entretien en auto-analyse simple, chacun des deux enseignants est appelé à identifier les situations qui lui ont paru intéressantes pour discuter avec son collègue. De plus, chaque enseignant devait noter tous les imprévus révélés en classe. Au terme de cet entretien, nous précisons la liste des incidents critiques réservée pour la discussion lors de l'entretien croisé. Nous donnons alors à chaque enseignant la vidéo de la séance de TP réalisée par son binôme.

Au deuxième niveau, nous travaillons sur les transcriptions des situations qui ont été déjà discutées dans les entretiens, notamment lorsque ces situations sont liées aux incidents critiques qui ont été définis collectivement. Nous raisonnons sur la pratique de l'enseignant et la manière d'organiser ses actions pour arriver à réguler certaines difficultés rencontrées par ses élèves. Alors nous faisons appel aux données issues des vidéos et des transcripts. Ces derniers ne sont autres que des tableaux contenant des transcriptions sous forme des productions verbales des situations d'enseignement/apprentissages au sein de la classe, et aussi des parties des entretiens choisies et sélectionnées par le chercheur.

Dans la partie d'analyse, nous sommes arrivés parfois à un grain très fin au niveau de l'énoncé pour que nous puissions comprendre et saisir les régulations et les adaptations réalisées par l'enseignant lors de son action au sein de la classe. Pour cela, nous avons fait appel à la méthodologie de *l'étude de cas*.

#### 5.6.1 Premier niveau d'analyse : les synopsis

Il s'agit de l'analyse du premier niveau des données recueillies à partir de la fiche de présentation, de la vidéo de classe et des entretiens simples et des synopsis des séances de TP.

Nous avons construit chaque synopsis en faisant référence à l'analyse de l'action conjointe (Sensevy & Mercier, 2007) et sous l'œil du « didactique ordinaire ». En fait, le synopsis de la séance, comme l'indique la figure 5.2 ci-dessous, n'est autre qu'un corpus réduit

donnant une idée générale sur la séance étudiée tout en s'appuyant sur trois grains d'analyses différents suivants :

- Le grain « macro » : c'est le premier grain d'analyse qui permet de donner l'aspect général de la séance étudiée et qui est attribué d'une façon générale à l'action prévue de l'enseignant. Il renferme les « étapes » de la séance. Nous cherchons à travers elles à définir un certain nombre d'épisodes figurants dans la pratique de l'enseignant et d'avoir ainsi une vision macroscopique sur le déroulement de la séance. Elles permettent aussi de subdiviser la séance par un début et une fin et d'avoir une idée sur le support didactique utilisé par l'enseignant lors de sa pratique de la classe. Elles sont de nature variée mais ouvrent sur des épisodes caractéristiques favorisant la possibilité de l'acquisition des connaissances par les élèves ;
- Le grain « méso » : c'est le deuxième grain de l'analyse qui renferme d'un côté des « scènes » qui sont en lien avec les éléments de savoir à enseigner et par conséquent identifiables à partir du programme scolaire. Ces scènes peuvent représenter un dispositif mis en place engendrant une activité élève en relation avec une notion, un concept, une modélisation ou le moment de modélisation ou bien un questionnement (sous forme de situation problème). Et d'un autre côté, ces scènes permettent une description du rôle de l'enseignant ainsi que de la tâche réalisée par l'élève ou un groupe d'élèves ;
- Le grain « micro » : c'est le troisième grain d'analyse, le plus fin par rapport aux autres grains. Selon Schubauer-Leoni (2000), ce grain s'intéresse à certains *événements remarquables*. Ces derniers sont détectés à la suite d'une prise de décision de l'enseignant dans ses interactions avec un élève ou un groupe d'élèves face à un imprévu. Nous pouvons détecter ces moments de *tensions* entre l'enseignant avec un élève ou un groupe d'élèves. Ils sont caractérisés par un changement de but du professeur. Nous les identifions à partir d'une consigne, d'une interaction ou bien d'un élément de connaissance. En effet, la prise de décision est suivie des adaptations de l'enseignant à cette situation.

	Grain MACRO	Grain MESO		Grain MICRO	
	Étapes Episodes caractéristiques	Scènes Éléments de savoir		Événements remarquables	
Temps	Étapes	Scènes	Description		Événements remarquables
			Rôle de l'enseignant	Tâche de l'élève	

Figure 5.2 : Les trois grains d'analyse constituant le synopsis de séance de TP

## 5.6.1.1 Exemples : début de la séance du TP d'Ahmed

Nous prenons l'exemple de la séance de TP réalisée par l'enseignant Ahmed au sein de sa classe de terminale. Plus précisément, nous allons présenter la première partie du scénario (introduction) où l'enseignant introduit la séance sous forme d'un rappel. Nous notons que la durée prévue pour cette partie est de 5 minutes alors que la durée réelle de la pratique de Ahmed est de 2 minutes. Concernant cette partie, l'enseignant Ahmed commence sa séance par la distribution à ses élèves des fiches de l'autorisation d'enregistrement puis des fiches de TP. 31 secondes plus tard, il commence le rappel du cours précédent en passant d'abord d'une question générale sur la définition d'un oscillateur électrique forcé. Ensuite, il passe à une série de questions spécifiques sur des notions liées au concept d'oscillateur électrique forcé.

Nous présentons un extrait du synopsis de la première phase concernant l'introduction de la séance sous forme d'un rappel (tableau 5.2) Nous avons détecté (en gras dans le tableau) 6 événements remarquables associés avec des commentaires. Cet extrait donne à voir les trois grains de perception de la première partie de la séance de TP :

- Le grain « macro » comporte une partie (ou phase)
- Le grain « méso » avec 2 scènes qui découpent la première partie selon la programmation de l'enseignant. Elles donnent une vision plus fine de la séance et des choix opérés par l'enseignant en relation avec les connaissances qu'il souhaite construire.
- Le grain « micro » montre 6 événements remarquables dont 2 que nous qualifions de tensions entre le professeur et les élèves qui ont nécessité une régulation de l'enseignant.

Nous présentons à titre d'exemple un extrait du synopsis de l'étape 1 concernant l'introduction de la séance réalisée par Ahmed :

## Partie 3 : Méthodologie

## Chapitre 5 : Fondements méthodologiques - Outils de recueils et d'analyse de données

	Grain MACRO	Grain MESO		Grain MICRO	
	Phases Episodes caractéristiques	Scènes Eléments de savoir		Evénements remarquables	
Temps	Parties	Scènes	Description		Evénements remarquables
			Rôle de l'enseignant	Tâche des élèves	
0          (0 :00 :31.4)         (0 :00 :33 :00)	Partie 1 : Introduction de la séance	S1 : Entrée en classe	P : distribue à ses élèves les fiches pour l'autorisation d'enregistrement vidéo P : ramasse les fiches d'autorisation et remercie les élèves. P : distribue les fiches de TP	Les E. s'installent à leurs places spontanément en deux groupes. Les E. sortent leurs affaires	
		S2 Rappel du cours	P : rappel sur l'oscillateur Électrique forcé, circuit RLC série, Excitateur, résonateur et la fréquence propre  P : <<Qu'appelle-t-on un oscillateur électrique forcé ?>>  P << Quel est le rôle de la fréquence propre >>	Les E. répondent collectivement aux questions posées par le Prof dans le cadre de rappel  E1 : <<excité par le G.B.F.>>  Un silence	Le P. n'interroge pas individuellement ses élèves Les réponses sont collectives avec la participation de prof  E ne reçoit pas la définition Complete de l'oscillateur électrique forcé chez ses élèves. Il passe de concept générale (l'oscillation forcée) aux concepts particuliers (excitateur résonateur...)  P : a mal choisie la question dont sa réponse

(0 :01 :21 :00)			P: <<elle n'a pas de rôle>>	apparaît chez les élèves car ils n'ont pas compris la signification de cette question	est ignorée par ses élèves
(0 :02 :00 :00)			P interroge sur la formule de la fréquence propre NO		<p>L'élève est perturbé par cette question sur le rôle de NO qui pourrait être exploité dans la construction du savoir si le p n'a pas répondu à sa question en dit disant que la fréquence propre n'a pas de rôle</p> <p>Les élèves trouvent des difficultés en citant la formule de la fréquence propre NO</p> <p>P : donne finalement la définition de l'oscillateur électrique forcée.</p>

Tableau 5.2 : extrait du synopsis de l'étape 1 : introduction de la séance réalisée par Ahmed

Nous utilisons l'analyse des grains « macro » et « méso » dans le but d'avoir une idée sur la fondation de la séance par l'enseignant Ahmed. En plus, nous pouvons cibler ses articulations lors de la mise en œuvre de la DI en classe pour atteindre les objectifs fixés préalablement. Ainsi, nous pouvons construire une vision précise sur la progression de la mise en action de son activité.

La finalité de l'analyse de ces événements et la visualisation de la progression de la mise en œuvre de l'activité de l'enseignant Ahmed s'appuie sur les entretiens en auto-confrontation simples et croisés.

L'analyse des connaissances mises en jeu par l'enseignant, lors de ses activités et au moment de la prise de décision, se font sur ses événements remarquables. Par exemple, l'enseignant Ahmed a abordé son TP en posant à ses élèves la question « qu'appelle-t-on un oscillateur électrique forcé ? ». Il a demandé une définition du concept « l'oscillateur électrique forcé », qui représente pour l'élève de terminale scientifique un chapitre entier déjà vu dans le cours précédent. Ce concept est lié à un certain nombre de notions tels que le déphasage, les trois

caractères du circuit RLC (inductif, capacitif et résistif), tension excitatrice, excitateur résonateur  $I_{max}$ , le phénomène de résonance électrique, etc.

Prenons un autre exemple où Ahmed interroge ses élèves sur le rôle de la fréquence propre  $N_0$  « Quel est le rôle de la fréquence propre ? ». Devant l'ignorance de ses élèves et le silence qui apparaît entre eux, l'enseignant intervient en répondant tout seul « elle n'a pas de rôle ». Cette dernière intervention de l'enseignant montre que sa question posée est non productrice, bien qu'elle aurait pu en être autrement. Cet événement est discuté au cours de l'entretien simple et croisé pour découvrir la raison de poser cette question.

Nous pouvons regarder un troisième exemple. Concernant la formule de la fréquence propre  $N_0$ , les élèves éprouvent des difficultés à exprimer correctement son expression. Nous remarquons qu'au cours de cet événement, l'enseignant crée un effet Topaze pour garantir la continuité de déroulement de son activité.

Nous remarquons que le temps prescrit pour cette phase de rappel (dans le scénario pédagogique) est  $t_p = 5\text{min}$  alors que le temps réel mis en classe est  $t_R = 2\text{min}$ . Cet écart est assez considérable. Cela nous permet de déduire que l'enseignant Ahmed était rapide dans cette phase et cet écart nous permet d'étudier les prises de décision de l'enseignant et ses connaissances mobilisées.

De plus, si nous revenons au scénario pédagogique à suivre au cours de ce TP, nous notons qu'il existe quelques concepts prescrits pour le rappel qui ne se sont pas évoqués par l'enseignant tels que la résonance d'intensité, l'intensité maximale et l'intensité efficace. Comme la DI est une nouvelle démarche à appliquer pour la première fois en classe, Ahmed paraît stressé et incapable de maîtriser le temps didactique.

Nous cherchons à travers ces quelques exemples à montrer l'intérêt de ce premier travail d'analyse. Celui-ci nous permet en effet de donner des éléments sur la préparation de la séance par les enseignants, figurée sous la forme du scénario pédagogique, des éléments sur les écarts entre le prévu et le réalisé et par la même de mettre en évidence les occasions des prises de décisions des professeurs.

#### 5.6.1.2 *Les tensions élève/enseignant*

Nous pouvons sélectionner parmi les événements remarquables définis précédemment (tableau 1, p.) ceux qui font l'objet d'analyses et de discussions dans les entretiens. Il s'agit des événements caractérisés par la persistance d'une tension entre le professeur et un élève ou un groupe d'élèves. La réponse indiquée par l'enseignant est inscrite dans une cellule grisée placée dans la colonne ci-dessous.

## Partie 3 : Méthodologie

### Chapitre 5 : Fondements méthodologiques - Outils de recueils et d'analyse de données

Nous notons la réponse de l'enseignant dans une cellule grisée, entre la colonne « Description » et la colonne « Evènements remarquables ». Cet emplacement a pour but de marquer un arrêt dans le déroulement de la séance, tout en restant dans le cadre du grain d'analyse « micro ».

Nous prenons l'exemple d'un évènement remarquable identifié dans la première partie et au cours duquel une tension apparaît entre Ahmed et ses élèves.

Nous l'encerclons en gras selon le tableau 5.3 ci-dessous :

	Grain MACRO	Grain MESO		Grain MICRO	
	Phases Episodes caractéristiques	Scènes Eléments de savoir		Evènements remarquables	
Temps	Parties	Scènes	Description		Evènements remarquables
			Rôle de l'enseignant	Tâche des élèves	
0min31sec	Partiel : Introduction de la séance	S2 : rappel du cours	PE interroge ses élèves sur définition d'un oscillateur électrique forcé.		Les élèves ignorent la définition complète du concept oscillateur électrique forcé
0min33sec			PE : « pouvez-vous me rappeler qu'appelle-t-on un oscillateur forcé électrique ? » les élèves en voyant leurs fiches de TP entre dans un silence remarquable sans aucune réponse. P reprend la question : « avant de lire //avant de lire juste de me dire qu'appelle-t-on un oscillateur électrique forcé ? » après un silence attentive PE reçoit une réponse d'un élève de groupe1 situé à sa gauche <b>E1</b> « excité par c'est quoi ? qui est excité par le GBF ? ». PE : « excité par // ». <b>E2</b> « le circuit RLC série » P E : « très bien le circuit RLC série qu'on l'appelle// » E2 : « résonateur ». P continue à poser des questions pour dévoiler les notions liées au concept mis en jeux et garantir le de roulement de son activité de rappel. P : « et le GBF » La majorité des élèves « excitateur » E2 : « la tension excitatrice » P E : la tension excitatrice donc la fréquence d'oscillation est celle de qui ? » PE a répété la réponse de E2 sans insister sur son importance et contenue son activité E1 : « de GBF ».		

1min21sec			PE interroge ses élèves sur le rôle de la fréquence propre $N_0$ de l'oscillateur	PE a posé une question abstraite et étonnante pour les élèves. Alors ils ignorent la réponse à cette question. Après un silence aigu PE intervient en donnant sa propre réponse que la fréquence propre n'a pas de rôle.
			<p><b>PE « et pour la fréquence propre quel est son rôle ? (Les élèves ne répondent pas) //elle n'a pas de rôle ». Il pose rapidement une autre question sur la formule de <math>N_0</math></b></p> <p><b>PE : « pouvez- vous me rappeler de la fréquence propre ? »</b></p>	

Tableau 5.3 : Extrait du synopsis de la phase 1 montrant les tensions entre Ahmed et ses élèves

Nous avançons que cet événement remarquable qui traduit la tension entre l'enseignant et ses élèves a lieu au moment où Ahmed a posé la question sur le rôle de la fréquence propre  $N_0$ . Les élèves ont été incapables de répondre à cette question, d'où le silence apparent en classe. Devant cette situation de blocage, l'enseignant a pris la décision d'intervenir et de répondre tout seul à cette question en disant « elle n'a pas de rôle ». Puis, il a repris son activité en interrogeant ses élèves sur la formule de la fréquence propre en disant : « pouvez- vous me rappeler la fréquence propre ? ». En réalité, la question sur le rôle de la fréquence propre  $N_0$  pourrait être productrice si l'enseignant ne répondait pas tout seul et trop rapidement pour dépasser la situation de blocage rencontrée. Nous pensons que cette situation est caractérisée par la rupture du contrat didactique. C'est alors que l'enseignant Ahmed met en œuvre ses connaissances professionnelles tout en prenant la décision de reformuler la question et de franchir la difficulté rencontrée. La question posée aux élèves concernant le rôle de la fréquence propre  $N_0$  pourrait être une question productrice pour les élèves si l'enseignant alloue le temps suffisant pour y répondre durant la séance de TP.

Nous pouvons construire une idée sur les prises de décision de la part des deux enseignants qui sont dans des cas imprévus. Ces types de décisions font l'objet des incidents critiques et c'est l'enseignant qui peut en analyser les origines et les conséquences.

### 5.7 *Deuxième niveau d'analyse*

Ce second niveau d'analyse est fondé sur des situations évoquées et discutées au cours des entretiens simples et croisés. Il nécessite l'utilisation :

- Des extraits des enregistrements vidéo de la séance relatifs à ces situations ;
- Des extraits des enregistrements vidéo des entretiens en auto-analyse simple et croisée relatifs à ces situations ;
- Des transcripts des vidéos de classe et des différents entretiens menés avec les enseignants.

Nous essayons de confronter toutes les données recueillies en comparant ses différentes sources relatives à une situation. Donc nous pouvons dire que les risques d'erreur sont réduits.

Dans le paragraphe suivant nous décrivons la manière dont nous exploitons la transcription d'une vidéo. Ensuite, nous traitons deux exemples d'analyse.

#### 5.7.1 Transcription des vidéos

La transcription s'appuie sur les situations discutées lors des entretiens. Elle renferme les productions verbales des enseignants qui ont été recueillies en incluant des situations. Nous construisons alors ce que nous appelons des transcripts. Ces derniers doivent être liés à la problématique de notre recherche. Ceci exige de transcrire tous les éléments permettant de mieux comprendre la situation, accompagnée parfois par des commentaires. Nous présentons la transcription sous forme d'un tableau (voir tableau 5.4 ci-dessous). Il est construit par deux colonnes dont l'un est réservé pour les locuteurs et l'autre pour les productions verbales. Les locuteurs se commutent tour à tour) et sont identifiés par la première lettre de leur prénom. Nous notons le chercheur par la lettre C, Ahmed par la lettre A, Férid par un F alors que les élèves locuteurs sont distingués dans la transcription par la notation E1, E2, etc. Dans le cas où nous avons un groupe d'élèves qui prennent la parole alors nous transcrivons fidèlement les productions verbales, sans majuscule ni ponctuation. Nous considérons que les pauses supérieures à une seconde sont représentées par le symbole « / ». Parfois la parole est inaudible, alors dans nous la notons par « (... ?) ». Chaque fin de parole exige de retourner à la ligne. Ces règles de transcriptions sont dérivées des conventions ICOR<sup>1</sup>.

---

1

[http://icar.univlyon2.fr/ecole\\_thematique/tranal\\_i/documents/Mosaic/ICAR\\_Conventions\\_ICOR.pdf](http://icar.univlyon2.fr/ecole_thematique/tranal_i/documents/Mosaic/ICAR_Conventions_ICOR.pdf)

## 5.7.2 Exemples d'analyse de niveau deux

5.7.2.1 *Evènement remarquable : rôle de la fréquence propre*

Nous prenons comme exemple l'analyse en deuxième niveau de l'évènement remarquable évoqué par Ahmed et qui concerne le rôle de la fréquence propre  $N_0$ .

La prise de décision de reformuler la question autrement est faite lorsque Ahmed se trouve devant une situation de blocage. Cette dernière est identifiée par l'ignorance de ses élèves de la réponse, accompagnée par un silence. Pour assurer la continuité du déroulement de son activité, l'enseignant a pris la décision de répondre « elle n'a pas de rôle ». Cet événement fait l'objet d'une discussion avec Ahmed lors de l'entretien en auto-confrontation simple (tableau 5.4).

Locuteurs	Productions verbales
C (chercheur)	Vous avez posé la question suivante « quel est le rôle de la fréquence propre ? » alors quel est le but de cette question et qu'est-ce que vous attendez comme réponse de vos élèves surtout qu'ils ont seulement vu la partie théorique sur la fréquence propre et sur le phénomène de résonance d'intensité ?
A(Ahmed)	S'il vous plaît pouvez-vous me rappeler la séquence ?
C	En montrant la séquence vidéo, à 1 min et 3 secondes vous avez posé la question « quel est le rôle de la fréquence propre » et directement vous avez répondu « elle n'a pas de rôle » sans laisser l'occasion à l'élève de saisir la question
A	Non j'ai repris la réponse d'un élève et pas à moi
C	Alors quel est le but de cette question est ce que vous attendez quelque chose liée à la vie courante concernant le rôle de la fréquence propre ?
A	Non pratiquement je vais attirer l'attention des élèves sur la fréquence propre puisqu'on a déjà localisé le résonateur et l'excitateur et ils ont appris que l'excitateur impose sa fréquence sur le résonateur alors j'ai posé la question sur le rôle de la fréquence propre//j'aurais dû poser la question /quel est le résultat obtenu à partir de la fréquence propre// surtout qu'ils connaissent la résonance d'intensité qu'on est déjà parlé au terme de cours précédent

Tableau 5.4 : Extrait du transcrit de l'entretien en auto-confrontation simple avec Ahmed

Au cours de l'entretien d'auto-confrontation simple, l'enseignant montre que la réponse qu'il a faite n'est autre que la réponse de l'un de ses élèves. Bien qu'elle soit fautive et non convaincante, Ahmed l'a répété sans le corriger. Ensuite, il a pris la décision d'aller de l'avant pour assurer le déroulement de la démarche de DI, en reformulant la question. D'après l'enseignant, le but de cette question est d'attirer l'attention sur l'importance de la fréquence

propre en justifiant que les élèves ont appris les deux concepts résonateur et excitateur. Mais il pense qu'il aurait dû reformuler la question autrement en interrogeant ses élèves sur le résultat de la fréquence propre  $N_0$ . Donc, ici la prise de décision de poser la question sur le rôle de  $N_0$  est spontanée alors que l'ignorance de ses élèves pour cette question est imprévue. Face à cette situation de blocage, Ahmed a mis en œuvre ses connaissances professionnelles pour dépasser la rupture du contrat didactique et a changé la question.

5.7.2.2 *Incident critique : ambiguïté dans la définition de l'oscillateur électrique forcé*

Prenons un autre exemple : celui d'un incident critique que nous avons nommé « Ambiguïté dans la définition de l'oscillateur électrique forcé ». A partir de notre méthodologie, nous montrons comment l'enseignant a réagi en mobilisant certaines connaissances pour réguler une situation.

Nous sommes toujours dans la première partie concernant l'introduction de la séance sous forme d'un rappel réalisé par Ahmed. L'enseignant débute son activité par une question posée à ses élèves sur la « Définition d'un oscillateur électrique forcé ». Le synopsis de la séance est produit par le chercheur à l'issue d'une première analyse de la vidéo de classe dont un extrait est donné ci-dessous. Nous avons montré, dans le synopsis, la subdivision, faite par Ahmed, de la question principale sur la définition d'un oscillateur électrique, en sous-questions dérivées. « *Pouvez –vous me rappeler qu'appelle-t-on un oscillateur forcé électrique // avant de lire//avant de lire juste de me rappeler qu'appelle-t-on un oscillateur électrique forcé* ».

Pour nous, c'est un événement remarquable car le silence qui persiste entre les élèves paraît surprendre l'enseignant. Nous l'entourons par un cercle dans le tableau 5.5 ci-dessous

	Grain MARO	Grain MESO		Grain MICRO
	Phases Episodes caractéristiques	Scènes Eléments de savoir		Evénements remarquables
Temps	Parties	Scènes	Description	Evénements remarquables
0min31sec	Partie 1 : Introduction de la séance	S2 : rappel du cours	PE interroge ses élèves sur définition d'un oscillateur électrique forcé.	Les élèves ignorent la définition complète du concept oscillateur électrique forcé
0min33sec			PE : « pouvez –vous me rappeler qu'appelle-t-on un oscillateur forcé électrique ? » les élèves en voyant leurs fiches de TP entre dans un silence remarquable. P reprend la question : « avant de lire//avant de lire juste de me dire qu'appelle-t-on un oscillateur électrique forcé ? » après un silence attentive PE reçoit une réponse d'un élève de groupe1 situé à sa gauche E1 « excité par c'est quoi ? qui est excité par le GBF ? ». PE : « excité par // ». E2 « le circuit RLC série » P E : « très bien le circuit RLC série qu'on l'appelle// » E2 : « résonateur ». P continue à poser des questions pour dévoiler les notions liées au concept mis en jeux et garantir le de roulement de son activité de rappel.	
1min21sec			P : « et le GBF » La majorité des élèves « excitateur » E2 : « la tension excitatrice » P E : la tension excitatrice donc la fréquence d'oscillation est celle de qui ? » PE a répété la réponse de E2 sans insister sur son importance et il a continué son activité E1 : « de GBF ».	

Tableau 5.5 : Extrait du synopsis de la partie 1 ambiguïté dans la définition de l'oscillateur forcé

Nous abordons l'analyse de la tension enseignant /élève par le premier événement. Ahmed interroge ses élèves sur la définition du concept « oscillateur électrique forcé ». En réalité, ils sont censés avoir étudié ce concept pendant tout un chapitre (d'après le programme officiel tunisien). Ce chapitre est lié à un certain nombre de notions qu'on doit se rappeler tout d'abord afin qu'on puisse les regrouper et donner enfin la définition complète. Nous avançons que les notions à évoquer dans la phase de rappel sont prescrites dans le scénario pédagogique. Dans l'ignorance de la réponse à la question posée, les élèves se sont trouvés dans un silence aigu. L'enseignant s'est trouvé alors dans une situation de prise de décision et c'est pourquoi il a changé la question par une série de questions portant sur des notions liées au concept de l'oscillateur forcé. Se trouvant en situation de blocage devant l'ignorance de la réponse chez ses élèves, Ahmed a pris la décision de passer de la tâche de rappel de la définition vers des sous-tâches de rappel des concepts liés à la notion de l'oscillateur électrique forcé. L'ignorance de la définition de

l'oscillateur forcé a été imprévue pour l'enseignant puisque ses élèves ont déjà appris ce concept lors du cours précédent. Lors de l'entretien en auto-analyse simple (Tableau 5.6, p.140), nous discutons tout autour de cet événement remarquable. Dans son analyse, nous retrouvons la situation que nous avons identifiée comme un événement remarquable.

Locuteurs	Productions verbales
C (chercheur)	Pensez – vous que la réponse collective des élèves garantisse l'acquisition des concepts de cours précédent précédents ?
A(Ahmed)	A mon avis je ne peux pas faire autrement /la majorité des élèves répondent correctement // et je ne peux pas me focaliser sur ceux qui n'ont pas saisi les notions de cours précédents// il s'agit d'un rappel sur des notions déjà vues//donc c'est normal de répondre ensemble//ce n'est pas une question de réflexion et de prendre de temps mais c'est un rappel de cours
C	Nous remarquons lorsque vous posez la question vous ne donnez pas le temps à l'élève de réfléchir et de répondre mais vous donnez directement la réponse//pourquoi agissez-vous de cette manière ?
A	C'est à cause de contrainte de temps et parce que les phases du scénario sont assez long //et je crains de ne pas arriver à atteindre les objectifs de la séance // et je pense que les élèves vont prendre beaucoup de temps dans la partie de formulation des hypothèses// je ne sais pas si le temps didactique est adéquate avec le temps d'enseignement de cette séance de TP// c'est la première occasion de pratiquer la DI donc je ne sais pas le temps qu'on doit allouer pour chaque phase

Tableau 5.6 : Extrait du transcrit de l'entretien en auto-confrontation simple avec Ahmed

A partir de cet incident critique, il s'agit pour nous de faire le recours aux données des autres sources pour en faire l'analyse du point de vue des connaissances de l'enseignant. Nous traitons le transcript de l'étape 1 dont un extrait est présenté ci-dessous.

Locuteurs	Productions verbales
A(Ahmed)	Pouvez –vous me rappeler qu'appelle-t-on un oscillateur forcé électrique//avant de lire//avant de lire juste de me rappeler qu'appelle-t-on un oscillateur électrique forcé
L'élève (groupe 1)	E1 Excité par le GBF
A	Excité par//c'est quoi excité par le GBF
L'élève (groupe 2)	E2 Le circuit RLC série
A	Très bien le circuit RLC série// qu'on l'appelle//
E2	Résonateur
A	et le GBF
E1 et E2	Excitateur
E2	et la tension excitatrice
A	La tension est excitatrice//donc la fréquence d'oscillation est celle de qui
E2	de GBF
A	Donc le GBF celui qui impose sa fréquence d'excitation // et pour la fréquence propre //quel est son rôle //elle n'a pas de rôle//pouvez-vous

	me rappeler la fréquence propre
E2	N0 égale//
A	N0 égale
E2	N0 égale 2 pi racine de C
E1	N0 égale 1 sur T0
A	1 sur T0 //c'est-à-dire
E1	Racine de LC
A	Très bien c'est à dire racine de LC// très bien c'est-à-dire c'est 1 sur 2 pi racine de LC// est égale à N0//donc en réalité le circuit RLC série a une fréquence propre et oscille avec une fréquence dont qu'elle est imposée par le GBF

Tableau 5.7 : Extrait de transcript du début de l'étape 1 « Ahmed articule entre les sous tâches de rappel »

Nous présentons dans le tableau 5.8 l'articulation de l'enseignant, au cours de l'activité de rappel, entre la tâche de la définition de l'oscillateur électrique forcé et les sous tâches concernant les concepts qui dérivent de cette notion. Ce transcript montre précisément les propos de l'enseignant et des élèves. Nous suivons l'interaction dans la classe et nous inférons l'adaptation de l'enseignant à la situation.

Nous remarquons aussi la surprise d'Ahmed devant l'ignorance de la définition de l'oscillateur forcé de la part de ses élèves surtout qu'il considère que ce concept fait partie de leurs prérequis. De plus, nous observons un changement de but dans l'activité de l'enseignant. Ahmed

Locuteurs	Productions verbales
F. (Férid)	A priori vous avez pris deux groupes d'élèves//(en observant le vidéo) /ça c'est un rappel//ici vous essayer d'expliquer la phénomène d'émission oui //(il revient pour visualiser le vidéo)/par exemple les élèves ne savent que nous allons utiliser le GBF pour créer la tension excitatrice /pour créer la tension excitatrice par l'oscillateur on le manipule en place et ne savent pas que la tension excitatrice est en circonstance //c'est quoi par exemple les élèves manipulent le circuit RLC série en utilisant le GBF et pour le poste radio quelle est par exemple la tension excitatrice/
A. (Ahmed)	Je voulais parler avant tout de la tension excitatrice / je peux parler des ondes stimulantes qui excitent l'antenne// cette partie les élèves ne la connaissent pas donc j'ai essayé d'expliquer cette partie convenablement pour qu'ils connaissent c'est-à-dire //je vois que l'intérêt de la situation problème c'est que de (.. ?) et la suite on va passer au résonateur donc avant l'antenne les élèves ne peuvent pas l'expliquer/
F	Donc essayez de donner à vos élèves quelques informations sur ce qui concerne le concept de l'émission/
A	Oui dans ce cas je vois qu'il est intéressant d'ajouter quelques informations et à un moment donné on passe de l'idée que j'ai préparée/mais momentanément j'ai voulu expliquer à mes la notion de l'excitation (en montrant la séquence) /

Tableau 5.8 : Extrait du transcript de l'auto-analyse croisée à propos de la situation du rappel proposée par Ahmed

répond à l'ambiguïté de la définition puis il revient au but initial qui est de repérer les acquis des élèves et leurs conceptions initiales sur l'oscillateur électrique forcé.

L'entretien en auto-analyse croisée montre les deux enseignants débattre à propos de la manière d'introduire le concept oscillateur électrique forcé ainsi que les concepts liés à cette notion évoquée lors du rappel. Au cours de ce débat réalisé en deux étapes, les enseignants quittent la vidéo et la description de l'action de Ahmed pour entrer entièrement dans une analyse professionnelle en mobilisant leurs connaissances (tableau5.8).

### 5.8 *Conclusion*

Nous avons essayé de présenter dans ce chapitre la méthodologie que nous a permis de suivre les deux enseignants Ahmed et Férid en classe et par là-même de comparer ce qu'ils ont préparé préalablement dans le scénario pédagogique.

Nous avons présenté aussi les outils de recueil de données sur lesquels cette méthodologie s'appuie. L'un des principes que nous avons retenus est de suivre les pratiques des deux enseignants. Le corpus que nous avons recueilli comporte des enregistrements audio et vidéo de séquences de classe et des entretiens avec chacun des enseignants, ainsi que des données issues de la fiche de présentation d'un journal de bord (Power, 2008 ; Gueudet & Trouche, 2009). Ce journal de bord informe sur les deux enseignants sur toute la durée de l'étude.

Nous avons appliqué cette méthodologie avec deux groupes d'élèves issus de deux classes de terminales scientifiques d'un même lycée. Nous avons réalisé un suivi lors de la préparation du scénario pédagogique, ainsi que pendant sa mise en œuvre au sein de la classe avec chaque enseignant. L'analyse des données, recueillies à la suite de cette méthodologie, se fait suivant deux niveaux :

Le premier niveau est fondé sur le recueil de données provenant de la fiche de présentation de l'enseignant, du journal de bord et des synopsis (Sensevy, 2007) élaborés à partir de la vidéo de la séance. Nous avons filmé la séance de TP réalisée par chaque enseignant dans des conditions de classe ordinaire dans une salle spécifique pour les travaux pratiques. Ces deux séances sont prises comme un support dans l'entretien avec le chercheur (auto-analyse simple) pour arriver à sélectionner les situations à montrer au collègue lors de l'auto-analyse croisée. Dans notre analyse, nous ciblons les situations imprévues apparues lors de la séance. Au

cours de l'entretien en auto-analyse simple, des choix d'incidents critiques (Flanagan, 1954) sont faits. Ce nouveau corpus est alors présenté lors de l'entretien en auto-analyse croisée.

Le deuxième niveau d'analyse est fondé sur les transcriptions des situations discutées en entretiens. Il s'agit des transcripts de séances de classe et des entretiens en auto-analyse simple et croisée associés aux situations discutées. Les données recueillies à partir des différentes sources sont confrontées dans le but de minimiser les risques d'erreurs dans l'analyse de la pratique de l'enseignant.

## PARTIE 4 : RESULTATS

**Chapitre 6 :**

**Organisation de l'activité de la situation  
problème par l'enseignant**

## 6.1 Introduction

Nous essayons dans ce chapitre, correspondant à la mise en œuvre de la situation problème, d'analyser les pratiques enseignantes. Ceci dans le but de mettre en évidence la régulation entraînée par chaque enseignant afin de dépasser une certaine difficulté rencontrée par les élèves et de garantir la continuité du déroulement de l'activité. L'identification de ces difficultés est réalisée de manière à s'appuyer sur les événements remarquables extraits à partir des synopsis de la séance de TP (annexe). Nous choisissons les événements remarquables suivant leurs aspects typologies : Pédagogique, Didactique et chronophage. Nous estimons que se limiter à ces choix nous permettons d'une part d'avoir une vision plus claire sur l'organisation de l'activité de l'enseignant et d'une autre part d'identifier l'aspect chronophage de la DI. Nous signalons que nous traitons l'identification et la classification des connaissances mobilisées dans le chapitre 9.

## 6.2 Situation-problème : Cas de Férid

Pour avoir une vision claire sur la pratique de l'activité de la présentation de la situation problème, réalisé par l'enseignant Férid au sein de la classe, nous étudions trois événements remarquables (présentés en gras dans le tableau 1 de l'annexe).

### 6.2.1 Événement remarquable ER1 F : L'incompréhension de la situation problème

Il s'agit d'un événement où « La majorité des élèves n'ont pas compris la situation problème proposée par leur enseignant et son lien avec le phénomène de la résonance d'intensité », et nommé par l'incompréhension de la situation problème.

#### 6.2.1.1 Description du contexte

Au début de la séance de TP, l'enseignant a fait la partie I qui concerne le rappel. Au cours de cette partie Férid a évoqué des concepts liés à l'oscillateur électrique forcé sous le contexte des prérequis. Ensuite il a commencé sa partie 2 qui concerne la présentation de la situation problème par la distribution des fiches de TP à ses élèves. Nous rappelons que ces fiches sont préparées préalablement en hors de la classe et conjointement avec son collègue Ahmed et le chercheur (voir chapitre de la méthodologie, paragraphe 5.2.2, p.116). Le texte de la situation problème proposé par l'enseignant lors de la séance de TP sur l'étude de la résonance d'intensité est le suivant « *Un poste radio ordinaire est formé par un circuit RLC série d'inductance  $L$  et de condensateur  $C$  variable. L'onde radio reçue par l'antenne de poste radio est émise par la station choisie, crée aux bornes du dipôle RLC une tension excitatrice :  $u(t) = U_m \sin(2\pi N t)$  avec  $N$  la fréquence de l'onde. Le poste radio joue le rôle un récepteur de fréquence*

*propre No et la station joue le rôle d'excitateur de fréquence N. Que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ? ».*

Les élèves se concentrent sur leurs fiches pour lire le texte de la situation problème proposée par son enseignant. Au terme de cette lecture ils se regardent entre eux car ils veulent savoir de quoi il s'agit. Férid a compris que ses élèves sont en difficulté alors il les a demandés à lire attentivement et en silence le texte de cette situation en disant « on va découvrir ce phénomène avec cette situation//d'après la situation problème ». Une atmosphère de tâtonnement accompagné d'un silence absolu apparaît de nouveau entre eux pendant la lecture et même quelques instants après. Aucune réaction verbale n'apparaît chez les élèves. Leurs réactions se limitent au niveau gestuel en regardant leur enseignant et en revenant à la lecture. Ils sont donc dans une situation de blocage. Alors Férid intervient et il demande si « ça ira », mais aucun élève n'a répondu et le silence continue à régner au sein de la classe. A ce moment Férid a pris la décision de prendre la charge d'expliquer de situation proposée. En tenant sa fiche entre les mains, il a commencé à lire le texte de la situation problème à haute voix devant ses élèves. Sa lecture était discontinue car il a fait des ruptures à chaque phrase pour expliquer ce qu'il est en train de lire .Au fur et à mesure d'expliquer, Férid agit sur le bouton de poste radio déposé sur la paillasse .Nous pouvons décrire son comportement de la manière suivante : Il dit « Je veux expliquer par exemple autres choses qui vous n'avez pas compris en ce qui concerne le phénomène euh// d'émission et de réception radio // alors// » .Ensuite il relire le texte de la situation problème et les élèves le suivent en regardant leurs fiches .Puis il reprend la parole « un poste radio ordinaire// c'est comme celui-là par exemple // ». Il se dirige vers sa paillasse et il fait tourner le bouton de recherche de post radio placé au-dessus en disant « l'onde radio reçue par l'antenne de poste radio euh c'est-à-dire le post radio est menu par une antenne pour// ».

Férid fait donc des allées et des retours entre les séquences de lecture, fait des explications et agit sur le bouton de poste radio.

Nous pensons que Férid a pris la décision d'intervenir et de réguler en prenant la charge de l'action d'explication de la situation problème qu'il a proposé. Il commence alors par une lecture du texte de cette situation, à partir de sa fiche et à haute voix pour que tout le monde puisse entendre clairement le contenu de ce texte et par conséquent pouvait lui aider dans sa compréhension. L'explication a été réalisée par Férid alternativement entre la lecture du texte de sa fiche et ses actions gestuelles démonstratives en tournant le bouton de recherche de poste radio, placé sur sa paillasse.

6.2.1.2 *Analyse de l'événement remarquable ERIF*

Ces allées et ces retours entre les séquences de lecture, l'explication en passant par l'action sur le bouton de poste radio, nous amène à l'idée que Férid se trouvait dans une situation de pratique qui pouvait mettre les interactions avec ses élèves en question. Nous remarquons que les élèves sont en difficulté.

Ces difficultés sont engendrées par une situation de blocage vécues par l'enseignant et ses élèves. De ce fait nous pourrions dire que l'enseignant fait des allées et des retours entre le monde réel non observable et le monde réel observable dans le but de faire le lien entre la situation problème de son TP et le phénomène de la résonance d'intensité.

En réalité dès le début de son activité de la présentation de situation problème, l'enseignant est conscient qu'il existe une certaine difficulté qui présente un obstacle pour le déroulement de son activité. Cette idée est identifiée lors de l'entretien simple lors qu'il a dit « avant// de commencer la situation problème j'étais conscient que les élèves n'ont pas d'idée claire et nette sur le phénomène de la résonance d'intensité//c'est un phénomène très compliqué / mais nous avons essayé euh/ / ».

A partir de ses propos, nous pouvons déduire l'existence de trois difficultés. La première rencontrée par l'élève est due à la complexité du phénomène de la résonance d'intensité. La deuxième difficulté rencontrée par l'élève est due à l'absence de la relation ou du lien entre la situation proposée et le phénomène de la résonance d'intensité. En effet, Férid nous dit : « lorsque j'ai proposé la situation problème j'ai senti que// les élèves n'ont pas utilisé la notion de la résonance et sa relation avec la situation//la situation problème doit être liée au phénomène résonance d'intensité ». La troisième difficulté rencontrée par Férid est due à son ignorance d'établir ce lien.

Férid a pris la décision de réguler la situation alors, il introduit le concept de la diffusion .Il justifie son choix en disant : « J'ai dit que c'est un phénomène étrange {c'est-à-dire la résonance} pour les élèves /utiliser un poste radio pour expliquer un phénomène étrange et lui-même nécessite l'utilisation de phénomène de diffusion ». Selon Férid l'utilisation de poste radio pour expliquer un phénomène « étrange » tel que le phénomène de la résonance d'intensité , ne se fait pas sans évoquer le concept de la diffusion. Pour cette raison, il a commencé sa régulation en faisant émerger les conceptions initiales (CI) des élèves sur le concept de la diffusion à l'aide d'une série de questions : « le poste radio finalement c'est quoi ? », « voilà il va capter puis il ((le poste de radio)) peut sélectionner quoi ? », « Il peut recevoir plusieurs signaux et on peut sélectionner en agissant sur le bouton bien déterminer//pourquoi ? »

Férid demande aux élèves ce qu'ils savent sur ce sujet « qu'est ce qu'on fait lorsque fait agir sur ce bouton ». Les élèves ne pensent pas à la notion de phénomène de la résonance d'intensité, qui était déjà évoqué dans le rappel (la partie 1) au début de TP, dans leurs réponses. Donc nous pouvons émettre une hypothèse, à ce moment d'analyse c'est que l'enseignant s'attendait à ce que ses élèves utilisent la notion de la résonance d'intensité électrique dans leurs réponses.

Selon Férid, le fait de tourner le bouton du poste radio permet de « *transmettre aux élèves l'idée de varier quelque chose pour atteindre un paramètre* » dans le but « *d'atteindre la fréquence propre réglée par le circuit RLC* ». Mais, d'après Férid, les élèves semblent ignorer sur quel élément électrique on agit en faisant tourner le bouton de recherche de stations.

En conséquence, le but de l'enseignant est de lier le phénomène de la résonance d'intensité (objet d'étude) et le phénomène de la diffusion en agissant sur le bouton de recherche des stations du poste radio.

#### 6.2.1.3 *Identification des schèmes*

D'après l'analyse précédente et en nous référons à la définition analytique des schèmes, nous pouvons identifier deux schèmes correspondants aux deux buts formulés par Férid. Nous les nommons schème S11F et schème S'11F afin de différencier les descriptions synthétiques des activités analysées :

- \* Schème S11F « Présenter la situation problème à ses élèves » ;
- \* Schème S'11F « aider les élèves à comprendre la situation problème ».

Chacun des buts induit une nouvelle règle d'action. Nous relevons deux propositions correspondant aux objectifs de Férid pour ce but de séance de TP : « *la situation s'intéresse au lien entre la résonance d'intensité et le phénomène de diffusion /donc c'est un problème qui va perturber //alors je ne sais pas est ce que les élèves ont suffisamment euh de savoir en ce qui concerne le phénomène de diffusion radio et quel et le lien entre les deux phénomènes* ». Et « *En tournant le bouton du poste radio je veux transmettre aux élèves l'idée de varier quelque chose pour atteindre un paramètre //L'objectif est d'atteindre la fréquence propre réglée par le circuit RLC euh//pour avoir une émission marquée c'est tout simplement/ mais je reviens et je dis toujours euh //c'est le phénomène de diffusion* » ;

- Règle d'action du schème S11F : « demander aux élèves si c'est compris » ;
- Règle d'action du schème S'11F : « lire à haute voix, expliquer tout en introduisant le concept de la diffusion et en agissant sur le bouton de recherche de poste radio ».

Nous évoquons alors deux hypothèses lors de l'analyse du transcrit (transcrit de la séance de TP, p. ?).

La première hypothèse : Férid attendait que ses élèves comprennent la situation problème proposée.

La deuxième hypothèse : il attendait que ses élèves évoquent le concept du phénomène de la résonance d'intensité électrique à partir du phénomène de la diffusion et l'action sur le bouton de recherche de post radio. Ces hypothèses pourraient être validées à partir de l'analyse vidéo de la classe et celle des entretiens, car elles concernent directement les connaissances que Férid a des conceptions initiales des élèves sur le concept de la diffusion et sur le lien de ce dernier avec le phénomène de la résonance d'intensité (objet d'étude). Nous pensons qu'il a fait le choix d'introduire, au début de son activité de présentation, un concept tel que la diffusion, non prescrit dans le scénario pédagogique de la séance de TP. C'est un choix spontané réalisé par Férid dans le but de faciliter la compréhension de la situation proposée, surtout qu'il a considéré la résonance comme un phénomène étrange pour les élèves. Nous pensons que la tâche d'introduction du concept de diffusion a été réalisée dans le cadre de la régulation. Ce choix spontané est justifié par l'auto-confrontation de tableau(T1A)) suivant :

Locuteurs	Productions verbales
<b>F</b>	Lorsque j'ai proposé la situation problème j'ai senti que//les élèves n'ont pas utilisé la notion de la résonance et sa relation avec la situation/ la situation problème doit être liée au phénomène de la résonance/ et comment se fait la liaison
<b>A</b>	Pour quoi vous n'avez pas laissé les élèves sans cette définition {c'est-à-dire le phénomène de la diffusion} puisque cette partie n'existe pas dans le scénario
<b>F</b>	J'ai dit que c'est un phénomène étrange pour les élèves / on dispose le poste radio //mais il faut même expliquer le phénomène de diffusion
<b>A</b>	C'est-à-dire vous allez ajouter une partie telle que vous êtes conscients que la situation va échapper aux élèves / je pense que vous facilite la tâche des élèves mais vous avez ajouté une partie qui n'est pas nécessaire d'après moi// et je vous rappelle ce que j'ai fait dans la séance / j'ai proposé la situation sans parler de phénomène de diffusion et moi bien sûr j'ai essayé de faire bien comprendre le phénomène / peut être plus facilité
<b>F</b>	On présente le poste radio devant les élèves //et on agit sur le bouton de recherche de poste radio // mais quelle relation existe-t-elle entre ce que nous avons fait et le phénomène de la résonance.

Tableau T1A : Extrait de transcrit en auto-confrontation croisé : cas de Férid

#### 6.2.1.4 Représentation des deux schèmes S11F et S'11F

Nous remarquons qu'entre l'activité de proposition de la situation et celle de l'explication de contenu de cette situation, l'enseignant change de but. Donc nous pouvons identifier deux schèmes :

Chapitre 6 : Organisation de l'activité de la situation problème par l'enseignant

- Le schème S11F a pour but « Proposer la situation problème aux élèves » et de la règle d'action
- Règle d'action Ra1F : « demander aux élèves si c'est compris ».

Afin de construire la schème S11F nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau (N° T2A) suivant :

<b>Schème S11 F : Proposition de la situation problème</b>	
<b>But</b>	Poser le problème aux élèves
<b>Inférences</b>	Si je lis le texte alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de lire attentivement et en silence le texte.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ne comprennent pas la situation problème proposée car le phénomène de la résonance d'intensité est compliqué. Je sais que la situation problème doit être choisie de la vie quotidienne. J'ignore comment faire pour établir le lien entre la situation problème proposé et le phénomène de la résonance.

Tableau T2A : Schème S11F : Proposition de la situation problème cas de Férid

- Le schème S'11F

Nous rappelons que le but de schème S'11F est d' « aider les élèves à comprendre la situation problème proposée » et que la règle d'action correspondant est Ra « lire à haute voix, expliquer tout en introduisant le concept de la diffusion et en agissant sur le bouton de recherche de poste radio ». Pour construire ce schème S'11F, nous regroupons ces quatre éléments dans le tableau T3A suivant :

<b>Schème S'11F : Aide apportée à la compréhension du problème posé</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à comprendre le problème posé
<b>Inférences</b>	Si je lis le texte à haute voix alors je peux aider l'élève à comprendre le contenu du problème posé. Si l'élève connaît le rôle de l'antenne du poste radio, alors il peut évoquer le concept de la diffusion Si les élèves mettent en évidence la relation entre le circuit RLC contenu dans le poste radio et l'action sur le bouton de recherche, alors ils peuvent évoquer le concept de résonance d'intensité et son lien avec le phénomène de la diffusion.
<b>Règle d'action</b>	Introduire le concept de la diffusion en lisant le texte à haute voix et en agissant sur le bouton de poste radio.

Tableau T3A : Schème S'11F : Aide apportée pour faire la compréhension la situation problème proposée

6.2.1.5 *Une organisation en but et sous-but de schème S'11F*

En dévoilant le contenu des transcrits des enregistrements en classe, Nous avons remarqué que l'organisation de l'activité de l'enseignant, concernant « l'aide à l'explication de la situation problème », pouvait être subdivisée en deux étapes que nous décrivons de la manière suivante :

Dans la première étape l'enseignant Férid a pris le poste radio comme un exemple « un poste radio // c'est celui-là par exemple ». Et il a commencé à identifier le poste radio en posant des questions sur certains des éléments tels que l'antenne, le circuit RLC comme le montre le tableau T4A suivant :

tdp	Locuteur	Productions verbales
11	F	Je veux expliquer par exemple d'autres choses que vous n'avez pas compris en ce qui concerne le phénomène euh// d'émission et de la réception radio / /un post radio ordinaire / c'est comme celui-là par exemple // l'onde radio reçue par l'antenne de poste radio euh c'est-à-dire le post radio est menu par <b>une antenne</b> pour//
12	E1	Pour capter
13	F	euh // est émis par la station choisie // il y a toujours des stations qui émettent des euh//
14	E1	Des ondes //
15	F	Des ondes / et ces ondes là seront reçues par le post radio / formé essentiellement par /
16	E1	Une antenne//
17	E2	Par un dipôle RLC
18	F	Par un dipôle RLC série euh//

Tableau T4A Extrait de transcrit de la partie 2 : identification des éléments de poste radio

Au fur et à mesure, Férid a introduit le concept de diffusion dans son activité d'explication tout en faisant appel aux connaissances des élèves sur l'émission, le circuit RLC «alors la station radio choisie crée aux bornes de dipôle RLC une tension excitatrice euh//  $u$  est égale  $u \max \sin 2\pi N t/$  avec  $N$  est la fréquence de l'onde // bien sûr toute station elle émet un certain message un certain programme à une certaine fréquence  $N$  et notre poste radio va se voir cette euh// ». Alors nous prenons pour cette première étape le sous but 1 « Exemplifier par le poste radio ».

Concernant la deuxième étape de l'activité de l'aide à la compréhension de la situation problème proposée, l'enseignant Férid continue à interagir avec ses élèves en posant des questions sur le fonctionnement de poste radio « le poste radio finalement c'est quoi ? ». Un élève E1 lui répond « c'est un circuit ». En réalité Férid veut dépasser cette notion de circuit, pour cette raison,

il ignore la réponse de E1 et reprend lui-même à la question en disant « C'est un appareil électronique /et cet appareil créé et destiné à quoi // à capter » il agit sur le bouton de la recherche de poste radio tout en disant« par exemple/// voilà il va capter puis elle peut sélectionner quoi ».Il passe par la suite à l'utilité de l'action sur ce bouton de recherche « Il peut recevoir plusieurs signaux et nous on peut sélectionner en agissant sur ce bouton bien déterminera /pourquoi//pour capter quoi ? ».

Il met en évidence le lien entre le fonctionnement de poste radio et le phénomène de la résonance d'intensité en s'appuyant sur la relation entre l'action sur le bouton de recherche et le circuit RLC contenu dans le poste radio en disant « le poste radio joue le rôle d'un récepteur de fréquence propre N0//la fréquence propre comme nous avons dit est exprimée sous forme  $N0$  est égale  $\frac{1}{2\pi LC}$  // ». De même il a posé la question « qu'est ce qu'on fait lorsque fait agir sur ce bouton ? ».Il s'attendait à travers cette question à ce que ses élèves évoquent le phénomène de la résonance .Le but de lier entre le fonctionnement de poste radio et le phénomène de la résonance est éprouvé par Férid au cours de l'entretien simple en disant « En tournant le bouton de post radio je veux transmettre aux élèves l'idée de varier quelque chose pour atteindre un paramètre //L'objectif est d'atteindre la fréquence propre réglée par le circuit RLC euh//pour avoir une émission marquée c'est tout simplement// ».Puisque le fait d'atteindre la fréquence propre c'est la résonance du circuit RLC. Alors nous pouvons fixer pour cette deuxième étape :

Sous but 2 « Montrer le lien entre le fonctionnement de post radio et la situation problème proposée ».

Nous attribuons respectivement à ces deux sous buts les règles d'actions suivantes :

Règle d'action Ra'1 : Interroger les élèves sur les éléments constituant le poste radio tels que l'antenne, le circuit RLC, le bouton de recherche ;

Règle d'action Ra'2 : Interroger les élèves sur l'utilité d'agir sur le bouton de recherche de post radio.

Nous constatons, à travers ces différents extraits du transcrit présentés précédemment (p5,7 &9) que nous pouvons construire une idée sur l'organisation de l'activité de Férid. Dans la première étape de parole (Transcript, p.7) Son but consiste à exemplifier par le poste radio. Il pose les questions reformulées : « ses ondes là seront reçues par le post radio formé essentiellement par quoi ? » et « pourquoi un poste radio est menu par une antenne ? Il souhaite que les élèves décrivent les éléments constituant le poste radio tels que l'antenne, le circuit RLC, le bouton de recherche afin d'évoquer le phénomène de la diffusion. Dans la deuxième étape de parole son but est de montrer le lien entre le fonctionnement de post radio et la situation problème proposée. Il pose la question « qu'est ce qu'on fait lorsque fait agir sur ce bouton ? ». Il souhaite que ses élèves

établissent le lien entre le fonctionnement de poste radio et la situation problème proposée. Il pose la même question « le poste radio finalement c'est quoi ? » son but n'a pas changé entre les deux étapes de sa parole.

Nous constatons que chaque but induit une nouvelle règle d'action. Nous modélisons l'activité de Férid en comparant les anticipations pour chacun des buts. Si nous constatons que ses anticipations sont identiques, alors il n'y a pas de nouveau schème : le schème « initial » s'écrira avec un but et dessous-buts correspondant à chaque nouvelle règle d'action. En revanche, si les anticipations ne sont pas les mêmes alors il y a un nouveau schème. De plus, nous considérons que ce nouveau schème est un sous-schème du schème « initial » c'est-à-dire que l'activité pourra se décrire en un schème et un ou des sous-schémes.

D'après notre analyse (schème S2Fp...) nous constatons que les anticipations de chaque but restent identiques, alors il n'y a pas de nouveau schème : le schème « initial » s'écrira avec un but et des sous buts correspondant à chaque nouvelle règle d'action. C'est bien le cas que nous décrivons. C'est pour atteindre son but que l'enseignant exemplifie par un poste radio tout en agitant sur son bouton de recherche. Donc l'anticipation est inchangée. Il s'attend à ce que ses élèves d'établissent le lien entre le fonctionnement de poste radio à travers son dipôle RLC série qu'il le constitue et le phénomène de la résonance lors de la réception d'une onde radio.

Nous nommons le schème convoqué par Férid : schème S'11F « Aide apportée pour faire la compréhension de la situation problème proposée ». Nous avons déjà identifié quelques-uns de ses éléments constitutifs.

Le schème S'11F est donc constitué d'un but et de deux sous-buts. Il traduit l'organisation de son activité telle que nous pouvons l'observer à partir de vidéo. Nous allons, dans le paragraphe suivant, renseigner tous ses éléments constitutifs, puis nous modéliserons l'activité de Férid dans laquelle apparaissent deux incidents critiques.

#### 6.2.1.6 *Une modélisation en but et sous-buts du schème S'11F*

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 6 : Organisation de l'activité de la situation problème par l'enseignant

Nous regroupons dans le tableau N ° T5A le but et les deux sous buts pour mieux comprendre l'organisation de l'activité réalisée par Férid. Dans ce tableau, nous ne distinguons pas entre les théorèmes-en-acte et les concepts-en-acte qui représentent les constituants des invariants opératoires du schème. Car d'une part, les invariants opératoires ne sont pas toujours explicites ni conscients et d'autre part, cette distinction ne nous semble pas apporter du plus sur la manière dont Férid organise son activité. C'est la formulation des éléments du schème, en particulier la formulation des règles d'action, qu'il faut préciser selon nous.

But	Sous but	Inférences	Règle d'action	Invariants Opératoires
Aider les élèves à comprendre la situation problème proposée	Exemplifier par le poste radio	-si l'élève connaît le rôle de l'antenne de poste radio alors ils peuvent évoquer le concept de diffusion	Interroger les élèves sur les éléments constituants le poste radio tels que l'antenne, le circuit RLC, le bouton de recherche	-Je sais que les connaissances de l'élève sur le phénomène de la diffusion de radio peuvent être insuffisante -Je sais que les élèves ne peuvent pas savoir l'utilité d'agir sur le bouton de recherche de poste radio
	Montrer le lien entre le fonctionnement de post radio et la situation problème proposée	-Si les élèves mettent en évidence le circuit RLC contenu dans le poste radio et l'action sur le bouton de recherche alors ils peuvent évoquer le concept de la résonance d'intensité et son lien avec le phénomène de la diffusion	Interroger les élèves sur l'utilité d'agir sur le bouton de recherche de post radio.	- Je sais que c'est difficile aux yeux des élèves d'évoquer le phénomène de la résonance lors de l'action sur le bouton de poste radio - Je ne suis pas sûr que l'élève pense à établir le lien entre le phénomène de la diffusion et celui de la résonance d'intensité lors qu'on agit sur le bouton de poste radio

Tableau T5A : subdivision de but en deux sous buts

Nous ajoutons deux éléments dans l'anticipation du but de l'enseignant. Férid a déclaré qu' « il y a toujours des stations qui émettent des ondes » et que « ses ondes seront reçues par le post radio qui est formé essentiellement par un circuit RLC série ». Par conséquent, il organise son activité de manière à finir par le lien entre le phénomène de la résonance de circuit RLC du poste radio et la réception d'une onde.

Les inférences sont déduites du croisement entre la vidéo de la séance et les vidéos des entretiens. Nous avons déjà relevé le travail sur le langage effectué par Férid qui nous amène à noter ses demandes de précision.

6.2.1.7 *Conclusion*

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable « « La majorité des élèves n'ont pas compris la situation problème proposée par leur enseignant et son lien avec le phénomène de la résonance d'intensité ». Nous rappelons que cet événement est de type pédagogique puisqu'il a lien avec le contenu du savoir de la résonance d'intensité. Son étude est faite par la description du contexte de cet événement puis par l'analyse suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant. Les résultats de cette étude nous a permis de construire deux schèmes S11F et S'11F et d'identifier ses éléments constitutifs. Nous analysons dans la partie suivante un deuxième événement remarquable.

6.2.2 **Événement remarquable ER2F : L'ignorance des réponses des élèves**

Nous allons analyser l'événement remarquable 2, symbolisé par ER2F et nommé par l'ignorance des réponses des élèves. Il s'agit d'un événement où « l'enseignant ignore parfois les réponses de ses deux élèves E1 et E2 lors de l'explication de la situation problème ».

6.2.2.1 *Description du contexte*

Dès qu'il a commencé son activité de présentation de la situation problème, Férid a pris conscience que ses élèves sont en difficulté car il considère que le phénomène de la résonance est « compliqué » et étrange pour eux « avant de commencer la situation problème j'étais conscient que les élèves n'ont pas d'idée claire et nette sur le phénomène de la résonance d'intensité//c'est un phénomène très compliqué ». C'est pourquoi il est en situation de blocage qu'il lui oblige de changer son but de la présentation (schème S1F,p.) à l'aide à l'explication de la situation problème proposée (schème 2). Mais lors de l'organisation de son activité de l'explication, Férid a eu un comportement spécifique avec ses élèves. Donc il interagit uniquement avec les deux élèves E1 et E2 de groupe 1 placé à sa gauche et qui sont les plus motivés de la classe. Il arrive des moments où il ignore leurs réponses et continue Son action d'explication. En effet pour assurer la continuité de déroulement de son activité, Férid tient à réaliser son action de questionnement sans rupture.

6.2.2.2 *Analyse de l'événement remarquable ER2F*

L'analyse de cet événement remarquable nous permet d'avoir une idée sur la manière dont Férid interagit avec ses élèves dans le cadre de la régulation pour atteindre son but de l'explication de la situation problème. L'observation de la vidéo permet d'inférer sur l'organisation de l'activité de l'enseignant. Il a cherché à travers les questions posées, à recueillir

les connaissances de ses élèves sur les éléments et leur utilité dans le fonctionnement de poste radio et aussi sur du concept de la diffusion.

Il a commencé son activité d'explication par la présentation d'un poste radio devant ses élèves, pris comme un exemple. Puis il a posé une série de questions tout autour de ce dispositif. Nous décrivons à titre d'exemple, l'interaction de Férid au cours d'une partie de son questionnement dans le tableau T6A suivant :

Tdp	Locuteur	Productions verbales
11	F	Je veux expliquer par exemple d'autres choses que vous n'avez pas compris en ce qui concerne le phénomène euh// d'émission et de la réception radio / /un post radio ordinaire / c'est comme celui-là par exemple // l'onde radio reçue par l'antenne de poste radio euh c'est-à-dire le post radio est menu par <b>une antenne</b> pour//
12	E1	Pour capter
13	F	Euh // est émis par la station choisie // il y a toujours des stations qui émettent des euh//
14	E1	Des ondes //
15	F	Des ondes / et ces ondes là seront reçues par le post radio / formé essentiellement par /
16	E1	Une antenne//
17	E2	Par un dipôle RLC
18	F	Par un dipôle RLC série euh//

Tableau T6A : Extrait de transcrit de la partie 2 : identification des éléments du poste radio

Alors en recevant la réponse qu'il attendait il continue l'enchaînement de questionnement. Nous avons remarqué qu'au cours des moments d'ignorance des réponses des élèves, bel et bien il y avait une tension entre eux et leur enseignant Férid. Donc nous considérons cet événement remarquable comme un incident critique. Nous représentons dans le tableau suivant une description de l'interaction de l'enseignant pendant les moments d'identification des éléments de poste radio et l'action sur le bouton de recherche. Nous pensons que pour mettre en évidence ces interactions, nous avons souligné en gras quelques-unes. Nous notons la réponse de l'enseignant dans une cellule grisée, entre la colonne « Description » et la colonne « Evènements remarquables ». Ceci indique un arrêt dans le déroulement du cours, tout en se situant suivant un grain d'analyse « micro » (voir Annexe C6A1F : TableauT7A). Nous présentons dans le tableau T7A suivant un extrait de synopsis montrant les tensions entre Férid et ses élèves :

Locuteur	Productions verbales
F	Alors finalement// le poste radio euh// finalement c'est quoi
E1	C'est un circuit
F	C'est un appareil électronique et cet appareil est créé et destiné à quoi// à capter quoi // voilà il va capter +puis il peut sélectionner quoi
E1	La fréquence
F	De message qui sont reçus bien sûr s'il y a le phénomène de décodage //dont on n'aura pas besoin aujourd'hui/ ce message est capté par quoi
E2	L'antenne
F	Il peut recevoir plusieurs signaux // et on peut sélectionner en agissant sur un bouton bien déterminé pourquoi/ pour capter//.....// donc on peut agir par exemple par ce bouton /qu'est-ce qu'on varie //.... //on fait varier ++on sait pas /c'est à vous de me dire qu'est-ce qu'on fait lorsqu'on agit sur ce bouton
E2	Ce bouton
F	Sur ce bouton pour chercher le signal original //d'après vous que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ces émissions
E	Ne répondent pas

Tableau T7A : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves

Nous pourrions dire d'après ce qu'on a présenté qu'il arrive des cas où l'enseignant fait semblant d'ignorer la réponse de ses élèves sans donner des commentaires, nous citons comme réponse celle de E1 « en faisant varier l'inductance ». Dans d'autres cas, il accepte la réponse reçue pour aller avec celle de E2 « ce bouton ». Et à un certain moment il donne ses propres réponses (tableau2).

### 6.2.2.3 Identification de schème S21F

Cet événement ER2F est discuté pendant l'entretien d'auto-confrontation simple pour savoir pourquoi l'enseignant se limite dans ses interactions avec les élèves E1 et E2, alors qu'il ignore les autres. Le chercheur interroge Férid en disant « y-t-il d'autre difficulté dans la présentation de situation problème/ surtout que j'ai remarqué qu'il y a une certaine rupture dans l'interaction enseignant et élève/ vous posez des questions et vous recevez des réponses autres que celles que vous attendez/ j'ai remarqué qu'un certain nombre d'élèves sont totalement déviés par rapport au déroulement de votre activité ». Férid explique ceci par le fait qu'il y a des difficultés d'apprentissage pour quelques élèves, ainsi qu'un certain décalage de capacité entre eux, de plus le problème de motivation chez quelques-uns. Il dit « Le problème ah se pose toujours / euh il existe des difficultés d'apprentissage pour quelques élèves / il y a un décalage entre les capacités des élèves/ les capacités d'apprentissage est tout à fait différentes pour eux la classe/ il y a un problème sur le plan de motivation/ il y a des élèves qui peuvent comprendre le phénomène mais ils ne

peuvent pas s'exprimer /et il y a d'autres qui peuvent s'exprimer comme vous avez remarqué pour les deux élèves {E1 et E2} qui essayent d'interagir / et les autres hésitent / je ne sais pas pourquoi//peut-être un problème d'acquisition de leçons /il y a un problème lié à l'élève lui-même que je rencontre à jour ». Il est conscient qu'il y a un problème d'interaction avec ses élèves et qu'il doit sans doute interagir avec tout le monde, mais sa difficulté due est au manque de motivation chez les élèves non motivés en disant « Je sais que je dois interagit avec tout monde mais soyons claire / il y a des élèves dont le problème ce qu'ils ne sont pas motivés » donc l'enseignant est obligé d'interagir avec les plus motivés, les moins hésitants et aussi qui ont des connaissances suffisantes sur le phénomène. A partir de ce que nous analysé précédemment nous pouvons préciser le but de l'enseignant ainsi que la règle d'action Ra :

But : « Assurer la continuité du déroulement de son activité. »

Règle d'action Ra : Demander aux élèves de quoi est constitué un poste radio

#### 6.2.2.4 Représentation de schème S21F

Nous organisons l'activité de l'explication de la situation de problème proposée sous l'angle de l'interaction de l'enseignant avec ses élèves dans le schème S3F que nous présentons dans le tableau T8A suivante :

<b>Schème S21F : Finir la séance dans le délai.</b>	
<b>But</b>	Assurer la continuité de déroulement de son activité
<b>Inférences</b>	Si je reçois une réponse imprévue à ma question posée alors je l'ignore et j'attends une autre juste ou bien je donne la mienne.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves ce qui est un poste radio.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ne sont pas de même capacité d'apprentissage ; Je sais que je ne peux pas interagir avec les élèves non motivés.

Tableau T8A : Schème S21F : Garder la planification de la séance. Cas de Férid

D'après notre analyse (schème S21F p156), nous constatons que les anticipations demeurent identiques par rapport au but envisagé par l'enseignant, alors il s'agit d'un seul schème S21F : avec un but unique tel que « Assurer la continuité du déroulement de son activité ».

Il existe des éléments justifiant l'anticipation du but de l'enseignant (transcript, p...). En fait, Férid a déclaré que « le problème se pose toujours » durant son activité et qu' « il existe des difficultés d'apprentissage » et « un problème sur le plan de la motivation » ses élèves. Par conséquent, il organise son activité de manière à aller vers l'avant dans sa pratique, en ignorant parfois les réponses de ses élèves, et atteindre son but.

6.2.2.5 *Conclusion*

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER2F « l'enseignant ignore parfois les réponses de ses deux élèves E1 et E2 lors de l'explication de la situation problème ». C'est la manière de réagir suivie par l'enseignant dans le cadre de gérer d'une part la mise en œuvre de son activité au sein de la classe, et d'une autre part ses interactions avec ses élèves afin de terminer son TP à l'heure. Pour cette raison, nous pensons que cet événement est de type de chronophage.

Nous avons déjà analysé la manière de réagir menée par l'enseignant dans le cadre de gérer d'une part la mise en œuvre de son activité au sein de la classe, et d'une autre part ses interactions avec ses élèves afin de terminer son TP à l'heure. Pour cette raison, nous pourrions classer cet événement du type de chronophage de la séance.

L'étude est faite par la description du contexte de cet événement puis par l'analyse suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant. Les résultats de cette étude nous ont permis d'identifier les éléments constitutifs du schème S21F qui modélise l'activité de l'enseignant. Nous envisageons que les connaissances mobilisées dans les inférences pourrait aider Férid à atteindre son but visé qu'elles pourraient confirmer la typologie de l'événement remarquable ER2F étudié.

Nous analysons dans la partie suivante un troisième événement remarquable

6.2.3 **Analyse d'un événement remarquable ER3F : L'utilisation du concept de diffusion**

Il s'agit d'un événement où « l'enseignant introduit le concept du phénomène de la diffusion, pour l'aider à expliquer la situation problème proposée ».

6.2.3.1 *Description du contexte*

Dès qu'il a proposé la situation problème, Férid s'est rendu compte ses élèves sont en difficulté en disant « avant de commencer la situation problème j'étais conscient que les élèves n'ont pas d'idée claire et nette pour le phénomène de la résonance d'intensité ». Il était conscient qu'ils n'ont pas compris le contenu de la situation proposée en disant que « la situation problème m'a posé beaucoup de difficultés/ c'est pas pour moi mais pour les élèves/ j'ai pas entendu des réponses cohérentes et ciblées à la situation problème// ». Alors il a pris la décision d'aider ses élèves à la compréhension sous le prétexte que « / la situation s'intéresse au lien entre la résonance d'intensité et le phénomène de diffusion ». L'utilisation du concept de la diffusion non inscrit dans le scénario pédagogique n'était pas spontanée en disant « j'ai pensé à ça avant de déclencher la situation problème que j'ai jugé comme objet d'enseignement utile// ». Mais la prise de la décision

de régulation été spontanée où l'enseignant a mobilisé ses connaissances professionnelles pour franchir cette difficulté. C'est pourquoi, il a commencé par exemplifier par un poste radio présenté devant ses élèves. Puis il les a interrogés sur les éléments constituant ce poste radio ainsi que son fonctionnement en introduisant petit à petit le concept du phénomène de la diffusion. Sa stratégie a été tout d'abord d'expliquer ce concept de la diffusion puis de faire le lien par la suite avec le phénomène de la résonance d'intensité. Mais selon lui son grand problème c'est qu'il n'est pas sûr que ses élèves aient des connaissances suffisantes sur le concept de la diffusion radio et qu'ils vont faire le lien avec le phénomène de la résonance d'intensité. Alors il a dit « je ne sais pas si les élèves ont suffisamment de savoir le phénomène de diffusion radio et s'ils ont compris le lien entre les deux phénomènes / ça c'est un grand problème »

#### 6.2.3.2 *Analyse de l'événement remarquable ER3F*

Lors de la proposition de la situation problème, Férid est conscient que ses élèves sont en difficulté car la résonance d'intensité est « c'est un phénomène étrange » pour eux et que l'utilisation du poste radio « pour expliquer un phénomène étrange et lui-même nécessite l'utilisation du phénomène de diffusion ». Donc selon l'enseignant, l'introduction du concept de la diffusion est fondamentale pour son activité de l'explication de la situation problème.

Férid a commencé son activité d'explication en évoquant la notion du phénomène de l'émission et de la réception de l'onde radio en disant « Je veux expliquer par exemple autres choses que vous n'avez pas compris en ce qui concerne le phénomène euh//d'émission et de réception radio / l'onde radio reçue par l'antenne de poste radio // ». Alors Il a posé des questions sur les éléments de poste radio tels que l'antenne et le circuit RLC et leurs utilités dans la réception de l'onde. A titre d'exemple, les questions sont « il y a toujours des stations qui émettent quoi ? », « ses ondes là seront reçues par le post radio qui est formé essentiellement par quoi ? » Nous pensons qu'il a considéré que la notion de la diffusion comme un mot clé pour que ses élèves puissent franchir la difficulté de l'incompréhension de la situation problème proposée. Son but est d'évoquer le lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité en agissant sur le bouton de recherche de poste radio. Pour mettre en évidence ce lien à ses élèves, Férid a essayé à chaque fois qu'il pose des questions à ses élèves de combiner la notion du phénomène de la diffusion avec son action sur le bouton de recherche de poste radio. Il les a interrogés sur l'utilité de la poste radio en disant « le poste radio finalement c'est quoi ? ». Et lui répond « c'est un circuit RLC ». Férid reprend sa parole en disant « C'est un appareil électronique /et cet appareil crée et destinée à quoi ? // à capter quoi ? ». Il revient pour agir sur le bouton de post radio, puis il a dit « par exemple// voilà il va capter puis il peut sélectionner quoi ? ». L'élève

E1 lui répond « la fréquence » alors Férid continu son explication « des messages qui sont reçus bien sûr il y a le phénomène de décodage dont on n'aura pas besoin aujourd'hui /ce message est capté par quoi ? ». A ce moment-là, il a mis l'accent sur le rôle de l'antenne qui consiste à recevoir plusieurs signaux. Et c'est à nous de sélectionner ou non en agissant sur le bouton pour capté « Le signal original émet par euh//par la station ». Il revient à poser la question « qu'est ce qu'on fait lorsque fait agir sur ce bouton ? ». Donc, il s'attendait de ses élèves qu'ils évoquent le lien dans leurs réponses.

### 6.2.3.3 *Identification de schème S31F*

L'analyse réalisé précédemment nous a permis d'identifier la règle d'action sous la forme suivante.

Règle d'action Ra : Interroger les élèves sur l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche du poste radio.

La notion de résonance d'intensité, la fréquence propre du circuit RLC contenue dans le poste radio. Les élèves restent en silence sans aucune réponse alors que l'élève E1 propose la variation de la valeur de l'inductance L. Il s'agit bien d'une réponse incomplète pour l'enseignant qui a pris la parole en disant « Sur ce bouton pour chercher le signal original//d'après-vous que peut-on faire pour capté une station radio particulière afin de suivre ses émissions ? ». Le fait d'agir sur ce bouton de recherche Férid cherche à mettre en évidence le lien entre le mode réel non audio (domaine de l'onde), au monde réel audio (domaine du son). Mais nous pensons que les élèves ont du mal de saisir ce lien et ceci est justifié par l'absence des réponses des élèves et l'apparition du silence entre eux.

Nous pouvons dire aussi que l'utilisation d'un autre phénomène tel que la diffusion lui complique sa pratique et aussi crée des difficultés aussi bien chez lui que chez ses élèves. Ce point est évoqué au cours de l'entretien simple avec Férid « je ne sais pas si les élèves ont suffisamment euh de savoir en ce qui concerne le phénomène de diffusion radio ? et quel et le lien entre les deux phénomènes ».

Au cours de l'entretien d'auto confrontation croisé Férid est interrogé par son collègue Ahmed sur son but d'introduire la notion de la diffusion lors de son action d'explication .Il a répondu « pour que vos élèves assimilent la situation problème, il faut dire comment se fait le phénomène de diffusion ». En réalité son collègue Ahmed n'est pas tellement d'accord avec lui concernant l'introduction de la notion de diffusion bien qu'elle « *facilite la tâche des élèves* » et que « *la situation problème dépasse leurs connaissances* ». il a justifié son idée par le fait que cette notion « *n'existe pas dans le scénario* » et qu'il a pu « *présenter la situation problème sans*

*parler de phénomène de diffusion* ». Selon Ahmed, l'introduction de la notion du phénomène de diffusion non inscrite dans le scénario pourrait provoquer un chronophage pour son TP, surtout que la démarche d'investigation suivie contient des étapes *délicates*. Et que son collègue Férid risque de ne pas trouver le temps nécessaire pour terminer son TP, ainsi que la démarche pourrait être bloquée par les élèves « *les élèves peuvent bloquer la démarche* ». Ahmed considère que le fait d'ajouter simultanément un phénomène autre que la résonance d'intensité pourrait compliquer l'apprentissage de l'élève et le met dans des situations de blocage. Ce qui influe négativement sur le déroulement de la DI. Ce chronophage pourrait influencer sur les pratiques de l'enseignant. Pour compenser ce chronophage, l'enseignant serait obligé d'aller plus vite dans certaines étapes de sa démarche pour qu'il puisse terminer son TP.

L'analyse de cet événement remarquable, nous permet d'organiser l'activité sous forme d'un schème S31F. Nous rappelons le but et la règle d'action Ra4 de ce schème.

But : faire le lien entre le concept de la diffusion et le phénomène de la résonance d'intensité en agissant sur le bouton de recherche du poste radio.

Règle d'action Ra : Interroger les élèves sur l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche de poste radio.

#### 6.2.3.4 Représentation de schème S31F

Nous regroupons les éléments constitutifs du schème S31F dans le tableau T9A suivant :

Schème S31F : Lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du Phénomène de la résonance d'intensité	
<b>But</b>	Faire le lien entre le concept de la diffusion et le phénomène de la résonance d'intensité en agissant sur le bouton de recherche du poste radio
<b>Inférences</b>	Si j'agis sur le bouton de la recherche du poste radio alors l'élève peut évoquer le phénomène de la résonance d'intensité en connaissant le concept de la diffusion ; Si un élève sait l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche du poste radio, alors il a compris le phénomène de la diffusion.
<b>Règle d'action</b>	Interroger les élèves sur l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche de poste radio.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ont des connaissances insuffisantes sur le concept de la diffusion ; Je sais que je dois introduire le concept de la diffusion pour que les élèves puissent lier entre la situation problème et le phénomène de la résonance d'intensité ; Je sais qu'il faut agir sur le bouton du poste radio pour que les élèves puissent faire le lien entre le concept de la diffusion introduit et celui de la résonance d'intensité.

Tableau T9A : Schème S31F : évocation du lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité. Cas Férid

D'après notre analyse (schème S31F), nous constatons que les anticipations restent identiques pour le but envisagé par l'enseignant, alors il s'agit d'un seul schème S31F avec un but unique tel que « évoquer le lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité en agissant sur le bouton de recherche du poste radio ».

Il existe des éléments justifiant l'anticipation de but de l'enseignant (transcript, p...). En fait Férid a déclaré qu'il ne savait pas si les élèves avaient suffisamment compris le phénomène de diffusion radio, ainsi que « le lien entre les deux phénomènes ». C'est pourquoi il considère ceci « un grand problème ». Férid est conscient de l'insuffisance des connaissances initiales chez ses élèves sur le concept de la diffusion et l'ignorance de son lien avec celui de la résonance. Mais l'organisation de son activité d'agir sur le bouton de devant eux lui permet de réguler et atteindre son but.

#### 6.2.3.5 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER3F « l'enseignant introduit le concept du phénomène de la diffusion, pour l'aider à expliquer la situation problème proposée. En effet, dans le cadre de stratégie adaptée, l'enseignant a pris la décision d'introduire ce concept non inscrit dans le scénario pédagogique et l'utiliser lors de son activité d'explication afin de faciliter sa pratique. Pour cette raison nous pensons que cet événement remarquable est de type pédagogique.

L'étude de cet événement remarquable a permis d'une part de construire le schème S31F à l'aide de ses éléments constitutifs que nous avons identifiés.

### 6.3 Situation-problème : Cas de Ahmed

Nous essayons dans ce qui suit d'analyser l'activité de l'enseignant Ahmed au sein de la classe en présentant la situation problème de son TP .L'étude de sa pratique enseignante nous permet de mettre en évidence les moments de régulation faites par l'enseignant afin de surmonter les difficultés rencontrées par ses élèves lors de la partie 2.Nous en étudions trois parmi cinq événements remarquables qui sont identifiés (voir Tableau1 extrait du synopsis de partie2 : Présentation de la situation problème réalisée par Ahmed).

#### 6.3.1 Analyse d'un événement remarquable ER1A

Il s'agit d'un événement où « La majorité des élèves trouvent des difficultés de compréhension de la situation problème proposée par l'enseignant et son lien avec l'oscillateur

forcé ». Nous pourrions considérer qu'il est du type didactique puisqu'il a lien avec le contenu du savoir de la résonance d'intensité. Nous commençons à faire la description du contexte de cet événement puis nous l'analysons suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant.

#### 6.3.1.1 *Description du contexte*

L'enseignant Ahmed a commencé sa séance de TP en effectuant la partie I concernant le rappel. Lors de cette partie, Ahmed a évoqué des concepts liés à l'oscillateur électrique forcé sous le contexte du pré requis. Ensuite il a commencé sa partie II qui concerne la présentation de la situation problème. Nous rappelons que l'enseignant a distribué les fiches de TP à ses élèves juste au début de la séance avant même la partie I du rappel. Ainsi que ces fiches sont identiques que celles distribuées par Férid à ses élèves car elles sont préparées au paravent la de hors de la classe et conjointement avec les deux enseignants et le chercheur (voir chapitre de la méthodologie, paragraphe 3-4).

Au début de la partie, II l'enseignant a exemplifié par le poste radio en disant « On va prendre un exemple je veux utiliser un poste radio ». Puis il s'est dirigé vers ce dernier placé sur sa paillasse et il a repris la parole sur l'utilité du poste radio « vous savez très bien que les postes radio émettent des ondes ». Il a ciblé son doigt vers ce poste et il a dit « là bien on va utiliser selon la situation qu'on va lire au début ». C'est comme il voulait dire qu'il y a un lien entre ce dispositif et la situation problème proposée dans son TP. Les élèves l'ont regardé avec un silence avec un étonnement persistant entre eux. Ceci prouve qu'ils n'ont pas compris le texte de la situation problème et son lien avec ce qu'ils ont appris au cours précédent tel que l'oscillateur électrique forcé. En effet Ahmed a remarqué que ses élèves n'ont pas compris cette situation. L'enseignant est conscient que ses élèves sont en difficulté de compréhension. Il a dit « évidemment j'ai constaté qu'il y a des difficultés de compréhension // de ce qu'on va faire et ce qu'on fait en classe » et il a ajouté « Au début de la séance j'ai pensé que mes élèves ne vont pas comprendre que nous avons présenté // ». Alors les difficultés ses élèves consistent non seulement au niveau de la compréhension de la situation problème, mais aussi au niveau de l'évocation du lien entre le contenu du texte et ce qu'ils ont vu dans le rappel concernant l'oscillateur électrique. Pour cette raison qu'il a pris la décision d'aider ses élèves à comprendre le contenu de la situation problème qui la proposée. Alors il a pris sa fiche de TP et il a commencé à lire le texte de la situation brusquement. Il s'arrête d'expliquer ce qu'il est en train de lire en disant « c'est-à-dire le poste radio émet des ondes et il est à la base d'un circuit RLC ». Il veut faire le lien entre l'émission de l'onde radio et le circuit RLC qui constitue le poste. Puis, il revient à lire de nouveau la lecture

mais cette fois en montrant l'utilité d'un autre élément de ce dispositif tel que l'antenne .Il a dit donc «c'est-à-dire l'antenne va recevoir les ondes envoyées par la station// l'onde elle crée aux bornes de l'antenne une tension //c'est une tension sinusoïdale  $U = U_{\max} \sin 2\pi Nt$  avec  $N$  est la fréquence de l'onde// ».Nous remarquons qu'il revient à chaque fois aux concepts traités au cours du rappel tels que le circuit RLC , la tension excitatrice et sa fréquence  $N$  .En coupant son explication, il revient à sa lecture du texte à haute voix ensuite il reprend de nouveau l'explication. Il parle alors de l'oscillateur de dipôle RLC , sa fréquence propre  $N_0$  et son expression et le rôle de la station d'excitatrice en disant « puis que l'oscillateur le dipôle RLC série //il possède une fréquence propre  $N_0$  égale à  $1$  sur  $2\pi$  racine  $LC$  et la station joue le rôle d'excitateur de fréquence  $N$ // ».Pour faire le lien entre le concept de l'oscillateur électrique forcé en régime sinusoïdale évoqué au cours de la partie du rappel et la situation problème il a posé la question suivante : « donc ici dans ce cas est ce que nous sommes dans le cas d'un oscillateur forcé en régime sinusoïdale // ».Les élèves l'ont regardé en silence sans aucuns réponses à la question posée. Dans cette situation l'enseignant Ahmed voulait entendre une réponse, alors il a reposé pour la deuxième fois intégralement la même question. Quelques instants après l'élève E2 répond par « oui » alors que les autres le regardaient en silence. Ahmed a continué son activité d'expliquer une stratégie de questionnement. Il a posé à ses élèves une série de questions tout en revenant de part et d'autre à agir sur le bouton de la recherche du poste radio placé sur sa paillasse. Nous prenons à titre d'exemple des questions posées « mais qui est l'excitateur dans notre cas ? », c'est-à-dire dans le cas de l'émission de l'onde radio à partir de la station et sa réception par le poste radio, « et le résonateur ? », « que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ? ». Il se déplace vers le poste radio en disant tout en faisant tourner son bouton de la recherche « Voilà donc on peut choisir / on peut agir balader d'une chaîne à une autre sachant que euh// ».

Ces allées et retours entre les séquences de lecture, l'explication en passant par l'action sur le bouton de poste radio, nous amène à l'idée que Ahmed se trouvait dans une situation de pratique déstabilisée et qui pouvait mettre les interactions avec ses élèves en question. Donc nous pouvons dire que tout le monde en classe est en difficulté. Il s'agit une situation de blocage vécu par l'enseignant et ses élèves. Dès le début de la partie de la présentation de la situation problème Ahmed est conscient que ses élèves sont en difficulté .Ceci lui apparait sur les regards de ses élèves et aussi puisqu'ils ne sont pas habitués à ce type de situation problème et même à ce type de TP en disant : « Non pratiquement il y a des élèves qui ne sont pas habitués à ce genre de situation///ils attendaient un TP euh comme d'habitude// un TP inductif ordinaire où l'on va réaliser une expérience et à la fin dire que cette expérience est conforme avec ce qu'on va en

cours//mais de présenter un poste radio au début de la séance et de parler de la fréquence de l'excitation et le rôle de la fréquence propre // quel est le rôle // pour eux est-ce une chose qui n'a aucun lien avec le cours//euh ce qu'on a fait déjà et on va voir // ».

Ahmed a pris la décision d'intervenir et de réguler en prenant la charge de l'action d'explication de la situation problème qu'il a proposé. Alors il a commencé par une lecture du texte de cette situation, à partir de sa fiche et à haute voix pour que tout le monde entende clairement le contenu de ce texte et par conséquent puissent l'aider dans sa compréhension. Et au fur et à mesure Il fait des actions gestuelles démonstratives en tournant le bouton de recherche de poste radio, placé sur sa paillasse. Il cherche à faire établir la relation entre le monde réel non observable (émission et réception des ondes radio) et le monde réel observable (fonctionnement de poste radio) dans le but d'évoquer le lien entre la situation problème de son TP et le phénomène de la résonance d'intensité.

#### 6.3.1.2 *Analyse de l'événement remarquable ERIA*

En réalité, dès le début de l'activité de la présentation de la situation problème Ahmed est conscient qu'il existe une certaine difficulté pouvant perturber le déroulement de son activité. Cette idée est identifiée lors de l'entretien simple lors qu'il a dit « j'ai constaté qu'il y a des difficultés de compréhension // de ce qu'on va faire et ce qu'on fait en classe //et pourquoi j'ai demandé cette question au début de la séance //du fait c'est une découverte pour moi //et je ne sais pas qu'est-ce qu'elle va donner //Au début de la séance j'ai pensé que mes élèves ne vont pas comprendre ce que nous avons présenté // ».

A partir de ses propos, nous pouvons déduire l'existence de trois difficultés. La première rencontrée par l'élève et qui consiste à l'incompréhension de la situation problème et son lien avec ce qu'ils ont fait comme rappel concernant l'oscillateur électrique forcé en régime sinusoïdal. Selon Ahmed, la présence de ce type de difficulté chez ses élèves qu'il ne sont pas habitués à ce genre de TP en disant « Non pratiquement il y a des élèves ne sont pas habitués à ce genre de situation///ils attendaient un TP euh comme d'habitude// un TP inductif ordinaire où on va réaliser une expérience et à la fin dire que cette expérience est conforme avec le cours//mais de présenter un poste radio au début de la séance et de parler de la fréquence de l'excitation et le rôle de la fréquence propre // quel est le rôle //pour eux est-ce une chose qui n'a aucun lien avec le cours//euh ce qu'on a fait déjà et on va voir // ».

La deuxième difficulté rencontrée par l'enseignant Ahmed est de dire au fait qu'il ne sait pas ce que la situation problème va donner surtout, c'est une découverte pour lui tout en indiquant implicitement qu'il est novice dans la pratique de la DI. Surtout qu'il n'est pas satisfait de la

situation problème « je ne suis pas satisfait de la situation problème //pas tout à fait /et sur tout de la part de mes élèves ».

Au début de son activité de présentation de la situation problème, un silence accompagné d'un étonnement apparaît entre les élèves qui prouve qu'ils n'ont pas compris le texte de la situation problème et surtout son lien avec ce qu'ils ont appris au cours précédent tel que l'oscillateur électrique forcé. Alors l'enseignant Ahmed a pris la décision de réguler et d'aider ses élèves à comprendre le contenu de la situation problème. Il a commencé par exemplifier par un poste radio qu'il va utiliser comme support pédagogique à son activité d'explication et l'éclaircissement des biais rencontrés lors de sa séance de TP. Alors il a débuté par parler de l'émission des ondes qui sont reçues par le poste radio. Il rappelle à ses élèves que le post radio est à la base du circuit RLC et que l'antenne a pour rôle de recevoir l'onde envoyée par la station et que cette dernière va créer une tension excitatrice  $N$ . En effet, Il a évoqué la notion de l'oscillateur électrique, son dipôle circuit RLC série, sa fréquence propre  $N_0$  le rôle de poste radio comme résonateur «et le résonateur ? » Et celui de la station comme excitateur « qui est l'excitateur ? ». Et pour confirmer à ses élèves que le poste radio est oscillateur électrique il a posé la question suivante « donc ici dans ce cas est ce que nous sommes dans le cas d'un oscillateur forcé en régime sinusoïdal ». Au cours de l'auto-analyse croisé Ahmed est interrogé sur le but d'utiliser les concepts de tension excitatrice et de l'émission lors de son activité d'explication. Il a justifié son choix par le fait qu'il est nécessaire d'évoquer le premier concept afin d'expliquer le deuxième en disant « je voulais parler avant de la tension excitatrice je veux parler des ondes qui stimulent et excitent l'antenne ». En effet l'explication de la notion de l'émission lors de son activité est réalisée parce que « cette partie les élèves ne les connaissent pas donc j'ai essayé d'expliquer cette partie convenablement pour qu'ils commencent c'est à dire // je vois que l'intérêt de la situation problème c'est de l'excitateur qui subit l'excitation l'antenne et par la suite on va passer au résonateur // donc avant l'antenne les élèves ne peuvent pas l'expliquer// ». Il a ajouté que les informations utilisées étaient intéressantes et que leurs introductions étaient « momentanées » en disant « dans ce cas je vois qu'il est intéressant d'ajouter quelques informations et au moment donné on passe de l'idée que je ai préparé mais momentanément . » l'essentiel pour lui que ses élèves « puissent comprendre l'excitation ».

Nous rappelons qu'au cours de sa pratique, l'enseignant Ahmed fait des allées et des retours au poste radio placé sur sa paillasse pour agir sur son bouton de recherche .il a cherché à montrer le rôle de ce bouton pour capter les émissions en disant « que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ? ». L'action sur ce bouton a été évoqué lors de l'auto-analyse croisé Ahmed voulait montrer à ses élèves qu'on « peut passer de

l'excitation à une autre c'est à dire on peut passer d'un excitateur à un autre ». En effet, le fait d'agir sur le bouton de recherche du poste radio, Ahmed s'attendait de ses élèves qu'ils « mettent en résonance le poste radio avec l'excitateur //c'est tout à fait ça// », de chercher une fréquence propre en réglant le poste radio « de façon que cette fréquence propre soit égale à la fréquence de l'excitateur ».

L'enseignant continue par la suite à mettre en évidence le phénomène de la résonance d'intensité en posant d'autres questions, A titre d'exemples « comment peut-on fixer le circuit RLC à une fréquence précise pour qu'on puisse suivre ses émissions ? », comment sélectionner plutôt une parmi plusieurs à partir d'un circuit bien sûr RLC ? ». Il rappelle par la suite que cette dernière question représente le but de sa séance de TP en disant « cette question sera l'objet de recherche de ce TP » et qu'ils vont réaliser ce TP pour expliquer « comment un post radio //un circuit RLC // peut fixer ou peut sélectionner une des chaines pour suivre l'émission « ? ».

#### 6.3.1.3 *Identification des schèmes*

Dès le début de son activité de présentation de la situation problème, il prend conscience que ses élèves sont en difficulté. Alors il a changé son but en prenant la charge d'explication afin qu'ils puissent comprendre la situation problème proposée.

A partir de l'analyse que nous avons réalisée précédemment nous pouvons remarquer qu'entre l'activité de proposition de la situation et celle de l'explication du contenu de cette situation, l'enseignant change de but. Donc nous pouvons identifier deux schèmes :

- Le schème S11A a pour but « Présenter la situation problème aux élèves » avec pour règle d'action Ra : « demander aux élèves s'ils savent que le poste radio reçoit les ondes ».
- Le schème S12A a pour but « expliquer aux élèves la situation problème proposée » avec pour règle d'action correspondant Ra « lire à expliquer aux élèves tout en agissant sur le bouton de recherche du poste radio ».

#### 6.3.1.4 *Représentation des deux schèmes S11A et S12A*

Afin de construire le schème S11A nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau suivant :

<b>Schème S11A : Présentation de la situation problème</b>	
<b>But</b>	Présenter la situation problème aux élèves
<b>Inférences</b>	Si je connais le phénomène de la réception de l'onde par le poste radio alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves s'ils savent que le poste radio reçoit les ondes
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais les élèves ne savent pas pourquoi j'ai demandé cette question de recherche au début de la séance ; Je sais que les élèves ignorent le lien entre ce qu'ils ont fait comme rappel en classe et ce qu'ils vont faire ; Je sais que les élèves ignorent le lien entre la situation problème proposée et le phénomène de la résonance d'intensité ;

Tableau T10A : Schème S11A : Présentation de la situation problème. Cas Ahmed.

Pour construire le schème S'11A nous regroupons ces quatre éléments dans le tableau suivant :

<b>Schème S'11A : Explication de la situation problème</b>	
<b>But</b>	Expliquer aux élèves la situation problème proposée
<b>Inférences</b>	Si je lis je peux faciliter la compréhension du contenu de la situation problème proposée à l'élève. Si l'élève connaît le rôle de l'antenne de poste radio dans la réception des ondes alors il peut comprendre l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche dans la sélection de ces ondes. Si l'élève sait que le poste radio est un oscillateur forcé sinusoïdale alors il peut évoquer le concept de la résonance d'intensité : Si l'élève met en évidence le circuit RLC de poste radio et l'action sur le bouton de la recherche alors il peut faire le lien entre le concept de résonance d'intensité et situation problème.
<b>Règle d'action</b>	Lire le texte et l'expliquer en faisant un rappel aux notions évoquées lors du rappel et en agissant sur le bouton de recherche du poste radio
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que l'élève ne trouve pas le lien entre ce qu'il a fait et ce qu'il va faire. Je sais que les élèves ne peuvent pas savoir les rôles du bouton de recherche du poste radio et du circuit RLC qui le contient pour capter une station ; Je sais qu'il est difficile chez l'élève d'évoquer le phénomène de la résonance lors de l'action sur le bouton du poste radio dès qu'il ne considère pas que ce dernier est un oscillateur forcé Je sais que lors que j'agis sur le bouton de recherche du poste l'élève n'établit pas nécessairement le lien entre la situation problème proposée et le phénomène de la résonance d'intensité lors.

Tableau T11A : Schème S'11A : Aide apportée pour faire la compréhension la situation problème proposée. Cas Ahmed.

#### 6.3.1.5 Une organisation en but et sous-buts du schème S'11A

Le schème convoqué par Ahmed est donc constitué d'un but et de deux sous-buts. Il traduit l'organisation de son activité telle que nous pouvons l'observer à partir de la Vidéo. Nous

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 6 : Organisation de l'activité de la situation problème par l'enseignant

allons, dans le paragraphe suivant, renseigner tous ses éléments constitutifs, puis nous modéliserons l'activité d'Ahmed dans laquelle apparaissent deux sous-butts.

En dévoilant le contenu des transcrits des enregistrements de la pratique de l'enseignant au sein de sa classe et précisément lors de la deuxième partie concernant la présentation de la situation problème, nous avons remarqué que l'organisation de l'activité de l'enseignant, concernant « le recours à l'explication de la situation problème proposée », pouvait être subdivisée en deux étapes que nous décrivons de la manière suivante.

Dans la première étape l'enseignant Ahmed a exemplifié par le poste radio « donc On va prendre un exemple// je veux utiliser un poste radio ». L'enseignant a commencé son activité par faire l'appel aux notions évoquées, au début de la séance de son TP, dans la partie de rappel tels que l'excitateur, le résonateur, oscillateur forcé et son dipôle RLC série, la tension excitatrice etc. Et au fur et à mesure, Ahmed a identifié certains éléments du poste radio tels que l'antenne, le circuit RLC et leurs rôles dans le phénomène de la réception des ondes. Nous notons ces notions en gras dans le tableau T12A suivant :

Temps	TP	Locuteur	Production verbale et non verbale
2'03	1	A	donc On va prendre un exemple je veux utiliser un poste radio // c'est-à-dire le poste radio émet des ondes et <b>il est à la base d'un circuit RLC</b> / c'est-à-dire l'antenne va recevoir les ondes envoyées par la station// l'onde elle crée aux bornes de l' <b>antenne</b> une <b>tension excitatrice</b> //c'est une tension sinusoïdale $U = U_{\max} \sin 2\pi Nt$ avec N est la fréquence de l'onde//puis que l' <b>oscillateur le dipôle RLC série</b> //il possède une fréquence propre $N_0$ égale à 1 sur 2 pi racine LC et la station joue le rôle d'excitateur de fréquence N//donc ici dans ce cas est ce que nous sommes dans le cas d'un <b>oscillateur forcé en régime sinusoïdale</b> //
2'49	2	E2	Oui
2'57	3	A	Oui//l'excitateur/ <b>mais qui est l'excitateur</b>
3'14	4	E2	La station
3'39	5	A	La station //et le <b>résonateur</b>

Tableau T12A Extrait de transcrit de la partie 2 : utilisation des notions évoquées dans le rappel

Ahmed demande à ses élèves s'ils sont dans le cas d'un oscillateur forcé en régime sinusoïdale « ici dans ce cas est ce que nous sommes dans le cas d'un oscillateur forcé en régime sinusoïdal ? ». Nous pouvons déduire de ce qui précède que :

Le sous but 1 de l'enseignant est de « montrer que le poste radio est un oscillateur forcé à base de circuit RLC ».

Sa règle d'action Ra1 est « L'enseignement demande à ses élèves s'ils sont dans le cas d'un oscillateur forcé ». Dans la deuxième étape de l'activité du recours à l'explication de la situation problème proposée, l'enseignant Ahmed continue à interagir avec ses élèves en posant des questions sur la manière de capter une station radio pour suivre ses émissions en disant « que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ? ». Surtout que, selon lui, « dans l'air il existe plus qu'une station et plusieurs ondes// le poste radio il va suivre si vous voulez suivre une émission //il va suivre qu'une seule chaîne donc on va voir par exemple // ». Pour attirer l'intention de ses élèves il fait tourner devant eux le bouton de recherche du poste radio. Ensuite a continué sa parole en disant « donc on peut choisir / on peut agir balader d'une chaîne à une autre ». Il revient à faire rappeler ses élèves que « le poste radio est un circuit RLC ». Il attendait d'eux faire le lien entre l'action sur le bouton de recherche de poste radio et ce circuit pour sélectionner une seule station. Pour cette raison, il a posé la question « comment vous expliquez qu'on puisse suivre une seule station par exemple Mosaïque FM// une parmi les autres ». L'élève E1 lui répond qu'on doit choisir une fréquence. Mais Ahmed veut savoir le « comment ». L'élève E1 répond « Fixer une station » alors que E2 a dit « Choisir une fréquence précise de station ». Alors l'enseignant a pris la parole en disant « Pratiquement on parle d'une fréquence choisie qu'on peut également la fixer ». Il attendait une réponse sur le « comment ? » Donc il est revenu sur une reformulation de la question « comment peut-on fixer le circuit RLC

En réalité le fait que simultanément agir sur le bouton de recherche et interagir avec ses élèves sur le « comment ? ». Nous fixons donc :

Le sous but2 « faire le lien entre le concept de la résonance d'intensité et le circuit RLC de poste radio à travers l'action sur son bouton de recherche »

La règle d'action Ra2 : demander à ses élèves « comment sélectionner plutôt une parmi plusieurs à partir d'un circuit bien sûr RLC ? ».

Une fréquence précise pour qu'on puisse suivre ses émissions ? ». Il a continué par la suite à interagir avec ses élèves comme l'indique le tableau T13A suivant :

Temps	Tdp	Locuteur	Production verbale et non verbale
5'55	12	A	Pratiquement on parle d'une fréquence choisie qu'on peut également la fixer// comment peut-on fixer le circuit RLC à une fréquence précise pour qu'on peut suivre ses émissions ?
6'02	13	E2	Cette fréquence est celle du générateur++de la station de l'excitateur//
6'12	14	A	Oui /oui
6'17	15	E2	Cette fréquence est posée par l'excitateur//
6'19	16	A	Cette fréquence est imposée par le générateur// quelle fréquence//
6'22	17	E2	Fréquence de la station
6'24	18	A	Fréquence de la station // mais comment
6'26	19	E2	Imposée par l'excitateur
6'28	20	A	Imposée par l'excitateur//donc est ce qu'on n'a qu'un seul excitateur dans l'espace ou dans les espaces // plusieurs excitateurs// oui ou non (il regarde ses élèves pour voir s'ils sont en accords avec lui// plusieurs excitateurs // Mosaïque FM par exemple Chams FM //il y a la RTCI expresse FM// il y a plusieurs stations et on a choisi une seule// on va fixer une seule//

Tableau T13A Extrait de transcrit de la partie 2 : Interaction Ahmed/élèves sur le « comment ?

#### 6.3.1.6 *Une modélisation en but et sous-buts de schème S'11A*

Nous regroupons dans le tableau ci-dessous le but et les deux sous buts pour mieux comprendre l'organisation de l'activité réalisée par Ahmed dans ce tableau, nous ne distinguons pas entre les théorèmes-en- acte et les concepts-en-acte qui représentent les constituants des invariants opératoires du schème. Car d'une part, les invariants opératoires ne sont pas toujours explicites ni conscients et d'autre part cette distinction ne nous semble pas apporter du plus sur la manière dont Ahmed organise son activité. C'est la formulation des éléments du schème, en particulier celui des règles d'action, qu'à mettre en évidence nécessairement.

But	Sous but	Inférences	Règle d'action	Invariants Opérateurs
Expliquer aux élèves la situation problème proposée	Montrer que le poste radio est un oscillateur forcé à base de circuit RLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si je lis je peux faciliter la compréhension du contenu de la situation problème proposée à l'élève</li> <li>- Si l'élève sait que le poste radio est un oscillateur forcé sinusoïdale alors il peut évoquer le concept de la résonance d'intensité :</li> </ul>	L'enseignant demande à ses élèves s'ils sont dans le cas un oscillateur forcé	- L'élève ne trouve pas le lien entre qu'il a fait et ce qu'il va faire.
	Évoquer le lien entre le concept de la résonance d'intensité et le circuit RLC de poste radio à travers l'action sur son bouton de recherche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si l'élève met en évidence le circuit RLC du poste radio et l'action sur le bouton de recherche alors il peut faire le lien entre le concept de résonance d'intensité et situation problème.</li> <li>- si l'élève connaît le rôle de l'antenne du poste radio dans la réception des ondes alors il peut comprendre l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche dans la sélection de ces ondes</li> </ul>	Demander à ses élèves « comment sélectionner plutôt une parmi plusieurs à partir d'un circuit bien sûr RLC ? »	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les élèves ne peuvent pas savoir les rôles du bouton de recherche du poste radio et du circuit RLC qui le contient pour capter une station ;</li> <li>- C'est difficile chez l'élève d'évoquer le phénomène de la résonance lors de l'action sur le bouton du poste radio dès qu'il ne considère pas que ce dernier est un oscillateur forcé</li> <li>- Je ne suis pas sûr que l'élève ait l'idée d'établir le lien entre la situation problème proposée et phénomène de la résonance d'intensité lors qu'on agit sur le bouton de recherche du poste radio.</li> </ul>

Tableau T14A : subdivision du but en deux sous buts

Nous notons que chaque but induit une nouvelle règle d'action. Nous modélisons l'activité d'Ahmed en comparant les anticipations pour chacun des buts. D'après notre analyse nous constatons l'enseignant attend de ses élèves qu'ils identifient l'oscillateur électrique forcé constitué par le dipôle RLC du poste radio. Ensuite il agit fréquemment sur le bouton de recherche de poste radio devant ses élèves en posant des questions tels que par exemple « comment peut-on fixer le circuit RLC à une fréquence précise pour qu'on peut suivre ses émissions ? », comment sélectionner plutôt une parmi plusieurs à partir d'un circuit bien sûr RLC ? ». Il attendait de ses élèves qu'ils mettent « en résonance le poste radio avec l'excitateur //c'est tout à fait ça// », dans le but d'évoquer le phénomène de la résonance. Nous pouvons dire que les anticipations de chaque but demeurent identiques. Par conséquent, il n'y a pas de nouveau schème et par là-même S'11A

initial s'écrira avec un but et dessous-buts correspondants à chaque nouvelle règle d'action. C'est bien le cas que nous avons décrit.

#### 6.3.1.7 *Conclusion*

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER1A « La majorité des élèves trouvent des difficultés de compréhension de la situation problème proposée par l'enseignant et son lien avec l'oscillateur forcé ». Nous pourrions considérer qu'il est de type didactique puisqu'il a lien avec le contenu du savoir de la résonance d'intensité. Nous avons déjà analysé la manière de réagir menée par l'enseignant dans le cadre de gérer d'une part la mise en œuvre de son activité au sein de la classe, et d'une autre part ses interactions avec ses élèves. L'analyse de cet événement nous a permis de construire deux schèmes S11A et S'11A et d'identifier ses éléments constitutifs.

Nous analysons dans la partie suivante un deuxième événement remarquable.

#### 6.3.2 **Analyse d'un événement remarquable ER2A : Interaction avec un seul élève**

Nous allons analyser un autre type d'événement remarquable nommé ER2A. Il s'agit d'un événement où « L'interaction de l'enseignant se limite pratiquement à un seul élève E2 au cours de son activité de l'explication de la situation problème ».

##### 6.3.2.1 *Description du contexte*

Dès qu'il a commencé son activité de présentation de la situation problème, Ahmed était conscient que ses élèves sont en difficulté de compréhension en disant « évidemment j'ai constaté qu'il y a des difficultés de compréhension ». Car selon lui ils ignorent « ce qu'ont fait en classe et ce qu'ils vont faire ». Alors il est en situation de blocage, qu'il lui oblige de changer le but de la présentation (schème S11A, p.170) par l'explication de la situation problème proposée (schème S'11A, p.170). Mais lors de l'organisation de son activité de l'explication, Ahmed a eu un comportement spécifique avec ses élèves. Donc il interagit fréquemment avec l'élève E2 de groupe 2 placés à sa gauche et parfois avec E1 de même groupe. Il arrive des moments où il ignore leurs réponses et continue son activité d'explication. En effet, pour assurer la continuité du déroulement de son activité, Ahmed a cherché à réaliser son action de questionnement d'une façon continue pour éviter probablement l'aspect chronophage de la DI.

##### 6.3.2.2 *Analyse de l'événement remarquable E R2A*

Nous pensons que la manière dont Ahmed interagit avec ses élèves au sein de la classe se fait dans le cadre de la régulation pour particulièrement, atteindre son but de l'explication de la situation problème, et généralement éviter la perte du temps durant sa pratique. Cependant

l'analyse de cet événement remarquable nous permet de construire une idée claire et nette sur la manière dont l'enseignant interagit avec ses élèves lors de la partie 2.

L'observation de la vidéo permet d'inférer sur l'organisation de l'activité de l'enseignant. Il a fondé la mise en pratique de son activité d'explication sur une série de questions posées à ses élèves interrompues de temps en temps par des allées et retour au poste radio pour agir sur son bouton de recherche. Il a cherché à travers les questions posées en premier lieu, au recours à l'appel de notions évoquées pendant la partie du rappel comme l'excitateur, la tension excitatrice, le résonateur etc. Et en deuxième lieu, d'utiliser ces notions pour expliquer le phénomène d'émission de l'onde sous prétexte que ses élèves ne le comprennent pas et que son utilisation est nécessaire pour faire comprendre le contenu de la situation problème. En troisième lieu, pour évoquer le lien entre cette situation proposée et le phénomène de la résonance d'intensité. Alors en passant d'une action à une autre, Ahmed pose une série de questions à ses élèves afin d'assurer la continuité de son activité d'explication et atteindre son but escompté. Cela explique pourquoi l'enseignant se limite à l'interaction avec l'élève E2 et parfois il passe à l'élève E1 du même groupe 2 placé à gauche de sa paillasse, alors que les autres le suivent. Et il arrive des moments où Ahmed ignore la réponse provenant de l'un de ces deux élèves en répondant lui-même à la question ou bien il pose une autre question. A titre d'exemple, nous décrivons dans le paragraphe suivant la manière dont Ahmed interagit avec ses élèves E1 et E2 lors d'une partie de son questionnement.

L'enseignant a commencé sa régulation par l'établissement du lien entre les notions évoquées lors de la partie du rappel et les éléments du poste radio tels que l'antenne et le circuit RLC dans le but d'expliquer le phénomène d'émission radio qu'il trouve nécessaire. Alors il a dit « c'est-à-dire le poste radio émet des ondes et il est à la base d'un circuit RLC ». Il a pris la fiche de TP pour lire puis il revient sur l'explication en disant : « c'est-à-dire le poste radio émet des ondes et il est à la base d'un circuit RLC // ». Après avoir repris la lecture, il a continué sa parole en disant « c'est-à-dire le poste radio émet des ondes et il est à la base d'un circuit RLC / (il revient pour lire puis il explique) c'est-à-dire l'antenne va recevoir les ondes envoyées par la station// l'onde elle crée aux bornes de l'antenne une tension excitatrice //c'est une tension sinusoïdale  $U = U_{\max} \sin 2\pi Nt$  avec N est la fréquence de l'onde// ». Il est revenu de nouveau sur la lecture et ses élèves le suivent sur leurs fiches. Il fait de son mieux pour mettre en évidence à ses élèves le lien entre ce qu'il fait dans le rappel concernant le concept d'oscillateur électrique forcé et l'utilité du circuit RLC contenue dans le poste radio. Pour confirmer ce lien, il a posé la question en disant « ici dans ce cas est-ce que nous sommes dans le cas d'un oscillateur forcé en régime

sinusoïdale ? // ». Mais pas de réponse et un silence s'installe entre les élèves. Alors il a reposé la même question pour la deuxième fois.

Enfin l'élève E2 lui répond brièvement par un « oui ». Alors il continue son activité par cette réponse sans être sûr que tous ses élèves sont conscients qu'il s'agit du cas d'un oscillateur forcé en régime sinusoïdal. L'essentiel pour lui c'est qu'il assure la continuité de son activité et le suivi de la planification de la séance. Par la suite, il a passé directement à identifier l'excitateur en disant « Oui//l'excitateur/ mais qui est l'excitateur ? ». Rapidement le même élève E2 lui répond « la station ». Evidemment avec une réponse juste, l'enseignant continue à faire avec « La station //et le résonateur ». Alors une interaction « bipolaire » commence à s'installer entre Ahmed et son élève E 2 qui précipite tout seul à répondre « Le circuit euh // ». C'est une réponse incomplète donnée par cet élève puisqu'il n'a pas précisé qu'il s'agit d'un circuit RLC. Sans hésitation ou commentaire l'enseignant a pris la parole en disant « Le circuit RLC ». Ensuite il a passé à rappeler ses élèves de la question de recherche de la situation problème proposée au début de la partie 2 « donc la question que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ? // ». Pour orienter ses élèves vers la réponse de cette question, il traite la notion de la sélection des chaînes reçues en agissant sur le bouton du poste radio « on peut choisir// on peut agir/ balader d'une chaîne à une autre sachant que euh// ». Soudain l'élève E1 intervient pour interagir avec son enseignant en disant « la fréquence ». tout de suite Ahmed reprend son explication tout en ignorant l'intervention de son élève « Que // le poste radio est un circuit RLC //alors comment vous expliquez qu'on puisse suivre une seule station par exemple Mosaïque FM une parmi les autres ?// ». L'élève E2 intervient pour répondre « Choisir une fréquence// ». La satisfaction à cette réponse encourage Ahmed à continuer son interaction avec cet élève E2. Pour ce faire il l'a interrogé sur la manière de choisir la fréquence par un « comment ». E2 lui répond « Choisir une fréquence précise de ». L'enseignant fixe le regard à E2 on dirait qu'il attendait un plus. Alors E1 intervient en disant « Fixer une station ». Nous pensons que l'enseignant n'attendait pas cette réponse qu'elle pourrait perturber le déroulement de son activité. Pour cette raison, Ahmed néglige ce qui a dit E1 et il revient à la réponse de E2 qu'il trouve plus proche en disant « Pratiquement on parle d'une fréquence choisie qu'on puisse également fixer// comment peut-on fixer le circuit RLC à une fréquence précise pour qu'on peut suivre ses émissions ? ». En fait, le point concernant la réponse de E2 sur le choix d'une fréquence précise a été évoquée lors de l'autoanalyse croisée. Ahmed a expliqué sa réaction vis-à-vis de la réponse en disant « j'ai voulu prendre l'idée de l'élève qui a dit qu'on va chercher une fréquence // en fait c'est une fréquence particulière ». Ainsi il l'a exploité pour montrer à ses élèves « qu'il Ya a plusieurs excitateurs dans l'air dont on va chercher un ».

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 6 : Organisation de l'activité de la situation problème par l'enseignant

Nous avons remarqué qu'au cours des moments d'interaction avec ses élèves, l'enseignant se focalise sur les réponses prévenantes de E2. Il arrive des instants où il y avait une tension entre les deux. Donc nous considérons cet événement remarquable comme un incident critique. Nous représentons dans le tableau T15A suivant (voir annexe C6A1A TableauT15A) un extrait synopsis montrant l'interaction de l'enseignant lors qu'il a essayé en premier lieu, de mettre en évidence le lien entre le concept du phénomène de la résonance d'intensité et l'action sur le bouton de recherche du poste radio et en deuxième lieu d'évoquer le concept de l'émission et réception de l'onde radio en suivant une stratégie de question/réponse.

Locuteur	Productions verbales
A	Qui est l'excitateur
E2	Euh //la station //
A	Et le résonateur
E2	Le circuit euh //
A	Le circuit RLC // voir par exemple // (en faisant tourner le bouton du poste radio) on peut choisir //on peut agir//on peut balader d'une chaîne à une autre sachant que euh//
E1	La fréquence
A	Que //le poste radio est un circuit RLC //.....//
E2	Cette fréquence est celle du générateur /de la station de l'excitateur//
A	Oui /oui
E2	Cette fréquence est imposée par l'excitateur//
A	Cette fréquence est imposée par le générateur//mais quelle fréquence //
E2	Fréquence de la station
A	Mais comment
E2	Imposée par l'excitateur//
A	Donc (il revient à la question principale) //est ce qu'on n'a qu'un seul excitateur dans l'espace ou plusieurs excitateurs// oui ou non // (il répond lui-même à la question) il existe plusieurs excitateurs //Mosaïque FM par exemple Chams FM //il y a la RTCI expresse FM// il y a plusieurs stations et on a choisi une seule// on va fixer une seule//
E2	Comment sélectionner plutôt une parmi plusieurs à partir d'un circuit bien sûr RLC//
A	Ne répond pas

Tableau T15A : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves

D'après le tableau précédent, nous pouvons déduire que l'enseignant interagit fréquemment avec son élève E2 et parfois avec E1. Et il arrive des moments où Ahmed ignore la réponse de son élève sans donner des commentaires, tels que par exemple l'intervention d'E1 en

disant « la fréquence ». Dans d'autres moments il accepte la réponse reçue même si elle est incomplète, telle que celle de E2 « le circuit RLC ». Ou bien Il répond lui-même à la question qui l'a posée telle que celle sur le nombre des excitateurs dans l'espace. L'essentiel pour lui c'est qu'il assure la continuité de son activité et le suivi de la planification de la séance.

Pendant l'entretien d'auto-confrontation simple, Ahmed a été interrogé sur les origines des difficultés rencontrées lors de ses interactions avec ses élèves. Selon lui « la notion de la situation problème est nouvelle pour les élèves » et il pense qu'il est obligé de leur rappeler « pour mettre les points sur les i », car « ils n'ont aucune idée sur la méthode suivie dans de ce TP ».

### 6.3.2.3 Identification des schèmes

A partir de ce que nous avons analysé précédemment nous pouvons préciser le but recherché par l'enseignant ainsi que la règle d'action Ra.

But : « Eviter la rupture du déroulement de son activité. »

Règle d'action Ra : Demander aux élèves comment sélectionner une station parmi d'autres.

### 6.3.2.4 Représentation de schème S21A

Nous organisons l'activité d'explication de la situation problème proposée sous l'angle de l'interaction de l'enseignant avec ses élèves dans le schème S. Pour cette raison nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau T16A suivant :

Schème S21A : Suivre le déroulement de la séance	
<b>But</b>	Eviter la rupture du déroulement de son activité
<b>Inférences</b>	Si je reçois une réponse non attendue à ma question posée alors je néglige et j'attends une autre juste ou bien je réponds moi-même ; Si un élève ne répond pas à ma question alors il peut être non habitué à la notion de la situation problème ; Si un élève donne une réponse insuffisante alors je la complète et je fais avec pour avancer dans mon activité.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves comment sélectionner une station parmi d'autres.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que la notion de situation problème est nouvelle pour les élèves ; Je sais que les élèves n'ont aucune idée sur la méthode suivie dans de ce TP ; Je sais que je dois rappeler à chaque fois la question de la situation problème pour éclaircir les idées chez les élèves.

Tableau T 16A : Schème S21A : suivre la planification de la séance. Cas Ahmed

Nous modélisons l'activité d'Ahmed en comparant les anticipations à son but visé. D'après notre analyse nous constatons que l'enseignant attendait de ses élèves qu'ils évoquent certaines conceptions initiale sur le concept de l'émission et de la réception d'une onde radio sur lequel ils devraient s'appuyer pour identifier les rôles de l'antenne et du circuit RLC ( oscillateur

électrique) d'un poste radio .Afin que ses élèves puissent introduire le concept de la résonance d'intensité et comprendre la situation problème proposée. L'analyse de croisement entre des inférences de des données filmées et des données des entretiens concernant cet événement remarquable, nous permis de déduire les inférences, ainsi d'identifier les connaissances professionnelles mises en jeu (voir chapitre 9).

#### 6.3.2.5 *Conclusion*

Nous rappelons que l'événement remarquable ER2A nommée « L'interaction de l'enseignant qui se limite pratiquement à un seul élève E2 au cours de son activité de l'explication de la situation problème » est considéré comme un type de chronophage. Nous avons déjà analysé la manière de réagir menée par l'enseignant dans le cadre de gérer d'une part la mise en œuvre de son activité au sein de la classe, et d'une autre part ses interactions avec ses élèves. Devant un scénario pédagogique à mettre en œuvre, un temps didactique, d'une heure et demie, à ne pas dépasser et la pratique de la DI pour la première fois, Ahmed a pris la décision d'interagir avec ses élèves d'une manière particulière pour qu'il puisse terminer son TP à l'heure. Pour cette raison, nous pourrions classer cet événement de type de planification de la séance.

Les résultats de cette étude nous ont permis de construire le schèmes S21A et d'identifier ses éléments constitutifs.

### 6.3.3 **Analyse d'un événement remarquable ER3A : concept d'émission et de réception de l'onde radio**

Il s'agit d'un événement où « l'enseignant explique l'émission et la réception de l'onde radio en mobilisant ses connaissances professionnelles », nommée ER3A.

#### 6.3.3.1 *Description du contexte*

Dès qu'il a proposé la situation problème, Ahmed a « constaté qu'il y a des difficultés de compréhension ». En fait, il est conscient que ses élèves sont en situation de blocage en disant « Au début de la séance savais déjà que mes élèves n'allaient pas comprendre ce que nous compterons présenter ». En effet , selon l'enseignant les élèves ne savent pas de « ce qu'ils font et ce qu'ils vont faire en classe //et pourquoi j'ai demandé cette question au début de la séance » .Il trouve la nécessité d'introduire la notion d'émission et de réception de l'onde radio pour qu'il puisse expliquer le situation problème .Alors, il a commencé à parler des ondes stimulantes qui excitent l'antenne .Il considère que cette partie n'est pas connue chez ses élèves en disant « je voulais parler avant de la tension excitatrice je veux parler des ondes qui stimulent et excitent l'antenne // les élèves ne connaissent pas cette partie ».Donc selon lui il a «essayé d'expliquer

cette partie convenablement » pour qu'ils commencent à comprendre le situation problème. Il voit que l'intérêt de cette dernière consiste en première partie en l'excitation que subi l'antenne comme excitateur et en deuxième partie en le résonateur. Mais les élèves sont incapables de comprendre ce qui se passe pour l'onde radio avant d'arriver à l'antenne en disant « avant l'arrivée à l'antenne les élèves ne peuvent pas l'expliquer ».

Le point de mobilisation, des connaissances professionnelles de la part de l'enseignant a été évoqué lors de l'auto-analyse croisée où Férid interroge son collègue en disant « vous essayez donc de donner à vos élèves quelques informations en ce qui concerne le concept de l'émission ? ». Alors Ahmed lui répond en montrant la séquence « oui dans ce cas je vois qu'il est intéressé d'ajouter quelques informations et au moment donné on passe de l'idée que je l'ai préparé mais momentanément j'ai voulu que les élèves comprennent la notion de l'excitation ».

### 6.3.3.2 *Analyse de l'événement remarquable ER3A*

A la suite de la proposition de la situation problème Ahmed s'est rendu compte que ses élèves sont en difficulté car ils ignorent le lien entre « ce qu'ils ont fait », c'est-à-dire dans la partie du rappel, et « ce qu'ils vont faire ». Ils sont donc dans une situation de blocage. Alors dans le cadre de régulation l'enseignant a pris la décision d'aider ses élèves à comprendre le contenu de la situation problème proposée. Selon Ahmed, il est nécessaire pour lui d'expliquer le phénomène d'émission d'onde radio, sous prétexte qu'ils sont incapables de « comprendre l'excitation » de l'antenne. Dans ce cas, il a mobilisé ses connaissances professionnelles pour accomplir son action. L'idée de penser à la notion d'émission a été spontanée « je l'ai préparé mais momentanément ».

Ahmed a commencé son activité d'explication de l'émission d'onde radio en disant « je veux utiliser un poste radio ». Il se dirige vers ce dernier et placé sur sa paillasse et commence à le faire fonctionner tout en agissant sur le bouton de recherche. Il cherche à montrer qu'on peut entendre des émissions prévenantes de diverses stations d'une façon claire et nette. Ensuite il a assimilé ces émissions à des ondes reçues en disant « vous savez très bien que les postes radio reçoivent des ondes ». Puis il reprend la parole pour continuer la description du trajet de l'onde « les ondes attendent//là » en ciblant son doigt vers l'antenne. Il a pris sa fiche pour lire la situation problème à haute voix tout en continuant l'explication. Il veut mettre en évidence le rôle de l'antenne « excitée » dans la réception de l'onde radio ». En utilisant quelques informations sur l'émission pour réaliser son action en disant « c'est-à-dire le poste radio reçoit des ondes et il est à la base d'un circuit RLC//c'est-à-dire l'antenne va recevoir les ondes envoyées par la station// l'onde elle crée aux bornes de l'antenne une tension excitatrice //c'est une tension sinusoïdale  $U = U_{\max} \sin 2\pi Nt$  avec N est la fréquence de l'onde ».

6.3.3.3 *Identification des schèmes*

La stratégie de l'enseignant est d'expliquer la notion de d'émission de l'onde radio qui manque chez ses élèves pour qu'ils puissent connaître ce qui se passe à l'onde radio émis par la station et reçue par le poste radio tout en excitant l'antenne. L'essentiel pour Ahmed c'est que « les élèves puissent comprendre l'excitation de l'antenne ». Alors à partir de ce que nous avons analysé précédemment, nous pouvons préciser le but de l'enseignant ainsi que la règle d'action Ra de la manière suivante :

But : « Aider les élèves à comprendre l'excitation de l'antenne par l'onde radio émis par une station ».

Règle d'action Ra : Demander aux élèves s'ils savent que les postes radios reçoivent des ondes émises par des stations.

6.3.3.4 *Représentation de schème S31A*

Nous organisons l'activité de l'explication de situation du problème proposée en s'appuyant sur l'interaction de l'enseignant avec ses élèves dans le schème S. En effet, nous identifions ses éléments constitutifs en les regroupant dans le tableau T17A suivant :

<b>Schème S31A : Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à comprendre l'excitation de l'antenne par l'onde radio émis par une station.
<b>Inférences</b>	Si j'explique la notion d'émission de l'onde radio l'élève peut comprendre le contenu de la situation problème proposée Si un élève sait que si l'antenne est excitée par une onde émise par une station alors il peut la recevoir en agissant sur le bouton de recherche de poste radio
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves s'ils savent que les postes radios reçoivent des ondes émises par des stations
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais qu'il y a des élèves qui ne comprennent pas la notion d'émission d'une onde radio ; Je dois expliquer la notion de l'émission de l'onde radio pour que les élèves puissent comprendre l'excitation de l'antenne ; Je sais que je dois agir sur le bouton de la recherche de poste radio pour que les élèves puissent saisir la réception des émissions émises par des stations.

Tableau T17A : Schème S31A : Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio. Cas Ahmed

L'analyse précédente (p181), nous permet de modéliser l'activité de l'enseignant en comparant les anticipations à son but visé.

Ahmed a commencé son activité d'explication par exemplifier par le poste radio en disant «je veux utiliser un poste radio ». Il attendait de ses élèves qu'ils évoquent la notion de l'émission d'onde radio prévenante de diverses stations et sa réception par l'antenne de poste radio d'une

façon claire et nette. De ce fait nous pouvons introduire le concept de la résonance « c'est-à-dire le poste radio reçoit des ondes et il est à la base d'un circuit RLC//c'est-à-dire l'antenne va recevoir les ondes envoyées par la station// l'onde elle crée aux bornes de l'antenne une tension excitatrice. ».

Le croisement entre la vidéo de la séance et les vidéos des entretiens nous permet de déduire les inférences. L'enseignant commence son activité de régulation par exemplifier par le poste radio en montrant la relation de ce dernier avec le phénomène de l'émission « vous savez très bien que les postes radio reçoivent des ondes ». Ainsi pour mettre en évidence le rôle de l'antenne, il l'a ciblée avec son doigt en disant « les ondes atteignent//là ». En plus Ahmed a pris à lire la situation problème à haute voix tout en continuant l'explication en mobilisant des connaissances professionnelles.

#### 6.3.3.5 Conclusion

En effet l'enseignant a pris la décision d'expliquer tout d'abord le phénomène d'émission et de réception de l'onde radio avant d'aborder celle de la situation problème. Alors Ahmed a mobilisé ses connaissances professionnelles (voir chapitre 9) pour réaliser son action d'explication. Nous commençons par la description du contexte de cet événement puis nous l'analysons suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant. Les résultats de cette analyse nous a permis de construire le schème S31A et d'identifier ses éléments constitutifs.

Ahmed est conscient que ses élèves sont en situation de blocage en disant « Au début de la séance j'ai pensé que mes élèves ne vont pas comprendre que nous avons présenté » puis qu'a « constaté qu'il y a des difficultés de compréhension ». Alors Il trouve la nécessité d'introduire la notion d'émission et de réception de l'onde radio pour qu'il puisse expliquer le situation problème en classe //et pourquoi j'ai demandé cette question au début de la séance ». Il trouve la nécessité d'introduire la notion d'émission et de réception de l'onde radio pour qu'il puisse expliquer le situation problème sous le prétexte qu'ils sont incapables de « comprendre l'excitation » de l'antenne. Cela nous permet de confirmer la typologie pédagogique de l'événement remarquable ER3A. L'analyse de cet évènement nous amène à déduire que Ahmed a mobilisé ses connaissances professionnelles pour accomplir son action sous prétexte que l'idée de penser à l'introduction de la notion d'émission a été spontanément « je l'ai préparé mais momentanément ».

Nous notons que nous avons déjà analysé la manière de réagir menée par l'enseignant dans le cadre de gérer d'une part la mise en œuvre de son activité au sein de la classe, et d'une autre part ses interactions avec ses élèves.

### 6.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié l'organisation de l'activité de la situation problème des deux enseignants Férid et Ahmed. Cette étude nous a amené d'identifier les schèmes modélisants leurs activités et ses éléments constitutifs. Nous rappelons que notre analyse d'activité est faite suivant trois types d'événements remarquables : didactique, pédagogique et chronophage. Nous notons que lors de leurs pratiques les deux enseignants ont mobilisé des connaissances professionnelles dont nous allons les traiter dans le chapitre 9 (typologie des invariants opératoires et des inférences). Pour mettre en relief les résultats obtenus nous les regroupons dans le tableau récupératif suivant :

**Tableau récupératif du résultat**

Enseignant	Evénements remarquables	Schèmes construits	Typologie des événements remarquables
Férid	ER1F	S11F et S'11F	Pédagogique
	ER2F	S21F	Chronophage
	ER3F	S31F	Didactique
Ahmed	ER1A	S11Aet S'11A	Didactique
	ER2A	S21A	Chronophage
	ER3A	S31A	Pédagogique

Tableau 6.1 : Résultats de l'analyse de l'organisation de l'activité de la situation problème par Férid et Ahmed

**Chapitre 7 :**

**Organisation de l'activité de  
formulation des hypothèses par  
l'enseignant**

## 7.1 Introduction

Nous analysons dans ce chapitre les manières dont Férid et Ahmed ont organisé leurs activités au sein de la classe et plus précisément lors de la formulation des hypothèses. Nous essayons dans ce qui suit de choisir tout d'abord un événement remarquable (voir annexe extrait du synopsis de partie3) en se basant sur leurs typologies : pédagogique, didactique et chronophage. Ensuite nous essayons de les analyser afin d'établir une vision claire sur l'organisation de l'activité de l'enseignant et par là-même d'identifier les éléments constitutifs des schèmes correspondants. Nous réalisons notre travail d'analyse pour les deux enseignants : Férid et Ahmed.

## 7.2 Hypothèse : Cas de Férid

En s'appuyant sur le scénario pédagogique (chapitre5 de méthodologie) et le suivi du déroulement de la pratique de l'enseignant (annexe) nous notons que Férid n'a pas respecté l'ordre de ces trois scènes. Alors il a débuté par la proposition de la liste du matériel puis il a passé à la formulation des hypothèses pour terminer la partie 3 par la proposition de schéma de montage.

### 7.2.1 Analyse d'un événement remarquable ER4F

Il s'agit d'un événement où « Les élèves ont des difficultés dans le choix de la liste du matériel ». En fait, le choix du matériel est en liaison avec le savoir scientifique à étudier tel que la résonance d'intensité. Donc nous pourrions dire qu'il est de type didactique En effet l'étude de cet événement nous oblige tout d'abord à décrire son contexte puis à analyser suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant.

#### 7.2.1.1 Description du contexte

Férid a débuté la partie 3 par des hypothèses en rappelant à ses élèves « qu'il s'agit d'un circuit RLC série excité par une tension alternative sinusoïdale ». Puis il leur a demandé de proposer une liste du matériel convenable pour chaque groupe, tout en les conseillant de travailler collectivement. Les élèves prennent un certain temps pour réfléchir attentivement. La majorité d'entre eux ont choisi les éléments résistor bobine et condensateur de circuit résonateur. Férid demande à ses élèves quels autres matériels doivent-ils ajouter. En réalité, l'observation de l'enregistrement vidéo nous montre qu'ils sont étonnés. Un silence s'installe dans la salle ce qui pourrait expliquer qu'ils sont en situation de blocage. Pour bien orienter leurs choix, Férid intervient pour rappeler à ses élèves sur ce qu'il a expliqué dans la partie de 2 concernant la proposition de la situation problème et plus précisément les grandeurs physiques à varier lors de l'action sur le bouton de recherche de poste radio. Il a dit « qu'est-ce qu'on sait finalement

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

lorsqu'on fait agir sur ce bouton de poste radio ? // qu'est-ce qu'on fait varier finalement lorsqu'on agit sur ce bouton afin d'atteindre le signal ? Afin d'attendre quoi ? ». E1 interagit avec son enseignant en disant « pour atteindre la fréquence « alors que les autres élèves les suivent en silence. Tout d'un coup il s'est rendu compte qu'il est en train d'évoquer avec ses élèves les grandeurs physiques à varier et non plus les éléments de la liste du matériel .Alors il a fait un certain recul et il a réalisé qu'il ne s'agit pas de l'objectif de la scène S2 (Proposition du matériel). Et il a repris sa demande une autre fois « tout d'abord vous allez proposer le matériel// et vous devez proposer la liste de matériel qui va permettre d'étudier ce phénomène //allez-vous proposer la liste de matériel ».Et pour faciliter la tâche du choix de matériel chez ses élèves il les invite en disant « vous avez un matériel à votre disposition. ». Les deux élèves les plus motivés de la classe E1 et E'1 et qui sont de même groupe G1 entre dans un débat alors que le reste du groupe les suivent en silence.E1 a dit « Il faut un ampèremètre pour mesurer l'intensité efficace et puis on calcule l'intensité maximale ».Alors que E'1 précise la nécessité « d'un excitateur ».En suivant ces deux élèves Férid est satisfait de leurs tâches réalisées et leur demande de noter la liste en disant « Alors si vous êtes d'accord sur la liste du matériel vous allez la noter ». E1 commence par la suite à dicter la liste de matériel à ses collègues de son groupeG1 « on a un générateur de basse fréquence un dipôle RLC qui contient condensateur un résistor et une bobine//puis un dispositif qui permet de mesurer l'intensité efficace / l'ampèremètre ». Alors Férid se dirige vers le groupe G1 et sans vérifier ce qu'il y a dans leur liste), il demande « ça ira ? est-ce que vous êtes d'accords sur toute la liste ? ». Ainsi il les invite à faire un débat pour sélectionner en fin « la liste du matériel qu'on doit utiliser pour étudier le phénomène de la résonance d'intensité ». Nous présentons une partie de ce débat dans le tableau T18A suivant :

TP	Temps	Locuteur	Productions verbales et non verbales
60	12'29	F	Je veux commencer par le début// vous avez choisi quel matériel ?
61	12'40	E'1	Un générateur un condensateur
62	12'42	F	(Il n'a pas bien entendu E'1) vous avez choisi quoi ?
63	12'47	E1	Un générateur de basse fréquence
64	12'49	F	Un générateur de basse fréquence pour jouer le rôle de quoi ?
65	12'57	E1	Excitateur
66	12'59	E'1	Un dipôle RLC qui est formé par une bobine un condensateur et un résistor
67	13'02	F	Effectivement le circuit RLC et un ampèremètre //

Tableau T18A : extrait de transcription : débat sur la liste de matériel entre Férid et ses élèves E1 et E'1

Nous pourrions noter que l'enseignant vis-à-vis de matériel s'est contenté de la liste du matériel du groupe G1 notamment de la présence de l'élément ampèremètre. Ainsi pour s'assurer que tout va bien chez l'autre groupe G2, il demande « et pour le groupe G2 est ce que vous avez choisi l'ampèremètre ». En fait, un seul élève E2 lui a répondu par un bref « oui » alors les autres collègues observent Férid avec une certaine ignorance et sans aucune réaction. L'enseignant continue dans ce cas à interroger cette même élève E2 en demandant l'utilité de l'ampèremètre. Alors cette dernière indique que ce dispositif sert à mesurer l'intensité. Tout à coup un élève E1 de l'autre groupe G1 intervient en précisant qu'il s'agit de l'intensité efficace. Cependant Férid est attiré par la réponse de ce dernier élève et il revient au groupe G1 sans même lire la liste de G2 qui demeure en situation de blocage. Il cite la liste du matériel en disant « alors GBF un circuit RLC et puis un ampèremètre pour mesurer l'intensité efficace // ». Ensuite il demande « si on ne dispose pas de l'ampèremètre et si l'on veut étudier la variation de l'intensité efficace ? » dans ce cas E1 lui a répondu « On peut disposer un oscilloscope pour étudier l'intensité en fonction de UR ». Férid corrige la réponse de son élève en précisant que l'oscilloscope sert à mesurer la tension aux bornes de résistor. La proposition de l'utilisation d'un oscilloscope pour étudier la variation de l'intensité a créé une tension entre Férid et ses deux élèves E1 et E'1 de G1. Ainsi cette tension nous amène à de considérer cet événement remarquable comme un incident critique. Nous représentons dans le tableau T19A suivant un extrait de synopsis montrant les tensions entre Férid et ses élèves pendant les moments d'identification des grandeurs à varier lors de la formulation des hypothèses :

Locuteur	Productions verbales
F	Si on ne dispose pas l'ampèremètre et on veut étudier la variation de l'intensité efficace qu'est-ce doit utiliser//
E1	On peut disposer d'un oscilloscope pour étudier l'intensité en fonction de UR
F	On dispose d'un oscilloscope pour mesurer la tension aux bornes de résistor (en répétant la réponse de E1) //
E1	Puis qu'ils sont proportionnels (c'est-à-dire I et UR) //
F	//...//comment peut-on étudier la variation I efficace // à partir de I max (en répondant lui-même à la question) //
E1	$U_{\max}$ est égale à R I <sub>max</sub>
F	F ignore l'intervention de E1 et il écrit sur le tableau la même relation de la loi d'Ohm ( $I = u_R / R$ ) mais en mode du courant continu
E'1	Puisque R et I sont deux grandeurs proportionnelles
F	Si on veut déterminer I <sub>max</sub> // on détermine $U_{\max}$ et si on veut déterminer I efficace on utilise I <sub>max</sub> et la divise par//...// (en absence de réponse) alors maintenant si on ne se dispose pas d'un ampèremètre et d'un oscilloscope Comment peut-on déterminer l'intensité efficace I ou bien I max//il n'y a plus d'oscilloscope et non plus l'ampèremètre //

E1	On utilise un voltmètre
F	C'est l'utilisation d'un voltmètre aux bornes de résistor pour déterminer $U_{max}$ // et par la suite nous déduisons la valeur de $I_{max}$ //

Tableau T19A : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves

Au terme de son débat, Férid a écrit sur le tableau et tout en citant les méthodes capables de déterminer l'intensité que ce soit  $I$  efficace ou bien  $I_{max}$  en disant « donc on peut utiliser un voltmètre pour mesurer la tension efficace  $U_R$  afin de déterminer  $I$  efficace //en utilisant la loi d'Ohm  $U_R = RI$  // on peut chercher  $I$  ainsi  $I_{max}$  // donc cette méthode capable de déterminer l'intensité que ce soit  $I$  efficace ou bien  $I_{max}$  ». On déduit alors que les élèves ont eu du mal à choisir la liste adéquate du matériel dès le début de la scène S1. Notons que ces élèves n'ont pas encore formulé les hypothèses. A ce moment-là, Férid a pris la décision de réaliser une régulation rétroactive de l'activité ayant une structure organisée comme nous allons la décrire dans ce qui suit : L'enseignant a commencé d'abord par influencer le choix de ses élèves en présentant le matériel devant eux, et en montrant le schéma du circuit RLC en série avec le GBF qu'il a dessiné sur le tableau au début de la partie 1 de rappel. Puis il a guidé ses élèves afin qu'ils ajoutent un appareil de mesure permettant d'étudier la variation de l'intensité efficace ou bien l'intensité maximale telle que l'ampèremètre, l'oscilloscope ou le voltmètre.

#### 7.2.1.2 Analyse de l'événement remarquable ER4F

Dès le début de la première scène concernant la proposition de la liste de matériel l'enseignant est conscient qu'il existe une certaine difficulté présentant un obstacle pour le déroulement de son activité. Cette idée est identifiée lors des entretiens simples et croisés. Selon l'enseignant le circuit RLC est connu chez les élèves puis qu' « ils ont réalisé pas mal de fois ce même circuit RLC au cours des séances précédentes// c'est le même circuit utilisé pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés //nous avons par exemple utilisé l'oscilloscope pour visualiser la tension excitatrice ». Il considère que l'identification des éléments de ce circuit est parmi les « acquis » pour ses élèves. Mais Férid confirme qu'il y a des difficultés rencontrées par ses élèves pour qu'ils puissent choisir l'appareil des mesures convenables permettant d'étudier la variation de l'intensité efficace  $I$  ou bien l'intensité maximale  $I_{max}$  « mais tout simplement j'ai rencontré des difficultés des appareils des mesures <...> //si on utilise un ampèremètre si non on utilise un voltmètre ».

L'analyse de la pratique de l'enseignant lors de la proposition du matériel nous a permis de détecter deux moments d'influence exercés par Férid sur ses élèves lors de l'identification des éléments de la liste. Ces deux moments sont les suivants :

- Premier moment d'influence : Il a eu lieu dès le début de la séance lors que Férid a dessiné le

schéma de montage sur le tableau lors de la première partie concernant le rappel. Nous rappelons que ce schéma est composé par un circuit RLC (un résistor de résistance  $R$ , une bobine d'inductance  $L$  et un condensateur de capacité  $C$ ) en série avec un générateur à basse fréquence GBF. Ce point a été évoqué lors de l'entretien croisé lorsque son collègue Ahmed l'a interrogé sur la cause de réaliser la tâche de dessin du circuit sur le tableau. Alors il a répondu en disant « comme j'ai déjà dit ils sont habitués de ce montage et à le réaliser //il est déjà utilisé pas mal de fois dans les oscillations électriques amortie ».

- Deuxième moment d'influence : il a eu lieu lorsque Férid a présenté le matériel sur sa paillasse en disant « vous avez un matériel à votre disposition ».

Nous pourrions dire qu'il s'agit bien de deux moments d'influences assez forts sur le choix fait par l'élève ce qui explique l'identification du résistor  $R$ , de la bobine, du condensateur et de GBF faite par presque tous les élèves. Nous pourrions même dire que certains entre eux ont copié ce qui se trouve sur le tableau sous le prétexte que le schéma de circuit est ordinaire et déjà vu au paravent pas mal de fois « c'est le même circuit utilisé pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés ». Selon l'enseignant, les élèves sont appelés à proposer une liste du matériel correcte et en même temps complète. Mais l'identification de l'ampèremètre comme un appareil de mesure de l'intensité du courant n'est pas réalisée par les élèves. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'ils ignorent les grandeurs physiques à varier et les autres grandeurs à mesurer ? Nous rappelons que Férid n'a pas suivi l'ordre des scènes de la partie des hypothèses indiquées dans le scénario pédagogique.

Nous notons qu'au terme du débat réalisé par l'enseignant ,uniquement avec les deux élèves E1 et E'1 de groupe G1, Férid a imposé la liste du matériel .Il l'a cité à ses élèves et l'a écrite sur le tableau en disant « alors GBF un circuit RLC et puis un ampèremètre pour mesurer l'intensité efficace» et tout en ignorant la proposition des élèves du deuxième groupe G2 .Ce point est évoqué lors de l'entretien simple en disant « pour moi je n'ai pas laissé le choix au élèves de chercher la matériel tous seuls puisqu'ils savent le circuit RLC série ». Il a justifié son action par le fait que laisser l'élève choisir des matériels qui sont des acquis et « ça dépend du temps tout simplement ». Il nous a ajouté ainsi que ses élèves savent qu' « il s'agit d'étudier le phénomène de la résonance d'intensité» et pour atteindre ce but ils sont appelés à « mesurer l'intensité en fonction de la fréquence  $N$  avec des différents moyens / avec le voltmètre ou l'ampèremètre ».

L'enseignant Férid est conscient que ses élèves ont trouvé deux types de difficultés :

- Des difficultés dans l'identification des éléments de la liste du matériel et plus précisément l'ampèremètre.

Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

- Des difficultés dans l'identification des appareils des mesures pouvant remplacer l'ampèremètre dans le cas où il y a des « problèmes du matériel qu'on peut les rencontrer ».

Au terme de notre analyse nous essayons de décrire la régulation réalisée par l'enseignant pour que ses élèves puissent dépasser ces deux types de difficultés :

Concernant le premier type de difficultés rencontrés par les élèves Férid a pris la décision de réguler tout d'abord en influençant par la représentation du schéma du circuit (premier moment d'influence) et par la présentation des matériels sur sa paillasse (deuxième moment d'influence). Ensuite il a imposé la liste du matériel et l'a citée à ses élèves tout en ajoutant l'élément ampèremètre. Enfin il l'a écrit sur le tableau.

Concernant le deuxième type de difficultés et sous prétexte que « L'élève ne doit pas être bloqué si il a par exemple un ampèremètre qui ne marche pas//alors il doit chercher un voltmètre un oscilloscope pour réaliser son travail demandé //et atteindre les objectifs visés pendant la durée du temps inscrite dans le scénario» .Férid a dévoilé , et dans le cadre d'une régulation ,les modes de mesures indirectes de l'intensité du courant «j'ai déjà insisté sur les différentes méthodes utilisées pour mesurer l'intensité du courant // variant la fréquence du GBF// si on dispose d'un ampèremètre //si non un voltmètre ou bien un oscilloscope».

7.2.1.3 *Identification des schèmes*

D'après l'analyse précédente et en se référant à la définition analytique des schèmes, nous remarquons qu'entre l'activité de proposition de la liste de matériel nécessaire pour la partie expérimentale et celle de la précision des appareils de mesure permettant d'étudier la variation de l'intensité du courant, l'enseignant change de but. Donc nous pouvons identifier deux schèmes correspondants aux deux buts différents formulés par Férid. Nous les nommons schème **S42F** et schème **S'42F** afin de différencier les descriptions synthétiques des activités analysées. Nous pouvons identifier deux schèmes S42F et **S'42F** de la manière suivante :

- **Schème S42F** :

**Le but** du schème **S42F** est de « proposer la liste du matériel permettant d'étudier le phénomène de la résonance d'intensité »

**La règle d'action Ra1** est de : Demander aux élèves quel matériel à proposer pour faire l'expérience.

- **Schème S'42F** :

**Le but** du schème **S'42F** est d' « Identifier les appareils de mesures permettant d'étudier la variation de l'intensité du courant »

**La règle d'action Ra2** est de : Demander aux élèves ce qu'on peut utiliser pour mesurer l'intensité du courant Si on ne dispose pas d'un ampèremètre.

#### 7.2.1.4 Représentation des deux schèmes S42F et S'42F

Nous représentons dans ce paragraphe les deux schèmes S42F et S'42F que nous avons identifiés dans (7.2.1.3, p. 191).

- Le schème S42F

Nous rappelons que le but du schème S42F est de « proposer la liste du matériel permettant d'étudier le phénomène de la résonance d'intensité » et que la règle d'action correspondant est Ra1 « Demander aux élèves quel matériel à proposer pour faire l'expérience. ».

Afin de construire le schème S42F, nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau suivant :

<b>Schème S42F : Identification des éléments de la liste de matériel</b>	
<b>But</b>	Proposer la liste du matériel permettant d'étudier le phénomène de la résonance d'intensité
<b>Inférences</b>	Si je trouve le schéma du circuit présenté sur le tableau et le matériel disposé sur la paillasse alors cela peut m'aider à identifier la liste correctement.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves quel matériel à proposer pour faire l'expérience.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que l'élève donne à chaque fois le même schéma de circuit pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés ; Je sais que le schéma du circuit de la mise en évidence expérimentale du phénomène d'oscillation électrique et de sa réalisation sont très réponsus chez les élèves ;

Tableau T20A : Schème S42F : Identification des éléments de la liste du matériel. Cas de Fériid

- Le schème S'42F

Nous rappelons que le but du schème S'42F est d'« Identifier les appareils de mesures permettant d'étudier la variation de l'intensité du courant » et que la règle d'action correspondant est Ra2 « Demander aux élèves ce qu'on peut utiliser pour mesurer l'intensité du courant Si on ne dispose pas d'un ampèremètre ».

Pour construire le schème S'42F, nous regroupons ces quatre éléments dans le tableau suivant :

<b>Schème S'42F : Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant</b>	
<b>But</b>	Identifier les appareils de mesures permettant d'étudier la variation de l'intensité du courant
<b>Inférences</b>	Si on ne dispose pas d'un ampèremètre alors je peux utiliser un voltmètre aux bornes de résistor ; Si on ne dispose pas d'un ampèremètre alors je peux utiliser un oscilloscope aux bornes de résistor ; Si on utilise un ampèremètre alors je peux mesurer directement l'intensité

<b>Règle d'action</b>	efficace de courant. Demander aux élèves ce qu'on peut utiliser pour mesurer l'intensité du courant Si on ne dispose pas d'un ampèremètre.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que l'élève ne doit pas être coincé s'il n'a pas utilisé d'ampèremètre, il peut le remplacer par un voltmètre ou bien par un oscilloscope pour réaliser le travail demandé. Je sais que l'élève connaît le lien entre l'intensité efficace et l'intensité maximale Je sais que l'élève connaît la loi d'ohm relative au dipôle résistor.

Tableau T21A : Schème S'42F : Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant. Cas de Férid

Nous avons analysé deux éléments dans l'anticipation du but de l'enseignant. Le premier élément correspond au schéma de montage que l'enseignant a dessiné sur le tableau dès le début de la partie de rappel (première étape de la DI) sous prétexte que ce schéma est ordinaire et que ses élèves l'ont déjà vu préalablement pas mal de fois « c'est le même circuit utilisé pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés ». Le deuxième élément consiste à citer la liste du matériel aux élèves de groupe G1. Selon l'enseignant, ses élèves sont appelés à proposer une liste de matériel correcte et en même temps complète.

Nous signalons que les inférences, déduites du croisement entre les données filmées et les données des entretiens seront traitées dans le chapitre 9. Nous avons identifié deux moments d'influence exercés par Férid lors de la précision de la liste du matériel. Le premier moment d'influence a eu lieu dès le début de la séance lors que Férid a dessiné le schéma de montage sur le tableau. Alors que le deuxième moment d'influence a eu lieu lorsqu'il a présenté le matériel sur sa paillasse en disant « vous avez un matériel à votre disposition. ». Il cherche en fait à bien avoir un choix plus correct du matériel ».

#### 7.2.1.5 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER4F « Les élèves ont des difficultés dans le choix de la liste du matériel. » du type didactique puisqu'il est en rapport avec le contenu du savoir. Son étude nous a amené à construire deux schèmes S42F et S'42F et d'identifier les éléments les constituants.

Nous envisageons que Férid a mobilisé des connaissances professionnelles lors de sa pratique en particulier lors de la précision de la liste du matériel par ses élèves. En effet il a exercé deux moments d'influence : Le premier moment d'influence a eu lieu lors qu'il a dessiné le schéma de montage sur le tableau et le deuxième moment lorsqu'il a présenté le matériel sur sa paillasse.

Nous rappelons que nous avons identifié deux types de difficultés rencontrées par les élèves lors de la précision de la liste de matériel proposée : des difficultés dans l'identification des éléments

de la liste et plus précisément l'ampèremètre et des difficultés dans l'identification des appareils des mesures pouvant remplacer l'ampèremètre dans le cas où il y a des « problèmes du matériel qu'on peut les rencontrer ».

### 7.2.2 Analyse d'un événement remarquable ER5F

L'événement remarquable ER5F que nous allons analyser est identifié à partir de la transcription de la deuxième scène concernant la formulation des hypothèses. Cet événement montre que « Les élèves rencontrent des difficultés dans la formulation des hypothèses ». En effet, les élèves de Férid ignorent comment formuler une hypothèse car ils ne sont pas familiarisés à ce genre de. Ainsi, ils ont des difficultés pour fixer les grandeurs physiques à varier et sur laquelle se font une telle hypothèse. L'enseignant est conscient que ses élèves sont en situation de blocage alors il a pris l'initiative de réguler et d'assurer le déroulement de sa pratique. L'analyse de l'activité pratiquée ainsi que la régulation réalisée nous montre qu'Ahmed a mobilisé ses connaissances professionnelles pour faire dépasser ses élèves les difficultés rencontrées. Pour cette raison, nous pouvons considérer cet événement remarquable de type pédagogique.

#### 7.2.2.1 Description du contexte

L'enseignant a débuté son activité concernant la formulation des hypothèses en demandant à ses élèves de trouver collectivement les réponses à la situation problème et en disant : «alors maintenant vous allez chercher et donner une certaine réponse à la situation problème». Ensuite il est revenu au poste radio placé sur sa paillasse et il a commencé à agir sur son bouton de recherche devant ses élève et en disant : « comme nous avons vu qu'on peut agir sur un bouton ( il revient au poste radio) pour chercher le signal original ». En réalité Férid a commencé d'évoquer le lien entre l'action sur le bouton de la recherche et les grandeurs physiques que ses élèves devaient fixer en disant : « allez qu'est-ce qu'on cherche finalement ? Et qu'est-ce qu'on fixe ? ». Nous pourrions dire qu'à l'aide de cette question, l'enseignant a essayé de donner implicitement la forme générale d'une hypothèse. Donc nous pourrions déduire qu'il est conscient que ses élèves sont en difficulté pour réaliser la tâche de la formulation des hypothèses. En effet, un seul élève E1 de groupe G1 la répondit « des grandeurs » alors que les autres le regardaient en silence. A ce moment, l'enseignant accorde le temps pour réfléchir et pour travailler collectivement : « Allez essayer de faire ça par groupe ». Alors les deux élèves les plus motivés de la classe E1 et E'1 ont fait une petite discussion dans le but de la recherche des grandeurs à varier. E1 a dit : « La station radio nous donne la fréquence » .son collègue lui a répondu « Alors on varie la fréquence ». Mais E1 indique que la variation de la fréquence revient à varier deux grandeurs l'inductance ou la capacité C. Soudain son enseignant les a interrompus en disant « vous

pouvez trouver plusieurs hypothèses 1<sup>ère</sup> 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> hypothèse ». Les deux élèves E1 et E'1 ont continué leur débat et ils sont soumis d'accord sur la capacité C de l'inductance L comme deux grandeurs à varier alors E1 a éliminé l'idée de la variation de la résistance R de résistor proposée par E'1 sous le prétexte que la fréquence propre  $N_0$  de circuit RLC n'y dépend pas « Mais la résistance n'a pas de relation avec la fréquence propre  $N_0$  // on peut donc varier les grandeurs qui sont là en accords avec la fréquence ». Au terme de la discussion E1 et E'1 sont soumis d'accords à choisir, l'inductance L et la capacité C comme deux grandeurs à varier « donc deux grandeurs possibles l'inductance et la capacité » alors leurs collègues de même groupe G1 n'ont pas assisté dans le débat avec eux et ils restent en silence. Donc en se basant sur les deux facteurs, capacité c de condensateur et l'inductance L de la bobine, les deux élèves E1 et E'1 ont pu déterminer deux hypothèses :

E1 : « Le condensateur a une capacité variable // on varie la capacité C de condensateur » ;

E'1 « On peut aussi varier l'inductance L de la bobine puisque les deux grandeurs L et C sont variables ».

L'enseignant se rapproche du groupe G2 pour savoir ce qu'ils ont pris comme grandeurs à varier, mais ils les ont trouvés en situation de blocage Un seul élève de ce groupe G2 est en train de réfléchir à haute voix et ses collègues la suivent sans aucune interaction. Ils ignorent qu'elles sont les variables sur lesquelles ils vont s'appuyer dans la formulation de leurs hypothèses. Alors Férid a trouvé le groupe G2 tellement bouleversé qu'il lui accorde plus de temps pour réfléchir. En effet, il revient au groupe G1 qu'il considère plus avancé dans sa tâche que G2, malgré qu'il ait proposé des hypothèses non satisfaisantes. Et il a pris la décision de l'aider en donnant l'indice de l'obtention d'« un signal clair » et en posant des questions tout autour de son action sur le bouton de la recherche du poste radio comme « quand le signal est clair ? », « dites si le signal est clair ? ». Les élève E1 et E'1 agissent avec la tête pour montrer leur accord et cela encourage l'enseignant d'interagir davantage avec lui.

Férid a rappelé d'un point déjà discuté dans la partie 2 de la proposition de la situation problème en disant « je veux agir sur le bouton pour chercher d'autres stations ». Et il a posé les questions tout en agissant sur le bouton : « finalement qu'est-ce qu'on cherche ? maintenant est ce que le signal est clair ? ». L'enseignant attendait de ses élèves, qui restent en silence , d'établir le lien entre l'action sur le bouton et l'obtention d'un signal émet par une station quelconque . Et sans hésitation Férid a répondu lui-même à sa question en disant « donc il faut agir sur le bouton pour chercher une station qui donne un signal clair ». Il revient à interroger ses élèves de G1 sur les grandeurs physique à varier finalement pour obtenir un signal clair « la réponse qui pourrait être à la question suivante qu'est-ce qu'on fait varier finalement ? ». L'élève E'1 a proposé d'évoquer la

nature de circuit (résistif, capacitif ou inductif) lorsque la voix est claire « Est-ce qu'il s'agit de d'un circuit capacitif inductif ou résistif lorsque la voie est clair // c'est à dire pour quel cas ? ». En réalité cette position est non attendue par Férid et elle est complètement ce qu'il voulait entendre, alors il a totalement désorienté la question de son élève en donnant la réponse suivante : « Euh quand le signal est intense signifie qu'il est sur l'intensité élevée ». Donc il a utilisé un argument très important tel que l'équivalence du signal intense et la clarté du son provenant du poste radio. Par conséquent E1 revient à établir le lien entre l'intensité du son obtenue en agissant sur le bouton du post radio et la résonance d'intensité « C'est-à-dire la résonance d'intensité » alors que E'1 s'oriente vers la nature résistive du circuit RLC (c'est-à-dire le circuit résonateur contenu dans le poste radio).

Férid a pu mettre les élèves de G1 et plus précisément E1 et E'1 sur le bon chemin voulu alors il se dirige vers le deuxième groupe G2 qu'il l'a laissé en situation de blocage en disant « alors où sont les propositions ? //ça ira pour ce groupe ? ». Soudain E1 lui interrompt en citant sa proposition « En variant la capacité du condensateur et on garde l'inductance L de la bobine » le prétexte qu' « ils (c'est-à-dire C et L) sont en relation avec la fréquence propre  $N_0$  ». En effet Férid s'est rendu compte que les propositions initiales de ses élèves E1 et E'1 sont encore résistantes malgré le débat qu'il a ait mené avec eux. Et pour dépasser cette impasse, il a donné l'indice suivant : Etant donné que la capacité C et l'inductance L sont les caractéristiques de la fréquence propre  $N_0$  alors varier une de ces caractéristiques revient à varier la fréquence. Il a dit « Alors ses sont les grandeurs caractéristiques de la fréquence propre  $N_0$  du circuit RLC// et qui sont les caractéristiques de fréquence ». A ce moment, les élèves passent de l'idée de la variation des caractéristiques C et L vers la variation de la fréquence. Mais ils ne connaissent pas de quelle fréquence N ou  $N_0$  doivent –ils varier ?

Grace à ses aides apportées au groupe G1, Férid est satisfait de l'avancement de la tâche réalisée par ses élèves. Donc il se dirige vers le deuxième groupe G2 pour savoir ce qu'ils ont proposé en disant : « et vous qu'est-ce que vous avez fait ? ». Un élève E2 a donné une réponse inattendue par son enseignant en disant : « On peut varier l'intensité » alors que les autres restent en silence. Et lorsque son enseignant interroge sur la cause de choisir cette variable, l'élève E2 est complètement bouleversé en disant : « Pour obtenir euh » et elle se tais car elle n'a plus à ajouter. Il revient à son fameux poste radio et il se demandait s'il varie l'intensité lors qu'il agit sur le bouton de la recherche ? La même élève E2 lui a répondu qu'on varie la fréquence pour avoir une voix claire. Mais Férid entendue son élève parlait d'intensité élevée et pas d'une voix ou bien d'un signal clair en pensant que ses élèves ont dépasser cette étape grâce à l'indice qu'il a donné précédemment. Il a essayé par la suite de lire les propositions de ce même groupe G2 qui écrit

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

« pour avoir une impédance //pour avoir un signal clair ». Férid s'est rendu compte que ce groupe est un peu perdu puisqu'ils ignorent encore les grandeurs à varier et même la manière de formuler une hypothèse. Pour cette raison il leurs demandes « quelle est la question que vous avez posée ? » mais l'élève E2 lui a donné une réponse incomplète en disant « pour obtenir une voie claire euh// ». A ce moment, Férid exprime implicitement son insatisfaction par rapport à la tâche de groupe G2 en ignorant la réponse de E2 et en se dirigeant vers G1 sans faire de commentaire. L'enseignant voulait avancer dans son activité en commençant par la proposition de donnée par E1 et E'1 et qui consiste en la variation de la fréquence pour obtenir un signal clair ou bien une intensité élevée. Alors il est entré en débat avec ce groupe G1 tout en donnant un nouvel indice sur la nature de la fréquence à varier. Nous présentons dans ce qui suit un extrait de ce débat :

Tdp	Temps	Locuteur	Productions verbales et non verbales
131	23'15	F	Vous allez agir sur quoi ?
132	23'17	E1	Sur les caractéristiques de dipôle RLC
133	23'21	F	Afin de chercher quoi ?
134	23'24	E1	La fréquence d'un signal clair
135	23'27	F	Afin de chercher la fréquence euh
136	23'29	E1	De l'excitateur
137	23'31	F	La fréquence imposée par //
138	23'34	E1	L'excitateur
139	23'39	F	Et qu'est-ce que vous cherchez
140	23'42	E1	La fréquence qui est égale à la fréquence de résonateur
141	23'49	F	Vous cherchez la fréquence en accord avec la fréquence de l'excit//

Tableau T22A : Extrait de transcription : débat sur la nature de la fréquence à varier : cas de Férid

Quand nous analysons le tableau ci-dessus, nous remarquons que le guidage est très fort et sous forme d'une série de questions. L'élève a proposé la variation de la fréquence de l'excitateur et qui est égale à celle de résonateur (circuit RLC de poste radio) pour obtenir finalement un signal clair. Mais Férid n'a pas attendu cette proposition qu'il a totalement inversée en disant «on cherche la fréquence (c'est-à-dire de résonateur) en accord avec la fréquence de l'excitateur ». En ignorant ce qu'ont fait les élèves du groupe G2 ,l'enseignant continue ses interactions avec l'autre groupe G1 et plus précisément avec les deux élèves E1 et E'1 .Alors suite à une série de questions bien guidées, l'enseignant a pu changer la notion d'un signal clair ou élevé par un nouveau indice tel que l'intensité maximale en disant : « I est maximale c'est-à-dire la résonance d'intensité ».Ensuite l'enseignant a voulu récupérer les idées alors il est revenu sur la même question : « donc finalement que est la proposition que vous avez choisi ? ». Mais les élèves n'ont pas interagi. Seulement E1 a proposé l'idée d'agir sur les grandeurs dont dépend la fréquence. En effet, Férid voulait que son élève précise la nature de la fréquence (c'est-à-dire s'il

s'agit d'une fréquence propre ou d'une fréquence imposée par l'excitateur), alors ce dernier a répondu « L'une des deux fréquences ». A ce moment, l'enseignant s'est rendu compte que ses élèves ne sont pas capables de préciser la nature de la fréquence qu'ils doivent varier. Dans ce cas, Férid intervient pour donner sa propre proposition qui consiste à chercher la fréquence propre en agissant sur la capacité ou bien sur l'inductance pour atteindre la résonance d'intensité. Ainsi, lorsqu'on varie la fréquence on peut varier l'intensité pour atteindre une valeur maximale.

#### 7.2.2.2 *Analyse de l'événement remarquable ER5F*

L'enseignant a débuté son activité concernant la formulation des hypothèses en disant « alors maintenant vous allez chercher et donner une certaine réponse à la situation problème » et il a insisté pour que ses élèves trouvent collectivement. L'enseignant accorde à ses élèves un certain temps pour réfléchir collectivement sur la proposition des hypothèses. Il est conscient que ses élèves ont bien compris la situation problème, c'est alors qu'ils peuvent formuler leurs hypothèses comme il a dit lors de l'entretien simple : « j'ai décidé de voir est ce qu'ils ont compris la situation problème ? //et j'ai voulu que les élèves formulent les hypothèses autour de la situation problème ». Pour cette raison, il a commencé par reposer la fameuse question « Qu'est-ce qu'on varie lors qu'on agit sur le bouton de poste radio ? » et qui est déjà indiquée pas mal de fois pendant l'explication de la situation problème dans la partie 2. Mais ses élèves sont restés en silence car ils sont en situation de blocage. Ainsi l'existence des difficultés est confirmée par l'enseignant lors qu'il a dit « effectivement j'ai trouvé beaucoup des difficultés ».

Ce point même de difficultés est évoqué aussi lors de l'entretien croisé lorsque son collègue Ahmed lui a demandé s'il a rencontré des problèmes pour l'émission des hypothèses ? Alors lui a répondu qu'il n'été pas surpris car « c'été prévu ». Donc l'enseignant Férid est conscient que ses élèves sont difficultés et il a pris la décision de réguler. Il sait effectivement qu'ils « ignorent de quoi il s'agit ? » et aussi « ils ne sont pas habitués à la formulation des hypothèses » en ajoutant qu'il a travaillé « dans certain nombre de TP avec la situation problème avec les élèves de 2ème année mais pas avec ce genre de démarche (DI) ». C'est à dire il a utilisé plusieurs fois la situation problème sous forme d'une question de recherche posée au début de la séance et sans formuler les hypothèses et à travers une expérience imposée par l'enseignant les élèves répondent à cette question dans la conclusion.

Selon l'enseignant il existe trois types de difficultés rencontrés par ses élèves lors de la formulation des hypothèses :

- Le premier type de difficultés est lié à la compréhension de la situation problème proposée. Il confirme que « La situation problème peut dévoiler beaucoup des hypothèses » et il a les 2 élèves

d'un même groupe qui sont motivés à la formulation des hypothèses ; en revanche l'autre groupe est complètement perdu. Ainsi, il considère que le décalage de motivation revient au degré de maîtrise de la situation problème. Alors il a dit « nous devons revenir au meilleur élève pour voir s'ils sont bien maîtrisés la situation problème ». En effet Férid prend les élèves les plus motivés comme un référence pour savoir si la situation problème est bien maîtrisé et garantir l'obtention d'une certaines réponses en disant « il faut viser le plafond et nous attendons une certaine réponse ». Ainsi cette idée justifie ses interactions limitées avec les deux élèves E1 et E'1 en disant « pour cela j'ai fait assister ces deux élèves (les plus motivés) dont la formulation des hypothèses et le débat ».

- Le deuxième type de difficultés est lié à l'ignorance de la signification d'une hypothèse. Il est conscient que ses élèves que cela veut dire une hypothèse « ils ignorent de quoi il s'agit ? ».
- Le troisième type de difficulté est lié à la manière de formuler une hypothèse où l'élève doit préciser les grandeurs à varier et celles à mesurer. C'est à dire indiquer les causes et les effets. Lors de l'entretien croisé, ce type de difficulté est évoqué et l'enseignant Férid a confirmé que « les élèves ne sont pas habitués à formuler les hypothèses ». Ainsi il pensait « qu'ils ne peuvent pas formuler une hypothèse ».

Face à ces difficultés chez ses élèves l'enseignant a décidé d'aider ses élèves à réaliser la tâche de la formulation des hypothèses en disant « je pense que l'aide a été nécessaire ». Son but est de gagner le temps « je suis obligé d'aider les élèves à formuler leurs hypothèses pour gagner le temps » et aussi pour dépasser les difficultés rencontrées par ses élève. Nous pouvons remarquer que l'aide portée par Férid à ses élèves a été réalisée sous forme d'une stratégie de guidage bien déterminée en disant « j'ai guidé pour pouvoir continuer tout simplement // pour que les élèves puissent continuer le reste de TP ». Il a avoué qu'il a donné du temps à ses élèves mais ils ne sont pas parvenus à réaliser la tâche de formulation des hypothèses et qu'il est « obligé de motiver les élèves // ou bien les pousser à formuler des choses », sans oublier « qu'il ne faut pas dépasser le temps ». La stratégie de l'aide apportée par l'enseignant à ses élèves est fondée sur une série de questions successives intercalées par des indices donnés par Férid pour atteindre un sous but bien déterminé.

### 7.2.2.3 *Identification des deux schèmes S52F et S'52F*

En fait, nous avons décrit dans le paragraphe précédent les différentes étapes au cours desquelles l'enseignant a ajouté à chaque fois un indice bien choisi pour assurer la continuité de la réalisation de la tâche de son élève et aussi de sa pratique. L'analyse de l'événement remarquable permet de déterminer deux schèmes S52F et S'52F.

- **Schème S52F :**

Le but du schème S52F est de « Proposer des réponses à la situation problème »

La règle d'action Ra1 est de : Demander aux élèves de chercher et de donner une certaine réponse à la situation problème.

#### 7.2.2.4 Représentation des deux schèmes S52F et S'52F

Nous représentons dans ce paragraphe les deux schèmes S52F et S'52F que nous avons identifiés précédemment :

- Le schème S52F

Nous rappelons que le but du schème S52F est de « Proposer des réponses à la situation problème » et que la règle d'action correspondant est Ra1 « Demander aux élèves de chercher et de donner une certaine réponse à la situation problème. ».

Afin de construire le schème S52F, nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau suivant :

<b>Schème S52F : proposition des hypothèses</b>	
<b>But</b>	Proposer des réponses à la situation problème
<b>Inférences</b>	Si j'ai bien compris la situation problème proposée alors je peux proposer des hypothèses.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de chercher et de donner une certaine réponse à la situation problème.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que si les élèves arrivent à préciser les grandeurs physiques qu'ils doivent varier alors ils peuvent formuler une hypothèse

Tableau T23 : Schème S52F : proposition des hypothèses. Cas de Férid.

- **Schème S'52F :**

Le but du schème S'52F est « aider les élèves dans la formulation de leurs hypothèses »

La règle d'action Ra2 est : Demander aux élèves quelles grandeurs physiques doit-on varier pour répondre à la situation problème proposée

Pour construire ce schème S2, nous regroupons ces quatre éléments dans le tableau suivant :

<b>Schème S'52F : Aide pour formuler les hypothèses</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves dans la formulation de leurs hypothèses
<b>Inférences</b>	Si je connais la structure d'une hypothèse alors je peux réussir à la formuler.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves quelles grandeurs physiques doit-on varier pour répondre à la situation problème proposée
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ne savent pas qu'ils doivent varier la fréquence pour obtenir une intensité maximale

Tableau T24 : Schème S'52F : Aide pour formuler les hypothèses. Cas de Férid.

7.2.2.5 *Une organisation-en but et sous-but de schème S'52F*

L'enseignant a commencé sa régulation par agir sur le bouton de la recherche de son poste radio pour évoquer les grandeurs physiques à varier en disant : « allez qu'est-ce qu'on cherche finalement ? Et qu'est-ce qu'on fixe ? ». Il a essayé de donner implicitement et à travers ces deux questions la forme générale d'une hypothèse. Nous pourrions dire qu'il s'agit d'un indice donné par Férid à ses élèves pour les aider à dépasser les difficultés rencontrées dans la formulation des hypothèses. En effet l'enseignant a indiqué implicitement la manière de construire une hypothèse où l'élève est appelé à préciser ce qu'il cherche et ce qu'il va fixer comme grandeur physique. Nous notons donc le premier indice :

**Indice 1** : Décrire ce qu'il faut pour formuler une hypothèse.

L'enseignant a continué par la suite ses interactions avec ses élèves et plus précisément avec les deux élèves les plus motivés de la classe E1 et E'1. Ses derniers ont proposé qu'ils doivent « varier la fréquence pour avoir une station » et aussi « Varier l'inductance L de la bobine ou bien la capacité C de condensateur qui sont les caractéristiques de la fréquence propre  $N_0$  et pas la résistance R de résistor ».

Ensuite il a décrit le signal qu'on doit obtenir lors de la recherche d'une station bien déterminée en disant « il faut agir sur le bouton pour chercher une station qui donne un signal clair » et posant la question à ses élèves « quelles grandeurs physiques à varier finalement pour obtenir un signal clair ? ». Nous pourrions noter le deuxième indice suivant :

**Indice 2** : A la résonance d'intensité le signal obtenu doit être clair

Puis il a continué la description du signal obtenu au moment de la résonance de l'intensité en disant « quand le signal est intense ou clair signifie qu'il est sur l'intensité élevée ». Nous pourrions noter donc le troisième indice suivant

**Indice 3** : Signal clair signifie que l'intensité est élevée

Les élèves continuent leur débat avec leur enseignant avec cet indice et ils ont proposé l'hypothèse suivante « Varier la fréquence pour obtenir une intensité élevée ».

En continuant ses interactions avec ses élèves, E1 et E'1 ignorent quelle fréquence doivent-ils varier : la fréquence de l'excitateur ou bien celle de résonateur. Alors l'enseignant intervient pour donner un nouvel indice précisant le type de fréquence qu'on doit varier en disant « on cherche la fréquence (c'est-à-dire celle de résonateur) en accord avec la fréquence de l'excitateur ». Nous notons le quatrième indice suivant :

**Indice 4** : Varier la fréquence propre  $N_0$ , en agissant sur L ou bien C, pour qu'elle soit égale à celle de l'excitateur à la résonance d'intensité.

Férid a essayé de suivre son guidage dans le but que ses élèves proposent une hypothèse pouvant valider la situation problème proposée. C'est pour quoi à l'aide d'une série des questions bien orientées, il a pu remplacer la notion d'un signal clair ou élevé par un nouvel indice tel que l'intensité maximale en disant : « I est maximale c'est-à-dire la résonance d'intensité ». Nous notons donc un cinquième indice suivant :

**Indice 5** : Varier la fréquence propre en agissant sur L et C pour obtenir une intensité maximale à la résonance. L'analyse précédente nous permet de considérer que chacun de ces cinq indices présente un sous-but. Alors nous pourrions subdiviser le deuxième schème S'52F en cinq sous but.

#### 7.2.2.6 *Une modélisation en but et sous-buts du schème S'52F*

En effet, l'organisation de l'activité réalisée par Férid dans ce tableau, ne nous permet de distinguer entre les théorèmes-en-acte et les concepts-en-acte qui représentent les constituants des invariants opératoires du schème. Car d'une part, les invariants opératoires ne sont pas toujours explicites ni conscients et d'autre part cette distinction ne nous semble pas apporter de plus sur la manière dont l'enseignant organise son activité. C'est la formulation des éléments du schème, en particulier celui des règles d'action, dont la précision est nécessaire.

Comme nous avons déjà noté au paravent, si nous constatons que les anticipations de chaque but demeurent identiques, alors il n'y a pas de nouveau schème : le schème S'52F s'écrira avec un but et des sous-buts correspondants à chaque nouvelle règle d'action. C'est bien le cas que nous décrivons. Ici, l'on remarque que l'analyse de l'activité de l'enseignant représenté par le schème S'52F nous a permis de déduire que son but pourrait être subdivisé en quatre sous buts que nous allons les décrire dans le tableau suivant :

Partie 4 : Résultats

Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

But	Sous but	Inférences	Règle d'action	Invariants Opérateurs
Aider les élèves dans la formulation de leurs hypothèses	<p>1- Décrire implicitement la manière de formuler une hypothèse</p> <p>2-Etablir la résonance d'intensité par l'obtention d'un signal clair émet par une station</p> <p>3- connaître un signal clair par son intensité élevée</p> <p>4-Etablir la relation entre la fréquence propre <math>N_0</math> à varier et celle de l'excitateur à la résonance d'intensité</p>	<p>- Si je décris implicitement comment formuler une hypothèse alors je peux aider l'élève dans sa tâche de construction</p> <p>Si l'élève connaît que l'obtention d'un signal clair émet par une station donnée, lors de son action sur le bouton de la recherche de poste radio alors il peut déterminer les grandeurs physiques qu'il est entrain de varier pour obtenir ce signal.</p> <p>-Si l'élève sait un signal clair signifie qu'il est sur l'intensité élevée, alors il peut détecter le phénomène de la résonance.</p> <p>-Si l'élève s'appuie sur la variation de clarté du son de la chaîne captée par le poste radio en agissant sur le bouton de recherche alors il peut évoquer la variation de l'intensité</p> <p>- Si l'élève sait que la variation de la fréquence propre <math>N_0</math> est due à la variation de l'une de ses caractéristiques l'inductance <math>L</math> et la capacité <math>C</math> lors de l'action sur son bouton du poste radio, alors il évoque cette grandeur physique comme une variable sur laquelle il s'appuie dans la formulation des hypothèses,</p> <p>-Si l'élève sait que lorsque la fréquence propre <math>N_0</math> soit égale à celle de l'excitateur, alors il peut détecter le phénomène de la résonance à travers l'intensité élevée du signal obtenu</p>	<p>L'enseignement explique que lors de la formulation d'une hypothèse l'élève est appelé à préciser ce qu'il veut chercher et ce qu'il va fixer comme grandeurs physiques</p> <p>-demander à ses élèves de préciser lors de la formulation d'une hypothèse ce qu'on cherche finalement et ce qu'on fixe</p> <p>Demander à ses élèves à répondre à la question « qu'est-ce qu'on fait varier finalement ? » tout en considérant qu'un signal clair est connu par son intensité élevée.</p> <p>Demander à ses élèves de chercher la fréquence (c'est-à-dire celle de résonateur) en accord avec la fréquence de l'excitateur</p>	<p>-Je sais que je dois décrire à l'élève la structure d'une hypothèse pour qu'il peut la formuler correctement</p> <p>-Je sais que les élèves ignorent le lien entre l'action sur le bouton de la recherche de poste radio et les grandeurs physiques à varier.</p> <p>Je sais que lors que j'agis sur le bouton du poste radio, l'élève peut détecter le phénomène de la résonance à travers de la clarté du son donné par une station</p> <p>-Je sais que les élèves trouvent des difficultés de considérer la fréquence comme une grandeur physique à varier lors de la validation de leurs hypothèses.</p>
	5-Choisir l'intensité comme une deuxième variable à tenir compte dans la formulation des hypothèses	Si l'élève sait qu'à la résonance l'intensité est maximale alors il va prendre cette grandeur physique comme une variable sur laquelle il s'appuie dans la formulation de ses hypothèses	Demander à ses élèves de détecter le phénomène de la résonance à travers l'intensité maximale obtenue en disant « I est maximale c'est-à-dire la résonance d'intensité ».	Je sais que les élèves trouvent des difficultés pour établir la relation entre l'intensité maximale du signal émis par une chaîne et l'intensité maximale du courant traversant le circuit RLC du circuit

Tableau T24 : subdivision de but en sous buts

Nous identifions un élément dans l'anticipation du but de l'enseignant. Nous avons demandé à Férid s'il a trouvé des « problèmes pour l'émission des hypothèses », alors il a répondu qu'il n'était pas surpris car « c'était prévu ». Il sait effectivement qu'ils « ignorent de quoi il s'agit ? » et aussi « ils ne sont pas habitués à la formulation des hypothèses ». Mais en même temps il est conscient que ses élèves ont bien compris la situation problème alors ils peuvent formuler leurs hypothèses comme il a dit lors de l'entretien simple : « j'ai décidé de voir est ce qu'ils ont compris la situation problème ? // et j'ai voulu que les élèves formulent les hypothèses autour de la situation problème ».

#### 7.2.2.7 Conclusion

Nous rappelons que l'événement remarquable ER5F « Les élèves rencontrent des difficultés dans la formuler des hypothèses » est de type pédagogique. Son analyse nous a permis de construire deux schèmes S52F et S'52F et d'identifier ses élément constitutifs (p. 200). Nous avons identifié dans le paragraphe (7.2.2.5, p. 201) des indices de régulation réalisées par l'enseignant lors de son activité de formulation des hypothèses. Nous pensons que ces indices correspondent des inférences appliquées par Férid pour dépasser les difficultés rencontrées lors de son pratique.

L'étude de l'évènement remarquable ER5F nous a amené à identifier trois types de difficultés rencontrés par ses élèves lors de la formulation des hypothèses : Le premier type de difficultés est lié à la compréhension de la situation problème proposée, le deuxième type de difficultés est lié à l'ignorance de la signification d'une hypothèse et le troisième type de difficulté est lié à la manière de formuler une hypothèse.

Nous analysons dans la partie suivante un autre remarquable nommée ER6F.

#### 7.2.3 Analyse d'un événement remarquable ER6F : schéma du montage imposé

Nous présentons dans ce qui suit l'événement remarquable ER6F de la manière suivante : « l'enseignant impose le schéma du montage à ses élèves ». Nous avons identifié Cet événement dans la troisième scène S3 nommée par la proposition de schéma de montage. Lors de cette scène nous avons remarqué l'enseignant a intervenu autant de fois dans la tâche de l'élève dans le but de le guider vers une proposition correcte qu'il l'attendait. Cependant ce guidage pourrait assurer à l'enseignant la continuité de déroulement de son pratique et la mise en œuvre de la DI au sein de sa classe. Nous pourrions considérer que cet événement est de type de planification puisque l'enseignant a essayé d'éviter la perte du temps pour qu'il puisse réaliser le reste des parties du scénario pédagogique. L'analyse de cet événement nous exige tout d'abords

de décrire son contexte puis de l'analyser suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant.

7.2.3.1 *Description du contexte*

L'enseignant a débuté son activité en demandant à ses élèves de présenter «Un schéma du circuit qui sera schématisé par les éléments qui ont été choisis » et il a insisté sur le fait que «tout le monde va proposer le schéma ». Quelques instant après, il se rapproche du deuxième groupe G2 où il a trouvé l'élève E'2 qui est en train de dessiner le schéma de montage mais en citant le matériel représenté à haute voix en disant « Un résistor une bobine un condensateur ». Alors n'est pas satisfait de la proposition de cet élève et il a conseillé tout le groupe en disant : « Il faut discuter entre vous pour choisir le schéma du montage convenable ». En réalité Férid attendait de ses élèves qu'ils proposent un schéma correcte comportant un dipôle RLC en série avec le GBF jouant le rôle d'un excitateur et aussi un ampèremètre pour la valeur de l'intensité efficace I. Donc en observant la tâche réalisée par le groupe G1 il est satisfait, de ce qu'il a proposé comme schéma de « montage convenable ». Alors il s'est trouvé chez le groupe G2 qui est en difficulté et il a décidé de l'aider en indiquant que leurs collègues du groupe G1 ont réussi de faire. Il a dit : « par exemple votre collègue a choisi le dipôle RLC série// pour mesurer quelle grandeur ? ». Nous notons que l'enseignant est entré dans un débat avec le groupe G2 où nous avons remarqué une certaine tension entre Férid et ses élèves. Nous estimons que cet événement remarquable est comme un incident critique. Nous représentons dans le tableau T25A (voir annexe C7A2F TableauT25A) suivant un extrait de synopsis montrant l'interaction de l'enseignant pendant les moments d'identification des grandeurs à varier lors de la formulation des hypothèses.

Locuteur	Productions verbales
F à G2	Par exemple votre collègue (de groupe G1) a choisi le dipôle RLC série pour mesurer quelle grandeur //
E2	L'intensité
E de G2	Les E de G2 ont ajouté un GBF au dipôle RLC qu'il ont dessiné précédemment mais ils ignorent encore qu'est-ce qu'ils vont ajouter en plus
F	(Ignore la réponse de E2) et l'autre a choisi un dipôle RLC série avec un GBF sans utiliser un appareil de mesure // choisir un appareil pour mesurer l'intensité efficace//
Ede G2	Les E continu leur schéma de montage en en ajoutant un ampèremètre et un voltmètre.
F à Ede G2	(Contrôle la tâche de G2) qu'est-ce que vous allez choisir comme appareil de mesure// ici un ampèremètre // vous avez choisi un voltmètre branché aux bornes du dipôle RLC //qu'est-ce que vous cherchez //
Ede G2	Pas de réponse (N'ont pas justifié leur choix de l'emplacement du voltmètre dans le circuit)
F	Non il faut prendre les mesures des tensions efficaces aux bornes de quoi
E2	La bobine
F	(F ignore la réponse de E2) Aux bornes de résistor // pour mesurer la tension efficace aux bornes de résistor // (il interroge sur l'utilité de voltmètre dans le schéma proposé) il va servir à quoi // qu'est-ce

	qu'elle mesure //
E de G2	Pas de réponse
F	Notamment il faut chercher la tension donnée par un voltmètre branché aux bornes d'un résistor// si non un oscilloscope

Tableau T25 : Extrait synopsis montrons les tensions entre Férid et ses élèves de G2

Au terme de ce débat les élèves du G2 prennent à corriger et à rectifier leur schéma de montage et plus précisément l'emplacement de l'ampèremètre imposé par leur enseignant.

En effet pour être sûr que tout le monde a proposé le schéma du montage « convenable », Férid passe au tableau en disant « Quelle est la proposition qu'on doit choisir et qui sera la plus convenable ». Nous remarquons qu'il attendait l'utilisation d'un ampèremètre placé en série au lieu d'un oscilloscope où bien d'un voltmètre branché aux bornes du résistor pour que cette proposition soit la plus convenable. Et il a commencé à citer le matériel que l'élève doit présenter en disant dans son schéma : « donc on peut utiliser un circuit RLC série avec un GBF et on place un ampèremètre en série ». Mais il s'est rendu compte qu'il a déjà dessiné ce schéma dès le début de la séance alors il a suivi sa pratique en disant : « Finalement on va prendre le circuit suivant » tout en dessinant l'ampèremètre en série dans le circuit et en écrivant les caractéristiques de chaque composante du dipôle RLC. Cependant chaque groupe a rectifié son schéma de montage proposé pour qu'il soit identique à celui imposé par l'enseignant et dessiné sur le tableau. Alors nous sommes arrivés à une étape où tout le monde possède la proposition la plus « convenable » à laquelle s'attendait Férid.

Au terme de cette scène S3, l'enseignant voulait que ses élèves complètent le tableau des mesures figuré sur leurs fiches en plaçant les grandeurs physiques, dont ils sont soumis d'accord lors de la formulation des hypothèses. Nous rappelons que ce tableau comporte deux lignes et un certain nombre de colonnes et les grandeurs à placer sont la fréquence  $N$  et l'intensité efficace  $I$ . Par conséquent, l'élève doit réserver la première ligne pour la fréquence  $N$  et la deuxième pour l'intensité. Pour cette raison l'enseignant revient au schéma du montage sur son tableau et interroge sur le mode opératoire à suivre mais les élèves gardent le silence car ils ignorent la procédure de l'expérience. A ce moment, l'enseignant a ajouté « On va faire des mesures // comment on va faire ces mesures ? ». Et sans préciser l'élève E'1 a répondu qu'ils vont varier « les caractéristiques ». Alors Férid a donné sa propre réponse en disant « On fait varier la fréquence de l'excitateur » et rapidement il a posé la question sur la grandeur à mesurer tout en montrant avec son doigt l'intensité  $I$  écrite sur le tableau « et qu'est-ce qu'on mesure ? ». La persistance du silence entre les élèves pourrions-nous informer qui ils sont en difficultés. En fait ils ignorent encore quelle fréquence doivent-ils varier. Nous pourrions dire que ces difficultés sont dérivées de

la confusion qui a eu lieu chez les élèves entre la variation de la fréquence propre  $N_0$  ou celle de l'excitateur lors de l'action sur le bouton de la recherche du poste radio. Nous pourrions expliquer cette confusion de la manière suivante :

Lors de la formulation des hypothèses, l'enseignant agit sur le bouton afin d'évoquer les grandeurs physiques à varier. Comme nous avons décrit lors de l'événement remarquable ER6F (page) et selon Férid, l'action sur le bouton de la recherche nous permet de varier la fréquence propre  $N_0$  du circuit RLC contenu dans le poste radio. Ainsi la variation de la clarté du signal nous informe sur celle de l'intensité. Il a pris l'hypothèse finale suivante « on doit varier la fréquence propre  $N_0$  pour qu'elle soit en accord avec celle de l'excitateur pour avoir le phénomène de la résonance ».

Mais en arrivant à la scène S3 l'élève s'est rendu compte que son enseignant lui parle de la variation de la fréquence de l'excitateur où de la fréquence propre  $N_0$ .

Ici, Férid continue sa pratique en interrogeant ses élèves sur la deuxième grandeur physique à mesurer en montrant avec son doigt l'intensité  $I$  écrite sur le tableau. E1 a répondu « L'intensité ». Il a tenu sa fiche devant tout le monde et il a dit « Sur ce tableau des mesures qu'est-ce qu'on met ». Il attendait de ses élèves qu'ils précisent les notions de l'intensité et de la fréquence  $N$  de l'excitateur, mais il a reçu deux réponses tout à fait désorientées données par les deux élèves les plus motivés de la classe : E'1 a répondu « Le temps » et E1 a proposé « Le facteur du temps ». Avec une certaine tension Férid interagit avec eux en disant « Qu'est-ce que c'est ce facteur du temps ? ». Alors ce dernier a corrigé sa réponse sans préciser le type de la fréquence « Non la fréquence et l'intensité  $I$  ». Son intervient rapidement en disant « La fréquence de l'excitateur et l'intensité » et il a pris à dessiner le tableau à tous ses élèves en plaçant les symboles de deux grandeurs ainsi les unités : « finalement // la fréquence  $N$  exprimée en quoi ? / en hertz et l'intensité efficace qui sera exprimé / on ne sait pas selon les mesures ». Alors les élèves ont copié ce qu'il a complété leur enseignant dans le tableau des mesures.

#### 7.2.3.2 *Analyse de l'événement remarquable ER6F*

Au terme de la deuxième scène S2 concernant la formulation des hypothèses, Férid a demandé à ses élèves de présenter en groupe « Un schéma de circuit qui sera schématisé par les éléments » qui ont la liste du matériel. Il attendait une proposition du schéma de montage le « plus convenable », car ses élèves « ont préalablement réalisé ce même circuit RLC pas mal de fois » et que « c'est le même circuit utilisé pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés ». Et effectivement le premier groupe G1 a proposé un schéma contenant un dipôle RLC en série a un GBF, alors que le deuxième groupe G2 a oublié de placer l'excitateur GBF. Ce dernier

a rectifié son schéma proposé en s'influençant par celui qui a été dessiné par l'enseignant sur le tableau .ce point est évoqué lors de l'entretien croisé en interrogeant Férid sur son but de dessiner le schéma de montage.il a expliqué qu'« ils sont habitués de ce montage et à le réaliser et en plus « il a été déjà utilisé pas mal des fois dans les oscillations électriques amorties». La réponse de Férid n'a pas été convainquant pour son collègue Ahmed. Ce dernier a continué de lui interroger sur ce même point en disant « puisqu'ils sont habitués alors ce n'est pas nécessaire de dessiner le montage sur le tableau// en principe vous laissez les élèves travailler ». Alors Férid a justifié son action de dessin par le fait qu'il voulait que « les élèves fassent un circuit correct tout simplement//ils peuvent schématiser un circuit //ils peuvent faire un branchement correcte// ». En effet, l'enseignant voulait influencer sur ses élèves pour gagner le temps et suivre la planification de son TP. Néanmoins, Férid considère que les propositions des deux groupes sont non satisfaisantes sous prétexte que ses élèves savent qu' « il s'agit d'étudier le phénomène de la résonance d'intensité //c'est-à-dire mesurer l'intensité en fonction de la fréquence N» et pour réaliser ce type de mesure il a insisté lors de la formulation des hypothèses sur « les différentes méthodes utilisées pour mesurer l'intensité du courant si on dispose d'un ampèremètre //si non un voltmètre ou bien un oscilloscope ».Mais en fin de compte aucun appareil de mesure n'a été figuré dans les schémas de montage proposés. Alors Férid est conscient que ses élèves sont en difficultés et il a pris la décision de réguler la situation. En effet, il a cherché dans une première étape à ce que tout le monde propose un schéma dont il est habitué. Donc il a commencé par le groupe G1 en exemplifiant avec le schéma du circuit proposé par le groupe G1, bien qu'il ne contienne pas l'ampèremètre. Et par conséquent le groupe G2 a corrigé partiellement son schéma en ajoutant le GBF. A ce moment, chaque groupe est parvenu à avoir son schéma du circuit habituel (dipôle RLC en série avec un GBF).

Dans une deuxième étape, l'enseignant cherche à identifier l'appareil de mesure de l'intensité du courant en demandant à ses élèves de choisir un appareil pour mesurer l'intensité efficace. Ils ont proposé l'utilisation de l'ampèremètre et aussi de voltmètre. Mais la manière de brancher ce dernier dans le schéma du circuit figure une difficulté chez les élèves et cela provoque un conflit entre eux et leur enseignant. En effet, pour mesurer l'intensité du courant, certains d'entre eux ont proposé le branchement du voltmètre aux bornes de la bobine alors d'autres proposent son branchement aux bornes de dipôle RLC. Cela a mené Férid d'intervenir pour rappeler l'utilité de ces deux appareils ainsi que la façon de ses branchements dans le but de mesurer l'intensité du courant efficace traversant le circuit.

7.2.3.3 *Identification des deux schèmes S62F et S'62F*

En fait, nous avons décrit dans le paragraphe précédent les différentes étapes au cours desquelles l'enseignant a ajouté à chaque fois un indice bien choisi pour assurer la continuité de la réalisation de la tâche de son élève et aussi de sa pratique. L'analyse de l'événement remarquable permet de déterminer deux schèmes S62F et S'62F suivants :

- **Schème S62F :**

Le but du schème S62F est d'« Aider les élèves à proposer un schéma de montage correct ». La règle d'action Ra1 est : « Demander aux élèves de proposer un schéma du circuit contenant les éléments du matériel qu'ils ont choisi ».

- Schème S'62F :

Le but du schème S'62F est d'« Identifier les appareils des mesures permettant de déterminer l'intensité efficace de courant ».

La règle d'action Ra2 est : Demander aux élèves de choisir un appareil pour mesurer l'intensité efficace.

7.2.3.4 *Représentation des deux schèmes S62F et S'62F*

Nous représentons dans ce paragraphe les deux schèmes S62F et S'62F que nous avons identifié précédemment :

- Le schème **S62F**

Nous rappelons que le but du schème S62F est « Proposition du schéma de montage » et que la règle d'action correspondant est Ra1 « demander aux élèves de proposer un schéma du circuit contenant les éléments du matériel qu'ils ont choisi ». Afin de construire le schème S62F, nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau suivant :

<b>Schème S62F : Proposition du schéma de montage</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à proposer un schéma de montage correct.
<b>Inférences</b>	Si j'exemplifie avec ce que font ses collègues alors je pense que l'élève peut corriger son schéma du circuit proposé ; Si je dessine le schéma de montage sur le tableau, alors je peux aider l'élève à donner une proposition correcte et gagner le temps. Si les élèves discutent entre eux alors ils peuvent donner la proposition la plus convenable.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de proposer un schéma du circuit contenant les éléments du matériel qu'ils ont choisi.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais qu'il est nécessaire d'aider l'élève à gagner le temps ; Je sais que l'élève peut réaliser facilement ce montage.

Tableau T26A : Schème S62F : Proposition de schéma du montage. Cas de Férid.

- Schème **S'61F**

Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

Nous rappelons que le but du schème S'621F est d' « Identifier les appareils des mesures permettant de déterminer l'intensité efficace du courant. » et que la règle d'action correspondant est Ra2 « Demander aux élèves de choisir un appareil pour mesurer l'intensité efficace. ».

La construction de ce schème S'62F nous exige de regrouper ces quatre éléments dans le tableau suivant :

<b>Schème S'62F : Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant</b>	
<b>But</b>	Identifier les appareils des mesures permettant de déterminer l'intensité efficace du courant.
<b>Inférences</b>	Si je rappelle l'utilité de chaque appareil des mesures tel que l'ampèremètre et du voltmètre alors je peux aider l'élève à sélectionner entre les deux.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de choisir un appareil pour mesurer l'intensité efficace.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves trouvent des difficultés dans le branchement du voltmètre pour qu'ils puissent mesurer l'intensité efficace du circuit. Je sais que les élèves doivent revenir au contenu de la situation problème Je sais que l'élève peut utiliser un voltmètre ou un oscilloscope branché aux bornes du résistor au lieu de brancher un ampèremètre en série pour qu'il puisse étudier la variation de l'intensité efficace de courant traversant le dipôle RLC.

T27A : Schème S'62F : Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant. Cas de Férid.

Nous identifions deux éléments dans l'anticipation du but de l'enseignant. Férid attendait une proposition du schéma de montage le « plus convenable », puisque ses élèves « ont préalablement réalisé ce même circuit RLC pas mal de fois » et que « c'est le même circuit utilisé pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés ». De plus Férid attendait de ses élèves qu'ils choisissent l'appareil convenable afin qu'ils puissent mesurer l'intensité de courant. Il a justifié son anticipation par le prétexte que ses élèves savent qu' « il s'agit d'étudier le phénomène de la résonance d'intensité //c'est-à-dire mesurer l'intensité en fonction de la fréquence N » et qu'il a insisté lors de la formulation des hypothèses sur « les différentes méthodes utilisées pour mesurer l'intensité du courant si on dispose d'un ampèremètre //si non un voltmètre ou bien un oscilloscope ». Mais cette anticipation n'a pas été réalisée par la suite car nous remarquons qu'aucun appareil de mesure n'a été figurée, dans les schémas de montage proposés par les élèves. Nous remarquons que parmi les inférences identifiées nous citons la schématisation du montage sur le tableau. Férid a justifié son action du dessin par le fait qu'il voulait que « les élèves fassent un circuit correct tout simplement //ils peuvent schématiser un circuit //ils peuvent faire un branchement correcte// ». En effet, l'enseignant voulait influencer ses élèves pour gagner le temps et continuer à exécuter le reste des parties de la DI prescrites dans le scénario pédagogique. Nous pensons que cela justifie la typologie chronophage de l'événement remarquable ER6F. Nous

signalons que nous allons traiter les inférences ainsi les connaissances mobilisées par Féréd dans le chapitre 9.

#### 7.2.3.5 Conclusion

Nous rappelons que l'événement remarquable 3 « l'enseignant impose le schéma du montage à ses élèves » est de type de chronophage. Son analyse nous a permis de construire deux schèmes S62F et S'62F et d'identifier ses différents éléments constitutifs. Nous remarquons ainsi que nous avons déterminé un but autre que celui du schème S'62F et qui consiste au gain du temps. Alors nous pourrions déduire une corrélation entre ce but qui donne une idée sur l'aspect de chronophage de la DI et le type de l'événement remarquable ER6F.

### 7.3 Hypothèse : Cas de Ahmed

Nous essayons dans ce qui suit d'analyser l'activité de l'enseignant Ahmed au sein de la classe lors de formulation des hypothèses de son TP par ses élèves. L'analyse de sa pratique enseignante nous permet de mettre en évidence les moments de régulation faites par l'enseignant afin de surmonter les difficultés rencontrées par ses élèves au cours de l'élaboration des hypothèses. L'identification des événements remarquables est réalisée grâce à la présence de ces difficultés et qui sont extraits à partir des synopsis de la séance de TP. Nous observons bien que nous réservons la partie 3 du scénario pédagogique fondé sur la DI et préparé au paravent lors classe, pour la formulation des hypothèses.

Pour donner une vision claire et nette sur la pratique de l'activité de l'enseignant lors de la formulation des hypothèses, réalisé par ses élèves au sein de la classe, nous représentons dans le tableau (voir annexe) cinq événements dont nous analysons trois événements sélectionnés par leurs typologies pédagogique, didactique et chronophage.

Il convient de signaler que Ahmed n'a pas respecté l'ordre de ces trois scènes. Alors il a débuté par la proposition du matériel puis il a passé à la formulation des hypothèses pour terminer la partie 3 par la proposition du schéma du montage.

#### 7.3.1 Analyse d'un événement remarquable ER4A

Il s'agit d'un événement où « Les élèves trouvent des difficultés pour préciser la liste de matériel à utiliser. ». Nous pourrions considérer qu'il est de type didactique puisqu'il est lié avec le contenu du savoir de la résonance d'intensité. L'analyse de cet événement nous exige tout d'abord de décrire son contexte puis de l'analyser suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant.

7.3.1.1 *Description du contexte*

Ahmed a commencé la partie 3 concernant les hypothèses en interrogeant ses élèves sur le matériel nécessaire à choisir pour réaliser l'expérience en disant « pour réaliser une expérience on peut avoir quoi ? ». Les regards de l'ignorance chez ses élèves et la persistance du silence entre eux lui indiquent qu'ils n'ont pas de réponse. En réalité il attendait d'eux une liste de matériel adéquate pour l'expérience à réaliser. Quelques instants après l'élève E1 donne une réponse imprécisée en disant « un excitateur ». Donc pour plus de précision l'enseignant a passé à l'étape d'identification des éléments de cette liste en utilisant une série de questions. Il attendait de ses élèves qu'ils citent des matériels qu'on peut les trouver au laboratoire. Pour cette raison il a interagi avec E1 en disant « un excitateur // celui qu'on va utiliser au laboratoire ? ». A ce moment, l'élève E1 a eu l'idée de s'orienter vers la réponse « GBF ». Ahmed continue son activité d'identification des éléments de la liste de matériel en disant « et quoi d'autre ? ». Il n'a pas accordé le temps à ses élèves pour réfléchir et il est intervenu soudainement en répondant « circuit RLC et ? ». On dirait qu'il a voulu répondre lui-même pour gagner le temps et s'avancer dans son activité. L'élève E2 a proposé l'élément « oscilloscope dont l'enseignant lui a demandé son utilité « Oscilloscope/à votre avis à quoi sert l'oscilloscope ? ». E2 a justifié sa réponse en disant « visualiser les tensions ». Nous pourrions dire que l'enseignant Ahmed n'attendait pas la réponse de son élève et que l'oscilloscope pourrait être un élément perturbateur pour le choix de la liste du matériel. Et pour mettre E2 en doute il lui demande « Est-ce qu'on a besoin de visualiser les tensions ? », mais son élève ne répond pas et un silence persiste en classe. Ahmed s'est rendu compte que ses élèves sont en difficultés et qu'ils sont incapables de préciser et d'identifier les éléments de la liste de matériel. Alors il a repris son point de départ en disant « on va choisir le matériel nécessaire qu'on pourra utiliser // pour réaliser l'expérience ». Ainsi c'est toujours le même silence qui baigne en classe et le même blocage. A ce moment, Ahmed a pris la décision pour passer à l'action de régulation.

7.3.1.2 *Analyse de l'événement remarquable ER4A*

Nous observons bien que dès le début de la séance de son TP, l'enseignant a placé tous les matériels nécessaires sur sa paillasse. En commençant son activité d'identification des éléments de la liste du matériel, Ahmed est conscient qu'il existe une certaine difficulté chez ses élèves pouvant perturber le déroulement de sa pratique. Alors il a débuté par poser une question fondamentale « pour réaliser une expérience qu'est-ce qu'on doit avoir ? ». Mais l'absence de réponse nous amène à déduire qu'ils sont en difficultés et en situation de blocage. Nous pourrions identifier deux types de difficultés :

### Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

- Une difficulté liée à la situation problème rencontrée précédemment dans la partie 2. Certains élèves n'ont pas encore bien compris et saisi la situation proposée au début de la séance de TP. Cette idée est évoquée pendant l'entretien simple en posant la question à Ahmed « Dans l'étape des hypothèses nous remarquons qu'il y a des moments où vous revenez à l'explication de la situation problème// que pensez-vous ? ». Ahmed a répondu en disant « c'est une façon d'aider les élèves ». Donc l'aide est rapportée s'il y a sans doute des difficultés rencontrées.
- Une difficulté liée à la nouvelle démarche suivie dans ce TP telle que la DI. Cependant lors de la méthode classique suivie auparavant, les élèves sont habitués à trouver sur leur paillasse le matériel réservé par l'enseignant pour la réalisation de l'expérience. Nous pouvons dire qu'il est difficile de demander aux élèves de préciser sans aucune aide de leur enseignant la liste du matériel à utiliser. Nous pensons que Ahmed est influencé par la démarche ordinaire pratiquée pendant une vingtaine d'année. L'idée de présenter à l'avance le matériel sur sa paillasse lui apparaît évidente. Cela est éprouvé lors de l'entretien croisé « ici de côté de matériel tout se trouve sur le paillasse ».

Face à cette situation de blocage, Ahmed a pris la décision d'aider ses élèves afin d'identifier les éléments de la liste du matériel nécessaire pour faire l'expérience. Pour atteindre son but l'enseignant a interagi avec eux en posant des questions, citées dans le paragraphe précédent (7.3.1.1), sur l'excitateur, le GBF, le circuit RLC. En continuant son activité Ahmed a reçu une réponse non attendue de son élève E2. Ce dernier a proposé l'utilisation d'un oscilloscope dont le but est de « visualiser la tension ». L'enseignant lui interroge sur la nécessité de visualisation des tensions « Est-ce qu'on a besoin de visualiser les tensions ? ». Mais E2 n'a pas pu répondre à la question. Et de nouveau, un silence apparaît chez les élèves qui demeurent en état d'attente en regardant son professeur. Les élèves sont donc en difficulté puis qu'ils sont incapables de continuer à identifier le reste de la liste du matériel. A ce moment, l'enseignant revient à rappeler en disant « on va choisir le matériel nécessaire qu'on pourra utiliser » car nous posons qu'il n'a pas pu avancer davantage dans son activité et qu'il est conscient que ses élèves sont une autre fois en difficultés. Face à cette situation d'impasse, Ahmed a changé le but en disant « Donc on peut écrire le matériel et vous avez le matériel proposé (placé sur la paillasse) // donc on pourra écrire ensemble si vous voulez le matériel oui// vous voyez que vous avez pratiquement tous le matériel sur la paillasse// on va choisir parmi le matériel celui qui nous convient ». Maintenant il cherche à influencer le choix de ses élèves en montrant le matériel présenté sur son paillasse dès le début de la séance et les guider vers la liste finale. Et pour assurer la continuité de son activité il reprend de nouveau son questionnement en disant « vous avez dit qu'il y a deux grandes parties// partie d'excitateur c'est quoi ? ». Déjà, cette question est posée précédemment le fait que

l'enseignant veut rappeler que l'excitateur n'est autre que le GBF. Pour ce faire il a insisté sur ses élèves qui doivent écrire cet élément de matériel sur leurs fiches et de suivre l'identification du reste du matériel en disant « Donc vous écrivez GBF/voilà//ensuite nous continuons le matériel adéquate que vous voulez ». Nous pensons que l'enseignant en présentant le matériel sur sa paillasse a pu réussir pour influencer ses élèves afin qu'ils précisent leurs choix «Ça ira // le matériel est choisi ». Nous pouvons prendre comme titre exemple le débat qui a eu lieu entre les élèves de groupe G2 où E2 prend à dicter les éléments choisis « résistor /bobine/ condensateur ». Son collègue E2' lui interrompt en le questionnant « Et pour mesurer l'intensité ? », lors E2 se rappelle qu'il doit utiliser « L'ampèremètre // résistance ».

En effet, Ahmed a commencé son activité par interroger ses élèves sur le matériel nécessaire pour réaliser l'expérience. Mais le silence qui apparaît entre eux lui rend conscient qu'ils sont en difficultés. A ce moment, il a pris la décision d'aider ses élèves pour identifier la liste du matériel en suivant le questionnement. Il a pu en collaboration avec ses élèves de préciser deux éléments de cette liste tels que le GBF et le circuit RLC. Mais la réponse de E2 en proposant l'utilisation d'un oscillateur lui provoque un certain dérapage sur le déroulement de son activité. Car tout le monde se trouvait en ce moment en situation de blocage. Pour dépasser ce dernier, il a changé de but en essayant d'influencer le choix du matériel et de guider ses élèves vers la liste finale.

#### 7.3.1.3 *Identification des schèmes S42A et S'42A*

A partir de l'analyse que nous avons réalisée nous pouvons remarquer que l'enseignant a changé son but. Nous pouvons identifier deux schèmes :

- **Le schème S42A** a pour but « Aider les élèves à identifier les éléments de la liste du matériel » et Règle d'action Ra1 : « Demander aux élèves quel matériel il faut pour réaliser l'expérience ».
- **Le schème S'42A**

Nous précisons le but de schème S'42A par « Influencer sur le choix de ses élèves en présentant tout le matériel sur sa paillasse » et la règle d'action correspondant est Ra2 « Attirer l'attention de ses élèves qu'ils ont pratiquement tout le matériel sur sa paillasse ».

#### 7.3.1.4 *Représentation des schèmes S42A et S'42A*

Nous organisons l'activité de la proposition de la liste de matériel en s'appuyant sur de l'interaction de l'enseignant avec ses élèves dans les deux schèmes S42A et S'42A.

- **Schème S42A**

Nous rappelons que le but du schème S42A est de « Aider les élèves à identifier les éléments de la liste de matériel » et que la règle d'action correspondant est Ra1 « demander aux

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

élèves quel matériel il faut pour réaliser l'expérience » et que la règle d'action correspondant est Ra1 « Attirer l'attention de ses élèves qu'ils ont pratiquement tout le matériel sur sa paillasse ».

Pour construire le schème S42A, nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau suivant :

<b>Schème S42A : Proposition de la liste du matériel</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à identifier les éléments de la liste du matériel
<b>Inférences</b>	Si je présente le matériel sur ma paillasse, alors je peux aider l'élève à proposer convenablement les éléments de la liste pour réaliser l'expérience.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves quel matériel il faut pour réaliser l'expérience
<b>Les invariants opératoires</b>	Les élèves trouvent des difficultés pour préciser le matériel nécessaire pour l'expérience.

Tableau T28A : Schème S42A : Garder la planification de la séance. Cas de Ahmed

#### • Schème S'42A

Nous rappelons que le but de schème S'42A est d'« Influencer le choix de ses élèves en présentant tout le matériel sur sa paillasse » et que la règle d'action correspondant est Ra2 « Attirer l'attention de ses élèves qu'ils ont pratiquement tout le matériel sur sa paillasse ».

La construction du schème S'42A exige que nous regroupions ces quatre éléments dans le tableau suivant :

<b>Schème S'42A : Influence le choix du matériel</b>	
<b>But</b>	Influencer sur le choix de ses élèves en présentant tout le matériel sur sa paillasse.
<b>Inférences</b>	Si je présente le matériel devant les élèves alors ils peuvent choisir convenablement la liste du matériel nécessaire ; Si je présente le matériel à l'élève alors je peux l'aider à préciser convenablement les éléments nécessaires de la liste ; Si l'élève tient compte du matériel placé sur la paillasse, alors il limite la liste de matériel.
<b>Règle d'action</b>	Attirer l'attention de ses élèves qu'ils ont pratiquement tout le matériel sur leur paillasse
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ne sont pas habitués à proposer tout seuls le matériel

Tableau T29A : Schème S'42A : Influence le choix du matériel. Cas de Ahmed

L'analyse que nous avons réalisée nous a permis d'identifier deux éléments dans l'anticipation du but. Le premier est dû au fait que l'enseignant attendait de ses élèves qu'ils citer une liste de matériel adéquate pour l'expérience et qu'on peut trouver au laboratoire en disant par exemple « un excitateur // celui qu'on va utiliser au laboratoire. Surtout qu'il a attiré l'attention de ses élèves sur le matériel qu'il a posée dès le début de la séance sur sa paillasse sous le prétexte « ici de côté du matériel tout se trouve sur la paillasse ». Le deuxième élément est dû au fait que

Ahmed attendait de ses élèves qu'ils précisent l'ampèremètre comme appareils de mesure de l'intensité pour étudier sa variation.

Nous avons identifié deux moments d'influence exercé par Ahmed lors de la précision de la liste du matériel. Le premier moment d'influence a eu lieu lorsque Ahmed a précisé qu'on doit choisir un matériel de laboratoire pour limiter le choix de l'élève. Alors que le deuxième moment d'influence a eu lieu lorsqu'il a présenté le matériel sur sa paillasse en disant « Donc on peut écrire le matériel et vous avez le matériel proposé (placé sur le paillasse) //donc on pourra écrire ensemble si vous voulez le matériel oui// vous voyez que vous avez pratiquement tous le matériel sur la paillasse//on va choisir parmi le matériel celui qui nous convient ».

#### 7.3.1.5 Conclusion

Nous rappelons que l'événement remarquable ER4A, identifié lorsque « Les élèves trouvent des difficultés pour préciser la liste du matériel à utiliser. », est de type didactique puisqu'il a lien avec le contenu du savoir. Son étude est réalisée par la description du contexte de cet événement puis par l'analyse suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant. Les résultats de cette étude nous a permis de construire deux schèmes S42A et S'42A et d'identifier ses éléments constitutifs. Nous analysons dans ce qui suit le deuxième événement remarquable.

#### 7.3.2 Analyse événement remarquable ER5A

Nous rappelons que l'événement remarquable ER5A, que nous avons identifié dans deuxième scène concernant la formulation des hypothèses, que « Les élèves ignorent la signification et la formulation d'une hypothèse ». Cela crée chez eux des difficultés au niveau de la réalisation des tâches exigées par le professeur. En effet, pour dépasser cette situation de blocage, l'enseignant a pris la décision de la réguler. C'est pourquoi il a commencé tout d'abord par d'expliquer la signification d'une hypothèse, ensuite par exemplifier sa rédaction et enfin aider ses élèves à sa formulation tout en demandant de revenir à la situation problème proposée au début de la séance de son TP. L'analyse de l'activité pratiquée ainsi que la régulation réalisée nous montre que Ahmed a mobilisé ses connaissances professionnelles pour permettre à ses élèves de dépasser les difficultés rencontrées. Pour cette raison, nous pouvons considérer cet événement remarquable comme appartenant au type pédagogique.

##### 7.3.2.1 Description du contexte

L'enseignant a débuté son activité concernant la formulation des hypothèses par une question montrant à ses élèves le commencement d'une nouvelle tâche à réaliser en disant

« maintenant qu'elles sont vos hypothèses ? ». Il attendait de ses élèves qu'ils proposent un certain nombre d'hypothèses qu'ils vont sélectionner collectivement quelles qu'elles soient à valider lors de la partie expérimentale. Mais leurs regards attentifs l'amènent à éclaircir sa question et la formuler autrement « c'est-à-dire quelles sont vos propositions qu'on va les voir ? Ou bien qu'on aille euh //donc qu'on va les étudier ? / qu'on va voir son adéquation avec l'expérience// comment vous allez choisir les hypothèses ? ». Sans aucune réponse des élèves. Ils reviennent spontanément et en silence à leurs fiches. Pour l'enseignant, les moments de silence observés chez les élèves sont soit de réflexion soit de difficulté rencontrée. Pour cette raison Ahmed attendait pendant quelques instants les propositions. Soudain l'élève E2 a évoqué qu'il ne connaît pas la signification d'une hypothèse « Hypothèse euh c'est quoi ? ». A ce moment, Ahmed est conscient que ses élèves sont vraiment en difficulté qu'ils sont incapables de proposer leurs hypothèses et c'est ce qui explique leur silence. Il a pris donc la décision d'intervenir pour réguler la situation tout en changeant son but. Ahmed a commencé sa charge d'explication de la signification d'une hypothèse en disant « Oui hypothèse ? C'est-à-dire qu'est-ce qu'on va valider par l'expérience // qu'est-ce qu'on va vérifier par l'expérience ? ». E2 a proposé « variation de la fréquence ». L'enseignant a estimé que cette proposition peut être une hypothèse et il a demandé à son élève de l'écrire sur sa fiche. Concernant Ahmed cette proposition est un point de départ encourageant pour avancer dans son activité de telle sorte qu'il a demandé « Ecrivez ce que vous voulez ». Il a continué par la suite son activité d'explication de la signification de l'hypothèse en disant « qu'est-ce qu'on va valider dans l'expérience ». Ensuite Ahmed a changé son but en aidant l'élève à réaliser sa tâche par exemplifier la formulation d'une hypothèse « par exemple vous dites que lorsqu'on varie la fréquence il sera tel et telle//ou lorsqu'on fait telle /il sera telle //écrivez ce que vous voulez ».

E2 a tenu compte de l'exemple donné par son professeur et il a proposé son hypothèse « On varie la fréquence pour visualiser la chaîne ». Ahmed lui a rappelé qu'on doit la valider par une expérience et avec laquelle on résout la situation problème « pratiquement cette hypothèse va résoudre la situation// à résoudre la question comment peut-on suivre une émission ? ». En interagissant avec lui son élève E2 revient à proposer la même hypothèse mais cette fois avec plus de précision « On varie la fréquence de euh résonateur ».

A sa droite, l'enseignant observe les élèves du deuxième groupe G1 bouleversés ils n'ont pas pu formuler une hypothèse. Alors leur accorde un peu de temps pour réfléchir et il revient à G2 qui est considéré plus avancé dans sa tâche que G1. En réalité, Ahmed n'est pas satisfait de l'hypothèse proposée par les élèves de G2 concernant la variation de la fréquence de résonateur. Pour ce faire, il a décidé de les aider en leur conseillant qu' « il faut varier un élément de circuit ».

Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

Alors E2 a eu l'idée de varier l'inductance de la bobine du résonateur. A ce moment, l'enseignant demande à ses élèves de revenir au texte de la situation problème proposée « Dans les données qu'est-ce qu'on a ? ». Ils se rendent comptes tous qu'il s'agit d'un condensateur de capacité C variable d'où l'idée de varier cette grandeur est prise comme une hypothèse. L'enseignant s'attendait à ce que ses élèves fassent la liaison entre la variation de la grandeur de la capacité C et l'action sur le bouton du poste radio, c'est-à-dire ce qu'il a expliqué lors de son activité de présentation de la situation problème. Mais nous remarquons une certaine défaillance concernant ce point. Cependant, l'enseignant continue le déroulement de sa pratique dans une atmosphère de tension entre lui et ses élèves. Nous considérons alors cet événement remarquable comme un incident critique. Dans le cadre de l'interaction de l'enseignant pendant les moments d'identification des grandeurs à varier lors de la formulation des hypothèses (voir annexe C7A2A), nous présentons dans le tableau T30A suivant un extrait de synopsis montrant les tensions entre Ahmed et ses élèves :

Locuteur	Productions verbales
A	(Aa demande à ses élèves de revenir à ce qu'ils vont faire dans l'expérience) dans cette condition on a la capacité C variable et pour l'expérience que vous allez réaliser //que vous allez faire// (A revient au poste radio placé sur sa paillasse) ici le condensateur est variable pratiquement lorsqu'on varie quoi //qu'est-ce qu'on fait pour déterminer la chaine// en réalité on varie quoi //
E2	La capacité
A	La capacité du condensateur // lorsqu'on la modifie pour déterminer la station //pour choisir la station /en réalité il y a un condensateur qui est en lien avec ce bouton
E	Pas de réponse
A	(Répond lui-même à la question) donc je varie la chaine revient à varier la capacité du condensateur de circuit RLC
E2	On peut varier la capacité du condensateur //c'est notre hypothèse
E1	On varie le déphasage
A	(A observe E1 avec tâtonnement) avec le déphasage qu'est-ce qu'on peut cibler //
E1	Savoir la nature de circuit
A	(A ignore la réponse de son élève et reprend la charge de l'explication en agissant sur le bouton de poste radio) lorsque je suis proche de la chaine //ah le son augmente petit à petit jusqu'à devenir plus net // donc ici je euh intensité // on parle si vous voulez de l'intensité

Tableau T30 : Extrait synopsis montrant les tensions entre le professeur et ses élèves

Ahmed continue son activité en s'appuyant sur la grandeur de l'intensité qu'il a imposée à ses élèves pour formuler leurs hypothèses. Il a montré que le maximum du son atteint lors de la résonance d'intensité « lorsque J'éloigne le son devient moins clair //lorsque je rapproche // Voilà//il devient plus net // donc il y a un problème d'intensité ah ». Puis il demande à ses élèves

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

de formuler leurs hypothèses tout en s'appuyant sur la variation de l'intensité I « choisissez les hypothèses tout autour de ça ».

Cependant, Ahmed se dirige vers le groupe G1 où les élèves sont en situation de blocage E1 demande à son professeur « Qu'est-ce qu'on va faire ». Ils sont encore en difficulté en regardant Ahmed avec étonnement et en attendant son aide. Mais ce dernier, a commencé par dire « Je ne sais pas // c'est vous que vous allez choisir que vous allez faire » et rapidement il leur a conseillé d'écrire la même hypothèse « si vous êtes d'accord vous écrivez// vous écrivez la même ». Ainsi les élèves de G1 commencent à essayer de formuler leur hypothèse en revenant à l'idée précédente, mais en contrepartie ils ignorent comment rédiger une hypothèse. Nous présentons dans le tableau suivant un débat entre les élèves de G1 qui permet de revenir sur cette idée de l'ignorance .

Temps	Tdp	Locuteur	Production verbale et non verbale
20'58	78	E1	Si l'intensité de la station atteint sa valeur maximale alors euh //
21'12	79	E'1	Mais on ne dit pas si // que cela veut dire hypothèse ? //
21'31	80	E1	Si pour l'hypothèse //on ne sait pas si c'est juste ou non //on ne connaît pas//

Tableau T31A extrait de transcrit : E de G1 ignorent comment formuler une hypothèse

L'enseignant continue le déroulement de son activité en posant des questions. Les élèves de G2 sont arrivés finalement à formuler les hypothèses que nous présentons telles quelles « Monsieur si l'intensité est maximale » et « On peut varier la fréquence à partir de la variation de capacité du condensateur// comment obtenir la valeur maximale de l'intensité ? ». Alors que les élèves de G1 n'ont pas encore écrit leurs hypothèses. Nous présentons dans ce qui suit un tableau T32A montrant la manière dont l'enseignant articule les réponses proposées par les élèves de G1 en illustrant leurs hypothèses.

Temps	Tdp	Locuteur	Production verbale et non verbale
26'59	115	E1	D'abord on fait varier la capacité C de condensateur et par la suite on fait varier la fréquence propre $N_0$ et on cherche l'intensité maximale $I_{max}$ / maintenant le circuit proposé// (il discute avec ses collègues) si i augmente signifie que N augmente oui ou non //on a euh (situation de blocage) // est ce que juste
27'47	116	E'1	Est-ce qu'on peut dire $I_{max}$ atteint sa valeur maximale
28'19	117	E1	Si $I_{max}$ atteint sa valeur maximale $\Delta f$ égale à zéro
28'42	118	A	Qu'est-ce que va ajouter si $\Delta f$ égale à zéro
28'47	119	E'1	La nature du circuit // circuit résistif//
30'05	122	A	Non //l'objectif c'est quoi //on va chercher deux grandeurs// on va varier l'une par rapport à l'autre // qu'est-ce qu'on va varier //
30'24	123	E1	L'intensité//
30'27	124	A	Donc notre objectif c'est l'intensité et la fréquence// pourquoi on va varier l'intensité et la fréquence/

			/ (il s'adresse la question aux élèves de G1 qu'ils n'ont pas pu répondre) //ce que vous avez écrit tout à l'heure est correcte euh//
30'59	125	E1	L'intensité est égale à la fréquence
31'04	126	A	Non ce n'est pas l'intensité égale à la fréquence mais il Ya une condition

TableauT32A : extrait de transcrit : Débat entre Ahmed et ses élèves de G1 lors de formulation des hypothèses.

Les élèves de G1 mobilisent leurs prérequis sur la résonance tels que : le déphasage entre l'intensité  $i$  et la tension  $u(t)$  imposée par le GBF, la nature du circuit RLC (résistif) la fréquence  $N = N_0$  et ils n'ont pas parlé de la variation de l'intensité en fonction de la fréquence  $N$ .

D'après le tableau précédent nous remarquons que le débat entre les élèves de G1 et Ahmed a eu lieu tout autour de la fréquence  $N$  et l'intensité maximale sans évoquer le lien entre ces deux grandeurs dont l'enseignant veut l'établir. Il est arrivé un moment où E1 a proposé un lien erroné entre ces deux grandeurs en disant « L'intensité est égale à la fréquence ». Après plus de 15 minutes les élèves de G1 sont parvenus à formuler une hypothèse finale « Tant que la fréquence  $N$  augmente tant que l'intensité  $I$  augmente » alors leurs collègues de groupe G2 ont sélectionné une hypothèse « On va varier la fréquence et on va chercher l'intensité maximale ».

### 7.3.2.2 Analyse de l'événement remarquable ER5A

Dès le début de la deuxième scène concernant la formulation des hypothèses l'enseignant est conscient qu'il existe une certaine difficulté présentant un obstacle pour le déroulement de son activité. Cette idée est identifiée lors de l'entretien simple lorsqu'il a dit « Parfois je suis coincé » et qu'« à ce moment-là j'ai senti qu'on ne peut pas avancer » puisque ses élèves « ne sont pas habitués à ce type de démarche ».

Il a senti même que « peut être toutes les étapes de la démarche de la DI qu'on a tracé avant la séance de TP et qu'on les a discutés entre nous je ne peux l'atteindre // et que je vais sauter les étapes du scénario pédagogique ». Face à cette situation de blocage Ahmed s'est demandé en disant « qu'est-ce que je vais faire à cet instant// c'est tout ce qui tourne dans ma tête //et je ne sais pas quoi faire ». Pour assurer la continuité du déroulement de sa pratique, l'enseignant a décidé de réguler la situation et d'aider ses élèves pour franchir les difficultés rencontrées lors de la formulation des hypothèses en disant « et du fait je dois aider les élèves ». Et surtout ceux du deuxième groupe en disant « le problème que j'ai rencontré avec ce groupe (groupe G1) //j'ai essayé de les aider au cours de la formulation ». Ahmed a avoué qu'il y a des moments où il a donné « implicitement » ses propres hypothèses « et surtout j'ai essayé implicitement de donner des hypothèses pour ceux qui sont plus proches pour qu'on puisse avancer si non la séance sera bloquée ». Selon lui, sans cette aide il est incapable de continuer son activité en disant « je pense

aussi que sans mes aides que j'ai rapportés je ne peux pas avancer ». Et que cette décision prise est bonne puisque ses élèves ont enfin « pu poser leurs hypothèses malgré qu'elles ne soient pas bien formulées pour qu'on puisse avancer ». Lors des entretiens simples et croisés, l'enseignant a identifié certains types de difficultés rencontrées par ses élèves lors de leur tâche de la formulation des hypothèses que nous citons de la manière suivante :

- Premier type : Difficultés liées à la démarche de la DI mise en œuvre lors de la séance de TP. Ahmed sait de son mieux pour pratiquer cette démarche dont l'étape des hypothèses est fondamentale. Mais les élèves ne sont pas habitués à cette nouvelle démarche et c'est ce qui explique la présence de difficultés chez eux pour réaliser la tâche de la formulation des hypothèses. Ce point est évoqué par Ahmed dans l'entretien simple en disant : « je pense aussi qu'ils ne sont pas habitués à ce type de démarche ».
- Deuxième type : Difficultés liée à la signification d'une hypothèse. Les élèves ignorent la signification du mot « hypothèse » et cela est confirmée par Ahmed lors de l'entretien croisé en disant : « quelques élèves ne savent pas que veut dire hypothèses ? ». Son collègue Férid a souligné qu'il a vécu ce type de difficultés en disant « c'est un obstacle // c'est le problème qui se trouve chez moi aussi ».
- Troisième type : Difficultés liée à la formulation d'une hypothèse. La majorité des élèves trouvent des difficultés pour formuler une hypothèse « les élèves ne savent pas que signifie une hypothèse ». Nous pourrions dire qu'ils ne sont pas habitués à ce genre de tâche. Cela s'explique par le caractère archaïque des méthodes d'enseignement. Ce point est éprouvé lors d'un débat qui a eu lieu entre les élèves de premier groupes G1 lors de formulation des hypothèses. Alors l'élève E1 a dit « Si pour l'hypothèse //on ne sait pas c'est juste ou faux //on ne connaît pas. »
- Quatrième type : Difficultés liées aux connaissances initiales des élèves. Ces derniers sont incapables de savoir quelles sont les grandeurs physiques à varier, comment valider et à quoi servent les hypothèses. Ahmed a identifié ce type de difficulté lors de l'entretien simple en disant que ses élèves ont trouvé des difficultés « c'est parce que les élèves ne savent pas ce que signifie une hypothèse ensuite comment on peut valider une hypothèse à travers une recherche pour eux c'est difficile de choisir//à quoi sert l'hypothèse ».

Ce qui montre que pour être capable d'émettre une hypothèse explicative il est nécessaire d'avoir un arrière-plan scientifique.

Cependant, Ahmed nous a décrit ses interactions avec ses élèves lors qu'ils ont rencontré ce type de difficulté. Au début de leur tâche ils attendaient de leur professeur qu'il corrige leurs hypothèses. C'est pourquoi il va donner une proposition à une réponse en disant « au début ils ont

pensé que c'est moi qui je vais répondre à leurs hypothèses correctement comme une proposition à une réponse ». Dans cette situation Ahmed demande à ses élèves de proposer un schéma de montage pour valider leurs hypothèses. Dans ce cas ils se trouvaient de nouveau en difficulté « mais en fait j'ai demandé de réaliser un circuit//à ce moment ils se trouvent coincé » car selon lui « ils ne savent pas ce qu'ils vont faire et quel plan ils vont suivre ».

- Cinquième type : Difficultés liées à la situation problème proposé. En réalité la compréhension de la situation problème aide l'élève à formuler ses hypothèses correctement. Lors de l'entretien croisé, Ahmed a parlé de dévolution de la situation et plus exactement de problème posé à l'élève pour que ce dernier construise ses hypothèses et ses processus de validation correctement. Mais cette dévolution n'aura lieu que lorsque l'élève comprend convenablement la situation problème proposée en disant « pour avoir ce qu'on appelle ici la dévolution du problème //c'est à dire le problème posé à l'élève devient son propre problème //ainsi c'est lui qui va construire le processus de résolution de son problème// celui qui va choisir le matériel». Ce point est évoqué pendant l'entretien simple où nous avons interrogé Ahmed sur les causes de son retour à l'explication de la situation problème lors de la partie de la formulation des hypothèses. Il a répondu que « c'est une façon d'aider les élèves à formuler les hypothèses ». Donc en s'appuyant sur sa justification nous pourrions affirmer que si la situation problème proposée était assimilée par les élèves alors ses derniers n'auraient pas besoin de l'aide de leur enseignant pour réaliser leur tâche de formulation des hypothèses.

Nous revenons maintenant à description de l'enchaînement de l'activité d'Ahmed dans cette scène de formulation des hypothèses. Après le choix de « bon matériel » de la part ses élèves sous l'influence de leur enseignant lors de la scène précédente, ce dernier a débuté son activité en disant « Ça ira // le matériel est choisi ». Il a demandé de faire le schéma du montage en montrant à ses élèves l'espace réservé sur leur fiche pour réaliser cette tâche. Nous remarquons qu'il a trompé de l'ordre des scènes comme il est planifié dans le scénario pédagogique de la séance de TP. Pour cette raison, Ahmed a fait un pas en arrière en disant « maintenant qu'elles sont vos hypothèses //c'est-à-dire quelles sont vos propositions qu'on va voir ou bien qu'on aille euh va les étudier/ qu'on va voir son adéquation avec l'expérience// comment vous allez choisir les hypothèses ». Les élèves demeurent en silence tout en reprenant la lecture de leur fiche. L'enseignant attendait de ses élèves qu'ils proposent leurs hypothèses, mais sans réponse. A ce moment, Ahmed est conscient qu'ils sont en difficulté et il a pris la décision de réguler la situation et d'aider ses élèves à formuler leurs hypothèses.

7.3.2.3 *Identification des schèmes S52A et S'52A*

Donc nous pourrions déterminer deux schèmes S52A et S'52A.

- **Schème S52A :**

Le but du schème S52A est « Identifier les hypothèses proposées par les élèves »

La règle d'action Ra1 est : Demander aux élèves quelles sont leurs hypothèses.

- **Schème S'52A :**

Le but du schème S'52A est « Aider les élèves à formuler leurs hypothèses »

La règle d'action Ra2 est : Demander aux élèves ce qu'ils vont vérifier par l'expérience

7.3.2.4 *Représentation des schèmes S52A et S'52A*

- **Schème S52A :**

Nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau T33A suivant :

<b>Schème S52A : Identification des hypothèses</b>	
<b>But</b>	Identifier les hypothèses proposées par les élèves
<b>Inférences</b>	Si je reviens au texte de la situation problème proposée, alors je peux proposer des hypothèses à valider par l'expérience. Si je me rappelle que la proposition d'hypothèse doit être valider par l'expérience pour résoudre la situation problèmes, alors je peux l'identifier
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves quelles sont leurs hypothèses.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais qu'au début, les élèves ont pensé que c'est moi qui vais répondre à leurs hypothèses correctement ; Je sais que les élèves ne sont pas habitués à formuler une hypothèse.

Tableau T33A : Schème S52A : Identification des hypothèses. Cas Ahmed

- **Schème S'52A**

- Pour construire ce schème S2, nous regroupons ces quatre éléments dans le tableauT34A :

<b>Schème S'52A : Aide pour formuler les hypothèses</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à formuler leurs hypothèses
<b>Inférences</b>	Si l'élève s'appuie sur la variation de l'intensité alors il peut formuler ses hypothèses. Si l'élève établit la relation entre l'action sur le bouton de recherche de poste radio et la variation de la valeur de la capacité C de dipôle RLC alors il peut formuler correctement son hypothèse.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves ce qu'ils vont vérifier par l'expérience
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ne savent pas que signifie une hypothèse ; Je sais que les élèves ne savent pas comment formuler une hypothèse ; Je sais que les élèves doivent revenir au contenu de la situation problème pour préciser les grandeurs physiques à varier.

TableauT34A : Schème S'52A : Aide pour formuler les hypothèses. Cas Ahmed

Le schème S'52A est donc constitué d'un but et de deux sous-buts. Il traduit l'organisation de son activité telle que nous pouvons observer à partir de la vidéo. Nous allons,

dans le paragraphe suivant, renseigner tous ses éléments constitutifs, puis nous modéliserons l'activité d'Ahmed.

#### 7.3.2.5 *Une organisation en but et sous-buts de schème S'52A*

Nous regroupons dans le tableau T34A (p. 224) le but et les quatre sous buts pour mieux comprendre l'organisation de l'activité réalisée par Ahmed. Dans ce tableau, nous ne distinguons pas entre les théorèmes-en- acte et les concepts-en-acte qui représentent les constituants des invariants opératoires du schème. Car d'une part, les invariants opératoires ne sont pas toujours explicites ni conscients et d'autre part cette distinction ne nous semble pas apporter de plus sur la manière dont Ahmed organise son activité. C'est la formulation des éléments du schème, en particulier celui des règles d'action, qu'il nous semble nécessaire de préciser.

L'analyse l'activité de l'enseignant représenté par le schème S'52A, nous a permis de déduire que son but pourrait être subdivisé en quatre sous buts comme nous allons décrire dans le paragraphe suivant.

L'enseignant a commencé son activité par expliquer à ses élèves ce qu'ils sont appelés à faire en disant « c'est-à-dire quelles sont vos propositions qu'on va les voir ou bien qu'on aille euh va les étudier/ qu'on va voir son adéquation avec l'expérience// comment vous allez choisir les hypothèses ? ». Mais le silence qui apparaît au niveau des élèves et leurs regards bouleversés lui rend conscient que ces derniers sont en situation de blocage. Et surtout lorsque E2 lui interroge en disant « Hypothèse euh c'est quoi ? ». A ce moment, Ahmed a compris que certains élèves ignorent la signification d'une hypothèse « quelques élèves ne savent pas ce que veut dire hypothèses ». Donc il a pris la décision de passer de l'activité de la description de l'utilité d'une hypothèse car « les élèves ne savent pas à quoi sert l'hypothèse ? À l'activité de l'explication de sa signification « parce que les élèves ne savent pas ce que signifie une hypothèse ». Il s'agit bien d'une désorientation de l'activité tout en conservant le but. Après il a commencé l'explication de la signification d'une hypothèse. Alors l'enseignant demande à ses élèves d'abord, d'écrire ce qu'ils veulent, ensuite de préciser ce qu'ils vont valider dans l'expérience et il ajoute que « cette hypothèse va résoudre la situation problème ». Certains élèves et surtout ceux de G1 sont encore en situation de blocage car selon Ahmed, ses élèves ne savent pas « comment on peut valider une hypothèse à travers une recherche ? ». Dans ce cas-là, l'enseignant se trouvait obligé d'exemplifier la rédaction d'une hypothèse en disant « par exemple vous dites que lorsqu'on varie la fréquence, il sera tel et telle//ou lorsqu'on fait telle /il sera telle //écrivez ce que vous voulez ». Alors il s'agit encore d'une autre désorientation de l'activité en concevant le but .Nous arrivons au contenu de l'hypothèse les élèves éprouvent des difficultés à préciser les grandeurs physiques à varier pour

répondre à la question posée dans la situation problème proposée lors de la partie 2 au début de la séance. Dans ces conditions, Ahmed a décidé de réguler la situation en aidant ses élèves à identifier les variables de leurs hypothèses donc un sous but 4.

7.3.2.6 *Une modélisation en but et sous-buts de schème S52A*

Nous regroupons dans un tableau le but et les quatre sous buts pour mieux comprendre l'organisation de l'activité réalisée par Ahmed Dans ce tableau, nous ne distinguons pas entre les théorèmes-en- acte et les concepts-en-acte qui représentent les constituants des invariants opératoires du schème. Car d'une part, les invariants opératoires ne sont pas toujours explicites ni conscients et d'autre part cette distinction ne nous semble pas apporter de plus sur la manière dont Ahmed organise son activité. C'est la formulation des éléments du schème, en particulier ceux des Inférences, des règles d'action et des invariants opératoires, qu'il nous semble nécessaire à préciser. Nous présentons dans le tableau T35A suivant

Tableau T35A : subdivision de but en quatre sous buts la subdivision de but en des sous-buts

Partie 4 : Résultats

Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

But	Sous but	Inférences	Règle d'action	Invariants Opérateurs
Aider les élèves à formuler leurs hypothèses	1-Décrire l'utilité d'une hypothèse	- Si je décris l'utilité de l'hypothèse répondre à la question posée dans la situation problème proposée, l'élève peut accorder une importance pour sa formulation	L'enseignement explique qu'une hypothèse va résoudre la situation proposée et résoudre la question comment on peut suivre une émission	- L'élève ne sait pas à quoi sert une hypothèse
	2-Expliquer la signification d'une hypothèse	- Si l'élève connaît la signification d'une hypothèse alors il peut réussir dans la tâche de sa formulation - si l'élève est habitué à réaliser la tâche de formulation d'une hypothèse alors il peut connaître sa signification.	-demander ses élèves d'écrire tout ce qu'ils veulent -Expliquer à ses élèves qu'une hypothèse est « ce qu'on va valider par l'expérience// qu'est-ce qu'on va vérifier par l'expérience »	-Je sais qu'un certain nombre d'élèves ignorent la signification d'une hypothèse puisqu'ils sont habitués à la démarche ordinaire - Je sais que les élèves trouvent des difficultés dans la formulation d'une hypothèse lors qu'ils ne connaissent pas sa signification
	3- Exemplifier la rédaction d'une hypothèse 4-Identifier des grandeurs physiques à varier	-Si l'élève n'est pas habitué à la nouvelle démarche telle que la DI alors il peut trouver des difficultés dans la tâche de formulation des hypothèses.  -Si l'élève a bien compris le contenu de la situation problème proposée alors il peut identifier les variables de leurs hypothèses -Si l'élève tient compte de la variation de son de la chaîne en tournant le bouton de la recherche de poste radio alors il peut évoquer les deux variables l'intensité $i$ et la fréquence $N$ dont il s'appuie dans la formulation de ses hypothèses	Demander à ses élèves de formuler leurs hypothèses de la forme « par exemple vous dites que lorsqu'on varie la fréquence il sera tel et telle//ou lorsqu'on fait telle il sera telle » Demander à ses élèves de chercher deux grandeurs dont on va varier l'une par rapport à l'autre	- Je sais que les élèves trouvent des difficultés pour formuler une hypothèse puis qu'ils ne sont pas habitués à réaliser ce type de tâche. -Les élèves trouvent des difficultés pour préciser les grandeurs physiques à varier lors de validation de leurs hypothèses.

Nous signalons que l'analyse précédente, nous permet d'identifier deux éléments dans les anticipations à son but visé. Ahmed a commencé son activité en posant la question à ses élèves « maintenant quelles sont vos hypothèses ? ». Il attendait de ses élèves qu'ils proposent un certain nombre d'hypothèses qu'ils vont sélectionner collectivement afin de les valider dans la partie expérimentale. Mais leurs regards attentifs lui exigent qu'on éclaircisse sa question et la formule autrement « c'est-à-dire quelles sont vos propositions qu'on va les voir // Ou bien qu'on aille euh // donc qu'on va les étudier / qu'on va voir son adéquation avec l'expérience // comment vous allez choisir les hypothèses ». De plus Ahmed attendait de ses élèves d'identifier les grandeurs physiques à varier pour qu'ils puissent formuler correctement leurs hypothèses. En particulier l'enseignant voulait que ses élèves établissent la liaison entre la variation de la grandeur de la capacité  $C$  et l'action sur le bouton de poste radio. C'est-à-dire ce qu'il a déjà évoqué lors de son activité de présentation de situation problème.

Il convient de signaler que nous arrivons à détecter un certain nombre de connaissances mobilisées par Ahmed dans les inférences lors de l'organisation de son activité et quelle sont en lien avec le but (chapitre 11). Ahmed a exemplifié alors la formulation d'une hypothèse « par exemple vous dites que lorsqu'on varie la fréquence il sera telle et telle // ou lorsqu'on fait telle / il sera telle // écrivez ce que vous voulez ». Ainsi, il a donné un indice sur la grandeur physique à varier en demandant à ses élèves de formuler leurs hypothèses tout en s'appuyant sur la variation de l'intensité  $I$  « choisissez les hypothèses tout autour de ça ». De même, il a demandé à ses élèves de revenir au texte de la situation problème proposée en disant « Qu'est-ce qu'on a dans les données ».

#### 7.3.2.7 Conclusion

Nous avons signalé précédemment que l'événement remarquable ER5A « Les élèves ignorent la signification et la formulation d'une hypothèse » est de type pédagogique. L'étude de cet événement remarquable, suivant les volets d'analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant, nous a permis de construire les deux schèmes S52A S1 et S'52A et d'identifier ses éléments constitutifs. De même cette étude nous a amené d'identifier les difficultés rencontrées par l'élève lors de la tâche de la formulation des hypothèses et que nous avons classifié de la manière suivante :

- Difficultés liées à la démarche de la DI mise en œuvre lors de la séance de TP
- Difficultés liées à la signification d'une hypothèse.
- Difficultés liées à la formulation d'une hypothèse.
- Difficultés liées aux connaissances mobilisées par les élèves.

- Difficultés liées à la situation problème proposé

Nous analysons dans ce qui suit l'événement remarquable ER6A de type de chronophage de la séance.

#### 7.3.3 Analyse de l'événement remarquable ER6A

Nous présentons l'événement remarquable ER6A sous la forme suivante : « l'enseignant impose l'utilisation de quelques matériels à présenter dans le schéma du circuit tels que l'ampèremètre au lieu de l'oscilloscope et le voltmètre. ». Cet événement est identifié dans la scène S3 concernant la proposition du schéma de montage (voir l'annexe le scénario pédagogique). Lors de cette scène, nous avons remarqué que l'enseignant est intervenu autant de fois dans la tâche de l'élève dans le but de le guider vers une proposition correcte qu'il l'attendait. Cependant ce guidage pourrait assurer à l'enseignant la continuité du déroulement de sa pratique et la mise en œuvre de la DI au sein de sa classe. Nous pourrions considérer que cet événement est de type de chronophage puisque l'enseignant a essayé d'éviter la perte du temps pour qu'il puisse réaliser toute les partie du scénario pédagogique. L'analyse de cet événement exige que tout d'abord que l'on décrive son contexte puis que l'on analyse suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant. Nous signalons que nous travaillons sur ce dernier volet avec plus profondément dans le chapitre de la régulation de professeur (chapitre 10).

##### 7.3.3.1 Description du contexte

Ahmed a commencé la pratique de la scène 3 par la phrase suivante : « Alors c'est bon » pour s'assurer que la régulation qu'il a fait dans la scène précédente ER6A.

Concernant la formulation des hypothèses est réussite. Ensuite, il a demandé à ses élèves de faire un schéma du circuit permettant de valider leurs hypothèses formulées précédemment en disant : « vous passez à proposer un schéma ». Puis il a commencé à se déplacer entre les deux groupes en donnant le temps à ses élèves pour qu'ils réalisent leurs tâches correctement. Mais le groupe G2 lui a attiré l'attention car il propose l'utilisation de l'oscilloscope de nouveau. Nous rappelons bien que lors de la scène S1 de proposition de matériel l'élève E1 a choisi ce même appareil (l'oscilloscope), mais son professeur est intervenu rapidement pour lui changer l'idée en imposant l'utilisation d'un voltmètre. Nous pourrions remarquer que l'oscilloscope ainsi que le voltmètre nous permet de mesurer la tension aux bornes d'un dipôle. Et en plus le choix de E2 pourrait être juste mais l'enseignant n'attendait pas cette proposition car il voulait que ses élèves fassent des mesures directes et rapides en mesurant la tension efficace  $U$  et par conséquent gagner du temps. Alors il a

### Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

interrogé E2 sur l'utilité de l'oscilloscope « à quoi sert l'oscilloscope ? ». son élève E2 explique qu'il veut visualiser «  $I(t)$  et  $u(t)$  ». A ce moment Ahmed a compris que E2 est un peu dévié de ses hypothèses auxquelles ils sont soumises d'accord et en leur conseillant d'y revenir en disant : « Qu'est-ce que vous allez faire avec  $i(t)$  et  $u(t)$  ? // vous revenez à votre hypothèse » Ahmed attendait de ses élèves qu'ils utilisent deux grandeurs telles que l'intensité  $i(t)$  et la fréquence  $N$  de GBF et dont ils ont fondu leurs hypothèses. Pour cette raison, il a demandé de lui rappeler ces deux variables « qu'est-ce qu'on va varier ? ». E2 est revenu à sa fiche puis il a répondu « On va varier la fréquence // Et on va chercher l'intensité maximale ». Ahmed est satisfait de la réponse de son élève et ceci l'a encouragé afin d'avancer dans son questionnement en disant « Bon // est ce que plus simple de varier la capacité de condensateur ou bien de varier la fréquence de GBF ? ».

L'enseignant a reçu la réponse de la variation de la capacité du condensateur sous la justification que la fréquence de GBF est réglable alors qu'en réalité, il attendait celle de la variation de la fréquence  $N$  de GBF. A ce moment Ahmed est intervenu en affirmant qu'il n'y a pas de condensateur de capacité variable dans son laboratoire. Ensuite il a imposé sa propre réponse sous forme d'un avis personnel en disant « à votre avis on cherche à varier la fréquence de BGF c'est mieux // puisqu'on a au laboratoire un condensateur à capacité variable à des pas bien précis // il faut que les pas soient petits // je vois qu'on garde la fréquence de GBF // je vois que c'est plus simple. ». Néanmoins l'élève E2 a accepté la proposition de son professeur mais ses regards nous ont montré qu'il n'est pas convaincu. Ahmed a continué par la suite sa pratique en se dirigeant vers le groupe G1. Il a critiqué le schéma du montage proposé par ce groupe « vous avez choisi deux grandeurs de l'intensité et la fréquence de GBF est ce que ce circuit est capable de déterminer l'intensité ? ». L'élève E1 répond par « oui » alors que son schéma ne contient pas le voltmètre. A ce moment et sans donner le temps à son élève de corriger, Ahmed est intervenu rapidement pour imposer l'utilisation d'un ampèremètre « Vous devez brancher un ampèremètre pour mesurer l'intensité du courant. ». L'enseignant a donné l'ordre aux élèves d'utiliser le fameux ampèremètre et pas d'autre appareil l'essentiel pour lui c'est qu'il pourrait continuer son activité.

En contrôlant l'avancement de la tâche du groupe G2, Ahmed a remarqué que les élèves ont schématisé un voltmètre placé en dérivation par rapport à la résistance  $R$ . Il veut savoir la raison de ce choix, alors E2 a répondu « Nous prélevons la tension  $U_R(t)$  ». Mais Ahmed n'attendait pas ce type de branchement et il demande « à quoi sert ? ». Cependant E2 a expliqué ceci en se basant sur la loi d'Ohm relative au dipôle résistor  $U_R(t) = R i(t)$  avec la

Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

tension  $U_R(t)$  aux bornes de résistor et l'intensité  $i(t)$  qui le parcourt. Donc selon E2 il peut placer un voltmètre aux borne de résistor R lui permet de déterminer la valeur de l'intensité  $i(t)$  par la relation  $i = U_R(t)/R$ . L'enseignant impose au groupe E2 d'utiliser plus simplement un ampèremètre dans le but de déterminer l'intensité  $i$  en disant : « Qu'est-ce que vous cherchez//l'intensité//on peut déterminer l'intensité avec le signal de  $U_R(t)$ ou simplement avec un ampèremètre/ juste ce dernier vous donne la valeur efficace de l'intensité// vous allez varier la fréquence et vous allez déterminer la valeur de  $i$ / c'est bon ? ».

Enfin, Ahmed demande à ses élèves d'inscrire les deux variables telles que la fréquence  $N$  de GBF et l'intensité efficace  $I$  donnée par l'ampèremètre dans le tableau des mesures placé sur leurs fiches de TP en disant « Alors regardez ici // qu'est-ce qu'on va écrire dans ce tableau ? ». L'un des élèves du groupe G1 a cité « L'intensité », mais selon l'enseignant cette réponse est incomplète car E1 a indiqué seulement une variable. Et sans perdre le temps il a complété lui-même la deuxième grandeur en disant « Et la fréquence ». Puis il a continué de guider ses élèves de remplir le tableau en leur montrant l'emplacement de ses deux variables, ainsi la précision de l'unité de la fréquence  $N$  « donc vous écrivez fréquence en hertz et en bas l'intensité ». Il revient par la suite à G1 et il demande s'ils sont d'accord sur le circuit en insistant qu'ils le présentent avec un ampèremètre en disant « si vous êtes d'accord sur le circuit pour votre groupe vous représentez ici un circuit avec un ampèremètre ».

7.3.3.2 *Analyse de l'événement remarquable ER6A*

Au terme de la scène S2 concernant la formulation des hypothèses, Ahmed a demandé à ses élèves de sélectionner une et une seule parmi plusieurs. L'essentiel c'est qu'elle soit convenable et qu'ils vont l'exploiter en la validant par l'expérience « l'élève a proposé une hypothèse convenable qu'il va exploiter pour toute la classe et il va chercher le matériel c'est à dire on cherche l'hypothèse convenable parmi plusieurs hypothèses puis on va passer à sa validation ». Selon l'enseignant ils ne sont pas obligés de « valider toutes les hypothèses proposées par les élèves » si non « ça sera une perte de temps ». Ahmed pense que son rôle est de ne pas laisser « les élèves travailler et mettre les hypothèses comme ils veulent//peut-être ils vont passer 1 ou 2 heures//dans ce cas sans succès ». Pour éviter la perte du temps, garantir la continuité de déroulement de sa pratique et terminer son TP à l'heure Ahmed doit faire « la même chose pour le choix et l'utilisation du matériel ». Ainsi, nous avons évoqué au cours de l'entretien simple les raisons de valider une seule hypothèse dite

### Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

« convenable ». Alors Ahmed a montré qu'il a envie de répondre à toutes les hypothèses mais il ne peut pas pour deux raisons :

La première raison est due à la « contrainte du temps » sous prétexte « qu'il est nécessaire qu'on puisse terminer TP au temps ». Alors c'est primordial pour Ahmed d'éviter cette contrainte pour qu'il puisse réaliser toutes les étapes du scénario pédagogique de son TP et atteindre ses objectifs. Ainsi il a confirmé son idée en disant « si j'ai laissé faire ce qu'ils veulent peut-être on passe toute une journée dans un TP sans atteindre tous les objectifs ». Mais la question qui se pose est ce que l'enseignant est obligé d'arriver jusqu'au bout de sa séance alors que l'élève perd son autonomie pour résoudre la situation problème proposée à sa manière ?

La deuxième raison est due aux hypothèses qui ne ciblent pas les objectifs attendus de la séance en disant « il y a celles qui ne sont pas dans l'objectif de la séance ».

En commençant la scène S3 qui consiste en la proposition du schéma du montage, Ahmed est conscient que ses élèves sont en difficulté. Lors de l'entretien simple, il nous a donné une idée sur le raisonnement cognitif de l'élève en disant « au début ils ont pensé que c'est moi qui vais répondre à leurs hypothèses correctement comme une proposition à une réponse//mais en fait j'ai demandé de réaliser un circuit//à ce moment ils se trouvent coincé //ils ne savent pas ce qu'ils vont faire et quel plan ils vont suivre ? ». En effet, les élèves ignorent les procédures à suivre dans la mise en œuvre de la DI lors de leur TP. Alors, ils pensaient qu'ils vont proposer n'importe quelle hypothèse et qui serait corrigée et validée par leur professeur. Pour cette raison, ils ont été en situation de blocage lorsqu'Ahmed leur a demandé de représenter le schéma du circuit à réaliser au cours de l'expérience. Cette de blocage rend l'enseignant conscient que ses élèves sont en difficulté. Donc il a pris la décision de réguler pour qu'il puisse continuer son activité et suivre la planification de sa séance de TP.

Comme nous avons décrit dans le paragraphe précédent (7.3.3.1, p.229) Ahmed a pris la charge de réguler la situation et d'aider ses élèves à proposer un schéma de montage correcte l'essentiel pour lui c'est d'avancer la mise en œuvre de la DI et de minimiser son aspect chronologique. Ainsi, lors de ses interactions avec eux, il essaye de les guider vers la solution attendue sous prétexte qu'il doit « gagner du temps » et qu'il a terminé « juste au temps malgré les obstacles rencontrés et les déviations entre la démarche classique et la DI ». Il considère que parmi les contraintes de la méthode suivie dans son TP figurent « le temps et l'inhabitude des élèves vis à vis de la DI ». Donc pour éviter cela et dans le cadre de la régulation, il pensait que « l'influence de mon rôle d'enseignant qui consiste à aider toujours

**Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant**  
les élèves //je dois donner des solutions ». En effet, selon Ahmed et pour garantir le suivi de la planification de sa séance de TP, il doit jouer son « rôle d'aide » en donnant des solutions attendues. En réalité nous pourrions dire en premier lieu que la DI se font sur la dévolution de la tâche de la part de l'élève une fois qu'il a senti une certaine autonomie et qu'il lui rend un producteur sous l'œil de son professeur. Et en deuxième lieu, nous remarquons qu'il ne s'agit pas d'une « aide au secours » donnée par Ahmed mais c'est un guidage fort imposé lors d'un certain nombre des moments. Nous prenons comme titre d'exemple lorsque Ahmed a ignoré la proposition d son élève qui consiste à utiliser un voltmètre aux bornes du résistor pour déterminer l'intensité du courant circulant dans le circuit et il a imposé l'utilisation d'un ampèremètre. Nous signalons que la méthode de mesure de l'intensité du courant proposée par l'élève est correcte mais indirecte et qui s'appuie la loi d'Ohm  $U_R(t) = R i(t)$ . A partir de ce qui précède, nous pourrions déduire que Ahmed cherche à utiliser la méthode de mesure directe dans le but de gagner le temps et suivre la planification de son TP. Ce point de vue a été évoqué lors de l'entretien simple en cherchant la raison pour laquelle l'enseignant a « imposé l'utilisation de l'ampèremètre sachant qu'un de vos élèves a proposé l'utilisation de voltmètre ». L'enseignant pensait qu'il ne veut pas « laisser les élèves faire ce qu'ils veulent faire » et il pense qu'il va « perdre du temps » et ceci pourrait influencer négativement sur le déroulement de la séance en disant « on ne peut pas arriver à réaliser tout TP ». Ainsi il a évoqué la proposition de l'utilisation d'un oscilloscope donné par un élève du groupe G1 en disant « Ceux qui ont voulu utiliser l'oscilloscope //ensuite ils vont voir que son utilisation n'est pas intéressante ». Nous pourrions noter que l'oscilloscope nous permet de visualiser l'allure d'une tension en fonction du temps et de mesurer la valeur maximale  $U_m$  et par la suite de déduire sa valeur efficace  $U$  en utilisant la relation  $U = U_m/\sqrt{2}$ . L'enseignant a justifié son idée en disant « peut aller directement au but // nous avons besoin de la résonance d'intensité » il pensait qu'il a besoin « d'un amplificateur // c'est plus simple » et « qu'il l'a imposé » mais il est fondamental d'achever sa séance en disant : « mais je vois qu'il est nécessaire qu'on puisse terminer le TP au temps ».

### 7.3.3.3 *Identification des schèmes*

A partir de l'analyse que nous avons faite précédemment, nous pouvons donc identifier un schème S62A :

Le schème S62A a pour but « Aider les élèves à proposer un schéma de montage permettant de valider les hypothèses convenables à la situation problème proposée » et Règle d'action Ra1 : « demander aux élèves de proposer un schéma de montage ».

7.3.3.4 *Représentation du schème S62A*

La construction du schème S62A exige d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau suivant :

<b>Schème S62A : Proposition de schéma du montage</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à proposer un schéma du montage correct.
<b>Inférences</b>	Si l'élève veut utiliser un oscilloscope pour la mesure de l'intensité du courant alors il va voir que son utilisation n'est pas nécessaire ; Si l'élève utilise un ampèremètre dans son schéma de montage proposé, alors il peut mesurer directement l'intensité du courant.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de proposer un schéma de montage
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que mon rôle est d'aider les élèves à donner le schéma du montage en imposant l'utilisation de quelques matériels.

Tableau T36A : Schème S62A : Proposition de schéma du montage. Cas Ahmed

L'analyse réalisé dans le paragraphe précédent (§2.3. 2., p39), nous permet d'identifier un élément dans les anticipations et qu'il est en liaison avec le but d'Ahmed.

L'enseignant attendait de ses élèves de représenter le schéma du circuit. Selon Ahmed, il devrait contenir un ampèremètre pour mesurer directement l'intensité efficace  $I$  du courant.

Nous avons détecté un certain nombre d'inférences mobilisées par Ahmed dans son organisation prévue pour la régulation et qui demeurent en lien avec le but. Nous prenons comme exemple lorsque Ahmed a imposé l'utilisation d'un ampèremètre pour déterminer l'intensité du courant circulant dans le circuit en éliminant l'idée de son élève à utiliser un voltmètre aux bornes de résistor qu'il peut aussi déterminer indirectement la valeur de cette intensité en utilisant la loi d'Ohm en disant « Vous devez brancher un ampèremètre pour mesurer l'intensité de courant. ». L'enseignant a donné l'ordre aux élèves d'utiliser le fameux ampèremètre l'essentiel pour lui c'est qu'il pourrait continuer son activité. De plus il leur a demandé de ne pas utiliser l'oscilloscope en disant « Ceux qui ont voulu utiliser l'oscilloscope //ensuite ils vont voir que son utilisation n'est pas intéressante ».

7.3.3.5 *Conclusion*

Nous avons noté que l'événement remarquable ER6A « l'enseignant impose l'utilisation de quelques matériels à présenter dans le schéma du circuit tels que l'ampèremètre au lieu de l'oscilloscope et le voltmètre » est de type chronophage. L'analyse de cet événement nous a permis d'identifier le schème S62A ainsi ses constituants. Nous pourrions déduire que le type de cet événement remarquable, pouvait nous donner une réflexion sur la manière dont Ahmed a organisé son activité. En effet, pour gagner le temps et minimiser l'aspect de chronophage de la démarche suivie (DI), il a mobilisé des

## Chapitre 7 : Organisation de l'activité de formulation des hypothèses par l'enseignant

connaissances pédagogiques sur le matériel et son fonctionnement. Il s'agit donc d'une stratégie adaptée par Ahmed en lien avec le but tout afin d'assurer la continuité du déroulement de sa pratique.

#### 7.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié l'organisation de l'activité de la formulation des hypothèses des deux enseignants Férid et Ahmed. Cette étude nous a amené d'identifier les schèmes modélisants leurs activités et ses éléments constitutifs. Nous rappelons que notre analyse d'activité est faite suivant trois types d'événements remarquables : didactique, pédagogique et chronophage. Nous notons que lors de leurs pratiques les deux enseignants ont mobilisé des connaissances professionnelles dont nous allons les traiter dans le chapitre 9 (typologie des invariants opératoires et des inférences). Notre étude nous a permis d'identifier les difficultés rencontrées par les élèves lors de la formulation leurs hypothèses et de les catégoriser de la manière suivante : Des difficultés liées à la mise en œuvre de la DI en classe, des difficultés liées à la signification d'une hypothèse, des difficultés liées à la formulation d'une hypothèse, des difficultés liées aux connaissances mobilisées par les élèves et des difficultés liées à la situation problème proposée. Nous envisageons que ces difficultés rencontrées par les élèves pourraient influencer sur la pratique enseignante.

Pour mettre en relief les résultats obtenus dans ce chapitre, nous les regroupons dans le tableau récupératif suivant :

**Tableau récupératif du résultat**

Enseignant	Evénements remarquables	Schémes construits	Typologie des événements remarquables
Férid	ER4F	S42F et S'42F	Didactique
	ER5F	S52F et S'52F	Pédagogique
	ER6F	S62F et S62F	Chronophage
Ahmed	ER4A	S42A et S'42A	Didactique
	ER5A	S52A et S'52A	Pédagogique
	ER6A	S62A	Chronophage

Tableau 7.1 : Résultats de l'analyse de l'organisation de l'activité de formulation des hypothèses par Férid et Ahmed

# **Chapitre 8**

## **Organisation de l'activité d'investigation expérimentale par l'enseignant**

## 8.1 *Introduction*

Nous étudions dans ce chapitre la pratique enseignante de deux enseignants Férid et Ahmed et leur manière de réguler la situation lors de la mise en œuvre de la l'investigation expérimentale (partie 4 de la DI). Nous essayons de présenter un extrait de synopsis dans lequel nous identifions les événements remarquables marquées en gras (voir annexe tableau de partie 4 cas Férid). Nous rappelons que selon le scénario pédagogique (chapitre 5 de la méthodologie) la partie 4 de l'investigation expérimentale est formée par trois scènes : S1 : Distribution du matériel et réalisation du montage, S2 : Mesures et S 3 : Traçage de la courbe  $I=f(N)$ .

Nous notons que l'étude du synopsis de la partie d'investigation expérimentale de chaque enseignant(annexe) nous a permis de choisir un évènement par scène en se basant sur leurs typologies : didactique, pédagogique et chronophage. Nous commençons notre étude par l'analyse de l'activité d'investigation expérimentale pour le cas de Férid puis nous traitons le cas de Ahmed.

## 8.2 *Investigation expérimentale : Cas de Férid*

En s'appuyant sur le tableau (annexe) nous constatons que l'enseignant a bien respecté l'ordre de ces trois scènes. Il a débuté donc par demander à ses élèves d'apporter le matériel mis à leurs dispositions et de réaliser le montage, puis de prendre les mesures nécessaires afin de tracer la courbe de la variation de l'intensité efficace en fonction de la fréquence N de GB F : ( $I=f(N)$ ).

L'étude du synopsis de la partie d'investigation expérimentale nous a permis tout d'abord de détecter cinq événements remarquables dont nous essayons de choisir un pour chaque scène en se basant sur leurs typologies (comme nous avons signalé au début du chapitre).

### 8.2.1 *Analyse d'un événement remarquable ER7F*

Le premier événement remarquable, choisi à partir de la scène ER7F de la distribution du matériel et réalisation du montage est que « Les élèves sont en difficultés d'avoir un montage fonctionnel à partir du matériel mis à leurs dispositions. ». Nous pensons que cet événement est ligoté avec le contenu du savoir de la résonance, nous pourrions dire alors qu'il est de type didactique. En effet, l'étude de cet événement exige d'analyser l'activité de la pratique de l'enseignant et aussi de la régulation réalisée par ce dernier. Pour

cette raison, nous commençons tout d'abord par décrire son contexte puis nous passons à la partie d'analyse.

#### 8.2.1.1 *Description du contexte*

En premier lieu Férid a débuté la partie 4, concernant l'investigation expérimentale, par demander à ses élèves de chercher collectivement le matériel nécessaire à partir de ceux mis à leur disposition sur sa paillasse dès le début de la séance en disant « chaque groupe doit chercher le matériel pour faire l'expérience // il y a du matériel à votre disposition » et « placé devant » eux. En deuxième lieu de réaliser le montage afin de prendre les valeurs permettant de tracer la courbe  $I = f(N)$  en signalant « pour faire ces mesures il faut réaliser un circuit ». Alors en suivant les consignes données par l'enseignant les élèves ont éloigné tout d'abord leurs affaires de leurs paillasses pour laisser la place au matériel à chercher et puis ils ont commencé à réaliser le circuit par groupe. En se déplaçant entre les deux groupes Férid s'adresse au G1 qui a à peine commencé à réaliser le circuit en disant « bon attendez ». En effet, il commence à vérifier le matériel que ses élèves l'ont utilisé dans la réalisation du montage. Alors il a marqué la présence d'un condensateur, d'un résistor, d'une bobine et d'un GBF. Une fois qu'il est assuré de l'existence de ces quatre éléments fondamentaux du montage de la résonance d'intensité, il s'est adressé aux élèves de G1 en leur donnant des consignes sur le savoir-faire expérimental en disant : « Tout d'abord avant de réaliser le circuit il faut s'assurer de quelque chose // laquelle ? ». Entre temps Férid a laissé l'occasion aux élèves de G1 réfléchir il a passé à l'autre G2 pour vérifier le montage réalisé en disant « Donc le voltmètre la bobine le résistor ». Tout à coup l'élève E2 élimine le condensateur du reste de circuit sans justification, alors son enseignant intervient rapidement et il a replacé de nouveau cet élément dans le montage sous prétexte que « Ça c'est le condensateur / tu l'as besoin ». Il a continué par la suite le contrôle du reste de matériel et il a trouvé que « le nombre des fils des connexions est insuffisant » en demandant de chercher d'autres pour qu'ils puissent réaliser correctement le montage de l'expérience. Il revient par la suite au groupe G1 pour obtenir de ses élèves une réponse à la question qu'il a posée précédemment en disant « attendez avant de réaliser le montage il faut s'assurer de quelque chose ». Son élève E1 lui a répondu qu' « il faut mesurer la fréquence » tandis que E'1 a répondu qu'il faut s'assurer que le signal doit être sinusoïdal. Alors en refusant la réponse de E1, et en ignorant celle de E'1 ; Férid a donné une partie de la réponse en disant « Il ne faut pas oublier le GBF avant de réaliser le circuit » et par la suite il a reposé la même question pour recevoir la deuxième partie de la réponse qu'il attendait « on doit s'assurer d'autre chose laquelle ? ». Les

élèves regardent leur l'enseignant avec tâtonnement alors l'enseignant fait intervenir sa propre réponse en indiquant qu'il faut s'assurer du fonctionnement des fils de connexions .Ensuite Férid a ajouté « des fils de connexions //comment s'assurer de ceci allez je vais expliquer ».Et il a apporté un multimètre et il a montré la manière dont on doit tester les fils de connexions en terminant sa démonstration par « comme vous voyez c'est bon». Ensuite il a continué d'articuler entre les deux groupes en donnant des consignes de travail générales comme « avant de réaliser le circuit il faut s'assurer du bon fonctionnement des appareils » et d'autres spécifiques comme « le voltmètre doit être en mode alternatif », « il ne faut pas brancher le voltmètre directement aux bornes de GBF si non c'est le court-circuit » et « il faut s'assurer du bon fonctionnement de résistor ».Mais E1 interroge sur la manière et l'appareil permettant de tester le bon fonctionnement d'un rhéostat alors son enseignant a apporté un ohmmètre et l'a branché aux bornes d'un résistor isolé et il a montré son fonctionnement à ses élèves. Il a profité l'occasion afin de s'assurer si l'ampèremètre utilisé par le groupe G1 est en bon état en disant « maintenant vous allez vous assurer du fonctionnement de l'ampèremètre », mais il l'a trouvé détérioré. Ici Férid a conseillé les élèves de G1 de changer cet appareil par d'autres tout en pensant que le problème chez ce groupe est résolu .Pour cette raison, il est revenu au G2 qui a trouvé en situation de blocage .L'enseignant est amené à de chercher l'origine du problème en disant « alors si l'ampèremètre fonctionne alors de même pour la résistance ». Dans ce cas, il a préféré refaire lui-même le montage pour que ses élèves arrivent à dépasser les difficultés rencontrées et puissent prendre les mesures. Ces mêmes difficultés persistent aussi chez les élèves du G1 qui sont en train de réaliser un montage avec des appareils qui ne fonctionnent pas. Face à cette situation de blocage Férid intervient de nouveau pour essayer de résoudre le problème chez le groupe G1, c'est pourquoi il a voulu de savoir si le voltmètre fonctionne ou non. Son élève E1 lui a confirmé qu'il est détérioré. A ce moment, Férid a mobilisé ses connaissances professionnelles du type de PCK sur matériel pédagogique et son fonctionnement et des PCK sur la stratégie. Ainsi il a demandé « d'agir sur les boutons de GBF et voir s'il y a quelque chose » si non il est obligé de remplacer le voltmètre branché à ses bornes par un autre en bon état. Nous remarquons bien que, selon l'enseignant, « cette chose » consiste au passage de courant dans le circuit et par conséquent la réalisation d'un montage fonctionnel à partir de matériel mis à la disposition de ses élèves. En effet E1 pensait que « Peut-être le résistor ne fonctionne pas » et non pas le voltmètre. Mais Férid a décidé à continuer d'agir sur le bouton de GBF en diminuant la fréquence tout en ignorant l'idée de E1 et de changer le voltmètre avec un autre mais sans résultat. A ce moment, il s'est rendu compte que les difficultés pouvaient provenir des fils de connexions utilisés. Il voulait s'en

assurer en disant « est ce que vous avez testez tous les fils ? ». En fait la réponse de E'1 par un « oui » a bouleversé tout le monde et même l'enseignant qui a avoué qu' « il Ya donc un problème ». Face à cette situation de blocage, Férid a pris la charge de tester lui-même les fils de connexions et de refait de nouveau le circuit électrique jusqu'à atteindre son but en disant «en fin s'a marché ici ». Au terme de cette scène et avant de commencer les mesures Férid voulait s'assurer que tout est bien en interrogeant ses élèves « c'est bon ( pour G2) ? et vous ( pour G1 ) c'est bon ? ».

#### 8.2.1.2 *Analyse de l'événement remarquable ER7F*

Dès le début de la première scène concernant la distribution et la réalisation du montage l'enseignant Férid est conscient qu'il existe une certaine difficulté présentant un obstacle pour le déroulement de son activité. Ces difficultés consistent au manque de bon matériel disponible aux élèves pour réaliser l'expérience Cette idée est identifiée lors des entretiens simples et croisés. En fait, Férid considère que ses élèves « sont capables de réaliser le montage » comme pour le cas du G1 où il y a les deux élèves les plus motivés de la classe, alors que pour le reste, il a « attendu de le faire mais malheureusement ils ont trouvé des difficultés ». Ainsi il pensait qu'effectivement le défaut du bon matériel disponible est « une grande contrainte //il provoque une perte de temps pour l'enseignant ». En effet, l'enseignant a bien cerné le problème du matériel dans les appareils des mesures tels que le voltmètre et l'ampèremètre ainsi dans les fils de connexions « mais le problème est dû aux appareils des mesures //et peut-être même aux fils de connexion ».

En fait, la description de l'événement remarquable réalisée dans le paragraphe précédent (4-1-1-Description du contexte, p.) nous a permis d'identifier deux origines des difficultés du matériel rencontrées par les élèves et que nous présentons dans ce qui suit :

- Difficultés qui ont pour origine le manque de matériel en bon état. Ce point a été discuté lors de l'entretien croisé où son collègue Ahmed lui a proposé de « vérifier le matériel avant la séance » pour éviter ce type de difficultés. Férid a exprimé son accord avec cette idée proposée mais il a ajouté qu'il a seulement un ou deux ampèremètres qu'il a déjà testés en disant « oui //comme vous voilez nous avons un ampèremètre ou bien deux déjà j'ai les vérifié ». En plus, lors de l'entretien simple Férid a avoué que ses élèves ont rencontré des difficultés à cause du mauvais état du matériel utilisé en disant : « à part la contrainte de temps il y a aussi le matériel utilisé qui n'est pas en bon état ».
- Difficultés qui ont pour origine le manque de connaissances des élèves liées au savoir-faire expérimental. Ce point a été évoqué lors de l'entretien croisé lors qu'il a expliqué que

ses élèves ont la capacité de réaliser correctement le montage mais face au mauvais matériel, ils ne peuvent pas réagir et cela l'oblige à intervenir pour changer un appareil par un autre « tout d'abord, ils ont pu faire le montage tous seuls mais les appareils des mesures ne sont pas en bon état//alors j'ai essayé de remplacer quelques-uns ». Il a décrit ses interventions de la manière suivante « déjà vous avez vu combien de fois on a changé l'ampèremètre et on l'a même remplacé par voltmètre ou déterminer indirectement la valeur du courant ». Il savait que « le problème du matériel » persiste entre les élèves et qu' « on peut utiliser un ampèremètre /on peut utiliser un oscilloscope /des résistors » l'essentiel, c'est que nous devons nous débrouiller pour que le montage fonctionne et que nous puissions prendre les mesures. Alors selon Férid l'élève est demandé de mobiliser ses connaissances liées au savoir-faire lié à l'expérience pour qu'ils puissent dépasser ses difficultés de matériel .Et nous pensons que ce défaut de connaissance l'oblige de mobiliser son savoir-faire pour réguler et aussi pour « essayer d'améliorer leur savoir-faire » bien que « ceci demande beaucoup de temps ». Nous signalons donc que ce type de difficultés sont dévoilées lorsque celles qui sont en liaison avec le manque de bon matériel persistent chez les élèves .Selon Férid l'élève est amené à mobiliser ses connaissances initiales sur le savoir-faire expérimental pour qu'il puisse dépasser les difficultés causées par le manque du matériel en bon état.

Cependant, Férid est conscient que ses élèves rencontrent des difficultés dérivées du manque du bon matériel disponible pour la réalisation de l'expérience. C'est alors qu'il a pris la décision de réguler la situation pour assurer la continuité du déroulement de sa pratique.

En effet, comme nous l'avons signalé dans la description du contexte ( p.) Férid a débuté son activité de régulation par donner des consignes de travail avant même de commencer la réalisation de montage en disant « Tout d'abord avant de réaliser le circuit il faut s'assurer de quelque choses ».Nous avons cité précédemment (p.) quelques consignes de travail évoqués par l'enseignant et qui a pour but de « s'assurer du bon fonctionnement des appareils ».Nous pouvons noter que l'enseignant savait d'avance et même avant de commencer sa séance de TP qu'il a apporté avec lui en classe un certain nombre de matériel en mauvais état et même non testé d'avance. Ce point a été évoqué par son collègue lors de l'entretien croisé en disant « tu pourrais vérifier le matériel avant la séance ». Et par conséquent l'élève se trouvait dans des conditions de travail défavorables causés par le manque de matériel de bon état. De plus, nous rappelons que le but du TP est l'étude expérimentale du phénomène de la résonance d'intensité où nous demandons à l'élève de

réaliser correctement le montage et de prendre les mesures et pas pour tester le matériel que son enseignant le met à sa disposition.

L'enseignant a montré à ses élèves pas mal de fois comment tester un appareil ou bien un fil de connexion à l'aide d'un multimètre dans le but de garder le dispositif qui fonctionne ou de changer celui qui est en mauvais état.

Les élèves sont passés à la réalisation du montage sous le contrôle de leur enseignant. Ce dernier sait très bien qui « Ils ont essayé » et qu'« ils ont pu faire le montage tout seuls ». Au fur et à mesure il sait que « les connaissances des élèves sont favorables » mais « le problème est dans le matériel » et plus précisément « le problème correspond aux appareils des mesures //et peut-être même dans un fil de connexion » car ces « appareils ne sont pas en bon état ». Alors il a pris la décision d'intervenir dans le cadre de la régulation en disant « je dois intervenir ». Il a donc essayé de « remplacer quelques appareils » détériorés et de refaire « le circuit avec plaisir tout simplement puisqu'ils l'ont déjà construit correctement ». Le but de Férid de ses interventions qu'il a réalisé fréquemment est d'éviter la perte de temps en disant « mais je dois intervenir pour gagner du temps tout simplement » et d'essayer « d'aller plus vite ».

#### 8.2.1.3 *Identification des schèmes*

A partir de cette analyse, que nous avons réalisée précédemment. Nous pouvons remarquer qu'entre l'activité de la proposition de la situation et celle de l'explication de contenu de cette situation, l'enseignant change de but. Nous pouvons alors identifier deux schèmes S73F et S'73F :

- **Schème S73F :**

Le but du schème S1 est « s'assurer de bon fonctionnement des appareils »

La règle d'action Ra1 est : Demander aux élèves de quelle chose faut-il s'assurer avant de réaliser le montage.

- **Schème S'73F :**

Le but du schème S'73F est « aider les élèves à réaliser un montage fonctionnel »

La règle d'action Ra2 est : Demander aux élèves de remplacer les appareils détériorés par d'autres en bon état de fonctionnement.

#### 8.2.1.4 *Représentation des schèmes S73F et S'73F*

La construction des schèmes S73F et S'73F exige de regrouper ses éléments constitutifs dans les tableaux :

- **Schème S73F**

Afin de construire le schème S73F, nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau T37A suivant :

<b>Schème S73F : Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage</b>	
<b>But</b>	S'assurer de bon fonctionnement des appareils
<b>Inférences</b>	Si je veux tester l'état d'un matériel utilisé alors je dois utiliser un multimètre ; Si je m'assure de l'état de matériel utilisé alors je peux réaliser un montage fonctionnel.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de quelle chose faut-il s'assurer avant de réaliser le montage.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que l'élève est capable de faire un circuit correctement mais le problème provient de matériel utilisé ; Je sais que les matériels disponibles ne sont pas tous en bon états ; Je sais que les élèves ont pu faire le montage tout seuls mais le problème est dans le matériel.

Tableau T37A : Schème S73F : Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage.  
Cas Férid

- **Schème S'73F :**

Pour construire ce schème S'73F nous regroupons ces quatre éléments dans le tableau suivant :

<b>Schème S'73F : Aide apportée pour obtenir un montage fonctionnel</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à réaliser un montage fonctionnel.
<b>Inférences</b>	Si je remplace quelques appareils alors je peux obtenir un montage fonctionnel ;
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de remplacer les appareils détériorés par d'autres en bon état de fonctionnement.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que je dois intervenir pour avoir un montage fonctionnel ; Je sais que le problème correspond aux appareils des mesures et aux fils de connexions

Tableau T38A : Schème S'73F : Aide apportée pour obtenir un montage fonctionnel. Cas Férid

Au début de la partie d'investigation expérimentale Férid, demande à ses élèves de « s'assurer du bon fonctionnement des appareils ». Alors, nous pouvons constater qu'il savait d'avance qu'il existait parmi le matériel quelques appareils en mauvais état et même endommagés. Concernant les anticipations liées au but, Férid attendait de ses élèves qu'ils mobilisent leurs connaissances liées au savoir-faire expérimental pour qu'ils puissent dépasser les difficultés du matériel. Il intervient pour chaque groupe afin de tester les appareils et d'aider à fonctionner le montage. L'analyse de l'événement remarquable ER7F nous montre que l'enseignant a bien cerné le problème de matériel dans les appareils des mesures tels que le voltmètre et l'ampèremètre ainsi dans les fils de connexions en disant « mais le problème correspond aux appareils des mesures //et peut-être même aux fils de connexions ». En fait,

les connaissances mobilisées par l'enseignant dans les inférences sont globalement pédagogiques du type des PCK sur le programme PCK/programme et plus précisément sur le matériel et son fonctionnement et des PCK sur la stratégie. Ainsi ces inférences demeurent en liaison avec le but visé par Férid.

Dans les inférences les connaissances mobilisées globalement par l'enseignant sont pédagogiques du type des PCK sur le programme PCK/programme et plus précisément sur le matériel et son fonctionnement et des PCK sur la stratégie. Ainsi ces inférences demeurent en liaison avec le but visé par Férid.

#### 8.2.1.5 *Conclusion*

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER7F « Les élèves sont en difficulté d'avoir un montage fonctionnel à partir du matériel mis à leurs dispositions. ». Nous notons que cet événement est lié au contenu du savoir de la résonance, nous pourrions dire qu'il est du type didactique. Son analyse nous a permis de construire deux schèmes S73F et S'73F et d'identifier ses éléments constitutifs. Nous avons pu identifier deux origines de difficultés identifiées lors de l'investigation expérimentale : des difficultés liées au savoir-faire expérimental et des difficultés liées au matériel en mauvais état mis à la disposition de l'élève en classe.

Nous analysons dans qui suit l'événement remarquable ER8F du type pédagogique.

#### 8.2.2 **Analyse d'un événement remarquable ER8F**

L'événement remarquable que nous allons analyser est identifié à partir de la transcription de la deuxième scène concernant les mesures. Cet événement montre que « les élèves rencontrent des difficultés d'ordre organisationnel de leurs activités ». En effet, ils ont pensé qu'il est nécessaire de calculer la fréquence propre  $N_0$  à partir de la valeur de l'inductance  $L$  de bobine et celle de la capacité  $C$  du condensateur utilisé dans leurs montages. Ainsi cette fréquence  $N_0$  va être considérée comme une référence pour détecter la résonance de l'intensité. Mais l'intervention de l'enseignant a bouleversé le raisonnement de ses élèves, ainsi ils deviennent en difficulté car il leurs a imposé de varier la fréquence  $N$  de GBF avant de calculer la fréquence propre  $N_0$ . L'enseignant est donc conscient que ses élèves sont en situation de difficulté qu'il l'a créée par sa dernière intervention alors s'il a pris la décision de réguler et assurer le déroulement de sa pratique. L'analyse de l'activité pratiquée ainsi de la régulation réalisée nous montre que Férid a mobilisé ses connaissances professionnelles pour faire dépasser ses élèves les difficultés rencontrées. Pour cette raison, nous considérons cet événement remarquable de type pédagogique.

8.2.2.1 *Description du contexte*

• Enseignant Férid a commencé la scène S2 concernant les mesures en disant à ses élèves « Qu'est-ce que vous allez faire maintenant ». Il voulait avoir une idée sur le point initiatif de leur procédure expérimentale. Alors son élève le plus motivé E1 lui a répondu directement « On va calculer la fréquence propre  $N_0$  ». Mais cette réponse est attendue par l'enseignant de telle sorte il a interrogé sans hésitation son élève sur la raison. Alors E1 a justifié son idée en disant « Pour qu'il la comparer avec la fréquence de l'excitateur et pour atteindre la résonance d'intensité ». En effet l'idée donnée par E1 concernant la procédure des mesures était claire. Les élèves voulaient commencer par le calcul la valeur de la fréquence propre  $N_0$  avant de débiter les mesures. Puis ils pensaient prendre cette valeur comme une référence pour détecter la valeur maximale atteinte par l'intensité efficace  $I$ . Mais la réponse de Férid été perturbante pour eux en disant « Et alors » et directement il a imposé la procédure à suivre par ses élèves « bon vous allez agir sur la fréquence de GBF et vous observez qualitativement la variation de l'intensité ». Cependant la procédure expérimentale imposée par l'enseignant est tout à fait différente à celle donnée par ses élèves. Pour éclaircir les idées nous présentons les deux raisonnements de la manière suivante :

- Procédure proposée par les élèves : Calculer la valeur de la fréquence propre  $N_0$  et la considère comme une référence pour choisir l'intervalle de la variation de la fréquence  $N$  de GBF. La détection de la résonance sera lorsque  $N$  atteint  $N_0$  et par conséquent l'intensité efficace  $I$  prend une valeur maximale.
- Procédure imposée par l'enseignant : l'élève est demandé de varier la fréquence  $N$  de GBF et d'observer le pic d'intensité. Puis il est appelé de calculer la fréquence propre  $N_0$  et la comparer avec celle trouvée à la résonance.

Mais nous pensons que la description de la procédure imposée par Férid est incomplète et porte des ambiguïtés pour eux. Car le fait de dire « vous allez agir sur la fréquence de GBF » sans préciser que la limite de cette variation de fréquence met en doute les élèves lors de la réalisation de leurs tâches. Et en plus, il a indiqué le résultat de cette variation en disant « vous observez qualitativement la variation de l'intensité ». En réalité, l'élève attendait plus que ce résultat et il voulait détecter le pic de l'intensité à la résonance afin de réaliser la comparaison entre la fréquence propre  $N_0$  dont la valeur doit être connue et celle de GBF. Et immédiatement l'élève E1 a interrogé son enseignant en disant « Quand elle va prendre sa valeur maximale ? ». A ce moment, cette question inattendue rend Férid conscient que ses élèves sont en difficulté et ils ne sont pas tellement convaincus de sa procédure qu'il l'a imposé, donc il a décidé de réguler. En effet, en ignorant la question de E1

et il a demandé à ses élèves « comment varie l'intensité en fonction de celle de GBF ? ». Alors le silence règne entre eux car ils ignorent la réponse. Férid s'est adressé par la suite au groupe G2 en décrivant le principe expérimental qu'il faut appliquer pour répondre à sa question en disant : « vous allez agir sur la fréquence et vous suivez l'aiguille de l'ampèremètre pour voir approximativement comment varie l'intensité et vous cherchez pour quelle fréquence N l'intensité est maximale ». De même, il a invité le groupe G2 de faire la même procédure comme ses collègues de G1. Mais soudain, il a demandé « est-il nécessaire de calculer la fréquence propre ? ». Sans hésitation et en se basant sur la procédure qu'il a décrite précédemment son enseignant son élève E'1 a répondu par le « non ». A ce moment, Férid l'a interagit avec son élève avec une certaine tension assez clair en demandant « pourquoi ? ». Il a repris de suite sa parole pour éclaircir sa procédure qu'il a décrite précédemment au début de son activité en disant : « ici on varie la fréquence et on va voir comment varie l'intensité ». Mais cette fois l'enseignant a complété sa description en ajoutant un indice assez important en disant « il faut savoir la fréquence à laquelle l'intensité atteint sa valeur maximale ». Nous pourrions déduire de ce qui précède que Férid a laissé tomber son idée du calcul de la fréquence propre  $N_0$  au terme des mesures, afin de comparer avec celle de GBF qui présente le pic de l'intensité. Et il a repris l'idée proposée par ses élèves au début de la scènes S2 et consiste à calculer la fréquence propre  $N_0$  juste avant de commencer les mesures. En effet, il a dit « d'après moi il faut calculer la fréquence propre  $N_0$  // allez-vous calculez ». Alors il s'agit bien de l'idée proposée par ses élèves.

#### 8.2.2.2 *Analyse de l'événement remarquable ER8F*

L'enseignant Férid a débuté son activité concernant la scène des mesures en demandant « Qu'est-ce que vous allez faire maintenant ». En réalité, Il voulait que ses élèves lui donne une procédure l'attend mais son élève E1 lui a proposé de calculer tout d'abord la fréquence propre  $N_0$  avant de commencer les mesures. Ensuite, ils vont vérifier l'égalité entre la fréquence N de GBF à la résonance et celle de  $N_0$ . Mais cette proposition, a été refusée sans discussion par l'enseignant qui a imposé à son tour sa propre procédure. En effet il a demandé de ses élèves en premier lieu de varier la fréquence N en agissant sur le bouton de GBF et en observant qualitativement la variation de l'intensité. La description de cette procédure apparaît aux élèves incomplets et non convainquant. Pour cette raison, ce même élève E1 lui a interrogé sur le moment où l'intensité atteint sa valeur maximale. En fait, il attendait de Férid qu'il indique l'obtention d'un pic d'intensité au moment où la fréquence N de GBF atteint la valeur de la fréquence propre  $N_0$ . En réalité la question de E1 lui fait sentir

que ses élèves sont en difficulté et qu'il doit réguler la situation pour qu'ils puissent les dépasser. Ce point a été évoqué seulement lors de l'entretien simple lorsque nous avons interrogé Férid sur son but de refuser la proposition de ses élèves malgré qu'elle soit juste et réalisable alors, il nous a répondu en disant « j'ai demandé aux élèves de répondre pourquoi on calcule  $N_0$  // je pense que le principe expérimental que j'ai décrit à mes élèves est plus simple // on réalise les mesures puis on compare la fréquence qui correspond au pic de l'intensité avec  $N_0$  qu'on la calculera à la fin des mesures ». Nous pourrions dire que les deux procédures données respectivement par l'enseignant et ses élèves sont toutes les deux correctes et même réalisables. Nous demandons alors pourquoi Férid a refusé au début l'idée de se élèves bien qu'elle soit acceptable ? et pourquoi il l'a reprise de nouveau par la suite ?

### 8.2.2.3 Identification des schèmes

A partir de cette analyse, nous pourrions conclure qu'il y a un changement du but détecté par le changement de stratégie suivi par l'enseignant avec ses élèves lors de la scène des mesures. Nous pouvons donc identifier les deux schèmes S83F et S'83F suivants :

- **Schème S83F :**

Le but du schème S83F est « Aider les élèves en suivant une stratégie de mesure plus simple »

La règle d'action Ra1 est : Demander aux élèves ce qu'ils vont faire au début de la scène des mesures.

- **Schème S'83F :**

Le but du schème S'83F est « S'assurer d'utiliser une stratégie de mesures plus appropriée par les élèves. »

La règle d'action Ra2 est : Demander aux élèves qu'il faut savoir la fréquence à laquelle l'intensité atteint sa valeur maximale

#### 4.1.4. Identification des schèmes

- **Schème S83F :**

Pour construire le schème S83F, nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau suivant :

Schème S83F : Stratégie à suivre dans les mesures	
<b>But</b>	Aider les élèves en suivant une stratégie de mesure plus simple
<b>Inférences</b>	Si je veux aider mes élèves dans leurs activités de mesure alors je dois leurs proposer la stratégie la plus simple ;
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves ce qu'ils vont faire au début de la scène des mesures.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que l'élève a proposé une stratégie de mesures correcte mais ma mienne est la plus simple ;

	Je sais que les élèves ont voulu calculer la fréquence propre $N_0$ juste avant de commencer les mesures ; Je sais qu'il n'été pas nécessaire de calculer la fréquence propre $N_0$ juste avant de commencer les mesures.
--	--

Tableau T39A : Schème S83F : Stratégie à suivre dans les mesures. Cas de Férid

- **Schème S'83F :**

Pour construire ce schème ‘ nous regroupons ces quatre éléments dans le tableau suivant :

<b>Schème S'83F : Retour à la stratégie proposée par les élèves</b>	
<b>But</b>	S'assurer d'utiliser une stratégie de mesures plus appropriée par les élèves.
<b>Inférences</b>	Si je reprends la stratégie proposée par les élèves alors je les aide à approprier leurs activités de mesures.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves qu'il faut savoir la fréquence à laquelle l'intensité atteint sa valeur maximale.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que la stratégie de mesures proposée par les élèves est correcte et réalisable ; Je sais que les élèves n'ont pas apprécié ma stratégie.

Tableau T40A : Schème S'83F : retour à la stratégie proposée par les élèves. Cas de Férid

Férid a débuté son activité concernant la scène des mesures en demandant « Qu'est-ce que vous allez faire maintenant ». Concernant les anticipations de l'enseignant dans le même but, Férid attendait de ses élèves une procédure expérimentale. Cette dernière consiste à commencer par varier la fréquence  $N$  de l'excitateur ( GBF) et par la suite l'élève est demander de déduire  $N_0$ . Ici, Férid refuse la proposition donnée par son élève E1 et qui consiste à calculer tout d'abord la fréquence propre  $N_0$  avant de commencer les mesures.

Les inférences mobilisées par l'enseignant sont dans les plus parts du temps tous de type des connaissances pédagogiques sur la stratégie PCK/stratégie. En effet, l'enseignant refuse la proposition de ses élèves bien qu'elle soit juste et réalisable et il justifie cela en disant « j'ai demandé aux élèves de répondre pourquoi on calcule  $N_0$  ??? je pense que le principe expérimental que j'ai décrit à mes élèves est plus simple // on réalise les mesures puis on compare la fréquence qui correspond au pic de l'intensité avec la  $N_0$  qu'on la calculera à la fin des mesures ». Alors nous voyons que l'enseignant mobilise des connaissances scientifiques tout en restant en lien avec son but visé.

#### 8.2.2.4 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER8F « les élèves rencontrent des difficultés d'ordre organisationnel de leurs activités » de type pédagogique. En effet, les élèves ont pensé qu'il est nécessaire de calculer tout d'abord la fréquence propre  $N_0$  à partir de la valeur de l'inductance  $L$  de bobine et celle de capacité  $C$  de

condensateur utilisé dans leur montage avant de commencer les mesures. Mais le refus de l'enseignant a bouleversé leur raisonnement et c'est ce qu'il a imposé sa procédure de travail. L'enseignant a essayé de maîtriser le temps pour qu'il puisse pratiquer fidèlement le reste des parties du scénario pédagogique. L'analyse de cet événement (§4.2.2, p. 18) nous a permis de construire deux schèmes S1 et S2 et d'identifier ses éléments constitutifs.

### 8.2.3 Analyse d'un événement remarquable ER9F

Nous présentons dans ce qui suit l'événement remarquable ER9F de la manière suivante : « L'enseignant guide ses élèves pour tracer rapidement la courbe  $I=f(N)$  ». Cet événement est identifié en étudiant troisième scène S3 concernant le traçage de la courbe  $I=f(N)$ . Nous avons remarqué que Férid a autant de fois guidé ses élèves dans le but d'accélérer leurs tâches. En effet, ce guidage permet à l'enseignant de gagner le temps pour qu'il puisse terminer son TP à l'heure. Et aussi, il pourrait lui assurer la continuité du déroulement de sa pratique et la mise en œuvre de la DI au sein de sa classe. Nous pourrions considérer que cet événement est de type de chronophage puisque l'enseignant a essayé de maîtriser le temps pour qu'il puisse réaliser le reste des parties du scénario pédagogique. L'analyse de cet événement exige tout d'abord de décrire son contexte puis de l'analyser suivant deux volets : Analyse de l'activité pratiquée et analyse de la régulation faite par l'enseignant.

#### 8.2.3.1 Description du contexte

Nous rappelons que la scène S3 consiste à figurer les valeurs trouvées lors des mesures réalisées. Alors Férid a demandé à ses élèves de tracer la courbe en disant : « allez tracez la courbe sur le papier millimétré ». Effectivement, chaque élève commence à tracer sa propre courbe. Soudain, l'enseignant intervient pour demander de tracer une seule courbe par groupe ensuite chacun d'entre eux peut la photocopier. Nous notons bien que Férid ne lui reste pas assez de temps (moins de dix minutes) pour terminer son TP alors qu'il a encore d'autres parties du scénario à réaliser. Alors pour gagner le temps, il pensait que chaque groupe doit concentrer son effort dans une seule tracée. Et pour mettre ses élèves sur le bon chemin, il a passé au tableau et il a tracé les deux axes de la courbe en disant voilà « un axe pour l'intensité en ordonnées et un axe pour les fréquences  $I$  en abscisses // allez ». En fait, l'élève n'a pas trouvé l'occasion de réfléchir à propos des axes, et pourquoi pas de se tromper ? et de se corriger. Alors ce qu'il doit faire est de recopier ce que son enseignant vient de tracer sur le papier millimétré. Ensuite il a passé à assembler de ses élèves des informations sur les valeurs trouvées de l'intensité  $I_{max}$  et de la fréquence  $N$  qui la correspond dans le but

de réfléchir sur une échelle adéquate aux mesures trouvées. Pour cette raison, Férid s'est adressé au deuxième groupe G2 pour l'interroger sur la valeur maximale atteinte par l'intensité en disant « la plus grande valeur de  $I$  c'est combien ». Son élève lui a annoncé qu'il a trouvé  $I_{\max}$  est égale à « 16 ». Et par la suite il a demandé de savoir la valeur la fréquence  $N$  qui correspond au pic et d'affirmer son égalité avec  $N_0$  en disant « est la valeur de  $N$  vous allez trouver 328 ou non ». En fin il a posé sa fameuse question « D'après vous quelle est l'échelle qu'on doit prendre ? ». Les élèves reviennent en silence en réfléchissant sur cette question alors que E2 lui a donné une réponse incomplète « 1cm pour euh ». Alors sans hésitation et en mobilisant ses connaissances professionnelles, l'enseignant a imposé son propre échelle « On peut prendre 1 cm pour 1 mA ». Soudain, Férid a remarqué que le groupe G2 n'a pas encore copié les deux axes alors pour gagner du temps, il a pris rapidement le papier millimétré et il a tracé lui-même les axes de la courbe en disant par la suite « allez continuer ». Les élèves ont commencé de tracer la courbe  $I=f(N)$  avec les axes des abscisses et des ordonnées ainsi l'échelle préalablement imposés par l'enseignant.

Quelques instants après, les élèves de G1 ont à peine terminé le traçage de la courbe, mais Férid l'a trouvé incomplète puisqu'il exige la précision dans l'écriture du titre de la courbe. Au terme de la partie d'investigation expérimentale l'enseignant a retourné au tableau en disant à ses élèves « allez-vous regagnez vos place ».

#### 8.2.3.2 *Analyse de l'événement remarquable ER9F*

Dès le début de la scène S3 concernant le traçage de la courbe  $I=f(N)$  Férid nous apparaît plus stressé que les autres parties qu'ils ont réalisées précédemment durant sa séance. Ce point a été évoqué lors de l'entretien croisé lorsque Férid a dit : « Je suis stressé par le temps » et par conséquent il craint de ne pas suivre la planification de son scénario pédagogique et terminer son TP. Nous pouvons rappeler qu'au cours de la réalisation des trois parties : la proposition de la situation problème, les hypothèses et l'investigation expérimentale, Férid a perdu beaucoup de temps. Alors en commençant la scène S3 de traçage de la courbe, il se sent « coincé par le temps » et qu'il y a un risque de ne pas achever la séance à l'heure. Le souci du manque de temps qui lui reste l'a obligé d'interagir autrement avec ses élèves. Pour cette raison nous remarquons que l'enseignant a guidé ses élèves en réalisant leurs tâches de traçage de la courbe dès son début vers sa fin. En effet, ce guidage a été évoqué par son collègue Ahmed en disant « Jusqu'à maintenant je vois que l'expérimentation a pris beaucoup de temps et // tu as guidé au cours de l'explication à ses élèves // c'est un guidage fort ». Nous décrivons l'enchaînement de ses interventions de la

manière suivante : Tout d'abord il a demandé à chaque groupe de tracer une seule courbe dans le but de se concentrer davantage sur la tâche réalisée afin de gagner du temps. Puis, Férid a précisé les axes des abscisses et des ordonnées en les traçant sur le tableau et en demandant à ses élèves de les copier sur le papier millimétré. De plus, pour gagner plus de temps il a tracé lui-même les axes pour le groupe G2. Ensuite il a imposé l'échelle de la courbe. Nous avons interrogé l'enseignant sur ce point alors il a dit « Pour le traçage de la courbe, nous avons tracé pas mal de fois les courbes même à la maison // et de choisir l'échelle et ainsi de suite // donc ce n'est pas un objectif pour moi ».

En effet, l'enseignant a justifié ses interventions pour le gain de temps en disant : « mais je dois intervenir pour gagner du temps tout simplement ».

### 8.2.3.3 Identification du schème S93F

L'analyse que nous avons réalisée précédemment nous permet d'identifier un seul schème :

#### Schème S93F.

Le but du schème S est « accélérer la tâche » des élèves dans le traçage de la courbe  $I=f(N)$  »

La règle d'action Ra est : Demander aux élèves de tracer une seule courbe par groupe puis de faire une photocopie.

### 8.2.3.4 Représentation de schème S93F

Nous essayons d'identifier les éléments constitutifs de schème S93F dans le tableau :

Schème S93F : Suivre de la planification de la séance	
<b>But</b>	Accélérer la tâche des élèves dans le traçage de la courbe $I=f(N)$
<b>Inférences</b>	Si je veux gagner le temps et terminer la séance de TP alors je dois guider mes élèves
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de tracer une seule courbe par groupe puis de faire une photocopie.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que je dois suivre la planification de la séance ; Je sais que je dois intervenir pour gagner le temps.

Tableau T41A : Schème S93F : Aide apportée aux élèves. Cas Férid

Concernant les anticipations de l'enseignant attendait de ses élèves qu'ils réalisent le traçage de la courbe  $I=f(N)$  sans perdre du temps. Car il se sent « coincé par le temps » et qu'il y a un risque de ne pas achever sa séance à l'heure. Une autre fois nous rencontrons l'aspect chronophage la démarche DI rencontré par l'enseignant dans sa pratique de la classe.

Dans les inférences, les connaissances mobilisées par l'enseignant sont globalement du type de PCK sur les difficultés de l'élève et des PCK sur la stratégie d'enseignement des

sciences. En fait Férid interagit avec ses élèves avec un certain guidage .il a justifié cela en disant « Jusqu'à maintenant je vois que l'expérimentation a pris beaucoup de temps et//tu as guidé au cours de l'explication à ses élèves // c'est un guidage fort ». Alors il demande de tracer une seule courbe pour chaque groupe ensuite tout le monde peut faire une copie. Ainsi, il schématise à ses élèves les axes de la courbe sur le tableau en précisant l'échelle.

#### 8.2.3.5 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable 2 « L'enseignant guide ses élèves pour tracer rapidement la courbe  $I=f(N)$  » du type chronophage où l'enseignant a essayé de maîtriser le temps pour qu'il puisse pratiquer fidèlement le reste des parties du scénario pédagogique et terminer à l'heure. L'analyse de cet événement nous a permis de construire le schème S93F et d'identifier ses éléments constitutifs.

### 8.3 Investigation expérimentale : Cas de Ahmed

Nous essayons dans ce qui suit d'analyser la pratique de Ahmed et la manière dont il a organisé ses activités au sein de sa classe lors de la partie de l'investigation expérimentale. Nous rappelons que cette partie de DI est subdivisée en trois scènes : S1 distribution de matériel et réalisation de montage ; S2 Mesures ; S3 Traçage de courbe  $I=f(N)$ .

L'étude du synopsis de la partie de l'investigation expérimentale nous a permis tout d'abord de détecter quatre événements remarquables (Annexe extrait du synopsis de partie4 : investigation expérimentale réalisée par les élèves d'Ahmed). Nous allons choisir un événement par scène en se basant sur leurs typologies : pédagogique, didactique, chronophage Ensuite nous les analysons afin de fonder une idée claire sur l'organisation de l'activité de l'enseignant et d'identifier les éléments des schèmes correspondants.

#### 8.3.1 Analyse d'un événement remarquable ER7A

Le premier événement remarquable, choisi à partir de la scène S1 de la distribution du matériel et réalisation du montage et que « Les élèves ont du mal à réaliser un montage fonctionnel à partir de matériel mis à leurs dispositions ». Nous remarquons que cet événement est en lien avec le contenu du savoir de la résonance de l'intensité, alors nous pourrions dire qu'il est de type didactique. En effet, l'analyse de cet événement se fait sur deux volets : l'activité de la pratique de l'enseignant et la régulation réalisée par ce dernier. Pour cette raison nous débutons par décrire son contexte puis nous passons à la partie d'analyse.

8.3.1.1 *Description du contexte*

Ahmed a commencé son activité en demandant à ses élèves d'aller chercher le matériel nécessaire qu'il met à leurs dispositions en disant : « voilà le matériel que vous avez demandé ». Nous rappelons comme nous avons indiqué dans l'analyse de la partie 3 (Hypothèses) précédente, l'enseignant a présenté le matériel sur sa paillasse dès le début de la séance. Alors l'élève va chercher le matériel mis à sa disposition quel que soit son état de fonctionnement. Effectivement, les élèves de chaque groupe ont placé le matériel et ils ont choisi la paillasse de l'expérience seulement E2 de G2 demande « Et les fils », alors Ahmed lui apporté rapidement ce qu'il veut en disant : « travaillez en groupe ». En effet, réaliser le montage collectivement nous permet d'avoir une idée sur le débat qui se passe entre les élèves. Nous présentons dans le tableau T42A suivant l'extrait de débat qui a eu lieu dans le groupe G 1 :

Temps	Tdp	Locuteurs	Productions verbales
40'47''	171	E1	Le résistor doit être au début //
40'51''	172	E'1	C'est le même//
40'54''	173	E1	Un voltmètre en parallèle au GBF //

Tableau T42A. Extrait de transcription : débat entre les élèves de groupe G1 lors de la réalisation de montage

Nous déduisons de ce qui précède que le débat entre ces élèves est constructif sur tout qu'ils mobilisent leur savoir-faire expérimental au cours de la réalisation de montage.

L'enseignant s'approche du groupe G2 pour contrôler la tâche de ses élèves. Ces derniers sont pu faire un montage correct composé par un dipôle RLC en série avec un GBF et pour mesurer l'intensité efficace du courant parcourant le circuit, ils ont intercalé en série avec le reste des composants. Mais selon leurs regards, ils sont déçus, car le montage ne fonctionne pas. Cette conclusion est déduite à partir de la valeur nulle de l'intensité donnée par l'ampèremètre. Ils sont donc en difficultés car ils ne savent pas comment faire pour fonctionner leur montage. Sans laisser l'occasion à ses élèves d'agir pour résoudre la difficulté rencontrée, Ahmed a pris l'initiative d'identifier l'appareil endommagé. Pour cette raison, il a utilisé un multimètre pour tester l'état de l'ampèremètre utilisé. Et effectivement il a interprété que « c'est l'ampèremètre qui ne fonctionne pas » et qu'il « va l'enlever ». Vu qu'il n'y a pas d'autre ampèremètre disponible alors il a directement imposé à ses élèves la solution en disant « donc on va utiliser un voltmètre en parallèle avec la résistance » ainsi pour obtenir la valeur de l'intensité efficace  $I$ , il a demandé d'utiliser la loi d'Ohm relative au dipôle résistor  $I=U/R$  en disant « on va diviser la valeur de la tension par la valeur de la

résistance ». Donc en suivant son principe expérimental qu'il a imposé, Ahmed a pu réussir pour fonctionner le montage G2 tout en mobilisant son savoir-faire. Et avec une certaine satisfaction concernant la continuité de sa pratique, Ahmed demande aux élèves du groupe G1 de calculer la fréquence propre  $N_0$  avant de commencer les mesures en disant « bon calculez la fréquence propre ». Mais en approchant de l'autre groupe G2, il le trouve en difficulté. Ils ont pu construire correctement le montage mais malheureusement il n'y a pas de courant passant dans le circuit fermé. Les élèves ont essayé d'agir sur le bouton du GBF, de s'assurer la liaison entre les appareils et les fils de connexion mais, toujours le montage ne fonctionnait pas. Ils sont bouleversés et inquiets car ils ignorent la cause de leur échec. En réalité, l'enseignant vient de rencontrer déjà la même situation avec le groupe G1. Alors il savait qu'il s'agit toujours de problème du mauvais état du matériel mis à la disposition des élèves. Cette situation rend l'enseignant conscient que ses élèves sont en difficulté et il a pris la décision de réguler la situation en utilisant la même stratégie suivie avec l'autre groupe G1. Il a pris donc de tester chaque composant du montage avec le multimètre apporté avec lui. Cependant, s'il le trouvait fonctionnel alors il le gardait et si non il va le changer avec d'autre. Finalement Il s'est rendu compte que l'ampèremètre si non le voltmètre utilisé par les élèves sont endommagés et il n'a pas la possibilité de les changer à cause du manque de matériel en bon état. En effet, l'intervention de l'enseignant pour réguler n'a pas permis au G1 d'obtenir un montage fonctionnel et les élèves se trouvaient encore en difficultés. A ce moment il a décidé de réguler la situation autrement en fusionnant les deux groupes G1 et G2 et d'exploiter le matériel en bon état, disponible chez eux pour construire un seul montage. L'essentiel ce qu'il soit fonctionnel. Donc il a invité le groupe G2 pour l'assembler avec G1 en disant « bon venez ici » en leur expliquant la cause « on n'a pas le voltmètre » et qu'il « va utiliser ce voltmètre ». Il a demandé aux élèves du G1 d'apporter dont il a besoin comme matériel tel que le condensateur « amenez moi ce condensateur », le BGF et même le résistor pour faire fonctionner le montage. Et puisque les composantes de montage sont changées alors il a interrogé tout le monde sur le nouveau calcul de la fréquence propre  $N_0$  en disant « est ce que vous avez calculé la fréquence propre ? », « combien vous trouvez ? ».

### 8.3.1.2 *Analyse de l'événement remarquable ER7A*

En commençant la scène S1 concernant la distribution du matériel et la réalisation du montage. Les élèves ont pu réussir à construire un montage correct en utilisant les appareils mis à leurs dispositions sur la paillasse de leur enseignant dès le début de la séance du TP. Mais leurs montages ne fonctionnent plus et ils sont devenus en difficulté car ils sont

incapables de prendre les mesures « concernant le matériel tout se trouve sur la paillasse et j'ai un problème du temps// vous voliez que j'ai 45mn ont été passé sans rien faire ». En effet, ces difficultés prennent comme origine le manque de matériel en bon état disponible aux élèves. Lors de l'entretien simple nous nous sommes interrogés sur l'influence du matériel en bon état sur le déroulement de la pratique de l'enseignant. Ahmed nous a affirmé que sa nécessité est primordiale. Mais il nous a décrit le manque des appareils fonctionnels à son laboratoire en disant « dans notre laboratoire on n'a pas assez de bon matériel //par exemple des GBF mais ne sont pas tous en état de fonctionnement//on peut chercher 2 ou 3 oscilloscopes qu'ils ne fonctionnent pas ». Ainsi il a ajouté que « Si j'ai assez de bon matériel peut-être je peux laisser un groupe fait ce qu'il veut //et l'autre groupe travaille avec un ampèremètre ». En fait faute de la disponibilité du matériel en bon état que l'enseignant a pris la décision d'assembler les deux groupes en un seul montage. Alors il pensait qu'il est idéal de parler de l'autonomie de l'élève en présence de problème du matériel en disant « Je vois qu'il est idéal de dire que les élèves sont autonomes de faire ce qu'ils veulent » et qu'il « ne peut pas faire ceci dans une séance de TP d'une heure et 30 secondes. ». Nous avons demandé à Ahmed s'il a aidé ses élèves alors il a répondu que « oui » en ajoutant qu'il a « changé le matériel 5 fois j'ai changé les ampèremètres aussi ». En effet, nous pensons que ses interventions sont dans le cadre d'une régulation où son but est d'aider ses élèves à franchir les difficultés provoquées par le matériel en mauvais état.

Lors de l'entretien simple, nous avons interrogé Ahmed sur le but de ses interventions fréquemment réalisées alors il nous a confirmé qu'il veut « voir ce qu'ils veulent » et « réguler et corriger les fautes commises ». Il est obligé de le faire car selon lui il « sera coincé » et il « ne peut pas avancer ».

Cependant, nous avons remarqué que l'enseignant cherche à chaque fois à donner directement la solution et il ne favorise pas l'autonomie de son élève. Ahmed nous a infirmé que même « si le matériel est en bon fonctionnement// je faisais comme ça » car il est conscient qu'il « doit assister et régulariser ».

Au terme de cette analyse, nous pouvons déduire les idées suivantes :

- Les élèves ont pu construire correctement leurs montages.
- Les deux groupes d'élèves sont en difficultés à cause du manque de matériel en bon état mis à leurs dispositions.
- La première intervention réalisée par l'enseignant est chez le groupe G1 où les élèves ignorent l'origine de leurs difficultés rencontrées. Il a commencé par réguler la situation en testant les composants du circuit à l'aide d'un multimètre et en changeant ceux qui sont

endommagés par d'autres afin d'obtenir un montage fonctionnel pour ce groupe. Il s'agit bien d'une régulation rétroactive où l'activité de l'enseignant est organisée.

- La deuxième intervention faite par l'enseignant est chez le groupe G1 qui est encore en difficulté. Immédiatement Ahmed a commencé sa régulation par changer les composants endommagés par d'autres. Mais malheureusement, il n'a pas pu obtenir un montage fonctionnel car il n'a trouvé ni un ampèremètre, ni un voltmètre fonctionnel dont il a besoin dans la construction du circuit. A ce moment, il est conscient que les élèves du groupe G1 sont encore en difficulté. Il a pris donc la décision d'assembler les groupes pour un seul montage, l'essentiel c'est qu'il soit fonctionnel. Alors il a reconstruit de nouveau le montage devant tous ses élèves mais cette fois avec plus de disponibilité du matériel en bon état. Il s'agit bien d'une régulation rétroactive caractérisée par l'organisation de l'activité de l'enseignant. En fin ils ont commencé à prendre les mesures à l'aide d'un seul montage en commun. Nous pensons que la régulation réalisée par l'enseignant à G1 a eu lieu avant celle réalisée à G2 et nous pensons qu'elles sont liées l'une à l'autre. Autrement dit, Ahmed n'a pas régulé à G2 alors il ne peut pas faire la même chose à G1 à cause du manque de matériel en bon état.

### 8.3.1.3 Identification de schème S73A

En se basant sur l'analyse que nous avons réalisée nous pouvons préciser le but de l'enseignant ainsi que la règle d'action Ra de schème S

#### Schème S73A :

Le but du schème S73A est « s'assurer de réaliser un montage fonctionnel »

La règle d'action Ra est : Demander aux élèves de G1 de venir chez G2 et d'apporter le matériel fonctionnel.

### 8.3.1.4 Représentation du schème S73A

La construction du schème S73A exige de regrouper ses éléments constitutifs dans le tableau T43A suivant :

<b>Schème S : Réalisation d'un montage fonctionnel commun</b>	
<b>But</b>	S'assurer de réaliser un montage fonctionnel
<b>Inférences</b>	Si j'assemble le matériel de deux groupes alors les élèves peuvent réaliser un montage fonctionnel commun ; Si j'associe les deux groupes alors l'élève a plus de chance de trouver un matériel en bon état.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de G1 de venir chez G2 et d'apporter le matériel fonctionnel.
<b>Les invariants</b>	Je sais l'ampèremètre peut être remplacé par un voltmètre branché aux bornes

<b>opérateurs</b>	d'un résistor ; Je sais que la seule solution est d'apporter le matériel fonctionnel de l'autre groupe ; Je sais que le même problème de matériel s'existe chez les deux groupes ; Je sais il y a un manque de matériel en bon état mis à la disposition des élèves ; Je sais que je peux utiliser le matériel de l'autre groupe si j'ai besoin.
-------------------	--

Tableau T43A : Schème S : Réalisation d'un montage fonctionnel commun. Cas Ahmed

### 8.3.1.5 Une organisation en but et en sous-but de schème S73A

Chaque but induit une nouvelle règle d'action. Nous modélisons l'activité d'Ahmed en comparant les anticipations pour chacun des buts. Nous notons que d'après notre analyse les anticipations de l'enseignant demeurent constantes. En fait il attendait des élèves des deux groupes G1 et G2 qu'ils réalisent un montage fonctionnel. Alors nous constatons il n'y a pas de nouveau schème : le schème S s'écrit avec un but et des sous-buts correspondant à chaque nouvelle règle d'action.

Le sous-but B1 est « Aider les élèves du groupe G1 à réaliser un montage fonctionnel. »

La règle d'action Ra1 est : Demander aux élèves du G1 d'enlever l'ampèremètre endommagé et le remplacer par un voltmètre en parallèle avec le résistor.

Le but B2 sous- schème S73A est « Aider les élèves du groupe G2 à réaliser un montage fonctionnel. »

La règle d'action Ra2 est : Demander aux élèves du G2 s'ils ont un autre voltmètre qui fonctionne.

### 8.3.1.6 Une modélisation en but et en sous-but de schème S73A

Nous regroupons dans un tableau le but et les deux sous buts pour mieux comprendre l'organisation de l'activité réalisée par Ahmed dans ce tableau, nous ne distinguons pas entre les théorèmes-en-acte et les concepts-en-acte qui représentent les constituants des invariants opératoires du schème. Car d'une part, les invariants opératoires ne sont pas toujours explicites ni conscients et d'autre part cette distinction ne nous semble pas apporter un plus sur la manière dont Ahmed organise son activité. C'est la formulation des éléments du schème, en particulier celui des règles d'action, qui nous semble nécessaire de préciser.

But	Sous but	Inférences	Règle d'action	Invariants Opérateurs
-----	----------	------------	----------------	-----------------------

S'assurer de réaliser un montage fonctionnel	<b>Sous-b1 :</b> Aider les élèves du groupe G1 à réaliser un montage fonctionnel.	-Si je remplace un ampèremètre par un voltmètre aux bornes d'un résistor alors je dois appliquer la loi d'Ohm pour déduire en fin la valeur de l'intensité efficace ; -Si je change un appareil endommagé par un autre en bon état alors je peux réaliser un montage fonctionnel.	Demander aux élèves de G1 d'enlever l'ampèremètre endommagé et le remplacer par un voltmètre en parallèle avec le résistor.	Je sais que l'élève est capable de faire un circuit correctement mais le problème provient du matériel utilisé ; Je sais que les matériels disponibles s ne sont pas tous en bon états ; Je sais que l'ampèremètre peut être remplacé par un voltmètre branché aux bornes d'un résistor
	<b>Sous-b2 :</b> Aider les élèves du groupe G2 à réaliser un montage fonctionnel.	-Si je remplace le voltmètre endommagé par un autre en bon état alors l'élève peut réaliser un montage fonctionnel.	Demander aux élèves de G2 s'ils ont un autre voltmètre qui fonctionne	-Je sais que le même problème de matériel s'existe chez les deux groupes ; -Je sais il y a un manque de matériel en bon état mis à la disposition des élèves. -Je sais que je peux utiliser le matériel de l'autre groupe si j'ai besoin

Tableau T43A : subdivision du but en deux sous buts

Nous pensons que les connaissances mobilisées par l'enseignant dans les inférences sont globalement pédagogiques du types PCK sur le matériel pédagogique et sur son fonctionnement. Nous notons bien que nous étudions la typologie des inférences dans le chapitre 9.

Pour cette raison, l'enseignant cherche à chaque intervention à tester, régler et à la limite remplacer les appareils qui ne fonctionnent pas avec d'autres qui sont en bon état. Il est conscient du manque d'un bon matériel au laboratoire en déclarant : « dans notre laboratoire on n'a pas assez d'un bon matériel //par exemple des GBF mais ne sont pas tous en état de fonctionnement//on peut chercher 2 ou 3 oscilloscopes qu'ils ne fonctionnent pas ».

### 8.3.1.7 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente, l'événement remarquable ER7A « Les élèves Ont du mal à réaliser un montage fonctionnel à partir du matériel mis à leurs dispositions » de type didactique puisqu'il est en lien avec le contenu du savoir de la résonance de l'intensité.

Nous avons déjà analysé la manière de réagir menée par l'enseignant dans le cadre de gérer d'une part la mise en œuvre de son activité au sein de la classe, et d'une autre part ses interactions avec ses élèves.

Son étude est faite par la description du contexte de cet événement puis par l'analyse de l'activité pratiquée et l'analyse de la régulation faite par l'enseignant. Les résultats de cette étude nous ont permis de construire le schème S73A et d'identifier ses éléments constitutifs.

Nous analysons dans la partie suivante un deuxième événement remarquable du type chronophage.

### 8.3.2 Analyse d'un événement remarquable ER8A

En identifiant les événements remarquables, nous avons remarqué que Ahmed a pratiquement fusionné les deux scènes S2 concernant les mesures et S3 pour le traçage de la courbe  $I=f(N)$ . Nous avons donc un événement remarquable qui a pris naissance à partir de cette fusion. Nous le présentons de la manière suivante : « L'enseignant demande à ses élèves de tracer une seule courbe au fur et à mesure que les autres prennent les mesures ». En effet, l'enseignant attendait de ses élèves de réaliser l'activité des mesures et celle de traçage de la courbe simultanément pour gagner le temps afin qu'il puisse pratiquer le reste des parties de scénario pédagogique et terminer son TP.

Nous considérons que cet événement est de type de planification où l'enseignant a essayé de maîtriser le temps pour qu'il puisse pratiquer fidèlement le reste des parties du scénario pédagogique.

#### 8.3.2.1 Description du contexte

Nous rappelons que l'enseignant a assemblé les groupes G1 et G2 en réalisant un montage fonctionnel commun pour que tous les élèves puissent prendre les mesures et tracer la courbe. Cette stratégie d'assemblage est une régulation rétroactive réalisée par Ahmed pour que ses élèves puissent franchir les difficultés rencontrées lors de la réalisation du montage fonctionnel et qui ont comme origine le manque de disponibilité du matériel en bon état. En effet la valeur de la fréquence propre  $N_0$  a changé de valeur en passant de 159,23 Hz (donnée par G2) avant la fusion des deux groupes à la valeur 225 Hz après la fusion. Pour cette raison son élève E2 lui rappelle qu'il « doit changer la fréquence  $N_0$  » et prendre la valeur «  $N_0=225$  Hertz » avant de préciser les valeurs de la fréquence  $N$  à remplir dans le tableau des mesures. A ce moment, Ahmed demande à ses élèves de préciser les valeurs de  $N$  qu'ils vont prendre pour remplir le tableau, et l'intervalle de mesure de  $N$  à suivre à condition qu'il repère des valeurs de « fréquences inférieures à  $N_0$  » et d'autres supérieures. L'enseignant a refusé l'intervalle de « 100 hertz » proposé par son élève E1 en imposant la sienne « Je pense que c'est trop, on va prendre 50 100 150 200 ensuite si vous voulez on peut passer par 10 10 10 ensuite lorsqu'on dépasse  $N_0$  on revient à 50// donc vous commencez par 50 ». Mais E2 a

critiqué son choix en disant « Mais monsieur le tableau combien peut-il porter de valeur ». Alors en écrivant lui-même sur la fiche de l'un de ses élèves, il a demandé de doubler le nombre de colonnes de tableau et il a placé la valeur de  $N_0$  au milieu en disant : « la fréquence propre 225 //on va prendre jusqu'à 200// puis 210 220 230 240 puis nous prenons 300 400 ». Puis il a demandé de commencer les mesures à partir  $N$  est égale à 50 Hertz. Effectivement, les élèves ont commencé leurs mesures mais soudain, en observant l'heure, Ahmed s'est rendu compte qu'il est en retard et qu'il doit accélérer le déroulement de son activité et celle de ses élèves pour gagner du temps et pratiquer le reste des parties du scénario pédagogique. Alors, il a commencé par attirer l'attention de ses élèves en disant « Donc vous voyez que vous avez perdu un peu de temps ». Puis il a déclaré ce qu'il a décidé « à mon avis pour accélérer un peu //on peut mesurer et on peut tracer en même temps la courbe». Ensuite, il a commencé par partager les deux tâches de mesure et du traçage de la courbe  $I = f(N)$  à ses élèves en disant « maintenant vous prenez les valeurs et quelqu'un entre vous va tracer la courbe en même temps pour gagner du temps ». Et il a demandé de lui donner un papier millimétré pour la courbe dont il est satisfait de tracer une seule courbe sur laquelle ils s'appuient dans la discussion « ou moins on fait une courbe pour qu'on puisse discuter ». A ce moment, Ahmed a donné le signe de départ en disant «voilà allez travailler » en décrivant à ses élèves la procédure de l'activité à réaliser de la manière suivante : « lorsque vous trouvez un point vous le schématisez directement sur la courbe// les autres//Samira toi tu dessines et toi tu écris les valeurs sur le tableau pour quelle puisse suivre ». Alors pour accélérer les activités des élèves, l'enseignant a distribué les tâches de la manière suivante : « Prendre les mesures, calculer l'intensité efficace  $I$  (en utilisant un voltmètre à cadran), écrire les valeurs sur le tableau et schématiser directement les points sur le papier millimétré ». Il s'agit bien d'une stratégie que nous nommons « stratégie du travail à la chaîne » où l'élève réalise sa tâche sans critique ni commentaire et cela influe sur son autonomie. Après un certain nombre de mesures l'enseignant se précipite d'avoir le pic d'intensité pour s'assurer l'identification de la résonance en variant rapidement la fréquence  $N$  de GBF et en visualisant la valeur maximale de l'intensité efficace sur l'ampèremètre. Puis, il regarde le résultat de la tâche du traçage de la courbe  $I = f(N)$  réalisée par son élève Samira et il se met à douter en disant : « On ne sait pas si on va avoir le pic ou non ? ». Soudain Samira s'est rendu compte qu'elle s'est trompée d'échelle en criant « Monsieur on n'a pas suivi la même échelle ici qu'ici ». Alors Ahmed intervient avec une certaine tension en rappelant à Samira l'échelle à suivre. En réalité, l'enseignant a voulu gagner le temps à partir de sa stratégie qu'il la suivie, mais la faute d'échelle commise par son élève provoque un retard dans le déroulement de la séance .Cette

faute inattendue par Ahmed lui rend sous la tension et il a demandé Samira de refaire immédiatement quelques points incorrects tout en l'aidant dans le traçage et en disant « Oh non non//revenez ici on va refaire des points//comme vous voilez ici 250 200 ensuite c'est 225 ce point et non 210 donc vous allez refaire les points exact //effacez ces points et refaite les //elle va faire un pic maintenant//juste ces points que vous allez les refaire//tu laisses 50//allez faites ». Au terme de la correction, il est satisfait de la courbe puisqu'il a pu marquer le pic de l'intensité sur la courbe tracée « juste ici on va visualiser un pic ». Puis il est passé au tableau pour tracer l'allure de la courbe  $I = f(N)$ , en demandant de tenir « compte de cette courbure avant et après le pic ». Enfin il a demandé à ses élèves de regagner leurs places avant de passer à la partie suivante.

### 8.3.2.2 *Analyse de l'événement remarquable ER8A*

En commençant la scène ER8A de mesures Ahmed sentait qu'il n'est pas satisfait de défilement de sa séance surtout qu'il est conscient qu'il a « perdu de temps » et que « 45min ont été passé sans faire rien » alors qu'il lui « me reste 2min pour faire l'expérience tracer la courbe dégager la conclusion ». Ce problème de perte de temps a été évoqué par son collègue Férid lors de l'entretien croisé en critiquant la pratique de Ahmed et en disant « il a réagi convenablement mais 45min c'est beaucoup // il perd beaucoup de temps //il n'a pas respecté le temps de chaque étape //il faut compte de reste de TP .» Alors pour « gagner du temps » et réaliser le reste des parties de son scénario pédagogique surtout qu'il a « terminé juste au temps malgré les obstacles rencontrés ». Il a décidé de réaliser la scène S2 de mesures et celle S3 de traçage simultanément pour « accélérer un peu ». Cette notion d'accélération est approuvée lors de l'entretien simple en disant « peut être j'ai accéléré un peu à la fin de ce TP et j'ai senti qu'il est bien passé ». Puisque à son « avis c'était nécessaire de faire ça » et il n'a aucune idée sur le résultat en disant « j'ai plus de temps et je vais voir ce que va donner ». Son but est d'accélérer le déroulement de sa pratique afin de suivre la planification de la séance de TP.

Alors il a partagé les activités à ses élèves : Prendre les mesures de la tension  $U$  à l'aide d'un voltmètre à cadran et déduction de l'intensité efficace  $I$  en appliquant la loi d'Ohm, compléter le tableau des valeurs et traçage de la courbe. L'enseignant exige que toutes ces activités doivent être réalisées simultanément En suivant les consignes de leur enseignant, Les élèves commencent à réaliser leurs activités de mesures et de traçage. Mais nous avons remarqué qu'Ahmed a bien guidé ses élèves en imposant l'échelle et les axes de la courbe  $I = f(N)$ . Ce point a été évoqué lors de l'entretien simple où l'enseignant considère que

son « rôle d'enseignant qui consiste à aider toujours les élèves » et qu'il « doit donner des solutions et choisir les axes ». Ainsi il a ajouté que « s'il y a des difficultés à mon avis c'est ma tâche //je dois l'aider à choisir l'échelle convenable ». Donc son but d'Ahmed à travers ce guidage est d'aider ses élèves pour franchir les difficultés. En effet l'enseignant est conscient de l'existence des difficultés chez ses élèves lors de la scène de mesures et de traçage de la courbe. Pour cela il a décidé d'intervenir et de réguler la situation.

### 8.3.2.3 Identification des schèmes S83A et S'83A

Notre analyse que nous avons réalisée précédemment nous permet d'identifier deux schèmes S83A et S'83A que nous les présentons de la manière suivante :

- **Schème S83A :**

Le but du schème S83A est « d'accélérer le déroulement de sa pratique »

La règle d'action Ra1 est : Demander aux élèves d'accélérer un peu puisqu'ils ont perdu de temps.

- **Schème S'83A :**

Le but du schème S'83A est « Aider les élèves à tracer la courbe de la résonance d'intensité  $I = f(N)$  »

La règle d'action Ra2 est : Demander aux élèves s'ils vont visualiser sur la courbe obtenue le pic de l'intensité.

### 8.3.2.4 Représentation des schèmes S83A et S'83A

La construction des schèmes S83A et S'83A exige de regrouper leurs éléments constitutifs dans les tableaux suivants :

- **Schème S83A :**

Pour construire le schème S83A, nous essayons d'identifier ses éléments constitutifs dans le tableau T44A suivant :

Schème S1 : suivie de déroulement de la séance	
<b>But</b>	Accélérer le déroulement de sa pratique
<b>Inférences</b>	Si je veux gagner le temps alors je dois réaliser les mesures et le traçage de la courbe simultanément
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves d'accélérer un peu puisqu'ils ont perdu de temps.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais qu'il est nécessaire de fusionner l'activité de mesures et celle de traçage de la courbe Je sais qu'il ne me reste pas assez de temps pour réaliser le reste des parties du scénario pédagogique.

Tableau T44A : Schème S83A : suivie de la planification de la séance. Cas Ahmed

- **Schème S'83A :**

Pour construire ce schème S'83A nous regroupons ces quatre éléments dans le tableau T45A suivant :

<b>Schème S'83A : Aide apportée aux élèves</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à tracer la courbe de la résonance d'intensité $I = f(N)$ .
<b>Inférences</b>	Si je veux visualiser le pic de l'intensité à la résonance alors je dois les aider dans le traçage de la courbe.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves s'ils vont visualiser sur la courbe obtenue le pic de l'intensité.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que je dois aider les élèves à choisir l'échelle convenable et les axes ; Je sais que mon rôle d'enseignant consiste à aider toujours les élèves.

Tableau T45A : Schème S'83A : Aide apportée aux élèves. Cas Ahmed

Concernant les anticipations de l'enseignant concerne toujours le même but .il attendait de ses élèves de réaliser un montage correct qui permet à prélever les mesures de l'intensité  $I$  de courant ainsi les valeurs des fréquences correspondantes.

Les inférences mobilisées par l'enseignant sont globalement de types de connaissances pédagogiques sur le programme PCK/programme et plus précisément sur le matériel et son fonctionnement et aussi des connaissances pédagogiques sur les difficultés des élèves PCK/élèves. Ahmed intervient pour chaque groupe pour l'aider à faire fonctionner le montage. Alors il change à chaque fois un appareil par un autre qui est en bon état ou bien qui permet de données des valeurs d'intensité du courant. En réalité nous constatons deux origines des difficultés rencontrées par l'élève. La première origine provient du manque de bon matériel disponible dans le laboratoire en déclarant :« dans notre laboratoire on n'a pas d'assez bon matériel //par exemple des GBF mais ne sont pas tous en état de fonctionnement//on peut chercher 2 ou 3 oscilloscopes qu'ils ne fonctionnent pas ». La deuxième origine revient au savoir-faire de l'élève et le manque de connaissances sur le matériel et son fonctionnement. Alors nous voyons que l'enseignant mobilise des inférences sur le matériel pédagogique et son fonctionnement tout en restant en lien avec son but visé.

### 8.3.2.5 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER8A « L'enseignant demande à ses élèves de tracer une seule courbe au fur et à mesure que les autres prennent les mesures »de type de chronophage où l'enseignant a essayé de maîtriser le temps pour qu'il puisse pratiquer fidèlement le reste des parties du scénario pédagogique. L'analyse de cet événement nous a permis de construire deux schèmes S83A et S'83A et d'identifier ses éléments constitutifs.

8.4 *Conclusion*

Dans ce chapitre nous avons étudié l'organisation de l'activité de l'investigation expérimentale par les deux enseignants Férid et Ahmed. Cette étude nous a amené d'identifier les schèmes modélisants leurs activités et ses éléments constitutifs. Nous rappelons que notre analyse d'activité est faite suivant trois types d'événements remarquables : didactique, pédagogique et chronophage. Nous signalons que le traitement des connaissances professionnelles mobilisées lors des pratiques enseignantes sera réalisé dans le chapitre 9 (typologie des invariants opératoires et des inférences). Nous notons que nous n'avons pas identifié un événement remarquable pour le cas de Ahmed dont j'ignore la cause. Pour mettre en relief les résultats obtenus nous les regroupons dans le tableau récupératif suivant :

Enseignant	Evénements remarquables	Schèmes construits	Typologie des événements remarquables
Férid	ER7F	S73F et S'73F	Didactique
	ER8F	S83F et S'83F	Pédagogique
	ER9F	S93F	Chronophage
Ahmed	ER7A	S73A et S'73A	Didactique
	ER8A	S83A et S'83A	Chronophage

Tableau T8.1: Résultats de l'analyse de l'organisation de l'activité de l'investigation expérimentale par Férid et Ahmed.

**Chapitre 9 :**

**Typologie des invariants  
opérateurs et des inférences**

## 9.1 *Introduction*

Selon Vergnaud, les invariants opératoires sont formés par les concepts en-acte et les théorèmes-en-acte. En effet, il définit le concept en acte de la manière suivant « Le concept de 'théorème en acte' désigne les propriétés des relations saisies et utilisées par le sujet en situation de résolution de problème, étant entendu que cela ne signifie pas qu'il est pour autant capable de les expliciter ou de les justifier » (Vergnaud 1981 p. 220). Ainsi il désigne « par les expressions *concept-en-acte* et *théorème-en-acte* les connaissances contenues dans les schèmes : on peut aussi les désigner par l'expression plus globale de l'invariant opératoire' » (ibid.,1991 p.139). En fait les invariants opératoires et inférences sont parmi les quatre éléments organisateurs d'un schème et qui permettent de sélectionner l'information pertinente et de la traiter. Ils sont responsables pour la reconnaissance des éléments pertinents de la situation.

Dans ce chapitre, Nous identifions les typologies les connaissances mobilisées par l'enseignant dans les inférences et les invariants opératoires du schème. Nous étudions la relation entre la typologie des inférences et des invariants opératoire et le but prévu. Notre travail s'appuie sur les schèmes construits lors de l'organisation de l'activité de l'enseignant durant les trois parties de la DI : la situation problème, l'hypothèse et l'investigation expérimentale (chapitres 6, 7 et 8).

## 9.2 *Etape de la situation problème*

Dans cette partie, notre travail s'appuie sur les invariants opératoires et les inférences des schèmes identifiés dans le chapitre de l'organisation de l'activité de la situation problème par l'enseignant (chapitre 6), nous analysons et catégorisons les invariants opératoires et les inférences des schèmes identifiés dans le chapitre 6.

### 9.2.1 *Cas de Férid*

#### 9.2.1.1 *Événement remarquable ERF1 : L'incompréhension de la situation problème*

##### 9.2.1.1.1 *Etude des invariants opératoires de schème S11F*

Nous rappelons dans le tableau TS11F suivant les invariants opératoires (du schème S11F « Proposition de la situation problème », convoqué Férid.

SchèmeS11F : Proposition de la situation problème	
<b>Invariants Opérateurs</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que les élèves ne comprennent pas la situation problème proposée car le phénomène de la résonance d'intensité est compliqué. IO <sub>2</sub> : Je sais que la situation problème doit être choisie de la vie quotidienne. IO <sub>3</sub> : J'ignore comment faire pour établir le lien entre la situation problème proposé et le phénomène de la résonance.

TableauTS11F : Invariants opératoires. Schème S11F « Proposition de la situation problème ». Cas de Férid

Nous inférons des connaissances de type disciplinaire SMK sur de la résonance d'intensité et sur la situation problème dans la majorité de ces invariants opératoires.

Dans la proposition (IO1) : « je sais que le phénomène de la résonance d'intensité est compliqué » nous pouvons identifier les connaissances mobilisées par Férid. En effet, elles sont de type PCK sur l'élève et plus précisément des PCK sur les difficultés des élèves.

De même dans la proposition (IO2) : « Je sais que la situation problème doit être choisie de la vie quotidienne. », l'enseignant mobilise une connaissance de type des PCK sur l'élève et plus précisément sur les conceptions initiales de l'élève.

Concernant la proposition (IO3) : J'ignore comment faire pour établir le lien entre la situation problème proposé et le phénomène de la résonance. Nous pensons que l'ignorance d'une connaissance est une connaissance en elle-même qui pourrait désorienter la stratégie de l'enseignant. Donc nous pourrions classer la connaissance mobilisée par l'enseignant de type des PCK sur la stratégie des enseignements des sciences. Nous présentons dans le tableau Typ1 ci-dessous le bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S11F :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>2</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales de l'élève
IO <sub>3</sub>	PCK sur la stratégie	Pédagogique sur la stratégie de l'enseignement des sciences

Tableau Typ1 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S11F

Nous remarquons que toutes ces propositions sont issues des analyses vidéo comme nous l'avons montré précédemment.

#### 9.2.1.1.2 Etude des invariants opératoires de schème S'11F

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S'11F « Aider les élèves à comprendre la situation problème », convoqué Férid dans le tableau TS'11F suivant :

<b>SchèmeS2 : Aider les élèves à comprendre la situation problème</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	<p>IO<sub>4</sub> : Je sais que les connaissances de l'élève sur le phénomène de la diffusion de la radio peuvent être insuffisantes ;</p> <p>IO<sub>5</sub> : Je ne suis pas sûr que l'élève sache l'utilité d'agir sur le bouton de recherche de poste radio ;</p> <p>IO<sub>6</sub> : Je sais qu'il n'est pas évident pour l'élèves d'évoquer le phénomène de la résonance lors de l'action sur le bouton de poste radio ;</p> <p>IO<sub>7</sub> : Je ne suis pas sûr que l'élève pense à établir le lien entre le phénomène de la diffusion et celui de la résonance d'intensité lors qu'on agit sur le bouton du poste radio.</p>

TableauTS'11F : Invariantsopératoires.SchèmeS'11F « Aider les élèves à comprendre la situation problème ». Cas de Feridu

La proposition (IO<sub>4</sub>) Les : « Je sais que connaissances de l'élève sur le phénomène de la diffusion de radio peuvent être insuffisante » présente deux catégories de connaissances mobilisées par Férid : des PCK sur les difficultés des élèves et des PCK sur le programme et plus précisément des PCK sur les connaissances des instructions officielles. Alors que le concept-en -acte est de type disciplinaire portant sur le phénomène de la diffusion. En effet la connaissance mobilisée par l'enseignant sur l'insuffisance des prérequis de ses élèves sur la diffusion alors que ce dernier n'est pas indiqué dans le programme officiel tunisien des sciences physiques des classes terminales scientifiques (voir l'annexe). Selon l'enseignant, évoquer le concept de la diffusion est nécessaire dans son explication pour que l'élève puisse comprendre la situation problème de son T.P.

Les proposition (IO<sub>5</sub>): « Je ne suis pas sûr que l'élève sache l'utilité d'agir sur le bouton de recherche de poste radio », nous permet de déduire des connaissances pédagogiques de catégorie des PCK sur le programme et plus précisément sur les connaissances du matériel pédagogique et de son fonctionnement.

La proposition IO<sub>6</sub>: « Je sais qu'il n'est pas évident pour l'élève d'évoquer le phénomène de la résonance lors de l'action sur le bouton de poste radio. » renferme des connaissances de type des PCK sur les difficultés des élèves.

La proposition IO<sub>7</sub>: « Je ne suis pas sûr que l'élève pense à établir le lien entre le phénomène de la diffusion et celui de la résonance d'intensité lors qu'on agit sur le bouton du poste radio. » Présente deux types de connaissances mobilisées : des PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences et des PCK sur les difficultés des élèves.

Nous signalons qu'il existe des connaissances disciplinaires de type de SMK sur le concept de la diffusion.

Nous regroupons les catégories des invariants opérateurs de schème **S'11F** dans le tableau Typ2 suivants :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>4</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
	PCK sur le programme	PCK sur des instructions officielles
IO <sub>5</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel pédagogique et de son fonctionnement
IO <sub>6</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>7</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
	PCK sur la stratégie	PCK sur des stratégies dans l'enseignement des sciences

Tableau Typ2 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schèmeS12F

#### 9.2.1.1.3 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous essayons d'analyser la relation entre les inférences et les invariants opératoires pour les deux schèmes S11F et S'11F. Revenons au schème S11F, « Proposition de la situation problème », convoqué par Férid. Le but de l'enseignant est de Proposer la situation problème aux élèves. » Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schèmeS11F :

<b>Schème S11F : Proposition de la situation problème.</b>	
<b>Inférences</b>	Si je lis le texte alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée.

Tableau Inf1 : Inférences du schème S11F.Cas de Férid

Selon Férid la lecture de texte est une connaissance de stratégie pour atteindre son but de proposition de la situation problème. Entre temps l'élève est appelé implicitement à mobiliser ces connaissances initiales.

Nous identifions donc une connaissance des stratégies dans l'enseignement des sciences PCK sur stratégie qui découle de l'évocation des connaissances disciplinaires SMK sur le concept de la situation problème. Par conséquent, nous voyons apparaître des éléments de régulation correspondant à la gestion de classe, sans que des connaissances scientifiques n'apparaissent. Nous pouvons déduire qu'il existe une certaine cohérence entre les inférences et les invariants opératoires du schème S11F

Le schèmeS'11F :« Aide apportée pour faire la compréhension de la situation problème proposée », convoqué par Férid, a pour but d ' « aider les élèves à comprendre la

situation problème proposée. ». Nous rappelons les inférences de schème S12F dans le tableau suivant :

<b>Schème S'11F : Aide apportée pour faire la compréhension de la situation problème proposée.</b>	
<b>Inférences</b>	<p>Si je lis à haute voix alors, je peux aider l'élève à saisir le contenu de la situation problème proposée.</p> <p>Si l'élève connaît le rôle de l'antenne de poste radio alors ils peuvent évoquer le concept de diffusion</p> <p>Si les élèves mettent en évidence le circuit RLC contenu dans le poste radio et l'action sur le bouton de recherche alors ils peuvent évoquer le concept de résonance d'intensité et son lien avec le phénomène de la diffusion.</p>

Tableau Inf2 : Inférences du schème S'11F. Cas de Férid

Nous identifions dans l'inférence « Si je lis à haute voix alors je peux aider l'élève à saisir le contenu de la situation problème proposée. » une connaissance de stratégie mobilisée par Férid pour que le contenu de la situation problème proposée soient saisies, sachant que ce dernier n'est autre qu'un ensemble de concepts scientifiques liés à celui de la résonance d'intensité. Nous identifions dans les deux autres inférences des connaissances pédagogiques de type des PCK sur les élèves (PCK/élève) et des PCK sur le programme (PCK/programme) et plus précisément de connaissances spécifiques du matériel. Pour résumer, il y a une relation claire entre le but qui consiste à aider les élèves à comprendre la situation problème et les connaissances scientifiques attendues (liées aux connaissances scientifiques). Ainsi nous remarquons une corrélation entre les inférences du schème S'11F et ses invariants opératoires puis qu'ils ont deux catégories de connaissances en communs mobilisées par l'enseignant Férid : les connaissances disciplinaires dans l'enseignement des sciences SMK et les connaissances pédagogiques de type de PCK sur les stratégies. Or cela pourrait rendre la relation plus claire entre l'organisation prévue par l'enseignant et son le but visé.

#### 9.2.1.1.4 Conclusion

L'analyse des invariants opératoires nous amène à des catégorisations des connaissances mises en jeu dans cet élément du schème. Ces connaissances sont de type des PCK sur l'élève, des PCK sur la stratégie et des PCK sur le programme. Une étude menée au niveau des interférences de deux schèmes S11F et S'11F nous a permis d'identifier les types des connaissances mobilisées par Férid dans l'organisation prévue en lien avec le but visé par l'enseignant. Nous signalons que la majorité de ces inférences sont de types disciplinaire SMK et pédagogiques PCK sur l'élèves, PCK sur le programme. Ainsi, nos résultats d'analyse nous amènent à déduire l'existence des connaissances mobilisées entre les

inférences et les invariants opératoires. Nous pensons que cela pourrait favoriser une relation claire entre ces deux éléments.

Nous analysons dans la partie suivante un deuxième événement remarquable .

### 9.2.1.2 *Événement remarquable ER2F : L'ignorance des réponses des élèves*

#### 9.2.1.2.1 *Etude des invariants opératoires de schème S21F*

Nous analysons dans ce qui suit les invariants opératoires constituant le schèmes S21F (voir chapitre 6, T8A), en les classant suivant la nature des connaissances mises en jeu et en étudiant ses relations avec les interférences.

Nous rappelons dans le tableau TS21F ci-dessous les invariants opératoires du schème S21F : « Finir la séance dans le délai », convoqué par Férid.

SchèmeS21F : Finir la séance dans le délai	
<b>Invariants Opérateurs</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que les élèves ne sont pas de même capacité d'apprentissage ; IO <sub>2</sub> : Je sais que je ne peux pas interagir avec les élèves non motivés.

Tableau TS21F : Invariantsopérateurs.SchèmeS21F « Finir la séance dans le délai ». Cas de Férid

Dans la proposition (IO<sub>1</sub>) : « Je sais que les élèves ne sont pas de même capacité d'apprentissage », Férid a mobilisé des connaissances pédagogiques sur l'élève et plus précisément ce type connaissance sur les difficultés des élèves.

La proposition (IO<sub>2</sub>) : « Je sais que je ne peux pas interagir avec les élèves non motivés. », nous permet d'identifier deux types de connaissances mobilisées : des PCK sur la stratégie et des PCK sur l'élève. Nous remarquons donc l'absence de la connaissance de type disciplinaire. Nous regroupons dans le tableau Typ3 ci-dessous le bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S21F.

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>2</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
	PCK sur les stratégies	PCK sur la stratégie de l'enseignement des sciences

Tableau Typ3 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schèmeS21F

#### 9.2.1.2.2 *Etude d'une organisation prévue en fonction du but*

Nous essayons d'analyser la relation entre les inférences et les invariants opératoire de schèmes S21F. Revenons au schèmeS21F, « Finir la séance dans le délai », convoqué par Férid que nous l'avons décrit dans le chapitre 6. Le but de l'enseignant est d'« Assurer la

continuité de déroulement de son activité ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S21F :

<b>Schème S21F : Finir la séance dans le délai</b>	
<b>Inférences</b>	Si je reçois une réponse imprévue à ma question posée alors je l'ignore et j'attends une autre juste ou bien je donne la mienne ;

Tableau Inf3 Inférences du schème S21F.Casde Férid

Nous identifions dans l'inférence « Si je reçois une réponse imprévue à ma question posée alors je l'ignore et j'attends une autre juste ou bien je donne la mienne ». Une connaissance disciplinaire scientifique formant la réponse attendue et prévue par l'enseignant. Cette connaissance pourrait être une connaissance initiale que l'élève est appelé à la mobiliser. En plus, nous identifions une connaissance pédagogique sur des stratégies (PCK/ stratégie) mobilisée par l'enseignant dans les inférences et qui consiste à ignorer la réponse imprévue et aller avec une autre juste ou à la limite donner sa propre réponse. L'essentiel pour Férid est d'assurer la continuité de déroulement de son activité et suivre la planification de sa séance afin d'éviter la perte du temps (chronophage de la DI) et terminer à l'heure.

Nous signalons qu'il y a une connaissance commune mobilisée par Férid dans les interférences et les invariants opératoires. Cela amène à déduire l'existence d'une certaine cohérence entre ces deux éléments du schème S21F qui pourrait rendre l'organisation prévue par l'enseignant plus applicable en lien avec le but et influencer positivement sur l'activité de la régulation menée par l'enseignant.

#### 9.2.1.2.3 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER2F « l'enseignant ignore parfois les réponses de ses deux élèves E1 et E2 lors de l'explication de la situation problème ». L'analyse des invariants opératoires nous amène à des catégorisations : PCK/ élève et PCK/ stratégie. Une étude est menée au niveau des interférences de schèmes S21F nous a permis d'identifier des connaissances pédagogiques sur les stratégies. PCK/stratégie. Nous pourrions déduire que dans cet événement remarquable de type chronophage, l'enseignant mobilise lors de la régulation des inférences dont la majorité des connaissances sont aussi de même type pédagogique. Ainsi nous remarquons un seul type commun de connaissances mobilisées dans les inférences et les invariants opératoires.

Nous analysons dans la partie suivante un troisième événement remarquable

9.2.1.3 *Événement remarquable ER3F : L'utilisation du concept de diffusion*

Nous étudions dans le paragraphe suivant les invariants opératoires constituant les schèmes S31F, en les classant selon la nature des connaissances mises en jeu et en étudiant ses relations avec les interférences.

9.2.1.3.1 *Etude des invariants opératoires de schème S31F*

Nous rappelons dans le tableau TS31F suivant les invariants opératoires du schème **S31F** : « Lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité », convoqué par Férid.

<b>Schème S31F</b> : Lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité	
<b>Invariants Opératoires</b>	<p>IO<sub>1</sub> : Je sais que les élèves ont des connaissances insuffisantes sur le concept de la diffusion ;</p> <p>IO<sub>2</sub> : je sais que je dois introduire le concept de la diffusion pour que les élèves puissent lier entre la situation problème et le phénomène de la résonance d'intensité ;</p> <p>IO<sub>3</sub> : Je sais qu'il faut agir sur le bouton de la recherche de poste radio pour que les élèves puissent faire le lien entre le concept de la diffusion introduit et celui de la résonance d'intensité.</p>

Tableau TS31F : Invariants opératoires. Schème S31F « Evocation du lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité ». Cas de Férid.

La proposition (IO<sub>1</sub>) : « Je sais que les élèves ont des connaissances insuffisantes sur le concept de la diffusion » montre que l'enseignant est conscient de difficulté approuvée par ses élèves, concernant l'insuffisance de leurs connaissances initiales sur le concept de la diffusion. Férid a mobilisé les connaissances pédagogique PCK sur l'élève (PCK/ élève) particulièrement sur ses difficultés des élèves et aussi sur ses conceptions initiales. Nous inférons alors un concept-en-acte est disciplinaire de type de MSK sur le concept de la diffusion.

La proposition (IO<sub>2</sub>) : « je sais que je dois introduire le concept de la diffusion pour que les élèves peuvent lier entre la situation problème et le phénomène de la résonance d'intensité », nous permet d'identifier des connaissances mobilisées de types disciplinaires MSK sur les concepts de la situation problème et le phénomène de la résonance d'intensité et de type pédagogiques sur les stratégies PCK/ stratégie. La proposition IO<sub>3</sub> : « Je sais que je dois agir sur le bouton de la recherche de poste radio pour que les élèves puissent faire le lien entre le concept de la diffusion introduit celui de la résonance d'intensité. », exige d'inférer des connaissances de types pédagogiques sur le programme PCK/programme et spécifiquement des PCK sur le matériel pédagogique et son fonctionnement. Nous regroupons les différentes catégories des invariants opératoires de schème S31F dans le tableau suivant :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
		PCK sur les connaissances initiales des élèves
IO <sub>2</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
	PCK sur la stratégie	PCK sur les stratégies de l'enseignement des sciences
IO <sub>3</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel pédagogique et son fonctionnement

Tableau Typ4 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S31F

#### 9.2.1.3.2 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons, dans le paragraphe suivant, la relation qui existe entre les inférences et les invariants opératoire du schème S31F .

Revenons au schème S31F, « Evocation du lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S31F :

<b>Schème S31F : Lien entre le concept de la diffusion introduit et celui du phénomène de la résonance d'intensité</b>	
<b>Inférences</b>	Si j'agis sur le bouton de la recherche du poste radio, alors l'élève peut évoquer le phénomène de la résonance d'intensité en connaissant le concept de la diffusion ; Si un élève sait l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche du poste radio, alors il a compris le phénomène de la diffusion.

Tableau Inf4 : Inférences du schème S31F.Casde Férid

Nous identifions dans les deux inférences des connaissances disciplinaires de types de MSK sur le phénomène de la résonance d'intensité et sur la diffusion, des PCK sur les stratégies (l'action sur le bouton du poste radio), des PCK sur le programme PCK/programme et plus précisément sur le matériel et son fonctionnement et de PCK sur les connaissances initiales des élèves PCK/élève.

#### 9.2.1.3.3 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER3F « l'enseignant introduit le concept du phénomène de la diffusion, pour l'aider à expliquer la situation problème proposée ».

Nous remarquons que les interférences et les invariants de schème S31F, ont trois catégories de connaissances communes mobilisées par l'enseignant dans l'organisation prévue telles que les connaissances de types des SMK, des PCK/élève, des PCK/stratégie et des PCK/programme. Donc nous envisageons que ces connaissances communes mobilisées par

l'enseignant dans les interférences et les invariants opératoires du schème S31F favorisant l'organisation de l'activité de la régulation en lien avec le but. Nous signalons que dans ce cas nous ne pouvons pas déduire la relation entre les connaissances communes mobilisées dans les invariants opératoires et les inférences et la typologie didactique de l'évènement ER3F.

### 9.2.2 Conclusion

Pour mettre en relief nos résultats obtenus, nous les regroupons dans le tableau suivant :

Événements remarquables	Typologie de l'événements remarquables	Schémas	Typologies des invariants opératoires	Typologies des inférences
ER1F	Pédagogique	S11F	SMK, PCK /élève, PCK /stratégie	SMK, PCK /stratégies
		S'11F	SMK, PCK /stratégies, PCK /programme	SMK, PCK /stratégies, PCK /programme, PCK /élève
ER2F	Chronophage	S21F	PCK /élève, PCK /stratégies	PCK /stratégies
ER3F	Didactique	S31F	SMK, PCK /élève, PCK /stratégies	SMK, PCK /élève, PCK /programme

Tableau T9.1 de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie de la situation problème. Cas Férid

Dans le tableau récupératif ci-dessus nous mettons en évidence l'existence des connaissances communes mobilisées par l'enseignant dans les invariants opératoires et les inférences constituant les schèmes qui modélisent l'activité de l'organisation de la situation problème par Férid. Nous pensons que tant que le nombre de ces connaissances communes sont important, tant que la pratique de l'organisation prévue en lien avec le but est favorisée. Cela fait réussir l'activité de la régulation menée par l'enseignant.

Nous étudions dans ce qui suit les événements remarquables de types pédagogique, didactique et chronophage lors de la pratique de Ahmed de la partie de la situation problème.

## 9.2.3 Cas de Ahmed

## 9.2.3.1 Événement remarquable ERIA

Il s'agit d'un événement où « La majorité des élèves trouvent des difficultés de compréhension de la situation problème proposée par l'enseignant et son lien avec l'oscillateur forcé ».

## 9.2.3.1.1 Etude des invariants opératoires de schème S11A

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S11A : « Présentation de la situation problème », convoqué par Ahmed dans le tableau T S11A suivant :

SchèmeS11A : Présentation de la situation problème	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Les élèves ne savent pas pourquoi j'ai demandé cette question de recherche au début de la séance ; IO <sub>2</sub> : je sais que les élèves ignorent le lien entre ce qu'ils ont fait comme rappel en classe et ce qu'ils vont faire ; IO <sub>3</sub> : Les élèves ignorent le lien entre la situation problème proposée et le phénomène de la résonance d'intensité ; IO <sub>4</sub> : je ne sais pas ce qu'elle va donner la situation problème proposée.

TableauTS11A : Invariantsopératoires.SchèmeS11A « Présentation de la situation problème ». Cas d'Ahmed

Dans les propositions IO<sub>1</sub>, IO<sub>2</sub>, etIO<sub>3</sub> nous marquons les connaissances mobilisées par Ahmed de types des PCK sur l'élève alors que dans IO<sub>4</sub> nous trouvons des connaissances de type des PCK sur la stratégie. Nous présentons ci-dessous le tableau Typ5 regroupant les catégories des invariants opératoires de schème S11A :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub> et IO <sub>3</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>2</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales des élèves
IO <sub>4</sub>	PCK sur la stratégie	PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences.

Tableau Typ 5 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S11A

Nous rappelons dans le tableau TS'11A suivant les invariants opératoires du schème S'11A : « : Recours à l'explication de la situation problème proposée », convoqué par Ahmed.

SchèmeS'11A : Recours à l'explication de la situation problème proposée	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que l'élève ne trouve pas le lien entre ce qu'il a fait et ce qu'il va faire. IO <sub>2</sub> : Je sais que les élèves ne peuvent pas savoir les rôles du bouton de recherche du poste radio et du circuit RLC qui le contient pour capter une station ; IO <sub>3</sub> : Je sais qu'il est difficile chez l'élève d'évoquer le phénomène de la résonance

	lors de l'action sur le bouton du poste radio dès qu'il ne considère pas que ce dernier est un oscillateur forcé IO <sub>4</sub> : Je sais que lors que j'agis sur le bouton de recherche du poste l'élève n'établit pas nécessairement le lien entre la situation problème proposée et le phénomène de la résonance d'intensité lors ;
--	--

Tableau TS'11A Invariants opératoires. Schème S'11A « Recours à l'explication de la situation problème proposée ». Cas d'Ahmed

Pour les propositions de IO<sub>1</sub> et IO<sub>3</sub>, nous identifions connaissances de type des PCK sur l'élève et plus précisément sur les difficultés et les conceptions initiales. Alors que pour la proposition de IO<sub>2</sub> nous inférons des connaissances de types des PCK sur le programme et spécifiquement sur matériel pédagogique et de son fonctionnement. Pour la dernière proposition IO<sub>4</sub>, nous identifions la catégorie des connaissances pédagogiques sur la stratégie. Le concept-en-acte est implicite dans IO<sub>1</sub> alors que pour les autres sont de type disciplinaire. Nous présentons dans ce qui suit le tableau Typ6 regroupant les catégories des invariants opératoires de schème S'11A :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales des élèves
IO <sub>2</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel pédagogique et de son fonctionnement
IO <sub>3</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>4</sub>	PCK sur les stratégies	PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences.

Tableau Typ6 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S'11A

#### 9.1.1.1.1. Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans le paragraphe suivant la relation entre les inférences et les invariants opératoires des deux schèmes S11A et S'11A.

Revenons au schème S11A, « Présentation de la situation problème. », convoqué par Ahmed que nous avons décrit précédemment dans le chapitre 6. Le but de l'enseignant est de « Présenter la situation problème aux élèves ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences du schème S11A :

Schème S11A : Présentation de la situation problème	
<b>Inférences</b>	Si je connais le phénomène de la réception de l'onde par le poste radio alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée.

Tableau Inf5 : Inférences du schème S11A. Recours à l'explication de la situation problème proposée. Cas d'Ahmed

Nous identifions dans l'inférence « Si je connais le phénomène de la réception de l'onde par le poste radio alors je peux comprendre le contenu de la situation problème

proposée » trois catégories de connaissances, une disciplinaire de type des SMK sur la réception de l'onde par le poste radio et sur la situation problème proposée. La deuxième catégorie est de type des connaissances pédagogiques sur les stratégies PCK/stratégies et qui consisté à utiliser le concept de la réception de l'onde comme un concept clés pour la compréhension de la situation problème. La troisième catégorie est de type des connaissances pédagogiques sur les élèves PCK/élève et plus précisément sur les prérequis nécessaires pour l'apprentissage d'une notion.

En comparant les catégories des invariants opératoires et les interférences, nous pouvons déduire des connaissances communes mobilisées par Ahmed entre ces deux éléments.

Nous rappelons le schème S'11A : « Recours à l'explication de la situation problème proposée », convoqué par Ahmed que nous avons déjà décrit dans ce chapitre. Le but de l'enseignant est de « Expliquer aux élèves la situation problème proposée ».

Nous rappelons les inférences de schème S'11A dans le tableau Inf6 suivant :

<b>Schème S'11A : Recours à l'explication de la situation problème proposée</b>	
<b>Inférences</b>	<p>Si je lis je peux faciliter la compréhension du contenu de la situation problème proposée à l'élève.</p> <p>Si l'élève connaît le rôle de l'antenne du poste radio dans la réception des ondes alors il peut comprendre l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche dans la sélection de ces ondes.</p> <p>Si l'élève sait que le poste radio est un oscillateur forcé sinusoïdale alors il peut évoquer le concept de la résonance d'intensité :</p> <p>Si l'élève met en évidence le circuit RLC de poste radio et l'action sur le bouton de recherche alors il peut faire le lien entre le concept de résonance d'intensité et situation problème.</p>

Tableau Inf6 : Inférences du schème S'11A. Recours à l'explication de la situation problème proposée. Cas d'Ahmed

Ahmed réagit sur le bouton de recherche de poste radio et il attendait de ses élèves qu'ils mobilisent leurs conceptions initiales sur les rôles de l'antenne et de dipôle RLC pour qu'ils puissent comprendre la situation problème proposée. Ainsi la Stratégie de la lecture de texte de situation problème favorise à l'enseignant d'attirer l'attention de ses élèves sur les concepts fondamentaux du contenu. Alors, la majorité de ces inférences sont pédagogique de types des PCK/l'élève, des PCK/ programme et des PCK/ stratégies.

#### 9.2.3.1.2 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER1A « La majorité des élèves trouvent des difficultés de compréhension de la situation problème proposée par l'enseignant et son lien avec l'oscillateur forcé ».

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 9 : Typologie des invariants opératoires et des inférences

L'analyse des invariants opératoires nous amène à ses catégorisations. Nous identifions le concept –en-acte de type des connaissances disciplinaires de type des MSK sur la situation problème. Une étude est réalisée au niveau des interférences des schèmes S11A et S'11A nous a permis d'identifier les catégories de connaissances mobilisées par Ahmed dans l'organisation prévue en lien avec le but attendu par l'enseignant. Nous pourrions déduire que dans cet événement remarquable de type didactique, l'enseignant mobilise dans les inférences des connaissances dont la majorité sont de type disciplinaires SMK sur des concepts en liaison avec le contenu du savoir de la résonance d'intensité.

Nous remarquons qu'il existe des connaissances communes mobilisées dans les inférences et les invariants opératoires. Cela peut aider l'enseignant d'atteindre son but.

Nous analysons dans la partie suivante l'événement remarquable ER2A.

#### 9.2.3.2 *Événement remarquable ER2A : Interaction unidirectionnelle*

Nous allons analyser un autre type d'événement remarquable ER2A. Il s'agit d'un événement où « Évidemment j'ai constaté qu'il y a des difficultés de compréhension ». Car selon Ahmed, les élèves ignorent « ce qu'on va faire et ce qu'on fait en classe ».

##### 9.2.3.2.1 *Etude des invariants opératoires de schème S21A*

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S21A : « suivre le déroulement de la séance », convoqué par Ahmed dans le tableau T S21A suivant :

<b>Schème S21A : Suivre le déroulement de la séance</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que la notion de situation problème est nouvelle pour les élèves ; IO <sub>2</sub> : Je sais que les élèves n'ont aucune idée sur la méthode suivie dans de ce TP ; IO <sub>3</sub> : je sais que je dois rappeler à chaque fois la question de la situation problème pour éclaircir les idées chez les élèves.

Tableau T S21A Invariants opératoires. Schème S21A « suivre le déroulement de la séance ». Cas d'Ahmed

Nous pensons que les connaissances pédagogiques mobilisées par Ahmed dans ces invariants opératoires sont de types des PCK sur élève, des PCK sur les stratégies. Nous estimons que le concept-en-acte sont des connaissances disciplinaires de type des MSK sur la situation problème et la démarche d'investigation. Nous regroupons les catégories des invariants opératoires de schème S21A dans le tableau Typ7 suivant :

<b>Invariant opératoire</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Sous-catégorie</b>
-----------------------------	------------------	-----------------------

IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales de l'élève
IO <sub>2</sub>	PCK sur la stratégie	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>3</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés de l'élève
	PCK sur la stratégie	PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences

Tableau Typ7 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S21A

## 9.2.3.2.2 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans le paragraphe suivant la relation entre les inférences et les invariants opératoire du schème S21A.

Revenons au schème S21A : « suivre le déroulement de la séance », convoqué par Ahmed que nous avons décrit précédemment dans le chapitre 7. Le but de l'enseignant est de « Eviter la rupture du déroulement de son activité ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S21A :

<b>Schème S21A : Suivre le déroulement de la séance</b>	
<b>Inférences</b>	Si je reçois une réponse non attendue à ma question posée alors je l'ignore et j'attends une autre juste ou bien je réponds moi-même ; Si un élève ne répond pas à ma question alors il peut être non habitué à la notion de la situation problème ; Si un élève donne une réponse insuffisante alors je la complète et je fais avec pour avancer dans mon activité.

Tableau Inf. 7 : Inférences du schème S21A. suivre le déroulement de la séance.  
Cas d'Ahmed

Nous identifions dans ces inférences trois catégories de connaissances, la première est de types de SMK sur le concept de la situation problème formant la réponse attendue et prévue par l'enseignant et qui pourrait être une connaissance initiale que l'élève est appelé à mobiliser. La deuxième catégorie est de type des connaissances sur les stratégies PCK / stratégies mobilisées par l'enseignant et qui consisté à utiliser le concept de la réception de l'onde comme un concept clés pour la compréhension de la situation problème. La troisième est de type des PCK/élève. La quatrième est de type des PCK sur le programme

Nous signalons que la majorité de ces connaissances communes sont de type des connaissances pédagogique sur les stratégies dans l'enseignement des sciences PCK/stratégies.

## 9.2.3.2.3 Conclusion

Nous rappelons que l'événement remarquable ER2A : est « L'interaction de l'enseignant se limite pratiquement à un seul élève E2 au cours de son activité de l'explication de la situation problème » et que nous avons considéré de type de chronophage.

En comparant les catégories des invariants opératoires et les interférences, nous pouvons déduire l'existence des connaissances communes mobilisées telles que PCK/élève et des PCK / stratégies. Nous signalons que la majorité de ces connaissances communes sont de type des connaissances pédagogique sur les stratégies dans l'enseignement des sciences PCK/stratégies qui pourraient favoriser l'application de l'organisation prévue en lien avec le but.

9.2.3.3 *Événement remarquable ER3A : concept d'émission et de réception de l'onde radio*

Nous rappelons qu'il s'agit d'un événement où « P explique l'émission et la réception de l'onde radio en mobilisant ses connaissances professionnelles ».

## 9.2.3.3.1 Etude des invariants opératoires de schème S31A

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S : « Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio », convoqué par Ahmed dans le tableau TS31A suivant :

<b>Schème S31A : Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais qu'il y a des élèves qui ne comprennent pas la notion d'émission d'une onde radio ; IO <sub>2</sub> : je sais que je dois expliquer la notion de l'émission de l'onde radio pour que les élèves puissent comprendre l'excitation de l'antenne ; IO <sub>3</sub> : Je dois agir sur le bouton de la recherche du poste radio pour que les élèves puissent saisir la réception des émissions émises par des stations.

Tableau TS31A : Invariants opératoires. Schème S31A « Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio ». Cas d'Ahmed

Nous pensons que dans la proposition IO<sub>1</sub> nous identifions des connaissances mobilisées par Ahmed de type des PCK sur l'élève et plus précisément sur les difficultés. Alors que dans les propositions IO<sub>2</sub> et IO<sub>3</sub> nous identifions des connaissances de type des PCK sur l'élève, des PCK sur les stratégies et des PCK sur le programme. Nous pensons que le concept-en-acte tel que l'émission de l'onde radio est une connaissance disciplinaire scientifique de type des MSK. Nous regroupons dans le tableau Typ8 les différentes catégorisations des invariants opératoires du schème S31A :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>2</sub> et IO <sub>3</sub>	PCK sur les stratégies	PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences.
	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
	PCK sur le programme	PCK sur le matériel pédagogique

Tableau Typ8 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S31A

#### 9.2.3.3.2 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans le paragraphe suivant la relation entre les inférences et les invariants opératoires du schème S31A. Pour cette raison, nous revenons au schème S31A : « Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio. », convoqué par Ahmed que nous avons décrit dans le chapitre 6. Le but de l'enseignant est d'« Aider les élèves à comprendre l'excitation de l'antenne par l'onde radio émise par une station. ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S31A :

Schème S31A : Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio	
<b>Inférences</b>	Si j'explique la notion d'émission de l'onde radio, l'élève peut comprendre le contenu de la situation problème proposée. Si un élève sait que si l'antenne est excitée par une onde émise par une station alors il peut la recevoir en agissant sur le bouton de recherche de poste radio

Tableau Inf8 : Inférences du schème S31A. Rôle de l'antenne excitée dans la réception des ondes radio. Cas d'Ahmed.

Nous identifions dans l'inférence « Si j'explique la notion d'émission de l'onde radio l'élève peut comprendre le contenu de la situation problème proposée. » deux catégories de connaissances, La première catégorie est de type des connaissances sur les stratégies PCK/stratégies mobilisées par l'enseignant et qui consistait à expliquer la notion de l'émission de l'onde radio afin que l'élève puisse comprendre la situation problème. La deuxième est de nature scientifique dans l'enseignement des sciences de type des SMK sur la situation problème. Concernant la proposition « Si un élève sait que si l'antenne est excitée par une onde émise par une station alors il peut la recevoir en agissant sur le bouton de recherche du poste radio. » nous permet de classer cette inférence suivant les connaissances sur le programme PCK/programme.

#### 9.2.3.3.3 Conclusion

Nous avons noté précédemment que l'événement remarquable<sup>3</sup> « l'enseignant explique l'émission et la réception de l'onde radio en mobilisant ses connaissances

professionnelles » est de type pédagogique. Nous notons que l'organisation prévue par Ahmed est en lien avec le but visé et qui consiste à aider les élèves à comprendre l'excitation de l'antenne par l'onde radio émise par une station. En plus, nous déduisons l'existence des catégories communes entre les invariants opératoires et les inférences qui pourraient amener à une activité de régulation en conservant le but fixé par l'enseignant.

#### 9.2.4 Conclusion

Pour mettre en relief les résultats, obtenus à la suite de la catégorisation des invariants opératoires et les inférences, nous les regroupons dans le tableau récupératif suivant :

Evénements remarquables	Typologie de l'événements remarquables	Schémas	Typologies des invariants opératoires	Typologies des inférences
ER1A	Didactique	S11A	SMK, PCK /élève, PCK /stratégie	SMK, PCK /stratégies, PCK /élève
		S'11A	SMK, PCK /stratégies, PCK /programme, PCK /élève	SMK, PCK /stratégies, PCK /programme, PCK /élève
ER2A	Chronophage	S21F	PCK /élève, PCK /stratégies	SMK, PCK /stratégies, PCK /élève, PCK /programme
ER3A	Pédagogique	S31F	PCK /élève, PCK /stratégies	SMK, PCK /élève, PCK /programme

Tableau T 9.2 de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie de la situation problème. Cas de Ahmed

Dans le tableau récupératif ci-dessus nous mettons en évidence la typologie des connaissances communes mobilisées par l'enseignant dans les invariants opératoires et les inférences constituant les schémas qui modélisent l'activité de l'organisation de la situation problème par Ahmed. Nous remarquons que pour l'événement remarquable ER1A les invariants opératoires sont pratiquement les mêmes que les inférences. Nous pensons que cela présente un point d'intersection entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de la DI.

Nous étudions dans la partie suivante les événements remarquables de types pédagogique, didactique et de chronophage lors de la pratique de la deuxième partie de la DI.

### 9.3 Etape des hypothèses

#### 9.3.1 Cas de Férid

##### 9.3.1.1 Evénement remarquable ER4F

Il s'agit d'un événement où « Les élèves ont des difficultés dans le choix de la liste de matériel. ».

##### 9.3.1.1.1 Etude des invariants opératoires de schème S42F

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S42F « Identification des éléments de la liste de matériel », convoqué par Férid dans le tableau dans le tableau suivant :

Schème S42F : Identification des éléments de la liste de matériel	
<b>Invariants Opérateurs</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que l'élève donne à chaque fois le même schéma de circuit pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés ; IO <sub>2</sub> : Je sais que le schéma du circuit de la mise en évidence expérimentale du phénomène d'oscillation électrique et de sa réalisation sont très reconnus chez les élèves ;

Tableau S42F : Invariants opératoires. Schème S42F « Identification des éléments de la liste de matériel ». Cas de Férid

Nous inférons deux concepts-en-acte de type disciplinaire scientifique MSK tels que le concept de schéma de circuit et le phénomène d'oscillations électriques. Ainsi nous identifions dans ces propositions des connaissances mobilisées de types des PCK sur l'élève et plus précisément des PCK sur les connaissances initiales des élèves et des PCK sur le programme. Nous regroupons les catégories des invariants opératoires de schème S42F dans le tableau Typ9 suivant :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
<b>IO1</b>	PCK sur l'élève	PCK sur les connaissances initiales des élèves
<b>IO2</b>	PCK sur le programme	PCK sur le programme

Tableau Typ9 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S42F

##### 9.3.1.1.2 Etude des invariants opératoires de schème S'42F

Nous rappelons les invariants opératoires du schème **S'42F** « Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant », convoqué par Férid dans le tableau suivant :

<b>Schème S'42F : Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant</b>	
<b>Invariants Opérateurs</b>	<p>IO<sub>1</sub> : Je sais que l'élève ne doit pas être coincé s'il n'a pas utilisé d'ampèremètre, il peut le remplacer par un voltmètre ou bien par un oscilloscope pour réaliser le travail demandé.</p> <p>IO<sub>2</sub> : Je sais que l'élève connaît le lien entre l'intensité efficace et l'intensité maximale</p> <p>IO<sub>3</sub> : Je sais que l'élève connaît la loi d'ohm relative au dipôle résistor.</p>

Tableau S'42F : Invariants opératoires. Schème S'42F « Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant ». Cas de Férid

Concernant la proposition IO<sub>1</sub>, les connaissances mobilisées dans cet invariant opératoire sont de type PCK sur le programme, et plus précisément sur les connaissances spécifiques du matériel pédagogique et de son fonctionnement et de type PCK sur les stratégies. Dans les invariants opératoire IO<sub>2</sub>, les connaissances mobilisées sont de type PCK sur le programme et plus précisément des PCK sur les instructions officielles. Alors que dans la proposition IO<sub>3</sub>, nous pensons qu'il s'agit de PCK sur l'élève et particulièrement sur les conceptions initiales. Nous notons bien que le concept-en acte est de type disciplinaire SMK pour les trois propositions.

Nous regroupons les catégories des invariants opératoires de schème S'42F dans le tableau N° Typ9 suivants, sachant que le concept-en-acte est implicite de type des connaissances disciplinaires sur la mesure de la tension électrique.

<b>Invariant opératoire</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Sous-catégorie</b>
IO <sub>1</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel pédagogique et de son fonctionnement.
	PCK sur les stratégies	PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences
IO <sub>2</sub>	PCK sur le programme	PCK sur les connaissances des instructions officielles
IO <sub>3</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales

Tableau Typ9 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'42F

#### 9.3.1.1.3 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous essayons d'analyser la relation entre les inférences et les invariants opératoire pour les deux schèmes S42F et S'42F.

Revenons au schème S42F, « Identification des éléments de la liste de matériel », convoqué par Férid que nous l'avons décrit précédent dans le chapitre7. Le but de l'enseignant est de « proposer la liste de materiel permettant d'étudier le phenomene de la résonance d'intensité ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S42F :

<b>Schème S42F : Identification des éléments de la liste de matériel</b>	
<b>Inférences</b>	Si je trouve le schéma du circuit présenté sur le tableau et le matériel disposé sur la paillasse alors cela peut m'aider à identifier la liste correctement.

Tableau Inf9 Inférences du schème S'42F.Cas de Férid

Selon Férid la présentation de schéma de circuit sur le tableau devant ses élèves et aussi la disposition de matériel sur sa paillasse est une stratégie pour induire au bon choix de matériel. Donc l'enseignant a mobilisé des connaissances sur les stratégies dans l'enseignement des sciences PCK/stratégies.

En comparant les catégories identifiées, nous pourrions déduire qu'il n'existe pas une relation claire entre les inférences et les invariants opératoires de schème S42F et ceci pourrait influencer négativement sur l'application de l'organisation prévue

Le schème S'42F :« Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant », convoqué par Férid a pour but d' « Identifier les appareils de mesures permettant d'étudier la variation de l'intensité de courant ». Nous rappelons les inférences de schème S'42F dans le tableau suivant :

<b>SchèmeS'42F : Différentes méthodes de mesure de l'intensité de courant.</b>	
<b>Inférences</b>	Si on ne dispose pas d'un ampèremètre alors je peux utiliser un voltmètre aux bornes de résistor ; Si on ne dispose pas d'un ampèremètre alors je peux utiliser un oscilloscope aux bornes de résistor ; Si on utilise un ampèremètre alors je peux mesurer directement l'intensité efficace de courant.

Tableau Inf10 : Inférences du schèmeS'42F.Cas de Férid

L'analyse de ces inférences nous a permis de déduire que ses théorèmes-en-actes sont des connaissances disciplinaires sur SMK sur la loi d'ohm aux bornes d'un dipôle résistor ( $U_R = R.I$ ). Nous rappelons que cette catégorie caractérise aussi la majorité des théorèmes-en actes. Nous identifions des inférences des PCK sur le programme et des PCK sur les stratégies.

#### 9.3.1.1.4 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER4F « Les élèves ont des difficultés dans le choix de la liste de matériel. » de type didactique puisqu'il a lien avec le contenu du savoir (§., p...). Une analyse est menée auprès des invariants opératoires et des inférences de deux schèmes S42F et S'42F nous a permis d'identifier les deux types de connaissances communes mobilisées par Férid dans l'organisation prévue en lien avec le but visé. Ces connaissances communes sont disciplinaires de type des SMK, des

PCK/stratégies et des PCK/programme. Nous pourrions déduire que dans cet événement remarquable de type didactique, l'enseignant mobilise lors de la régulation des inférences dont la majorité est en relation claire avec les invariants opératoires.

Nous analysons dans ce qui suit l'événement remarquable ER5F.

### 9.3.1.2 *Evénement remarquable ER5F*

L'événement remarquable que nous allons l'analyser est identifié à partir de la transcription de la deuxième scène concernant la formulation des hypothèses. Cet événement montre que « Les élèves rencontrent des difficultés dans la formulation des hypothèses ».

#### 9.3.1.2.1 *Etude des invariants opératoires de schème S52F*

Nous analysons les invariants opératoires du schème S52F : « proposition des hypothèses », convoqué par Férid.

<b>Schème S52F : Proposition des hypothèses</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que si les élèves arrivent à préciser les grandeurs physiques qu'ils doivent varier alors ils peuvent formuler une hypothèse.

Tableau T S52F : Invariants opératoires. Schème S52F « Proposition des hypothèses ». Cas de Férid

Nous inférons des connaissances disciplinaires sous forme des connaissances scientifique dans l'enseignement des sciences de type de SMK sur la formulation des hypothèses et sur les grandeurs physiques à varier. De plus, nous identifions des connaissances de types des PCK sur les stratégies et des PCK sur l'élève. Nous regroupons le bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S52F dans le tableau Typ10

<b>Invariant opératoire</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Sous-catégorie</b>
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
	PCK sur la stratégie	PCK sur la stratégie de l'enseignement des sciences

Tableau Typ10 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S52F

#### 9.3.1.2.2 *Etude des invariants opératoires de schème S'52F*

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S'52F : « Aide pour formuler les hypothèses », convoqué par Férid dans le tableau TS'52 F :

Schème S'52F : Aide pour formuler les hypothèses	
<b>Invariants Opérateurs</b>	IO <sub>1</sub> je sais que les élèves ne savent pas qu'ils doivent varier la fréquence pour obtenir une intensité maximale

Tableau TS'52F : Invariants opératoires. Schème S'52F : « Aide pour formuler les hypothèses ». Cas de Férid

Nous notons bien que les connaissances mobilisées dans l'invariant opératoire IO<sub>1</sub> sont des connaissances pédagogiques sur les difficultés des élèves PCK /élève. Le concept-en-acte est implicite et disciplinaire de type des MSK sur la résonance d'intensité. Nous présentons les catégories des invariants opératoires de schème S'52F dans le tableau Typ11 suivant :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	Pédagogique sur les difficultés des élèves

Tableau Typ11 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'52F

#### 9.3.1.2.3 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans ce qui suit la relation entre les inférences et les invariants opératoire pour les deux schèmes S52F et S'52F.

Revenons au schème S52F « Proposition des hypothèses », convoqué Férid que nous l'avons décrit précédent dans le chapitre7. Le but de l'enseignant est de « Proposer des réponses à la situation problème ». Nous rappelons dans le tableau suivant les inférences de schème S52F :

Schème S52F : proposition des hypothèses.	
<b>Inférences</b>	Si j'ai bien compris la situation problème proposée alors je peux proposer des hypothèses.

Tableau Inf. 11 InférencesduschèmeS1.proposition des hypothèses. Cas de Férid

Selon Férid la bonne compréhension de la situation problème et son appropriation permet l'élèves de proposer correctement des hypothèses. Cette inférence nous permettons de rendre compte de l'influence de la situation problème (Partie 2 de la DI) aussi bien sur l'activité de l'élève concernant la formulation des hypothèses et sur le de roulement de pratique de l'enseignant lors de cette troisième partie de la DI (partie des hypothèses). Nous notons qu'il y a une relation claire entre la compréhension de la situation problème et l'aptitude de formuler l'hypothèse. Nous déduisons que cette inférence pourrait être classée suivant deux catégories : des connaissances disciplinaires de type des SMK sur la situation

problème et sur l'hypothèse et des connaissances pédagogiques sur les stratégies d'enseignement des sciences.

Nous pouvons déduire qu'il existe une certaine cohérence entre les interférences et les invariants opératoires de schème S52F.

✓ Nous rappelons que le schème S'52F : « Aide pour formuler les hypothèses. », convoqué Férid que nous l'avons décrit précédent dans ce même chapitre, a pour but d' « Aider les élèves dans la formulation de leurs hypothèses ». Nous rappelons les inférences de schème S'52F dans le tableau suivant :

Schème S'52F : Aide pour formuler les hypothèses.	
<b>Inférences</b>	Si je connais la structure d'une hypothèse à l'élève alors je peux réussir à la formuler.

Tableau Inf12 : Inférences du schème S'52F. Aide pour formuler les hypothèses.

Cas de Férid

Nous identifions dans cette inférence des connaissances pédagogiques de types des PCK sur les stratégies et des PCK sur les connaissances initiales de l'élève PCK/élève. Nous notons que cette inférence s'appuie sur un concept-en-acte de nature scientifiques liées à la discipline des sciences physiques de type des SMK sur la formulation des hypothèses. Nous marquons une relation entre l'inférence choisie par l'enseignant dans son organisation de régulation et le but qu'il l'a ciblé.

#### 9.3.1.2.4 Conclusion

Nous rappelons que l'événement remarquable ER5F « Les élèves rencontrent des difficultés dans la formuler des hypothèses » est de type pédagogique. Une étude comparative entre les types des connaissances mobilisées dans les invariants opératoires et des inférences constituant les deux schèmes S52F et S'52F nous a permis d'identifier des connaissances communes de type des PCK/stratégies pour S52F et des PCK/ élève pour S'52F. Nous pourrions déduire que dans l'événement remarquable ER5F de type pédagogique, l'enseignant mobilise lors de la régulation des inférences dont la majorité des connaissances sont aussi pédagogiques sur la stratégie et sue les difficultés de l'élève. Par conséquent nous remarquons une coloration claire entre les inférences et les invariants opératoires. En effet nous voulons savoir s'il y a une relation entre la typologie de ces connaissances communes et celle de l'événement étudié.

9.3.1.3 *Événement remarquable ER6F : schéma du montage imposé*

Nous présentons dans ce qui suit l'événement remarquable que nous notons ER6F de la manière suivante : « *l'enseignant impose le schéma du montage à ses élèves* ».

9.3.1.3.1 *Etude des invariants opératoires de schème S62F*

Nous analysons les invariants opératoires du schème S62F : « Proposition de schéma de montage », convoqué Férid dans le tableau T S62F suivant :

<b>Schème S61F : Proposition de schéma de montage</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais qu'il est nécessaire d'aider l'élève à gagner le temps ; IO <sub>2</sub> : Je sais que l'élève peut réaliser facilement ce montage.

Tableau T S62F : Invariants opératoires. Schème S62F : Proposition de schéma de montage. Cas de Férid

Nous identifions dans ces propositions des connaissances pédagogiques de type des PCK sur les stratégies et des PCK sur l'élève et plus précisément sur les conceptions initiales des élèves. La catégorisation des invariants opératoires de schème S61Fest regroupée dans le tableau Typ12 suivant :

<b>Invariant opératoire</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Sous-catégorie</b>
IO <sub>1</sub>	PCK sur la stratégie	PCK sur la stratégie de l'enseignement des sciences.
IO <sub>2</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales des élèves.

Tableau Typ12 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S62F

9.3.1.3.2 *Etude des invariants opératoires de schème S'62F*

Nous analysons les invariants opératoires du schème S62F « Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant », convoqué Férid dans le tableau T S62F.

<b>Schème S62F : Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que les élèves trouvent des difficultés dans le branchement du voltmètre pour qu'ils puissent mesurer l'intensité efficace du circuit ; IO <sub>2</sub> : je sais que les élèves doivent revenir au contenu de la situation problème ; IO <sub>3</sub> : Je sais que l'élève peut utiliser un voltmètre ou un oscilloscope branché aux bornes du résistor au lieu de brancher un ampèremètre en série pour qu'il puisse étudier la variation de l'intensité efficace de courant traversant le dipôle RLC.

Tableau : T S62F Invariants opératoires. Schème S62F : Identification des appareils de mesures de l'intensité efficace du courant. Cas de Férid

Nous inférerons dans ces invariants opératoires un concept-en-acte de type disciplinaire MSK sur le contenu de la situation problème. Ainsi nous identifions des connaissances mobilisées dans ces invariants opératoires de type des PCK sur le programme

et des PCK sur l'élève. Nous présentons la catégorisation des invariants opératoires de schème S'62F dans le tableau Typ13 suivant :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves.
IO <sub>2</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales des élèves.
IO <sub>3</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel pédagogique et de son fonctionnement

Tableau Typ13 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'62F

#### 9.3.1.3.3 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans ce qui suit la relation entre les inférences et les invariants opératoires pour les deux schèmes S62F et S'62F.

✓ Revenons au schème S62F, « Proposition de schéma de montage », convoqué par Férid (Tableau, p41) que nous l'avons décrit précédent à ce même chapitre. Le but de l'enseignant est d'« Aider les élèves à proposer un schéma de montage correct ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S62F :

Schème S62F : Proposition du schéma de montage.	
<b>Inférences</b>	Si j'exemplifie avec ce que font ses collègues alors je pense que l'élève peut corriger son schéma du circuit proposé ; Si je dessine le schéma de montage sur le tableau, alors je peux aider l'élève à donner une proposition correcte et gagner le temps. Si les élèves discutent entre eux alors ils peuvent donner la proposition la plus convenable.

Tableau Inf13 : Inférences du schème S62F. Proposition du schéma de montage. Cas de Férid

Nous pourrions dire que tous ces inférences sont de même catégorie. Il s'agit des connaissances sur des stratégies mobilisées par l'enseignant pour son organisation prévue en conservant le but envisagé et en ciblant un autre but tel que « gagner le temps ».

De plus nous pensons qu'il y a une relation entre le type de l'événement remarquable (de chronophage), que nous sommes en train d'analyser les invariants opératoires et les inférences correspondantes et ce but de gain de temps que nous l'avons identifié dans le paragraphe précédent. Ceci pourrait nous donner une idée sur l'aspect de chronophage de la DI (voir chapitre sur l'aspect chronophage).

✓ Nous rappelons que le schème S'62F : « Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant. », convoqué Férid que nous l'avons décrit précédent dans ce même chapitre, a pour but d'« Identifier les appareils des mesures permettant de déterminer l'intensité efficace de courant. ». Nous rappelons les inférences de schème S'62F dans le

tableau suivant :

<b>Schème S'62F : Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant</b>	
<b>Inférences</b>	Si je rappelle l'utilité de chaque appareil des mesures tel que l'ampèremètre et du voltmètre alors je peux aider l'élève à sélectionner entre les deux.

Tableau Inf14 : Inférences du schème S'62F. Identification des appareils des mesures de l'intensité efficace de courant. Cas de Férid

Nous identifions dans l'inférence « Si je rappelle de l'utilité de chaque appareil des mesures tels que l'ampèremètre et de voltmètre alors je peux aider l'élève à sélectionner entre les deux. » une connaissance de type de PCK sur les stratégies et aussi une connaissance sur le programme PCK/ programme concernant le matériel pédagogique et son fonctionnement. Nous notons que cette inférence s'appuie sur des connaissances scientifiques liées à la discipline des sciences physiques de type des SMK.

#### 9.3.1.3.4 Conclusion

Nous rappelons que l'événement remarquable ER6F « l'enseignant impose le schéma du montage à ses élèves » est de type de de chronophage Une étude comparative est menée entre les invariants opératoires et les interférences de deux schèmes nous a permis d'identifier une connaissance pédagogique commune de type des PCK sur les stratégies pour le schème S62F et une connaissance pédagogique commune de type des PCK sur le programme pour le schème S'62F. Nous pourrions déduire que l'enseignant mobilise lors de la régulation des inférences dont la majorité sont des PCK sur les stratégies. Par conséquent nous remarquons que les inférences identifiées sont en lien avec le but envisagé par l'enseignant et aussi en relation claire avec une les invariants opératoires. Nous notons ainsi que nous avons identifié un but autre que celui de schème S'62F et qui consiste au gain de temps. Alors nous pourrions déduire une corrélation entre ce but qui donne une idée sur l'aspect de chronophage de la DI et le type de l'événement remarquable ER6F.

#### 9.3.2 Conclusion

Nous regroupons les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Événements remarquables	Typologie de l'événements remarquables	Schémas	Typologies des invariants opératoires	Typologies des inférences
ER4F	Didactique	S42F	SMK, PCK /élève, PCK /programme	SMK, PCK /stratégies

		S'42F	SMK, PCK /stratégies, PCK /programme PCK /élève	SMK, PCK /stratégies, PCK /programme
ER5F	Pédagogique	S52F	SMK PCK /élève, PCK /stratégies	SMK, PCK /stratégies
		S'52F	SMK PCK /élève	SMK, PCK /stratégies PCK /élève
ER6F	Chronophage	S62F	PCK /élève, SMK PCK /stratégies	SMK, PCK /stratégies
		S'62F	PCK /élève, SMK PCK /programme	PCK /stratégies, SMK PCK /programme

Tableau T9.3 de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie2  
l'hypothèse. Cas de Férid

Dans le tableau récupératif ci-dessus nous mettons en évidence la typologie des connaissances communes mobilisées par l'enseignant dans les invariants opératoires et les inférences constituant les schèmes qui modélisent l'organisation de l'activité des hypothèses par Férid. Nous remarquons que pour tous les événements remarquables ER4F, ER5F et ER6F les connaissances mobilisées dans les invariants opératoires et les inférences sont mises en jeu autour des connaissances de type disciplinaire SMK. De plus, nous déduisons la coexistence d'une connaissance commune de type de PCK/stratégies dans ces événements remarquables. Donc nous envisageons que la prédominance de ce type de connaissance nous montre que l'organisation de l'activité de l'enseignant est centrée sur l'exécution de la DI avec un guidage fort. Nous notons que pour le schème S42F identifié dans l'événement remarquable ER4F les invariants opératoires et les inférences sont pratiquement différents. Nous pensons que cela présente un point de distinction entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de la DI.

Nous analysons dans ce qui suit les invariants et les inférences des schèmes modélisant l'organisation de l'activité des hypothèses par Ahmed. Nous rappelons que ces schèmes sont identifiés dans le chapitre 7.

## 9.3.3 Cas de Ahmed

## 9.3.3.1 Événement remarquable ER4A

Il s'agit d'un événement où « Les élèves trouvent des difficultés pour préciser la liste du matériel à utiliser. ». Nous pourrions considérer qu'il est de type didactique puisqu'il est lié au contenu du savoir de la résonance d'intensité.

## 9.3.3.1.1 Etude des invariants opératoires de schème S42A

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S42A « Proposition de la liste du matériel », convoqué par Ahmed dans le tableau T S42A suivant :

Schème S42A : Proposition de la liste du matériel	
<b>Invariants Opérateurs</b>	IO <sub>1</sub> : Les élèves trouvent des difficultés pour préciser le matériel nécessaire pour l'expérience.

Tableau T S42A Invariants opératoires. Schème S42A « Proposition de la liste de matériel ». Cas de Ahmed

Nous inférons dans cet invariant. Ainsi des connaissances pédagogiques de type des PCK sur l'élève et des PCK sur le programme. Nous présentons les différentes catégories des invariants opératoires de schème S42A dans le tableau Typ15 suivant :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur difficultés des élèves
IO <sub>2</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel pédagogique et son fonctionnement

Tableau Typ15 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S42A

## 9.3.3.1.2 Etude des invariants opératoires de schème S'42A

Les invariants opératoires du schème S'42A « Influence sur le choix de matériel », convoqué par Ahmed sont présentés dans le tableau T S'42A suivant :

SchèmeS'42A : Influence sur le choix de matériel	
<b>Invariants Opérateurs</b>	IO <sub>1</sub> :je sais que les élèves ne sont pas habitués à proposer tout seuls le matériel.

Tableau T S'42A : Invariants opératoires. Schème S'42A « Influence sur le choix de matériel ». Cas de Ahmed

Concernant la proposition IO<sub>1</sub> : « je sais que les élèves ne sont pas habitués à proposer tout seuls le matériel », nous pensons qu'il y a deux types de connaissances mobilisées par l'enseignant dans cet invariants opératoire IO1 : des PCK sur le programme et plus précisément sur les instructions officielles et des PCK sur l'élève. Nous présentons les catégories de l'invariant opératoire du schème S'42A dans le tableau Typ16 suivant :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur le programme	PCK sur les instructions officielles.
	PCK sur l'élève	PCK sur difficultés des élèves

Tableau Typ16 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires du schème S'42A

## 9.3.3.1.3 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous étudions dans ce qui suit la relation entre les inférences et les invariants opératoires pour les deux schèmes S42A et S'42A.

Revenons au schème S42A « Proposition de la liste de matériel », convoqué par Ahmed que nous l'avons décrit précédemment dans le chapitre 7. Le but de l'enseignant est d'« Aider les élèves à identifier les éléments de la liste de matériel. » Nous rappelons dans le tableau suivant les inférences de schème S42A :

Schème S42A : Proposition de la liste de matériel	
<b>Inférences</b>	Si je trouve le schéma du circuit présenté sur le tableau et le matériel disposé sur la paillasse alors cela peut m'aider à identifier la liste correctement.

Tableau Inf 15 : Inférences du schème S'42A : Proposition de la liste de matériel. Cas d'Ahmed

Selon Férid, la présentation du schéma de circuit sur le tableau devant ses élèves et aussi la disposition du matériel sur sa paillasse sont deux stratégies pour induire au bon choix de matériel. Donc l'enseignant a mobilisé des connaissances sur les stratégies dans l'enseignement des sciences.

Nous pensons qu'il existe une relation entre les interférences et les invariants opératoires de schème S42A et cela pourrait influencer sur l'application de l'organisation prévue en lien avec le but

✓ Le schème S'42A : « *Influence sur le choix de matériel* », convoqué par Ahmed a pour but d' « Influencer sur le choix de ses élèves en présentant tout le matériel sur son paillasse. ». Nous rappelons les inférences du schème S'42A dans le tableau suivant :

Schème S'42A : Influence sur le choix de matériel.	
<b>Inférences</b>	Si on ne dispose pas d'un ampèremètre alors je peux utiliser un voltmètre aux bornes du résistor ; Si on ne dispose pas d'un ampèremètre alors je peux utiliser un oscilloscope aux bornes de résistor ; Si on utilise un ampèremètre alors je peux mesurer directement l'intensité efficace du courant.

Tableau Inf16 : Inférences du schème S'42A. Influence sur le choix de matériel. Cas d'Ahmed

L'analyse de ces inférences nous a permis d'identifier des connaissances pédagogiques de types des PCK sur le programme et plus précisément sur le matériel

pédagogique et de son fonctionnement, des PCK sur les stratégies et des PCK sur l'élève. Nous signalons qu'il existe des connaissances communes entre les invariants opératoires et les inférences du schème S'42A. Par conséquent, cela pourrait rendre la relation entre les deux plus claire et l'organisation prévue par l'enseignant plus applicable en lien avec le but.

#### 9.3.3.1.4 Conclusion

Nous rappelons que l'événement remarquable ER4A « Les élèves trouvent des difficultés pour préciser la liste de matériel à utiliser. » est de type didactique puisqu'il a lien avec le contenu du savoir. L'analyse des invariants opératoires et des inférences nous amène à ses catégorisations. Nous signalons qu'il existe des connaissances communes entre les invariants opératoires et les inférences du schème S'42A. Par conséquent, cela pourrait rendre la relation entre les deux plus claire et l'organisation prévue par l'enseignant plus applicable en lien avec le but. Alors que nous mettons en évidence la différence de typologie entre ces deux éléments du schème S42A.

Nous analysons dans ce qui suit le deuxième événement remarquable ER5A.

#### 9.3.3.2 Événement remarquable ER5A

L'événement remarquable, que nous avons identifié dans la deuxième scène concernant la formulation des hypothèses nous montre que « *Les élèves ignorent la signification et la formulation d'une hypothèse* ».

##### 9.3.3.2.1 Etude des invariants opératoires de schème S52A

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S52A : « Identification des hypothèses », convoqué par Ahmed dans le tableau suivant :

Schème S52A : Identification des hypothèses	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais qu'au début, les élèves ont pensé que c'est moi qui je vais répondre à leurs hypothèses correctement ; IO <sub>2</sub> : je sais que les élèves ne sont pas habitués à formuler une hypothèse.

Tableau T S52A : Invariants opératoires. Schème S52A « Identification des hypothèses ». Cas d'Ahmed

Les propositions IO<sub>1</sub>, IO<sub>2</sub> montrent que l'enseignant est conscient de difficulté de ses élèves sur l'identification des hypothèses. Donc nous inférons des connaissances pédagogiques de types des PCK sur les élèves et des PCK sur le programme. Alors que le concept-en-acte est disciplinaire de type des SMK sur notion de l'hypothèse. Le bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S52A sont regroupés dans le tableau Typ17 suivant :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
IO <sub>2</sub>	PCK sur le programme	PCK sur les instructions officielles.

Tableau Typ17 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S52A

## 9.3.3.2.2 Etude des invariants opératoires de schème S'52A

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S'52A : « Aide pour formuler les hypothèses », convoqué par Ahmed dans le tableau suivant :

Schème S'52A : Aide pour formuler les hypothèses	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que les élèves ne savent pas ce que signifie une hypothèse ; IO <sub>2</sub> : Je sais que les élèves ne savent pas comment formuler une hypothèse ; IO <sub>3</sub> : je sais que les élèves doivent revenir au contenu de la situation problème pour préciser les grandeurs physiques à varier.

Tableau T S'52A : Les invariants opératoires de schème S'52A.Cas de Ahmed

Nous inférons dans ces propositions des connaissances pédagogiques de types des PCK sur l'élève et des PCK sur le programme, alors que le concept-en-acte est de nature disciplinaire de type des MSK sur l'hypothèse. Nous présentons dans le tableau Typ18 suivant les différentes catégories des invariants opératoires de schème S'52A :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub> et IO <sub>2</sub>	PCK sur le programme	PCK sur les Connaissances des instructions officielles.
IO <sub>3</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les conceptions initiales des élèves

Tableau Typ18 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'52A

## 9.3.3.2.3 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans le paragraphe suivant la relation entre les inférences et les invariants opératoires des schèmes S52A et S'52A.

✓ Nous revenons au schème S52A :« Identification des hypothèses. », convoqué Ahmed que nous l'avons décrit précédemment dans le chapitre7. Le but de l'enseignant est d'« Identifier les hypothèses proposées par les élèves ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences du schème S52A :

Schème S52A : Identification des hypothèses.	
<b>Inférences</b>	Si je reviens au texte de la situation problème proposée, alors je peux proposer des hypothèses à valider par l'expérience ; Si je me rappelle que la proposition d'hypothèse doit être validé par l'expérience pour résoudre la situation problèmes alors je peux l'identifier.

Tableau Inf17 : Inférences du schème S52A. Identification des hypothèses. Cas d'Ahmed

Les inférences mobilisées par l'enseignant sont de type des connaissances pédagogiques de type des PCK sur l'élève et plus précisément sur ses conceptions initiales et de type des PCK sur les stratégies. Elles sont faites tout autour des connaissances disciplinaires SMK sur l'hypothèse et sur la situation problème. Nous signalons que le retour de la partie des hypothèses vers la partie de la situation problème renforce l'idée que la DI est linéaire.

Nous rappelons le schème S'52A : « Aide pour formuler les hypothèses. », convoqué Ahmed. Le but de l'enseignant est d'« Identifier les hypothèses proposées par les élèves ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S'52A : « Aider les élèves à formuler leurs hypothèses ».

<b>Schème S'52A : Aide pour formuler les hypothèses.</b>	
Inférences	Si l'élève s'appuie sur la variation de l'intensité alors il peut formuler ses hypothèses. Si l'élève établit la relation entre l'action sur le bouton de recherche du poste radio et la variation de la valeur de la capacité C de dipôle RLC alors il peut formuler correctement son hypothèse.

Tableau Inf 18 : Inférences du schème S'52A Aide pour formuler les hypothèses. Cas d'Ahmed

Nous pouvons classer les connaissances mobilisées par l'enseignant dans ces inférences selon deux types : des PCK sur les élèves et plus précisément des PCK sur les difficultés des élèves et sur ses connaissances initiales, des PCK sur programme-et des PCK sur les stratégies.

Nous signalons que les invariants opératoires et les inférences mobilisées par l'enseignant lors de son organisation prévue, sont centrées sur les connaissances sur l'élève, surtout que Ahmed est conscient que ses élèves ne sont pas bien habitués à formuler les hypothèses.

#### 9.3.3.2.4 Conclusion

Nous avons noté précédemment que l'événement remarquable ER5A « Les élèves ignorent la signification et la formulation d'une hypothèse » est de type pédagogique. La catégorisation des invariants opératoires et les inférences nous amène à identifier deux types de connaissances communes mobilisées : des PCK sur l'élèves et des PCK sur le programme. Nous pourrions déduire une certaine cohérence entre les catégories des invariants opératoires et celles des inférences ce qui pourrait résulter une coloration claire entre les deux, puisqu'ils sont centrés sur les connaissances sur l'élève.

9.3.3.3 *Événement remarquable ER6A*

Nous présentons l'événement remarquable ER6A sous la forme suivante : « l'enseignant impose l'utilisation de quelques matériels à présenter dans le schéma du circuit tels que l'ampèremètre au lieu de l'oscilloscope et le voltmètre. ».

9.3.3.3.1 *Etude des invariants opératoires de schème S62A*

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S62A : « Proposition de schéma de montage », convoqué par Ahmed dans le tableau suivant :

<b>Schème S62A : Proposition du schéma de montage</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que mon rôle est d'aider les élèves à donner le schéma du montage en imposant l'utilisation de quelques matériels.

Tableau T S62A : Invariants opératoires. Schème S62A « Proposition du schéma de montage ». Cas d'Ahmed

Nous inférons dans la proposition IO<sub>1</sub> des connaissances pédagogiques de type de PCK sur les stratégies d'enseignement des sciences. Alors que nous apparaît implicite et disciplinaire de type des SMK sur le schéma du circuit proposé. Nous regroupons le bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S62A dans le tableau Typ19 suivant :

<b>Invariant opératoire</b>	<b>Catégorie</b>	<b>Sous-catégorie</b>
IO <sub>1</sub>	PCK sur la stratégie	PCK sur la stratégie de l'enseignement des sciences

Tableau Typ19 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S62A

9.3.3.3.2 *Etude d'une organisation prévue en fonction du but*

Nous analysons dans le paragraphe suivant la relation entre les inférences et les invariants opératoire des schèmes S62A.

Nous revenons au schème S62A : « Proposition du schéma de montage. », convoqué Ahmed que nous avons décrit précédemment dans le chapitre7. Le but de l'enseignant est d'« Aider les élèves à proposer un schéma de montage correcte ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S62A :

<b>Schème S62A : Proposition du schéma de montage.</b>	
<b>Inférences</b>	Si l'élève veut utiliser un oscilloscope pour la mesure de l'intensité du courant alors il va voir que son utilisation n'est pas nécessaire ; Si l'élève utilise un ampèremètre dans son schéma de montage proposé, alors il peut mesurer directement l'intensité du courant.

Tableau Inf 19 : Inférences du schème S62A. Identification des hypothèses. Cas d'Ahmed.

Ces inférences sont de type des connaissances pédagogiques de types des PCK sur le programme et plus précisément des PCK sur le matériel pédagogique et son fonctionnement, des PCK sur les stratégies, mobilisées par l'enseignant toutes autour des connaissances disciplinaires de types des SMK sur la mesure de l'intensité électrique.

#### 9.3.3.3 Conclusion

Nous avons noté précédemment que l'événement remarquable ER6A « l'enseignant impose l'utilisation de quelques matériels à présenter dans le schéma du circuit tels que l'ampèremètre au lieu de l'oscilloscope et le voltmètre. » est de type chronophage.

La catégorisation des invariants opératoires et des inférences nous amène à identifier des connaissances communes mobilisées par l'enseignant lors de son activité. Ces connaissances communes sont des PCK sur les stratégies et elles pourraient renforcer la liaison entre l'organisation de l'activité prévue et le but de l'enseignant visé. Nous pourrions déduire que cet événement remarquable, qui est de type de chronophage, pouvait nous donner une réflexion sur la manière dont Ahmed a organisé son activité. En effet, pour gagner le temps et minimiser l'aspect du chronophage de la démarche suivie (DI), il a mobilisé des connaissances pédagogiques sur le matériel et son fonctionnement. Il s'agit donc d'une stratégie adaptée par Ahmed dans le but d'assurer le déroulement de sa pratique.

Nous notons bien que les invariants opératoires et les connaissances mobilisées par l'enseignant lors de son organisation prévue ne sont de même catégorie. Mais ils sont centrés sur le concept-en-acte de type les connaissances disciplinaires MSK tel que la mesure de l'intensité du courant. Nous pourrions déduire que le type chronophage de cet événement remarquable pouvait nous donner une réflexion sur la manière dont Ahmed a organisé son activité. En effet, pour gagner le temps et minimiser l'aspect du chronophage de la démarche suivie (DI), il a mobilisé des connaissances pédagogiques sur le matériel et son fonctionnement. Il s'agit donc d'une stratégie adaptée par Ahmed en lien avec le but tout en assurant le déroulement de sa pratique.

#### 9.3.4 Conclusion

Pour mieux éclaircir les idées conclues alors nous regroupons les résultats de la catégorisation des invariants opératoires et les inférences dans le tableau récupératif suivant :

Evénements	Typologie de l'événements	Schémes	Typologies des invariants	Typologies des inférences
------------	---------------------------	---------	---------------------------	---------------------------

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 9 : Typologie des invariants opératoires et des inférences

remarquables	remarquables		opérateurs	
ER4A	Didactique	S42A	SMK, PCK /élève, PCK /programme	SMK, PCK /stratégies
		S'42A	SMK, PCK /élève PCK /programme	SMK, PCK /stratégies, PCK /programme, PCK /élève
ER5A	Pédagogique	S52F	SMK PCK /élève, PCK /programme	SMK, PCK /stratégies PCK /élève, PCK /programme
		S'52F	SMK, PCK /programme PCK /élève	SMK, PCK /stratégies PCK /élève
ER6A	Chronophage	S62A	SMK PCK /stratégies	SMK, PCK /programme PCK /stratégies

Tableau de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie2 l'hypothèse.  
Cas de Ahmed

Dans le tableau récupératif ci-dessus nous mettons en évidence la typologie des connaissances communes mobilisées par l'enseignant dans les invariants opératoires et les inférences constituant les schèmes qui modélisent de l'organisation de l'activité des hypothèses par Ahmed. Nous remarquons que pour l'événement remarquable ER6A les invariants opératoires et les inférences de schème S62A sont pratiquement de mêmes typologies : des SMK, des PCK/stratégies et des PCK/programme. Nous pensons que ces connaissances communes présentent un point d'intersection entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de la DI. Pour ce même événement ER6A de type chronophage nous envisageons que l'activité de régulation menée par Ahmed est centrée principalement sur des connaissances de type des PCK/ stratégie en absence de toutes connaissances de type des PCK /élève.

Nous étudions dans ce qui suit la typologie des invariants opératoires et des inférences des schèmes identifiés lors de l'organisation de l'activité de l'investigation expérimentale par les deux enseignants Férid et Ahmed.

## 9.4 *Etape de l'investigation expérimentale*

Nous étudions ce qui suit la catégorisation des invariants opératoires et des inférences mobilisées en premier lieu par Férid et en deuxième lieu par Ahmed. Nous signalons que notre travail se limite dans cette partie d'investigation expérimentale à traiter un seul événement remarquable pour chaque enseignant.

### 9.4.1 **Cas de Férid**

Nous choisissons pour le cas de Férid l'évènement remarquable nommé ER7F. Nous rappelons que cet événement est caractérisé par le fait « Les élèves sont en difficultés d'avoir un montage fonctionnel à partir de matériel mis à leurs dispositions. ». L'organisation de l'activité de Férid est modélisée par deux schèmes S73F et S'73F. Nous allons catégoriser dans ce qui suit les connaissances mobilisées dans les invariants opératoires et les interférences constituants ces schèmes.

#### 9.4.1.1 *Evénement remarquable ER7F*

##### 9.4.1.1.1 *Catégorisation des invariants opératoires*

Nous étudions dans cette partie les catégorisations des invariants opératoires constituants des deux schèmes S73F et S'73F, en les classant suivant la nature des connaissances mises en jeu et en identifiant ses relations avec les interférences.

##### 9.4.1.1.1.1 *Etude des invariants opératoires de schème S73F*

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S73F : « Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage », convoqué par Férid dans le tableau TS73F suivant :

<b>Schème S73F : Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage</b>	
<b>Invariants Opératoires</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que l'élève est capable de faire un circuit correctement mais le problème provient de matériel utilisé ; IO <sub>2</sub> : Je sais que les matériels disponibles ne sont pas tous en bon état ; IO <sub>3</sub> : Je sais que les élèves ont pu faire le montage tout seuls mais le problème est dans le matériel.

Tableau T S73F : Invariants opératoires. Schème S73F « Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage ». Cas d'Ahmed

Nous inférons dans ces propositions IO<sub>1</sub>, IO<sub>2</sub> et IO<sub>3</sub> un concept-en-acte disciplinaire de type des SMK sur la réalisation de montage. De plus nous identifions des connaissances pédagogiques de types des PCK/élève et des PCK/programme

Nous regroupons ces invariants opératoires dans le tableau suivant selon leur catégorisation

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub> , IO <sub>2</sub> et IO <sub>3</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel et son fonctionnement
	PCK sur l'élève	PCK sur les prérequis

Tableau Typ20 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S73F

## 9.4.1.1.1.2 Etude des invariants opératoires de schème S'73F

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S'73F : « Aide apportée aux élèves », convoqué par Ahmed dans le tableau T38A suivant :

Schème S'73F : Aide apportée pour obtenir un montage fonctionnel	
<b>Invariants Opérateurs</b>	IO <sub>1</sub> : Je sais que je dois intervenir pour avoir un montage fonctionnel ; IO <sub>2</sub> : Je sais que le problème correspond aux appareils des mesures et aux fils de connexions

Tableau T S'73F : Invariants opératoires. Schème S'73F « Aide apportée aux élèves ». Cas de Férid

Nous identifions dans ces deux propositions des connaissances pédagogiques sur les difficultés des élèves spécifiquement concernant le savoir-faire expérimental, des PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences et des PCK sur le programme. Le concept-en acte pour ces propositions est implicite et disciplinaire de type des SMK sur le fonctionnement d'un montage. Nous présentons dans le tableau Typ21 suivant le bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'73F :

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub>	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves
	PCK sur la stratégie	PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences.
IO <sub>2</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel et son fonctionnement

Tableau Typ21 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S'73F

## 9.4.1.1.1.3 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans le paragraphe suivant la relation entre les inférences et les invariants opératoire des deux schèmes S73F et S'73F.

Revenons au schème S73F « Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage », convoqué Ahmed que nous l'avons décrit précédemment dans le chapitre 8. Le but de

l'enseignant est de « s'assurer de bon fonctionnement des appareils ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schèmes S73F :

<b>Schème S73F. : Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage</b>	
<b>Inférences</b>	Si je veux tester l'état d'un matériel utilisé alors je dois utiliser un multimètre ;  Si je m'assure de l'état de matériel utilisé alors je peux réaliser un montage fonctionnel.

Tableau Inf20 : Inférences du schème S73F. Consignes à tenir compte avant de réaliser un montage. Cas de Férid

Nous pensons que ces inférences sont des connaissances de types des PCK sur la stratégie et des PCK sur le programme et précisément sur le matériel pédagogique et son fonctionnement. L'organisation prévue a pour but d'aider les élèves pour surmonter les difficultés prévenantes de matériel en mauvais état. Par conséquent il peut gagner le temps et contenue le déroulement de son activité afin qu'il puisse continuer sa pratique.

Rappelons-nous le schème S'73F, « Aide apportée aux élèves », convoqué Ahmed que nous l'avons décrit précédemment à ce même chapitre. Le but de l'enseignant est d'« aider les élèves à réaliser un montage fonctionnel. ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schème S'73F.

<b>Schème S'73F. : Aide apportée pour obtenir un montage fonctionnel</b>	
<b>Inférences</b>	Si je remplace quelques appareils alors je peux obtenir un montage fonctionnel ;

Tableau Inf22 : Inférences du schème S2. Aide apportée pour obtenir un montage fonctionnel. Cas de Férid

Dans Cette inférence l'enseignant mobilise des connaissances pédagogiques que nous pouvons classer suivant deux catégories : des PCK sur la stratégie adaptée par Férid pour aider ses élèves et des PCK sur le matériel pédagogique et son fonctionnement.

Nous notons bien que les invariants opératoires et les interférences sont globalement des mêmes catégories. Et cela montre que le schème de l'enseignant s'adapte localement à la situation (Vergnaud, 2000).

#### 9.4.1.2 Conclusion

Nous avons analysé précédemment l'événement remarquable ER7F où « Les élèves sont en difficultés d'avoir un montage fonctionnel à partir de matériel mis à leurs dispositions. ». Nous notons que cet événement est lié au contenu du savoir de la résonance alors nous pourrions dire qu'il est de type didactique. Nous regroupons les résultats obtenus au terme de notre étude des invariants opératoires et des inférences dans le tableau suivant :

Evénements remarquables	Typologie de l'événements remarquables	Schémes	Typologies des invariants opératoires	Typologies des inférences
ER7F	Didactique	S73F	PCK /programme ; PCK /élève SMK	PCK /programme ; PCK /stratégies SMK
		S'73F	PCK /élève ; PCK /stratégies ; PCK /programme	PCK /stratégies ; PCK /programme

Tableau T9.5 de typologies des invariants opératoires et des inférences. Partie3  
Investigation expérimentale. Cas de Férid

L'étude de la catégorisation des invariants opératoires nous aboutit aux résultats suivants : Les concepts-en-actes sont de type disciplinaire de type de SMK sur le fonctionnement d'un montage. Alors que la majorité des connaissances mobilisées par l'enseignant sont des PCK sur le programme et plus précisément sur le matériel pédagogique et son fonctionnement. Une étude faite au niveau des interférences des schèmes S73F et S'73F nous a permis d'identifier les types des connaissances mobilisées par Ahmed dans l'organisation prévue en lien avec le but visé. Ainsi nous remarquons une corrélation claire entre les inférences et les invariants opératoires puis qu'ils ont une catégorie en commun : ce sont les connaissances sur la stratégie. Nous avons pu identifier deux origines de difficultés identifiées lors de l'investigation expérimentale : des difficultés liées au savoir-faire expérimental et des difficultés liées au matériel en mauvais état mis à la disposition de l'élève en classe. Nous pensons que la prédominance des connaissances communes de type des PCK /programme pourrait renforcer la relation entre les invariants opératoires et les inférences.

Nous analysons dans ce qui suit un événement remarquable nommé ER7A, de type pédagogique, convoqué par Ahmed.

#### 9.4.2 Cas de Ahmed

Nous étudions la catégorisation des connaissances mobilisées dans les invariants opératoires et les inférences du schème S73A correspondant à l'évènement remarquable ER7A. Nous rappelons que cet événement est caractérisé par le fait que « Les élèves ont du mal à réaliser un montage fonctionnel à partir de matériel mis à leurs dispositions ».

9.4.2.1 *Événement remarquable ER7A*

## 9.4.2.1.1 Catégorisation des invariants opératoires

Nous étudions dans cette partie les catégorisations des invariants opératoires constituant le schème S73A, en les classant suivant la nature des connaissances mises en jeu et en identifiant ses relations avec les interférences.

## 9.4.2.1.1.1 Etude des invariants opératoires de schème S73A

Nous rappelons les invariants opératoires du schème S73A : « Réalisation d'un montage fonctionnel commun », convoqué par Ahmed dans le tableau T S73A suivant :

Schème S73A : Réalisation d'un montage fonctionnel commun	
<b>Invariants Opératoires</b>	<p>IO<sub>1</sub> : Je sais que l'ampèremètre peut être remplacé par un voltmètre branché aux bornes d'un résistor ;</p> <p>IO<sub>2</sub> : Je sais que la seule solution est d'apporter le matériel fonctionnel de l'autre groupe ;</p> <p>IO<sub>3</sub> : Je sais que le même problème du matériel existe chez les deux groupes ;</p> <p>IO<sub>4</sub> : Je sais il y a un manque de matériel en bon état mis à la disposition des élèves ;</p> <p>IO<sub>5</sub> : Je sais que je peux utiliser le matériel de l'autre groupe si j'ai besoin.</p>

Tableau T S73A : Invariants opératoires. Schème S73A « Réalisation d'un montage fonctionnel commun ». Cas d'Ahmed

L'analyse des invariants opératoires du schèmes S73A nous permettons de classer les connaissances mobilisées correspondants en deux catégories : des PCK sur le programme, des PCK sur l'élève et des PCK sur les stratégies. Nous présentons dans le tableau Typ22 suivant le bilan de classification des invariants opératoires de schème S73A en des catégories et des sous-catégories.

Invariant opératoire	Catégorie	Sous-catégorie
IO <sub>1</sub> , IO <sub>2</sub> , IO <sub>3</sub> , IO <sub>3</sub> et IO <sub>4</sub>	PCK sur le programme	PCK sur le matériel et de son fonctionnement
IO <sub>2</sub> et IO <sub>5</sub>	PCK sur les stratégies	PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences.
	PCK sur l'élève	PCK sur les difficultés des élèves

Tableau typ22 : Bilan de catégorisation des invariants opératoires de schème S73A

## 9.4.2.1.1.2 Etude d'une organisation prévue en fonction du but

Nous analysons dans le paragraphe suivant la relation entre les inférences et les invariants opératoire de schèmes S73A. Revenons du schème S73A, « Réalisation d'un montage fonctionnel commun », convoqué Ahmed que nous l'avons décrit précédemment à

ce même chapitre. Le but de l'enseignant est de « s'assurer de réaliser un montage fonctionnel ». Nous rappelons dans ce qui suit les inférences de schèmes :

<b>Schème S73A : Réalisation d'un montage fonctionnel commun</b>	
<b>Inférences</b>	Si j'assemble le matériel des deux groupes alors les élèves peuvent réaliser un montage fonctionnel commun ;  Si j'associe les deux groupes alors l'élève a plus de chance de trouver un matériel en bon état.

Tableau Inf23 : Inférences du schème S73A. Réalisation d'un montage fonctionnel commun. Cas d'Ahmed

L'analyse de ces inférences nous permet de constater que l'enseignant mobilise des deux catégories de connaissances pédagogiques : La première des PCK sur les stratégies dans l'enseignement des sciences et qui se fait tout autour de concept disciplinaire tel que le circuit fonctionnel. Ainsi la deuxième est sur le programme et plus précisément sur le matériel et son fonctionnement

#### 9.4.2.2 Conclusion

Nous avons analysé dans la partie précédente l'événement remarquable ER7A « Les élèves Ont du mal à réaliser un montage fonctionnel à partir du matériel mis à leurs dispositions » de type pédagogique Nous regroupons les résultats obtenus au terme de notre étude des invariants opératoires et des inférences dans le tableau suivant :

Evénements remarquables	Typologie de l'événements remarquables	Schémes	Typologies des invariants opératoires	Typologies des inférences
ER57A	Pédagogique	S73A	PCK /programme PCK /stratégies PCK /élève	PCK /stratégies PCK /programme

Tableau T9.6 de typologie des invariants opératoires et des inférences. Partie3 Investigation expérimentale. Cas de Ahmed

Nous notons bien qu'il existe des connaissances communes entre les invariants opératoires et les inférences telles que des PCK/stratégie et de PCK/programme. Cela nous permet de déduire l'existence d'une relation qui nous apparait nette entre eux et qui pourrait favoriser l'application de l'organisation prévue en lien avec le but et faire réussir l'activité de la régulation menée par l'enseignant. Nous pensons que ces connaissances communes présentent un point d'intersection entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de ces trois étapes de la DI. De plus, nous

envisageons que la prédominance des connaissances de type des PCK / stratégie dans les inférences justifie la typologie pédagogique de l'événement ER7A étudié. Nous signalons l'absence des connaissances de type des PCK sur les difficultés des élèves dans les inférences du schème S73A bien que cette dernière modélise l'activité de la régulation.

### 9.5 *Conclusion*

Dans ce chapitre, nous avons étudié les typologies des invariants opératoires et les inférences des différents schèmes modélisant l'organisation des activités de la situation problème, des hypothèses et de l'investigation expérimentale par Férid et Ahmed. En fait, nous avons identifié et catégorisé les connaissances mobilisées dans ces deux éléments du schème. Cela nous a permis d'une part d'analyser la relation entre l'organisation de l'activité prévue et le but de l'enseignant visé. Et d'autre part de déterminer les points d'intersections et de distinctions entre l'activité de l'enseignant et ses connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de ces trois étapes de la DI, lesquelles s'appuient sur les connaissances communes mobilisées dans les invariants opératoires et les inférences. Nous signalons que nous avons regroupé les résultats obtenus au terme de chaque partie dans un tableau récupératif afin de mettre en relief les typologies des invariants opératoires, des inférences et des événements remarquables identifiés lors de l'analyse de l'activité de l'enseignant.

Dans la partie de la situation problème, nous remarquons que les connaissances mobilisées dans les invariants opératoires et les inférences sont mises en jeu autour des connaissances de type disciplinaire SMK. De plus, nous identifions une connaissance commune de type de PCK/stratégies qui prédomine dans la pratique de Férid et Ahmed. Ce type de connaissance nous montre que l'organisation de l'activité de l'enseignant est centrée sur l'exécution de la partie de la situation problème avec un guidage fort. Selon nous, cette connaissance commune présente un point d'intersection entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de la DI. En contrepartie, nous identifions un point de distinction présenté dans la différence entre la typologie des invariants opératoires et celle des inférences telles que par exemple pour le schème S42F de l'événement remarquable ER4F. Cela pourrait influencer la pratique de l'enseignant et le déroulement de la démarche d'investigation.

Dans la partie des hypothèses, nous signalons la présence d'une corrélation claire et nette entre les inférences de quelques schèmes étudiés et le but visé par l'enseignant. Ainsi

nous identifions des connaissances communes mobilisées dans les inférences et les invariants opératoires. Nous prenons à titre d'exemple le schème S62A, les connaissances communes sont de types des SMK, des PCK/stratégies et des PCK/programme. Par conséquent, cela présente un point d'intersection entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de la DI. L'activité de régulation menée par l'enseignant est globalement centrée sur des connaissances pédagogiques de type des PCK/ stratégies sur l'absence de toutes connaissances de type des PCK /élève.

Dans la partie de l'investigation expérimentale, L'étude de la catégorisation des invariants opératoires nous débouche sur les résultats suivants : Les concepts-en-actes sont de type disciplinaire de type de SMK sur le fonctionnement d'un montage. Alors que la majorité des connaissances mobilisées par l'enseignant sont des PCK sur le programme et plus précisément sur le matériel pédagogique et son fonctionnement et des PCK sur les stratégies.

Cela nous permet de déduire l'existence d'une relation entre les connaissances de type des PCK/ programme et des PCK/ Stratégie mobilisées par l'enseignant pour réguler les situations de blocage provoquées par le manque de matériel. Nous envisageons que cette relation pourrait favoriser l'application de l'organisation prévue en lien avec le but et faire réussir l'activité de la régulation menée par l'enseignant.

Nous avons identifié deux origines de difficultés identifiées lors de l'investigation expérimentale : des difficultés liées au savoir-faire expérimental et des difficultés liées au matériel en mauvais état mis à la disposition de l'élève en classe.

Nous notons bien qu'il existe des connaissances communes entre les invariants opératoires et les interférences de types des PCK/stratégie et des PCK/programme. Nous pensons que ces connaissances communes présentent un point d'intersection entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de ces trois étapes de la DI. De plus, nous estimons que la prédominance des connaissances de type des PCK / stratégie mobilisées dans les inférences justifie la typologie pédagogique de l'événement ER7A étudié. Nous signalons l'absence remarquable des connaissances de type des PCK sur les difficultés des élèves dans la majorité les inférences des schèmes de la partie d'investigation expérimentale.

# **Chapitre10 :**

## **Les régulations du professeur**

## 10.1 *Introduction*

Dans ce chapitre, nous allons étudier les régulations opérées par les enseignants pour mieux adapter leur enseignement en classe. En se basant sur les travaux de Leplat (2006), Pastré (1997) et Coulet (2011), nous décrivons et nous analysons les boucles de régulation rétroactives de l'activité en nous identifiant les connaissances professionnelles en jeu lors de ces moments particuliers.

En fait, les travaux de Jameau (2012b) montrent que des régulations pouvaient prendre naissance à partir d'un incident critique pour lequel l'enseignant organise son activité en apportant une réponse et en mobilisant des règles d'actions qu'ils considèrent pertinentes dans l'action. Nous notons que notre partie empirique est fondée sur la pratique des enseignants durant une seule séance de travaux pratiques, alors nous nous limitons au type de régulation en boucle courte. D'ailleurs, cette forme de régulation est fondée sur un écart entre l'anticipation du schème convoqué et l'indice pris dans l'action. Ainsi qu'elle permet aux enseignants d'atteindre leur but en opérant « de proche en proche » (Pastré, 1997).

Nous nous focalisons, dans ce chapitre, sur une même partie de la démarche d'investigation mise en œuvre par les deux enseignants telle que la situation problème afin d'avoir une idée plus claire et plus nette sur le type de nouvelle connaissance identifiée lors d'un incident critique et sur la spécificité de la régulation suivie par chacun de deux enseignants.

## 10.2 *Cas de Férid*

### 10.2.1 *Description*

En distribuant les fiches de TP à ses élèves, Férid a demandé de lire attentivement et en silence le texte de la situation problème (chapitre 6). Un silence absolu apparaît entre eux pendant la lecture et même quelques instants après. Alors Férid intervient et il demande si « *ça ira* », mais aucun élève n'a répondu et le silence continue à régner au sein de la classe. L'enseignant s'est rendu compte que ses élèves n'ont pas compris la situation problème proposée et c'est pourquoi ils sont en difficulté. Face à cet incident critique, Férid a pris la décision d'intervenir et de réguler en prenant la charge de l'action d'explication de la situation problème qu'il a proposé. Il commence alors par une lecture du texte de cette situation, à partir de sa fiche et à haute voix pour que tout le monde puisse entendre clairement le contenu

de ce texte et par conséquent pouvait l'aider dans sa compréhension. L'explication a été réalisée par Férid alternativement entre la lecture du texte de sa fiche et ses actions gestuelles démonstratives en tournant le bouton de recherche du poste radio, placé sur sa paillasse. Il dit à titre d'exemples « Je veux expliquer par exemple autres choses que vous n'avez pas compris en ce qui concerne le phénomène euh// d'émission et de réception radio // alors// », « un poste radio ordinaire// c'est comme celui-là par exemple // » et « l'onde radio reçue par l'antenne de poste radio euh c'est-à-dire le post radio est menu par une antenne pour// ».

### 10.2.2 Analyse

Nous rappelons, à partir de ce chapitre, qu'avant de commencer l'activité de présentation de la situation problème, l'enseignant est conscient qu'il aura une certaine difficulté chez ses élèves et qui présente un obstacle pour le déroulement de sa pratique en disant « avant de commencer la situation problème j'étais conscient que les élèves n'ont pas d'idée claire et nette sur le phénomène de la résonance d'intensité ». Et il savait d'avance que la résonance est « un phénomène très compliqué ». Donc nous pensons que cet incident prévu nommée « l'incompréhension de la situation problème proposée » est prévu. En effet, l'enseignant mobilise des connaissances pédagogiques de type de PCK sur les difficultés des élèves (PCK/é) et aussi des connaissances disciplinaires SMK sur le concept de la résonance. Alors pour s'adapter à la situation, Férid a mobilisé une nouvelle connaissance professionnelle de type PCK sur les stratégies nommée « la lecture en silence le texte de la situation problème ». Nous pouvons classer cette nouvelle connaissance suivant la sous-catégorie de connaissances des stratégies dans l'enseignement des sciences. En effet, nous remarquons, dans la classe, un changement dans l'organisation de l'activité de l'enseignant. Celui-ci a adapté sa préparation, appelé « le prévu », à la réalité de la classe appelée, « le réalisé ». Nous remarquons que la régulation apportée par Férid a pris naissance à partir de cet écart entre « le prévu » et « le réalisé ». Nous rappelons le schème S11F nommé « *Proposition de la situation problème* » (chapitre6) :

Schème S11 F : Proposition de la situation problème	
<b>But</b>	Poser le problème aux élèves
<b>Inférences</b>	Si je lis le texte alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves de lire attentivement et en silence le texte.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ne comprennent pas la situation problème proposée car le phénomène de la résonance d'intensité est compliqué. Je sais que la situation problème doit être choisie de la vie quotidienne.

	Je sais que j'ignore comment faire pour établir le lien entre la situation problème proposée et le phénomène de la résonance.
--	---

TableauT2A : Schème S11F : Proposition de la situation problème cas de Férid

L'invariant opératoire « Je sais que les élèves ne comprennent pas la situation problème proposée car le phénomène de la résonance d'intensité est compliqué. » est de type de PCK sur les difficultés des élèves PCK /é aussi de type SMK sur les connaissances disciplinaires. Alors que les connaissances professionnelles mobilisées par l'enseignant dans le cadre des inférences « Si je lis le texte alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée. » sont de type de PCK sur les stratégies et des connaissances de type SMK. Par conséquent, nous remarquons une typologie commune entre les invariants opératoires et les inférences tel que le type de SMK mais nous ne savons pas si cette typologie commune favorise la réussite de l'activité de la régulation rétroactives de type courte réalisée par l'enseignant afin de s'adapter à la situation.

Au terme de la lecture silencieuse réalisée par les élèves (chapitre 6 ER1F), l'enseignant leur demande si « ça ira ». Mais ils sont encore en situation de difficulté puisqu'aucun élève n'a répondu et le silence continue à régner au sein de la classe. A ce moment, Férid a pris la décision de prendre la charge d'expliquer la situation proposée. C'est pourquoi il a commencé à lire le texte à haute voix en réalisant alternativement l'explication et l'action sur le bouton du poste radio. Il est conscient que ses élèves sont de nouveau en difficulté en disant : « lorsque j'ai proposé la situation problème j'ai senti que// les élèves n'ont pas utilisé la notion de la résonance et sa relation avec la situation problème ». Nous pensons qu'il s'agit d'une nouvelle connaissance professionnelle mobilisée par Férid et que nous nommons « L'ignorance de lien entre la situation problème proposée et la notion de la résonance ». Nous pouvons classer cette nouvelle connaissance mise en jeu par Férid selon deux types :

- Elle est de type de connaissances disciplinaires (SMK) sur le concept de la résonance d'intensité et sur le concept de la situation problème.
- Elle est de type de connaissances pédagogique (PCK) sur les élèves et plus précisément des PCK sur les difficultés des élèves.

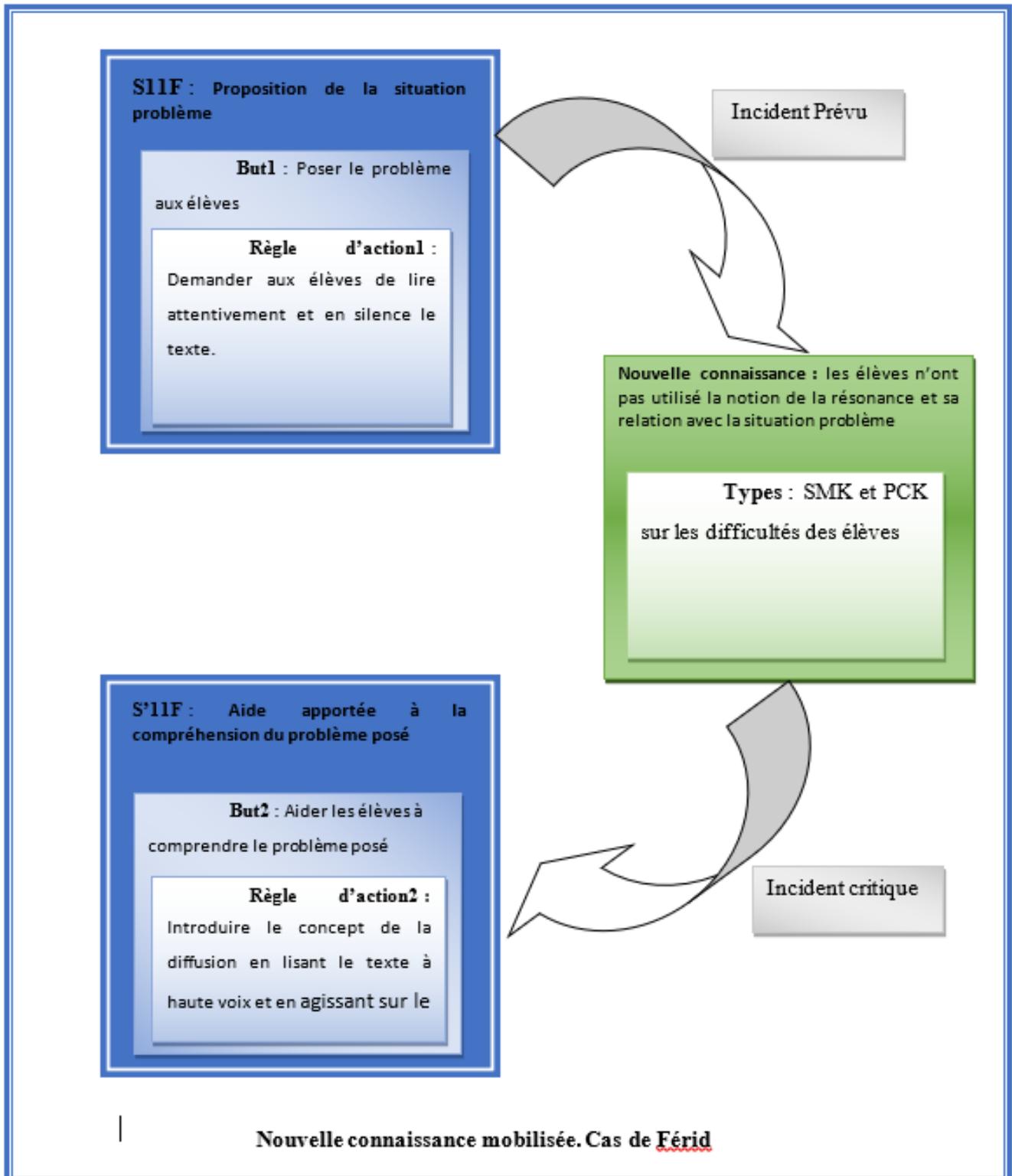
Nous signalons que cette nouvelle connaissance pouvait être l'origine d'un changement du but et par conséquent d'un changement du schème. Il s'agit bien du passage du schème S11F à un nouvel schème S'11F qui a comme nouvelle règle d'action « lire à haute voix, expliquer tout en introduisant le concept de la diffusion et en agissant sur le bouton de

recherche du poste radio » et comme but d' « Aider les élèves à comprendre le problème posé ». Nous rappelons les quatre éléments de ce schème S'11F (chapitre 6).

<b>Schème S'11 F : Aide apportée à la compréhension du problème posé</b>	
<b>But</b>	Aider les élèves à comprendre le problème posé
<b>Inférences</b>	Si je lis le texte à haute voix alors je peux aider l'élève à comprendre le contenu du problème posé. Si l'élève connaît le rôle de l'antenne du poste radio, alors il peut évoquer le concept de la diffusion Si les élèves mettent en évidence la relation entre le circuit RLC contenu dans le poste radio et l'action sur le bouton de recherche, alors ils peuvent évoquer le concept de résonance d'intensité et son lien avec le phénomène de la diffusion.
<b>Règle d'action</b>	Introduire le concept de la diffusion en lisant le texte à haute voix et en agissant sur le bouton de poste radio.
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les connaissances de l'élève sur le phénomène de la diffusion de radio peuvent être insuffisante Je ne suis pas sûr que l'élève sache l'utilité d'agir sur le bouton de recherche de poste radio Je sais qu'il n'est pas évident pour l'élève d'évoquer le phénomène de la résonance lors de l'action sur le bouton du poste radio Je ne suis pas sûr que l'élève pense à établir le lien entre le phénomène de la diffusion et celui de la résonance d'intensité lors qu'on agit sur le bouton de poste radio

Tableau T3A : Schème S'11F : Aide apportée pour faire la compréhension de la situation

10.2.3 Modélisation de régulation



10.1 Nouvelle connaissance mobilisée. Cas de Férid

### 10.3 *Cas de Ahmed*

#### 10.3.1 Description

Au début de son activité de présentation de la situation problème, les élèves prennent à lire le texte de la situation problème proposée. Mais un silence accompagné d'un étonnement règne entre les élèves et qui prouve qu'ils n'ont pas compris le texte et surtout son lien avec ce qu'ils ont appris au cours précédent tel que l'oscillateur électrique forcé. En réalité, dès le début de l'activité de présentation de la situation problème Ahmed est conscient qu'il existe une certaine difficulté chez ses élèves pouvant perturber le déroulement de son activité. Cette idée est identifiée lors de l'entretien simple lors qu'il a dit « Au début de la séance j'ai pensé que mes élèves ne vont pas comprendre ce que nous avons présenté // », cela prouve qu'il s'agit d'un incident prévu. De plus il a « constaté qu'il y a des difficultés de compréhension // » et que l'élève ne sait pas « ce qu'il fait et ce qu'il va faire ». Pour cette raison, il se met en doute du but à atteindre en disant « je ne sais pas ce que cela (c'est-à-dire la situation problème proposée) va donner // ».

Alors l'enseignant Ahmed a pris la décision de réguler la situation et d'aider ses élèves à comprendre la situation problème.

#### 10.3.2 Analyse

Pour surmonter les difficultés de compréhension, rencontrées par ses élèves, Ahmed a commencé son activité d'explication en exemplifiant par un poste radio qu'il va utiliser comme support pédagogique. D'abord, il a commencé par évoquer la notion de l'émission des ondes qui sont reçues par le poste radio. Ensuite il a rappelé à ses élèves que le post radio est à la base du circuit RLC et que l'antenne du poste radio a pour rôle de recevoir l'onde envoyée par la station et que cette dernière va créer une tension excitatrice  $N$ . Au cours de l'auto-analyse croisée, l'enseignant est interrogé sur le but d'utiliser les concepts de tension excitatrice et de l'émission lors de son activité d'explication. Il a justifié son choix par le fait que ces deux concepts sont liés l'un à l'autre et qu'il est obligé d'évoquer la notion de tension excitatrice pour expliquer celle de l'émission. Selon Ahmed cette dernière notion est fondamentale dans la compréhension de la situation problème, alors qu'elle est mal connue par ses élèves.

Nous rappelons que dès le début de son activité de présentation de la situation problème, l'enseignant prend conscience que ses élèves sont en difficulté. Il pense que son élève ne trouve pas le lien entre ce qu'il a fait et ce qu'il va faire. Autrement dit, il lui semble

incapable d'établir la relation prérequis concernant l'oscillateur forcé en régime sinusoïdal et le contenu de la situation problème. Donc nous pouvons identifier une nouvelle connaissance mobilisée par Ahmed et qui résulte à un changement de but et une nouvelle règle d'action. Nous pouvons classer la nouvelle connaissance « l'élève ne trouve pas le lien entre ce qu'il a fait et ce qu'il va faire. » selon trois types :

- Des connaissances disciplinaires MSK sur l'oscillateur électrique forcé et sur le contenu de la situation problème.
- Des connaissances pédagogiques de type de PCK sur les élèves et plus précisément des PCK sur les difficultés des élèves.
- Des connaissances pédagogiques de type de PCK sur les élèves et plus précisément des PCK sur les prérequis nécessaires pour l'apprentissage d'une notion.

A partir de l'analyse que nous avons réalisée précédemment, nous pouvons remarquer qu'entre l'activité de proposition de la situation et celle de l'explication du contenu de cette situation nous remarquons l'apparition d'une nouvelle connaissance qui provoque le changement du but. Par conséquent nous identifions le passage du schème S11A au schème S'11A (voir chapitre6, p..).

Nous rappelons dans ce qui suit ces deux schèmes :

#### Schème S11A

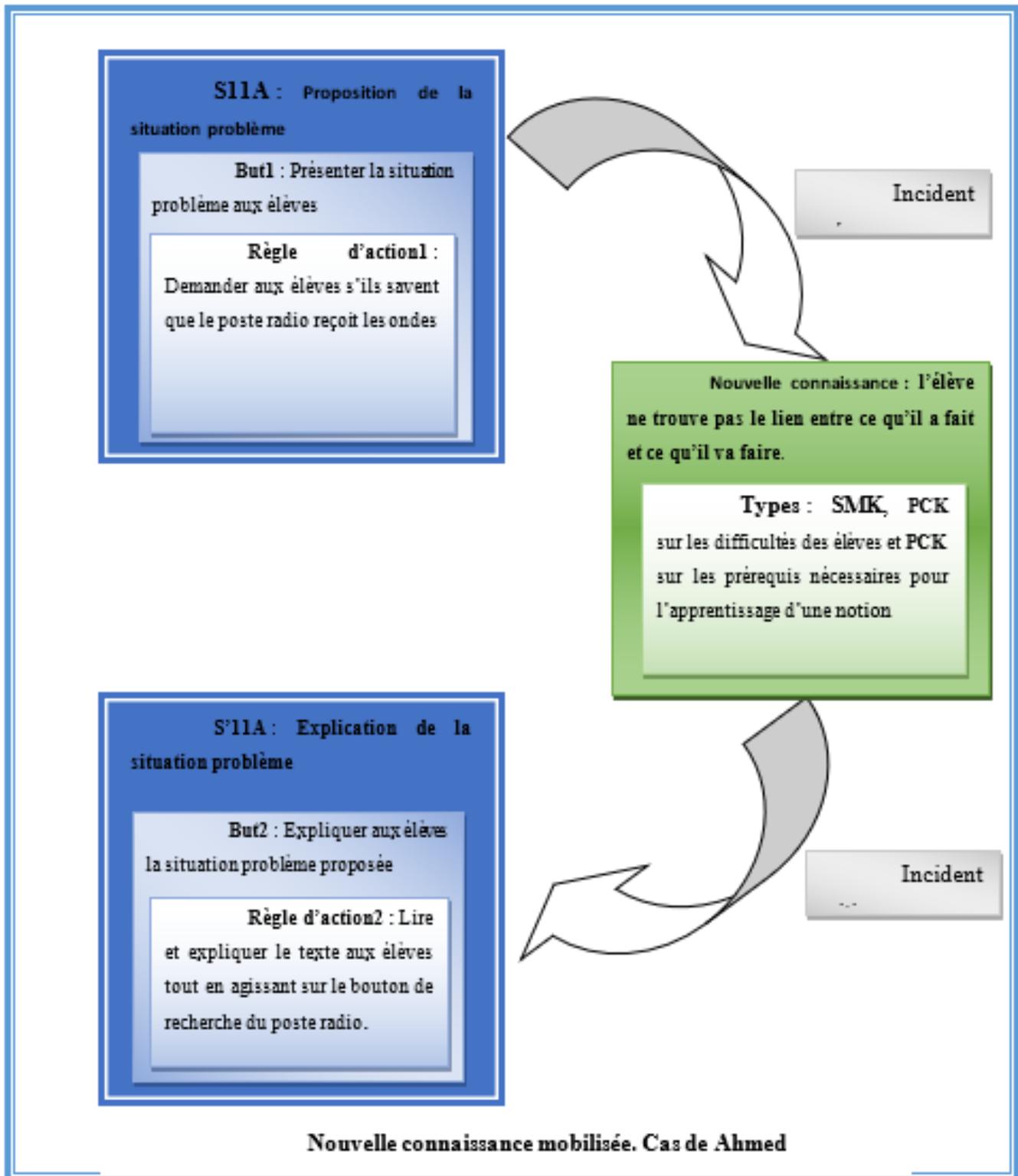
<b>Schème S11A : Présentation de la situation problème</b>	
<b>But</b>	Présenter la situation problème aux élèves
<b>Inférences</b>	Si je connais que le phénomène de la réception de l'onde par le poste radio alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée.
<b>Règle d'action</b>	Demander aux élèves s'ils savent que le poste radio reçoit les ondes
<b>Les invariants opératoires</b>	Je sais que les élèves ignorent pourquoi j'ai demandé cette question de recherche au début de la séance ; Je sais que les élèves ignorent le lien entre ce qu'ils ont fait comme rappel en classe et ce qu'ils vont faire ; Je sais que les élèves ignorent le lien entre la situation problème proposée et le phénomène de la résonance d'intensité ;

Tableau T10A : Schème S11A : Présentation de la situation problème. Cas Ahmed.

## Schème S'11A

<b>Schème S'11A : Explication de la situation problème</b>	
<b>But</b>	Expliquer aux élèves la situation problème proposée
<b>Inférences</b>	<p>Si je lis je peux faciliter la compréhension du contenu de la situation problème proposée à l'élève.</p> <p>Si l'élève connaît le rôle de l'antenne du poste radio dans la réception des ondes alors il peut comprendre l'utilité d'agir sur le bouton de la recherche dans la sélection de ces ondes.</p> <p>Si l'élève sait que le poste radio est un oscillateur forcé sinusoïdal alors il peut évoquer le concept de la résonance d'intensité :</p> <p>Si l'élève met en évidence le circuit RLC du poste radio et l'action sur le bouton de la recherche alors il peut faire le lien entre le concept de résonance d'intensité et situation problème.</p>
<b>Règle d'action</b>	Lire et expliquer le texte aux élèves tout en agissant sur le bouton de recherche du poste radio.
<b>Les invariants opératoires</b>	<p>Je sais que l'élève ne trouve pas le lien entre ce qu'il a fait et ce qu'il va faire.</p> <p>Je sais que les élèves ne peuvent pas savoir les rôles du bouton de recherche du poste radio et du circuit RLC qui le contient pour capter une station ;</p> <p>Je sais qu'il est difficile chez l'élève d'évoquer le phénomène de la résonance lors de l'action sur le bouton du poste radio dès qu'il ne considère pas que ce dernier est un oscillateur forcé</p> <p>Je sais que lors que j'agis sur le bouton de recherche du poste l'élève n'établit pas nécessairement le lien entre la situation problème proposée et le phénomène de la résonance d'intensité.</p>

Tableau T11A : Schème S'11A : Aide apportée pour faire la compréhension de la situation problème proposée. Cas Ahmed.



### 10.3.3 Modélisation de régulation

Figure 10.2 Nouvelle connaissance mobilisée. Cas de Ahmed

#### 10.4 *Conclusion*

Nous avons décrit dans le chapitre 10 une organisation de l'activité des enseignants dans laquelle étaient identifiés des incidents critiques. Ainsi nous avons identifié les nouvelles connaissances mobilisées par les enseignants et qui entraînent un changement de but et un changement de schème.

Dans les classes de Férid et de Ahmed, les élèves ont trouvé des difficultés de compréhension de la situation problème proposée. Ces difficultés ont créé pour chaque enseignant un incident critique exprimé généralement par un silence absolu. Nous parlons donc d'une situation de blocage observable en classe, d'où un changement dans l'organisation de l'activité de deux enseignants. Ces derniers ont adapté leur préparation, ce que nous appelons "le prévu" au vécu en classe, autrement dit "le réalisé". Selon Alain (2012), les régulations apportées par les enseignants sont dues à cet écart entre « le prévu » et « le réalisé ». Coulet, (2010) met l'accent sur la nécessité de l'étude de la régulation vu qu'« il est difficile de rendre compte de l'activité sans insister sur les mécanismes de régulation qui l'accompagnent » (Coulet, 2010, p. 15).

Nous notons bien évidemment que notre étude de régulation se fait sur la même activité « présentation de la situation problème » mais avec les deux enseignants. Ce choix a pour but de comparer les types de régulation réalisés par les deux enseignants et les nouvelles connaissances mobilisées.

En fait, Ahmed et Férid ont opéré chacun une boucle courte de régulation pour débloquer la classe. Les deux enseignants s'attendaient à ce que les élèves comprennent la situation problème proposée. C'est pourquoi ils ont essayé de s'adapter à la situation en réalisant une régulation rétroactive « locale ». Ce type de régulation est construit par les enseignants, à la suite d'un incident prévu. Nous les avons vu opérer une boucle courte de régulation à la suite de l'incident. Pour (Piaget, 1974), cette boucle, qui n'apporte pas de réponse définitive, est axée vers la réussite. De plus, nous signalons que le contenu des inférences nous renseigne sur les régulations prévues par les deux enseignants pour aider les élèves à comprendre le contenu de la situation problème. Nous rappelons comme exemple le cas de Férid qui convoque le schème S11F « Proposition de la situation problème » dont la règle d'action « Demander aux élèves de lire attentivement et en silence le texte. », la réponse attendue est « Si je lis le texte alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée ». la lecture silencieuse du texte de la situation problème est une

régulation rétroactive en boucle courte et en plus locale. Mais cette régulation n'a pas aidé les élèves à dépasser la situation de difficulté vécue, ce qui nous permet d'identifier un incident critique. En effet, cet incident critique est à l'origine de la construction d'une nouvelle connaissance « *les élèves n'ont pas utilisé la notion de résonance et sa relation avec la situation problème* » de types de SMK et de PCK/é qui participe à l'adaptation de l'enseignement du professeur en classe.

Dans les deux cas, nous pensons que les nouvelles connaissances identifiées sont pratiquement de même typologie alors que le mode de régulation diffère d'un enseignant à un autre.

Les travaux de Jameau (2012b) ont montré que les incidents critiques sont à l'origine des nouvelles connaissances de type des PCK sur les élèves, alors que notre étude nous a permis d'identifier un autre type de connaissances disciplinaires SMK

**Chapitre 11 :**  
**Aspect chronophage de la démarche  
d'investigation**

### 11.1 *Etude de l'aspect du chronophage de la DI*

Nous analysons le chronophage de la DI pratiqué par deux enseignants lors d'une séance des travaux pratiques sur le concept de la résonance. Nous réalisons notre étude en s'appuyant sur deux points de vue : le chronophage d'un point de vue didactique et le chronophage d'un point de vue pédagogique.

#### 11.1.1 **Le chronophage du point de vue didactique**

Dans ce paragraphe, nous essayons de dévoiler les origines de l'aspect didactique du chronophage de la démarche d'investigation. Nous notons que les travaux de Mathé (2010) ont permis de classer les obstacles liés aux contraintes didactiques en trois familles :

- Première famille : conditions matérielles ;
- Deuxième famille : les séances en classe (répartition des groupes, effectif important d'élèves...)
- Troisième famille : la démarche d'investigation « chronophage ».

Nous pensons que les deux premières familles (conditions matérielles et les séances en classe) sont aussi les origines du chronophage de la DI.

Nous pourrions donner alors un constat sur le chronophage de la DI du point de vue didactique selon ces deux origines tout en se basant sur les entretiens simples et croisés réalisés avec les deux enseignants Ahmed et Férid.

##### 11.1.1.1 *Conditions matérielles :*

Les deux enseignants évoquent le problème de manque de matériel et de sa non-disponibilité. Ils regrettent d'avoir au laboratoire soit un matériel non fonctionnel (en panne) ou soit un matériel qui n'est pas à la hauteur des attentes des élèves.

D'une manière plus pragmatique, dans le cas où le matériel est limité dans le laboratoire, les enseignants se voient forcés d'en imposer une partie pour cerner le choix des propositions des élèves. Cela pourrait délimiter leur autonomie et leur attente quant à la réalisation des protocoles qu'ils ont décidé de réaliser. C'est le cas de Ahmed

Temps	Locuteurs	Productions verbales
27'47	C	Pensez-vous qu'un bon matériel puisse avoir une influence sur la pratique de l'enseignant et sur le déroulement de la DI
27'58	A	Évidemment le bon matériel est nécessaire / dans notre laboratoire on n'a pas assez de matériel fonctionnel/on a par exemple un

		certain nombre de GBF qui ne sont pas fonctionnels/ par exemple pour l'oscilloscope //on peut trouver 2,3 ou 4 qui ne fonctionnent pas// donc si on a assez de matériel/ peut être que je peux donner la liberté à un groupe d'élèves d'utiliser ce qu'ils veulent/ et l'autre groupe je le pousse à utiliser l'ampèremètre {où lieu de l'oscilo que l'un des élèves a proposé un des élèves}/ et je veux voir pour la prochaine fois régulariser pour une autre séance de TP// je vois qu'il est idéal de créer l'autonome aux élèves pourquoi qu'ils fassent ce qu'ils veulent/ à mon avis on ne peut faire ça pour une séance 1h30
--	--	---

Tableau T1C11 : Conditions matérielles. Cas de Ahmed

La même idée de perte du temps, provoquée par le mauvais matériel utilisé, est évoquée par l'enseignant Férid au cours de l'entretien simple. Le manque du savoir-faire chez l'élève tel que la lecture sur un voltmètre ou un ampèremètre. Dans cette situation, l'élève est invité de se rappeler la notion de grandeur efficace ( $I/U$ ) qui est égale au produit de la lecture  $L$  par le calibre  $C$  divisé par l'échelle  $E$ . Ainsi de se rappeler de la relation entre des unités de l'ampère et volt et ses sous unités.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
33'39	C	Etés- vous obligé de construire le circuit/est ce que le défaut du bon matériel// ou c'est le défaut du temps// ou bien c'est le stress//
33'53	F	A part la contrainte du temps il y a le matériel utilisé qui n'est pas euh sophistiqué // il y a des élèves qui ont déjà construit le même circuit et malgré ça ils ont trouvé des difficultés//il y a des élèves qui ne savent pas lire sur un voltmètre ou un ampèremètre à cadran/ c'est vrai qu'on essaye d'améliorer leur savoir-faire mais cela demande du temps
35'30	C	Pensez-vous que le défaut du bon matériel est une contrainte parmi d'autre pour l'activité de l'enseignant au cours de déroulement e la DI
35'47	F	Oui c'est une très grande contrainte/ ah il y a un certain défaut pour le bon matériel/ il provoque une perte du temps pour l'enseignant/ déjà vous avez vu combien de fois on a changé l'ampèremètre/ même on l'a remplacé par un oscilloscope pour déterminer indirectement la valeur du courant $I$

Tableau T2C11 : Conditions matérielles. Cas de Férid

Ahmed a placé le « bon matériel », qui fonctionne normalement sur sa paillasse dès le début de la séance et plus précisément au début de la partie d'investigation expérimentale. L'enseignant a demandé à ses élèves de chercher le matériel qu'il a déjà choisi. Cela risque de limiter l'autonomie de l'élève par rapport au choix du matériel proposé. Ahmed a justifié cette contrainte par le manque de temps.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
31'49	C	Selon vous la présentation du matériel sur la paillasse influe-elle sur le choix du matériel proposé par l'élève
32'10	A	Oui nécessairement
32'19	C	Donc vous ne pensez pas que vous demandez à vos élèves liste du matériel avant de faire sortir le matériel sur votre paillasse
32'32	A	C'est toujours le problème de temps/ on va faire en sorte que l'élève tâtonne sur le matériel / ensuite on n'est pas sûr si le matériel fonctionne ou non/ est ce qu'on a au laboratoire ce matériel ou non/ qu'est-ce qu'ils vont faire avec ce matériel/ quel est le nombre du fils nécessaire / quel est le GBF nécessaire et la résistance nécessaire / est-ce qu'on travaille avec 50 ou 100 ou 1000ohm/ donc c'est toujours la tâche de l'enseignant

Tableau T3C11 : Présentation du matériel sur la paillasse. Cas de Ahmed

Les deux enseignants font part de ces difficultés matérielles rencontrées au cours de la mise en œuvre de l'étape de l'investigation expérimentale. On retrouve le problème de disponibilité du matériel expérimental dans le laboratoire. Ces manques ont des répercussions sur la gestion de la classe et sur les attentes des élèves qui ne peuvent pas obtenir le matériel souhaité pour leur protocole. Il s'agit de la « gestion du matériel » (insuffisance de la quantité de matériel disponibles pour que les élèves fassent toutes les expériences souhaitées. C'est pourquoi, il faut éviter la mauvaise gestion de matériel qui provoque sans doute une perte de temps. Férid a proposé de « préparer le matériel d'avance ». Il a pensé que le choix du matériel est considéré comme un acquis chez ses élèves mais la présence d'un matériel dysfonctionnel a constitué un obstacle qui a entravé la pratique de la classe. Nous présentons dans le tableau T1C11 ci-dessous un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
13'46	A	Et le côté de matériel
13'50	F	Oui-i/ ça est un grand problème//je suis obligé d'aider les élèves à formuler les hypothèses pour gagner du temps / car ce que je sens que le matériel//n'est pas parfait/donc j'ai pensé à ça dans l'étape précédente{étape des hypothèses}/j'ai trouvé beaucoup de problème de matériel/ il y a beaucoup de perte de temps/ bien sûr il faut préparer le matériel d'avance /c'est pour cela avant de commencer les mesures je demande à mes élèves de proposer les différentes méthodes pour mesurer la tension efficace/ si on utilise un oscilloscope on peut mesurer la tension maximale/ si on dispose d'un voltmètre on mesure la tension efficace
15'25	A	Vous avez pris le choix / et vous avez fait le tri tout seul vis-à-vis ce qui trouve au labo
15'34	F	Si on ne dispose pas de ce matériel ce qu'on peut utiliser pour

		mesurer l'intensité
15'40	A	Enfin c'est vous qui a fait le tri du matériel
15'53	F	Le matériel est celui utilisé dans le chapitre précédent d'oscillations forcées sinusoïdale/ on a déjà utilisé le même circuit le même matériel pour réaliser notre tâche/ c'est la tâche de la résonance d'intensité/ pour moi je pas laisser le choix aux élèves de chercher le matériel puisqu'ils savent le circuit RLC série
16'19	A	Ce sont des acquis alors
16'22	F	Oui ce sont des acquis/ mais tout simplement j'ai rencontré des difficultés des appareils des mesures

Tableau T4C11. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

11.1.1.2 *Les séances en classe*

Les enseignants ont la possibilité de diviser la classe en deux groupes. Selon le programme, la séance de TP doit être faite en groupe durant une heure et demie. Dans une salle spécialisée pour les travaux pratiques en sciences physiques, la répartition en groupe se fait spontanément de la part des élèves sans intervention de leur enseignant. Pour que le débat élève/ élève soit enrichi il faut que les groupes soient hétérogènes. Mais nous remarquons que cette hétérogénéité n'est pas visualisée dans la séance de TP de Férid. Cette raison le déroulement de la démarche d'investigation a subi à plusieurs reprises des situations de blocages. Pour y échapper et pour assurer la continuité de la DI, Férid focalise ses interactions uniquement sur les deux élèves les plus motivés E1 et E2. La prise de décision d'interagir avec ces deux élèves se fait dans le cadre de régulation. Notons que les E1 et E2 appartiennent au même groupe alors que l'autre groupe démotivé interagit rarement avec leur enseignant. Le déséquilibre entre les deux groupes pourrait introduire la perte du temps au cours de la pratique de son activité. Donc c'est la chronophage de la DI. Nous prenons comme titre d'exemple l'extrait de l'entretien simple avec Férid.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
11'07	C	Y-t-il d'autres difficultés dans la présentation de la situation problème// surtout que j'ai remarqué qu'il y a une certaine rupture dans l'interaction enseignant et élève/ vous posez des questions et vous recevez des réponses des réponses autres que celles que vous attendez/ j'ai remarqué qu'un certain nombre d'élèves sont totalement déviés par rapport au déroulement de votre activité
11'29	F	Le problème ah se pose toujours / euh il existe des difficultés d'apprentissages pour quelques élèves / il y a un décalage entre les capacités des élèves/ les capacité d'apprentissage est tout à fait différentes pour euh la classe/ il y a un problème sur le plan de la motivation/ il y a des élèves qui peuvent comprendre le

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 11 : Aspect chronophage de la démarche d'investigation

		phénomène mais ils ne peuvent pas s'exprimer /et il y a d'autres qui peuvent s'exprimer comme vous l'avez remarqué pour les deux élèves {E1 et E2} qui essayent d'interagir / et les autres hésitent / je ne sais pas pourquoi//peut-être un problème d'acquisition de leçons /il y a un problème lié à l'élève lui-même que je le rencontre à jour
13'32	C	C'est normal d'avoir une classe hétérogène où l'on trouve toutes les catégories d'élèves/ et l'enseignant doit interagir avec tous pour que les objectifs soient atteints / que pensez- vous
13'49	F	Je sais je sais/ je dois interagir avec tout monde mais soyons claire / il y a des élèves qui ne sont pas motivés

Tableau T5C11 : Les séances en classe. Cas de Férid

Concernant l'effectif, nous remarquons que chaque enseignant interagit avec deux groupes composés chacun de quatre ou de cinq élèves chacun. La répartition du groupe du point de vue sexuel (fille et garçon) n'est pas hétérogène pour le cas de Ahmed. Nous trouvons alors un groupe G1 formé de quatre filles et un seul garçon et un groupe G2 composé de quatre garçons. Cette répartition a un impact sur la motivation de l'élève et sur ses interactions avec l'enseignant. Nous pouvons déduire une perte du temps dans le déroulement de la séance.

Selon Ahmed et Férid, l'organisation des groupes pourrait apporter un avantage pour le déroulement de leurs activités, en l'occurrence l'enrichissement des discussions entre les élèves et le renforcement de leur motivation.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
18'26	A	Si vous changez la répartition des groupes/ je pense que ça va donner quelques choses // il faut changer l'organisation des groupes
18'38	F	Peut-être / {Férid montre à Ahmed la séquence vidéo les deux élèves les plus motivés} vous voilez ce groupe là c'est le meilleur/ il contient ces deux élèves qui sont les meilleurs et motivés/il y a des élèves plus au moins moyens et d'autres de l'autre qui sont au-dessous de la moyenne / c'est comme ça ils sont habitués à discuter/ou bien euh
19'05	A	Peut-être si vous essayez l'organisation des groupes
19'09	F	Ça je peux par exemple utiliser trois groupes
19'14	A	Non/ / c'est pas le nombre de groupes / c'est l'organisation des groupes /c'est l'emplacement des élèves pour qu'ils puissent/ j'ai constaté que les élèves ne discutent pas entre eux / ils discutent toujours avec leur professeur même dans la formulation des hypothèses / où il a travaillé comme il m'a dit avec la méthode inductive / c'est toujours l'enseignant qui est qui est au centre / car c'est une classe de terminale/ et il faut penser au programme mais à mon avis s'il a changé non pas le nombre des élèves ou le

		nombre de groupe mais l'emplacement des élèves / s'il a mis deux élèves de ce côté et deux élèves de l'autre côté pour créer des interactions entre eux
--	--	---

T6C11 : Les séances en classe. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

Ahmed exige de changer la répartition des élèves entre les groupes et non le nombre d'élèves ou bien le nombre des groupes. Cela facilite la tâche de l'enseignant et minimise le temps perdu notamment dans les étapes de la situation problème, les hypothèses et l'investigation expérimentale.

La disposition des salles n'a rien à voir avec le travail en groupe. Ahmed propose d'utiliser des tables rondes, mais son collègue n'est pas en accord avec cette idée. Car il craint que ses élèves perdent le temps.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
20'16	F	Qu'est-ce qu'on peut faire par exemple
20'19	A	Des tables rondes par exemple pour qu'ils puissent discuter
20'25	F	Comment ils peuvent regarder et suivre au tableau
20'28	A	Non/ juste pour la discussion / c'est-à-dire l'organisation de la salle à imposer
20'31	F	Enfin la discussion /je peux laisser les élèves 30min à discuter /ça sera nulle à mon avis

Tableau T7C11 : Organisation de la salle. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

#### 11.1.1.3 *Gestion du temps*

Il convient de signaler que la gestion du temps est problématique aux yeux des enseignants. En effet, Les élèves consacrent plus de temps pour « se mettre au travail » que dans un cours ordinaire. Cela est dû au temps alloué à la discussion -débat. Férid confirme : « j'ai déjà remarqué ça / je suis coincé par le temps. Il indique qu'il est « stressé » par le temps. Pour cette raison que nous le trouvons rapide dans quelques étapes de la mise en œuvre de la DI, dans le but de compenser le temps réservé aux autres étapes. D'ailleurs, il trouve que ces étapes sont plus compliquées. D'où la prise de la décision d'aller plus rapidement.

Et malgré cette compensation, nous remarquons une certaine perte de temps pour ces étapes.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
19'38	C	A 16'18, j'ai remarqué un guidage fort que vous avez exercé avec vos élèves/pensez-vous que à ce moment-là vous pratiquez la DI

		ou bien vous été influencé par la méthode classique que vous l'avez suivie durant d'année
20'02	F	Peut-être c'est l'excès de la séance //il y a des temps euh qui influe//j'ai déjà enseigné le phénomène de la résonance d'intensité au TP depuis des années// et je sais ce que se passe au cours du temps/ quel temps je peux utiliser pour atteindre cet objectif // donc pour atteindre mes objectifs je dois orienter mes élèves dans un sens ou dans un autre pour aller plus vite

Tableau T8C11 : Gestion du temps. Cas de Férid

Alors que Ahmed a suggéré que : « peut-être si j'étais seul avec mes élèves en absence du camera et d'un chercheur qui attend des résultats je peux laisser les élèves faire ce TP pendant deux séances / / donc je dois gagner du temps//déjà vous avez remarqué qu'on termine juste à l'heure malgré les obstacles rencontrés et les déviations entre les deux démarches/ la principale contrainte de la DI est le temps et l'inhabitude des élèves vis-à-vis de la DI/ peut –être je peux améliorer ma pratique dans le cadre de la DI ».il ajoute : « mais il faut plus du temps peut-etre2 heures dans un TP comme ça ».

L'enseignant Ahmed revient sur le temps qu'il faut consacrer à une démarche d'investigation. Il est sûr que cela va prendre beaucoup de temps à préparer le scénario pédagogique et qu'il a dépassé le temps dans la mise en œuvre de la DI.

### 11.1.2 Le chronophage du point de vue pédagogique

Pour étudier les origines d'aspect pédagogique de chronophage de la DI, nous essayons se focaliser sur les obstacles qui ont entravé la mise en œuvre de la d'investigation au sein de la classe.

#### 11.1.2.1 Particularité de la DI

Selon les travaux de Mathé (2010), certaines particularités de la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les programmes officiels ont déstabilisé, par leur nouveauté, certains enseignants en provoquant des obstacles à sa mise en œuvre. Nous allons évoquer seulement celles qui résultent de la perte du temps au cours de l'activité de l'enseignant.

##### 11.1.2.1.1 L'autonomie de l'élève

La démarche d'investigation cherche à favoriser l'autonomie de l'élève pour que ce dernier puisse produire et construire son savoir. Mais est-il toujours possible de créer les conditions favorables à cette autonomie ? Et cette part de liberté laissée aux élèves pourrait-t-elle entraîner le chronophage de la DI ?

L'autonomie de l'élève est la caractéristique de la démarche d'investigation et qui a toujours créé des difficultés. Dans cette démarche, nous attribuons à l'élève le rôle d'un constructeur du savoir et à l'enseignant le rôle d'un guide et d'un intervenant pour orienter le déroulement de son activité. Mais le dosage des interventions de ce dernier semble un facteur déstabilisant pour un grand nombre des enseignants (Mathè,2010). Ces derniers interviennent pour limiter l'autonomie de l'élève et éviter la perte du temps. Pour ces raisons ils s'interrogent sur la fréquence et la nature des interventions.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
12'14	A	Com ment avez-vous fait ici/pratiquement vous avez guidé ici
12'18	F	J'ai guidé pour pouvoir continuer tout simplement/ pour que les élèves puissent continuer le reste de TP

Tableau T9C11 : L'autonomie de l'élève. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

Ahmed exige qu'on délimite l'autonomie de l'élève pour éviter la perte de temps « Si je veux laisser les élèves faire ce qu'ils veulent faire alors je pense qu'on va perdre de temps et qu'on n'arrive pas à réaliser la suite de TP ».

Les deux enseignants Ahmed et Férid sont inquiets car leurs élèves ont trouvé des difficultés au niveau de la formulation des hypothèses et leur manière de régulation était différente l'une de l'autre. Nous présentons dans ce qui suit un extrait de l'entretien croisé où les deux enseignants Ahmed et Férid font un débat entre le choix de créer l'autonomie chez l'élève et le choix de le guider pour éviter le risque de perte du temps.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
12 '32	A	Pour quoi vous n'avez pas laissé le temps à vos élèves pour réfléchir/pour qu'ils donnent au moins une ou deux hypothèses / et en suite vous expliquez le phénomène
12'41	F	Je crois qu'ils peuvent formuler quelques hypothèses / l'aide c'est nécessaire
12'48	A	Moi personnellement je laisse le temps aux élèves de réagir / ensuite s'il Ya de résultat je vais guider les élèves / je vais donner à l'élève le temps nécessaire
13'10	F	Par exemple
13'15	A	2 ou 3 minutes
13'19	F	J'ai utilisé 2 ou 3 minutes et ils n'arrivent pas à formuler les hypothèses /donc j'étais obligé de les guider/ou bien de les pousser à formuler des choses / et n'oubliez pas

## Partie 4 : Résultats

### Chapitre 11 : Aspect chronophage de la démarche d'investigation

		le temps qu'il ne faut pas le dépasser
--	--	--

Tableau T10C11 : Guidage dans la formulation des hypothèses. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

Livré au stress du temps l'enseignant essaie de précipiter dans quelques étapes de la DI malgré qu'elles soient considérées comme principales. C'est le cas de Férid

Temps	Locuteurs	Productions verbales
36'35	A	J'ai deux petites idées / d'une part vous été stressé par le temps et à chaque fois vous essayez de sauter sur quelques étapes qui sont minimales mais elles sont intéressantes / donc c'est le souci de temps / ...
38'15	F	Je suis stressé par le temps / par la nouvelle méthode

Tableau T10C11 : Précipitation dans les Parties de la DI. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

Les enseignants s'interrogent sur la manière de gérer l'ensemble des hypothèses : Sont-ils obligés d'accepter toutes les hypothèses proposées ? Si oui comment doivent –ils faire pour éviter la perte du temps ? Quant à Ahmed, lui, il doit sélectionner les hypothèses proposées par ses élèves. Car ceux-ci sont incapables de valider toutes les hypothèses, chose qui peut provoquer une perte de temps. Alors que Férid, lui, propose l'idée d'accepter toutes les hypothèses même si elles ne sont pas conformes à l'objet de la situation problème proposée. Selon lui, l'essentiel, c'est qu'elles soient correctes.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
1h00'14	F	Selon vous est ce que l'enseignant est obligé d'accepter toutes les hypothèses même si elles étaient fausses /ou bien il y a des limites/est ce qu'il est avantaagé d'aller avec toutes les hypothèses à valider après l'expérience pour que l'élève soit convaincu qu'il y a quelques-unes qui sont fausses et d'autre sont juste / ou bien il est obligé de sélectionner
1h00'40	A	non: il doit choisir toutes les hypothèses même si elles sont fausses /et doit réussir à donner une réponse qui coïncide à la situation problème //pourquoi vous utilisez cette situation problème il va chercher une réponse// vous voilez l'élève a proposé une hypothèse convenable qu'il va l'exploiter pour toute la classe /et il va chercher le matériel // c'est à dire on cherche l'hypothèse convenable parmi plusieurs hypothèses/ puis on va passer à sa validation //nous ne sommes pas obligés de valider toutes les hypothèses proposées par les élèves// ça sera une perte de temps
1h01'52	F	Mais ils ont laissé les autres hypothèses
1h01'56	A	oui c'est mieux d'exploiter les autre hypothèses /mais elles ne vont pas avec l'objectif de ce TP

1h02'12	F	Pourquoi proposez-vous une situation problème à laquelle on cherche une réponse
1h02'33	A	juste à mon avis je ne sais pas ceux qui ont fait la DI pour lier la vie courante d'une part avec ce qu'on vit en classe /et d'autre part pour avoir ce qu'on appelle ici la dévolution du problème//c'est à dire dans un problème posé à l'élève le problème devient son problème ainsi c'est lui qui va construire le processus de résolution de son problème celui qui choisit le matériel les expériences ce qu'on va réaliser//j'aimerais répondre à toutes les hypothèses /mais je ne peux pas car il y a la contrainte du temps et ensuite il y a celles qui ne sont pas dans l'objectif de la séance

Tableau T11C11 : Manière de gérer l'ensemble des hypothèses. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

#### 11.1.2.1.2 La conception et la mise en œuvre de la DI

Les particularités de la DI par rapport aux autres démarches « expérimentales », le choix des items du programme accessibles à une démarche d'investigation, la formulation de la situation problème, son choix et le déroulement de cette démarche au sein de la classe sont évoqués par les enseignants.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
1h10'45	A	Oui /mais il faut plus de temps peut être 2 heures dans un TP comme ça/ peut être passer un temps libre de TP /et de faire au cours /donc un TP de 2 heures
1h11'08	F	Finalement nous avons un programme à suivre et un temps fixé/ mais est-ce que vous voilez que cette situation problème est compatible au programme de point de vue horaire
1h11'38	A	On n'a pas toujours l'idée de la situation problème et d'autre part il y a une contrainte du temps //et si on a un assez de temps et le choix de la situation problème est bon je vois que mes élèves peuvent s'engager et s'intéresser plus à ce TP

Tableau T12C11 : La conception et la mise en œuvre de la DI. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

#### 11.1.2.2 La capacité et la motivation des élèves

Selon les travaux de Mathé (2010), les enseignants considèrent que les élèves font part des difficultés auxquels ils ont eu à faire lors de la mise en place de leur séquence. Ces difficultés prennent naissance à partir de la capacité estimée et la motivation des élèves. En s'appuyant sur ces travaux nous présentons comme suit l'effet de la capacité et la motivation de l'élève sur le déroulement de la DI.

## 11.1.2.2.1 Capacité de l'élève

Face à l'autonomie que nous devons pourvoir à l'élève pour formuler les hypothèses et élaborer toutes les étapes de la DI, il doit avoir une certaine capacité. La nécessité des connaissances chez l'élève est fondamentale pour qu'il puisse comprendre la situation problème, formuler correctement les hypothèses et les valider à partir d'une investigation expérimentale juste. Sans ce prérequis, l'enseignant sera obligé d'intervenir dans plusieurs occasions pour assurer la progression de l'élève dans sa démarche. Dans ce cas, il pourrait être transmissif, vu les connaissances données à ses élèves pour formuler les hypothèses. Ainsi, il pourrait orienter la tâche liée à l'investigation expérimentale. Dans l'extrait de la transcription de l'entretien croisé, Férid exige de réaliser ses interventions afin d'accélérer le déroulement de la séance, vu que les capacités sont insuffisantes de ses élèves.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
25'45	A	Est-ce que vous intervenez pour accélérer le découlement de TP
25'51	F	Ça c'est normal il faut intervenir
25'54	A	Vous voyez qu'il faut intervenir
26'07	F	n'oubliez pas qu' il y a des élèves qui peuvent calculer rapidement /ils peuvent par exemple convertir les unités et utiliser les calibres //et il y a des élèves qui sont plus ou moins incapables/ je n'ai pas de classe homogène //ils des élèves qui sont / il y a des élèves moyens et il y a des élèves qui sont effectivement faibles /j'ai remarqué déjà qu'il y a des élèves qui ne peuvent pas utiliser une appareil des mesures /comment par exemple lorsqu'il s'agit d'une appareil des mesures numériques /ça facile mais s'il s'agit d'une appareil à aiguille/ il y'a des élèves ne savent pas pourquoi nous utilisons la lecture L et appliquer la formule tout simplement

Tableau T13C11 : La capacité des élèves. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

Nous constatons que le manque de connaissances initiales des élèves a un impact négatif sur le déroulement de l'activité de l'enseignant puisqu'il le rendre plus difficile. Alors ses élèves sont devant une situation de blocage à cause des difficultés rencontrées. Dans ses conditions, l'enseignant essaye de réguler à sa manière pour qu'ils puissent dépasser les obstacles. Nous prenons comme exemple celui de Férid. Ce dernier trouve que ses élèves n'ont pas compris la situation problème proposée. Alors ils ont essayé de mobiliser leurs connaissances initiales sur le concept de la diffusion pour qu'il puisse expliquer cette situation. Il est pourtant conscient que ce concept introduit n'est pas prescrit dans le scénario pédagogique.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
6'08	A	Vous avez introduit le phénomène de diffusion pour simplifier et introduire le phénomène de la résonance
6'21	F	C'est à dire pour que les élèves saisissent la situation proposée/comment se fait le phénomène de la diffusion
6'35	A	Il y a des difficultés par rapport à la compréhension du phénomène de la résonance d'intensité dans la situation problème que vous avez proposée// c'est ça //vous voulez que la situation problème est bien difficile pour les élèves /elle a un niveau plus élevé que le niveau de compréhension des élèves pour cela vous avez introduit le phénomène pour simplifier la situation
6'55	F	Oui /oui/ tout simplement
7'02	A	C'est à dire que la partie qu'il a introduite /il croit que la situation problème dépasse leurs connaissances /donc pour rapprocher les connaissances si vous voulez

Tableau T14C11 : Capacité limitée de l'élève. Un extrait de la transcription de l'entretien croisé.

#### 11.1.2.2.2 La motivation de l'élève

La motivation des élèves est fondamentale dans la démarche d'investigation. C'est grâce à cette motivation que l'élève devient un acteur de la construction de son savoir et rend la tâche plus facile et plus rapide. Cependant, le manque de motivation des élèves pourrait entraîner une chronophagie pour le déroulement de la démarche d'investigation. Cette idée a été évoquée par Férid au cours de l'entretien simple. Nous présentons dans le tableau suivant un extrait de la transcription.

Temps	Locuteurs	Productions verbales
13'26	C	C'est normal d'avoir une classe hétérogène /où l'on trouve toutes les catégories d'élèves/ l'enseignant doit interagir avec toutes les catégories pour que les objectifs de la séance soient atteints / que pensez-vous
N 13'39	F	Je sais / je sais/ je dois interagir avec tout le monde / mais soyons clairs / il y a des élèves qui ont un problème de motivation //

Tableau T15C11 : La motivation de l'élève. Cas de Férid

## 11.2 *L'impact de la connaissance mobilisée sur l'aspect chronophage de la DI*

Dans notre travail de recherche, l'analyse de l'activité de l'enseignant s'appuie sur les connaissances mobilisées lors de sa pratique et plus précisément sur leurs topologies (chapitre 7). Pour cette raison, nous faisons appel au concept de PCK : *Pédagogique Content*

*Knowledge*. Comme nous l'avons indiqué dans le chapitre du cadre théorique, ce concept est défini par Shulman, puis il est étudié et décrit d'une manière plus complète et spécifique par Grossman (1990). Nous citons alors les connaissances pédagogiques générales (PK), les connaissances disciplinaires (SMK), les connaissances pédagogiques liées au contenu disciplinaire (PCK) et les connaissances du contexte (KofC).

Nous avons étudié au début de ce chapitre les origines de l'aspect chronophage de la DI que nous classons suivant deux types différents : un type didactique et un type pédagogique.

Nous pensons que les connaissances mobilisées par l'enseignant peuvent être d'un côté un élément moteur dans l'activité de ce dernier et d'un autre côté un élément chronophage de la DI lors de la régulation. D'ailleurs, ces connaissances peuvent être caractérisées parfois, par le manque de pertinence et de fiabilité. Par conséquent, cela peut empêcher l'enseignant d'atteindre le but de son activité en élargissant davantage les moments de régulation ce qui accentue l'aspect de chronophage de la DI. Et bien évidemment l'écart entre le scénario inscrit et le scénario réalisé comme nous avons montré précédemment au cours des entretiens simple et croisés. Nous prenons à titre d'exemple des connaissances mobilisées celles du concept de diffusion utilisé par Férid lors de l'explication de la situation problème proposée dans le but d'aider ses élèves à la compréhension. Nous rappelons que lors de sa présentation de la situation problème, Férid était conscient d'une part, que ses élèves sont en difficulté puisqu'ils « n'ont pas utilisé la notion de résonance et sa relation avec la situation » et d'autre part, que la résonance est « un phénomène étrange {c'est-à-dire la résonance} pour les élèves ». Il a mobilisé donc la connaissance de la diffusion dans le cadre de la régulation. Nous considérons qu'il s'agit d'une nouvelle connaissance mobilisée par l'enseignant du type de PCK que nous pouvons classer, selon le modèle de Magnusson et al (1999) suivant deux sous-catégories : des connaissances pédagogiques sur les difficultés des élèves et des connaissances pédagogiques sur la stratégie d'enseignement. Néanmoins, le manque de prérequis des élèves sur le concept de diffusion a créé d'autres difficultés chez eux. Férid s'est rendu compte que ses élèves n'ont pas suffisamment des connaissances initiales sur le phénomène de diffusion radio ». Nous pensons que cette nouvelle connaissance mobilisée n'est pas assez pertinente pour dépasser les difficultés de compréhension de la situation problème chez les élèves. Par conséquent, nous pouvons dire que cette nouvelle connaissance mobilisée pourrait être une des origines de la perte du temps.

### 11.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les origines de chronophage de la DI en s'appuyant sur les travaux de Mathé (2010). Nous considérons le chronophage de la DI la perte du temps vécue par l'enseignant lors de la pratique de cette démarche. C'est à dire l'écart horaire entre le prescrit et le réalisé en classe.

En s'appuyant sur les données recueillies, nous avons essayé de se focaliser sur les obstacles qui ont entravé la mise en œuvre de l'investigation au sein de la classe et de les classer selon les deux points de vue suivant :

- ✓ Des origines du point de vue didactique où nous avons identifié des obstacles liés au condition du matériel, aux séances en classe et à la gestion du temps.
- ✓ Des origines du point de vue pédagogique où nous avons identifié des obstacles liés aux particularités de la DI telles que l'autonomie des élèves, la conception, la mise en œuvre de cette démarche et des obstacles liés aux capacités et la motivation des élèves.

Notre étude de l'aspect de chronophage de la DI nous appelle à se focaliser sur les moments où l'enseignant et/ou les élèves sont en difficulté. Cette étude nous a permis de déduire que l'incompréhension de la situation problème est due à sa complexité et au manque d'appropriation de la part des élèves. De plus, nous remarquons que la majorité des propositions d'hypothèses sont juxtaposées et incorrectes. Ainsi dans la plupart du temps, la discussion est orientée, sans argumentation, par l'enseignant vers une comparaison des propositions. De telle manière qu'il fait des signes pour montrer aux élèves les formes qu'ils doivent reconnaître (Sensevy, 2011). Par conséquent, cela provoque un allongement du temps de l'enseignement lequel accentue l'aspect de chronophage de la DI. Par ailleurs, le choix de la situation problème (Jameau, 2012a) a un impact sur le déroulement de la démarche d'investigation (Saddouki, 2015).

L'analyse de la partie des hypothèses nous a permis d'identifier des difficultés., qui sont liées à l'incompréhension de la situation proposée par l'enseignant. Cela nous a permis de signaler la présence des moments de rupture dans la mise en œuvre de la DI.

Dans la partie d'investigation expérimentale, nous remarquons la persistance des difficultés liées au schéma du circuit proposé, à la disponibilité du matériel en bon état et à la logistique du temps (Adams & Krockover, 1997 ; Loughran, 1994 ; Trautmann et *al.*, 2004). Pour surmonter ces difficultés et assurer la continuité de l'exécution des parties de la

démarche suivie, l'enseignant intervient à chaque occasion par son activité de régulation. En effet, la mise en œuvre de la DI s'est confrontée à un certain nombre de contraintes, en particulier les connaissances des enseignants (Brickhouse, 1990 ; Roehrig & Luft, 2004). Nous observons que l'enseignant mobilise des connaissances professionnelles pour atteindre le but de son activité. Nous déduisons que les connaissances mobilisées par l'enseignant 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. Notre étude nous a permis d'identifier une connaissance nouvelle, non pertinente mobilisée par l'enseignant pour dépasser les difficultés de compréhension de la situation problème chez les élèves. Par conséquent, nous pouvons dire cette nouvelle connaissance mobilisée pourrait être à l'origine de la perte du temps.

Au terme de ce chapitre, nous pensons que l'enseignant doit être très vigilant sur la pertinence de la situation problème, la nature des activités proposées et la pertinence des connaissances mobilisées pour que ses élèves puissent construire leurs savoirs. Par conséquent, il s'agit de favoriser l'implication de ses élèves dans leurs apprentissages en leur donnant la possibilité de mettre en œuvre des moments de démarche d'investigation relevant d'une certaine authenticité (Cariou, 2010). En revanche cela nécessite un temps plus long pour prendre en compte les initiatives des élèves (Holbrook & Kolodner, 2000) et leur propre cheminement, impliquant tâtonnement et erreur.

# **Chapitre 12**

## **Conclusion et perspectives**

### 12.1 *Introduction*

Dans ce chapitre conclusif de la thèse, nous mettons en relief les apports principaux, nous les discutons par rapport aux travaux antérieurs et nous indiquons également des perspectives pour la mise en œuvre de la DI en classe.

Dans notre travail de recherche, nous étudions les connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants dans leur enseignement des sciences expérimentales. En effet, nous analysons les pratiques des enseignants lors de leur organisation de l'activité de la situation problème, de l'activité des hypothèses et de celle de l'investigation expérimentale afin d'identifier les connaissances professionnelles mises en jeu. Nous réalisons ainsi un bilan de notre étude concernant les connaissances professionnelles dans les schèmes convoqués par les enseignants. Ce bilan nous permet de mettre en évidence les points d'intersections et de distinctions entre l'activité du professeur et les connaissances mobilisées. Nous faisons une typologie des invariants opératoires et des inférences dans le but d'analyser la relation entre ces deux éléments du schème et d'étudier leurs effets sur la réalisation du but envisagé. Nous discutons aussi de la corrélation existante entre la catégorie de l'événement remarquable et les connaissances mobilisées et de l'impact de ces dernières sur l'activité de la régulation de l'enseignant.

Nous rappelons dans ce qui suit les trois questions principales et les hypothèses de recherche présentées au terme de notre problématique (p110). :

- Q1 : Comment l'enseignant procède-t-il pour mettre en œuvre les trois parties d'une « DI » dans le cadre de la résonance de l'intensité électrique : situation-problème, formulation d'hypothèses, expérimentation ?
- Q2 : Quels types de régulations les enseignants réalisent-ils pour ces trois parties afin d'assurer la continuité de l'activité ?
- Q3 : Quelles sont les origines de la chronophage de la « DI » ?

Nous répondons à chacune des questions tout en détaillant nos résultats obtenus (partie 4) dans les paragraphes suivants.

12.2 *Les connaissances professionnelles mises en jeu dans l'activité de l'enseignant*

Nous rappelons que nous avons analysé l'organisation de l'activité de deux enseignants Férid et Ahmed lors de la mise en œuvre des trois étapes de la DI : situation problème, les hypothèses et l'investigation expérimentale (chapitre 6, 7 et 8). Cette étude nous a amené à identifier les schèmes modélisant leurs activités et ses éléments constitutifs. Nous notons que lors de leurs pratiques, les deux enseignants ont mobilisé des connaissances professionnelles que nous avons étudiées dans le chapitre 9 (typologie des invariants opératoires et des inférences).

En effet, notre étude des connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants dans les invariants opératoires des schèmes mobilisés nous a permis d'identifier les quatre types de connaissances de notre cadre d'analyse. Nous observons clairement les connaissances disciplinaires (SMK) et les connaissances pédagogiques du contenu (PCK) dans l'activité des enseignants dans la mise en œuvre des trois étapes de la DI. Nous pensons que les connaissances pédagogiques (PK) et les connaissances sur le contexte (KofC) se trouvent mêlées aux connaissances pédagogiques du contenu (PCK). Cependant la mobilisation des connaissances disciplinaires permet aux enseignants de créer une amélioration de l'enseignement ou de réaliser des choix de concepts à utiliser lors de leur pratique. Par exemple, nous illustrons l'utilisation du concept du phénomène de la diffusion par Férid ou du concept des émissions d'ondes radio par Ahmed dans leur organisation de l'activité de la situation problème. Nos résultats nous montrent que le fait de mobiliser uniquement les SMK ne permet pas à l'enseignant d'atteindre son but visé. Pour cette raison, ces SMK sont fréquemment accompagnés par d'autres types de connaissances telles que les PCK. Nous signalons que ces dernières permettent au professeur de s'assurer que telle activité est adaptée à la classe. Alors que les KofC mobilisées par l'enseignant lui permettent d'adapter l'enseignement aux spécifiques (hétérogénéité du groupe, contexte socio-culturel, etc.).

Notre étude de la mise en œuvre des trois étapes de la DI : situation problème, hypothèses et investigation expérimentale, nous prouve que les enseignants mobilisent pratiquement les mêmes types de connaissances : SMK, PCK/élève, PCK/programme et PCK/stratégie. Nous pensons que ces types de connaissances permettent de s'assurer de la pertinence scientifique de la situation problème proposée et de son adaptation en classe. De même, ils favorisent aux élèves de formulation des hypothèses productives et validables expérimentalement. De plus, ces types pouvaient garantir à l'enseignant d'exécution du reste des étapes de la DI.

### 12.3 *L'activité de l'enseignant et ses connaissances professionnelles mobilisées : points d'intersections et de distinctions*

Dans le chapitre 9, nous avons fait la typologie des connaissances professionnelles mobilisées dans les invariants opératoires et les inférences constituant chaque schème identifié dans les chapitres 6,7 et 8. Cette typologie nous amené à mettre en évidence les connaissances communes, c'est-à-dire les connaissances du même type qui ont coexisté dans les deux éléments. Nous pensons que l'identification des connaissances communes nous permet d'avoir une certaine réflexion sur les points d'intersections et de distinctions entre l'activité de l'enseignant et ses connaissances professionnelles mobilisées. Nous pensons également que tant que le nombre de ces connaissances communes important, tant que la pratique de l'organisation prévue en lien avec le but est favorisée. Notre étude nous amène à déduire les conclusions suivantes :

Dans la partie de la situation problème, nous remarquons que les connaissances mobilisées dans les invariants opératoires et les inférences sont mises en jeu autour des connaissances de type disciplinaire SMK. De plus, nous identifions une connaissance commune de type de PCK/stratégies qui prédomine dans la pratique de Férid et Ahmed. Ce type de connaissance nous montre que l'organisation de l'activité de l'enseignant est centrée sur l'exécution de la partie de la situation problème suivi par un guidage. Nous pensons que cette connaissance commune présente un point d'intersection entre l'activité de l'enseignant et ces connaissances professionnelles mobilisées dans la mise en œuvre de la DI. En contrepartie nous identifions un point de distinction présenté dans la différence entre la typologie des invariants opératoires et celle des inférences telles que par exemple pour le schème S42F. Cela pourrait influencer la pratique de l'enseignant et le déroulement de la démarche d'investigation.

Dans la partie des hypothèses, nous identifions des connaissances communes tel que dans le cas du schème S62A, ces connaissances sont de types des SMK, des PCK/stratégies et des PCK/programme.

Dans la partie de l'investigation expérimentale, nous observons des connaissances communes entre les invariants opératoires et les interférences de types des PCK/stratégie et des PCK/programme. Cela nous permet de déduire l'existence d'une relation qui nous apparait nette entre eux et qui pourrait favoriser l'application de l'organisation prévue en lien avec le but. De plus, nous signalons la prédominance des connaissances communes de type

des PCK / stratégie et l'absence remarquable des connaissances de type des PCK sur les difficultés des élèves.

#### 12.4 *Les régulations du professeur et les connaissances mobilisées*

Nous rappelons que dans le chapitre 10, nous avons étudié les régulations réalisées par les deux enseignants sur la même activité « présentation de la situation problème. Ce choix a pour but de comparer les types de régulation réalisées par les deux enseignants et les nouvelles connaissances mobilisées.

Nous avons décrit, dans le chapitre 10, une organisation de l'activité des enseignants dans laquelle étaient identifiés des incidents critiques. Ainsi nous avons identifié les nouvelles connaissances mobilisées par les enseignants et qui entraînent un changement de but et un changement de schème.

Dans les classes de Férid et de Ahmed, les élèves ont éprouvé des difficultés de compréhension de la situation problème proposée. Ces difficultés ont créé pour chaque enseignant un incident critique exprimé généralement par le silence absolu des élèves. Nous parlons alors d'une situation de blocage observable en classe, d'où un changement dans l'organisation de l'activité de deux enseignants. Les deux enseignants ont adapté leur préparation, ce que nous appelons "le prévu" au vécu en classe, autrement dit "le réalisé". Selon Jameau (2012b), les régulations apportées par les enseignants sont dues à cet écart entre « le prévu » et « le réalisé ». Coulet (2010) met l'accent sur la nécessité de l'étude de la régulation vu qu'« il est difficile de rendre compte de l'activité sans insister sur les mécanismes de régulation qui l'accompagnent » (Coulet, 2010, p. 15).

En fait, Ahmed et Férid ont opéré chacun une boucle courte de régulation pour débloquer la classe. Les deux enseignants s'attendaient à ce que les élèves comprennent la situation problème proposée. C'est pour quoi ils ont essayé de s'adapter à la situation en réalisant une régulation rétroactive « locale ». Ce type de régulation est construit par les enseignants, à la suite d'un incident prévu. Nous les avons observés opérer une boucle courte de régulation à la suite de l'incident. Pour (Piaget, 1974), cette boucle, qui n'apporte pas de réponse définitive est axée sur la réussite. De plus, nous signalons que le contenu des inférences nous renseigne sur les régulations prévues par les deux enseignants pour aider les élèves à comprendre le contenu de la situation problème. Nous rappelons comme exemple le cas de Férid qui convoque le schème S11F « Proposition

de la situation problème » dont la règle d'action « Demander aux élèves de lire attentivement et en silence le texte. », la réponse attendue est « Si je lis le texte alors je peux comprendre le contenu de la situation problème proposée ». la lecture silencieuse du texte de la situation problème est une régulation rétroactive en boucle courte et en plus locale. Mais elle ne provoque aucune réaction dans la classe et les élève sont encore en difficulté, Cela nous permet d'identifier un incident critique. En effet, cet incident critique est à l'origine de la construction d'une nouvelle connaissance « *les élèves n'ont pas utilisé la notion de la résonance et sa relation avec la situation problème* » de types de SMK et de PCK/é qui participe à l'adaptation de l'enseignement du professeur en classe.

Dans les deux cas, nous pensons que les nouvelles connaissances identifiées sont pratiquement de même typologie alors que le mode de régulation diffère d'un enseignant à un autre.

Les travaux de Jameau (2012b) ont montré que les incidents critiques sont à l'origine des nouvelles connaissances de type des PCK sur les élèves, alors que notre étude nous a permis d'identifier un autre type de connaissances disciplinaires SMK.

### 12.5 *Les origines de la chronophagie de la DI*

Nous avons étudié dans le chapitre 11 les origines de la chronophagie de la DI en s'appuyant sur les travaux de Mathé (2010). Notre étude nous a permis d'identifier les obstacles qui ont entravé la mise en œuvre de la d'investigation au sein de la classe et de les classer du point de vue didactique et du point de vue pédagogique. En effet, l'analyse de l'aspect de chronophage de la DI nous pousse à se focaliser sur les moments où l'enseignant et/ou les élèves sont en difficultés. Cette étude nous a amené à déduire que l'incompréhension de la situation problème est due à sa complexité et aux manques d'appropriation de la part des élèves. De plus nous remarquons que la majorité des propositions d'hypothèses sont juxtaposées et indébattues. Ainsi dans la plupart du temps, la discussion s'en tiendra à une comparaison des propositions. En fait, cette discussion est menée par l'enseignant sans argumentation. Celui-ci fait des signes pour montrer aux élèves les formes qu'ils doivent reconnaître (Sensevy, 2011). Par conséquent, cela provoque un allongement du temps de l'enseignement qui accentue l'aspect de chronophage de la DI. En effet, le choix de la situation problème (Jameau, 2012a) a un impact sur le déroulement de la démarche d'investigation (Saddouki, 2015). En accord à cette idée, l'analyse de la partie des hypothèses nous a permis d'identifier des difficultés qui sont liées à l'incompréhension de la situation

proposée par l'enseignant. Cela nous a permis de signaler la présence des moments de rupture dans la mise en œuvre de la DI.

Dans la partie d'investigation expérimentale, nous remarquons la persistance des difficultés liées au schéma du circuit proposé, à la disponibilité de matériel en bon état et à la logistique du temps (Adams & Krockover, 1997 ; Loughran, 1994 ; Trautmann et *al.*, 2004). Pour surmonter ces difficultés et assurer la continuité de l'exécution des parties de la démarche suivie, l'enseignant intervient à chaque occasion par son activité de régulation. En effet la mise en œuvre de la DI est heurtée par un certain nombre de contraintes, en particulier celles des connaissances des enseignants (Brickhouse, 1990 ; Roehrig & Luft, 2004). Nous traitons dans le paragraphe suivant l'impact de la connaissance mobilisée par les enseignants sur l'aspect chronophage de la DI.

### 12.6 *L'impact de la connaissance mobilisée sur l'aspect chronophage de la DI*

Dans notre travail de recherche, l'analyse de l'activité de l'enseignant s'appuie sur les connaissances mobilisées lors de sa pratique et plus précisément sur leurs topologies (chapitre 7).

Nous pensons que les connaissances mobilisées par l'enseignant peuvent être d'un côté un élément moteur dans l'activité de ce dernier et d'un autre côté un élément chronophage de la DI lors de la régulation. D'ailleurs, ces connaissances peuvent être caractérisés parfois, par le manque de pertinence et de fiabilité. Par conséquent, cela peut empêcher l'enseignant d'atteindre le but de son activité en élargissant davantage les moments de régulation ce qui accentue l'aspect de chronophage de la DI. Et bien évidemment, l'écart entre le scénario inscrit et le scénario réalisé comme nous l'avons montré précédemment au cours des entretiens simples et croisés. Nous prenons à titre d'exemple des connaissances mobilisées celles du concept de diffusion utilisé par Férid lors de l'explication de la situation problème proposée dans le but d'aider ses élèves à la compréhension. Nous rappelons que Férid, lors de sa présentation de la situation problème, était conscient d'une part, que ses élèves sont en difficulté puisqu'ils « n'ont pas utilisé la notion de résonance et sa relation avec la situation » et d'autre part, que la résonance est « un phénomène étrange {c'est-à-dire la résonance} pour les élèves ». Il a mobilisé donc la connaissance de la diffusion dans le cadre de la régulation. Nous considérons qu'il s'agit d'une nouvelle connaissance mobilisée par l'enseignant du type de PCK que nous pouvons classer, selon le modèle de Magnusson et al

(1999) suivant deux sous-catégories : des connaissances pédagogiques sur les difficultés des élèves PCK/élève et des connaissances pédagogiques sur la stratégie d'enseignement PCK/stratégie. Néanmoins, le manque de prérequis des élèves sur le concept de diffusion a créé d'autres difficultés chez eux. Férid s'est rendu compte que ses élèves n'ont pas suffisamment de connaissances initiales sur le phénomène de diffusion radio ». Nous pensons que cette nouvelle connaissance mobilisée n'est pas pertinente pour dépasser les difficultés de compréhension de la situation problème chez les élèves. Par conséquent, nous pouvons dire que cette nouvelle connaissance mobilisée pourrait être une origine de la perte du temps.

Alors, nous déduisons que les connaissances mobilisées par l'enseignant peuvent être d'un côté un élément moteur dans l'activité de ce dernier et d'un autre côté un élément chronophage de la DI lors de la régulation. Notre étude nous a permis d'identifier une connaissance nouvelle, non pertinente mobilisée par l'enseignant pour dépasser les difficultés de compréhension de la situation problème chez les élèves. Par conséquent nous pouvons dire que cette nouvelle connaissance mobilisée pourrait être une origine parmi d'autres de la perte du temps.

### *12.7 Conséquences de la chronophagie de la DI sur le déroulement de cette démarche en classe*

Dans les chapitres 6, 7 et 8, nous avons analysé trois types d'événements remarquables : didactique, pédagogique et chronophage, afin d'étudier l'organisation de l'activité de l'enseignant et identifier les connaissances mobilisées. Aussi nous avons établi une relation (bien sûr si elle existe) entre ces connaissances et la typologie de l'événement remarquable. Nos résultats sont regroupés dans des tableaux récupératifs dans ces chapitres.

Pour les événements remarquables de type chronophage, nous estimons que l'activité de l'enseignant est centrée principalement sur des connaissances de type des PCK/ stratégie en présence très limitée des connaissances de type des PCK /élève (Hypothèses). Nous envisageons que la prédominance de ce type de connaissance nous montre que l'organisation de l'activité de l'enseignant est centrée sur l'exécution de la DI avec un guidage fort.

### 12.8 *Perspective de la recherche*

Notre recherche menée durant cinq années s'est inscrite dans mon parcours d'enseignante. Elle a été difficile du point de vue d'auto-distanciation car il s'agit d'une recherche impliquée où le chercheur-enseignant doit toujours se mettre à distance. Je pense qu'il n'est pas évident d'être toujours arrivé de toute manière, que cet axe de recherche sur la démarche d'investigation servira à la fois à la communauté des didacticiens des sciences mais surtout aux collègues enseignants et aux formateurs. Cette démarche m'a intéressé car elle peut fournir à l'enseignant l'opportunité d'améliorer sa pratique de la classe et d'exercer sa capacité de réflexion en mobilisant ses connaissances professionnelles.

En perspective, nous pensons que l'enseignant doit être très vigilant par rapport à la pertinence de la situation problème, la nature des activités proposées et la fiabilité des connaissances mobilisées pour que ses élèves puissent construire leurs savoirs. Par conséquent, il serait extrêmement intéressant de réaliser des études portant sur la nature des activités proposées aux élèves au cours de la DI et leurs liens avec les connaissances mobilisées. Ces études ont pour objectif de favoriser l'implication de ses élèves dans leurs apprentissages en leur donnant la possibilité de mettre en œuvre des moments de démarche d'investigation relevant d'une certaine authenticité (Cariou, 2010). Cela nous encourage à étudier le temps alloué pour prendre en compte les initiatives des élèves (Holbrook & Kolodner, 2000) et leur propre cheminement, impliquant tâtonnement et erreur.

Nous remarquons que l'appropriation de la DI par les deux enseignants novices dans la pratique de cette démarche est pratiquement très limitée, malgré leur grande expérience dans l'enseignement ordinaire. Nous pensons que ces enseignants cherchent à exécuter les étapes de la DI d'une manière linéaire. Nous observons des moments de ruptures de déroulement de cette démarche suivi parfois par d'un retour incontrôlable à leur méthode d'enseignement ordinaire. Pour assurer l'amélioration de l'appropriation de la DI, nous avons dû multiplier les séances de formation des enseignants, nous pensons aussi qu'il est nécessaire d'appeler les enseignants à pratiquer cette démarche dans d'autres séances avant de passer à notre expérimentation.

## Bibliographie

- Adams, P. E., & Krockover, G. H. (1997). Beginning Science Teacher Cognition and Its Origins in the Pre-Service Secondary Science Teacher Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 633-653.
- American Association for the advancement of science (AAAS). (1989). *Science for all Americans*, New York Project 2061, Oxford University Press.
- Astolfi, J. -P., & Develay, M. (2002). *Didactique des sciences*. Paris: Presses universitaires de France.
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences base sur l'investigation. *Tréma* 38, 6-39.
- Barrow, I. H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards . *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., & Granger, E. M. (2009). No silver bullet for inquiry : Making senses of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. *Science Education*, 93(2), 322-360.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., & Granger, E. M. (2009). No silver bullet for inquiry : Making senses of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. .*Science Education*, 93(2), 322-360.
- Blanchard, M., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability ? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instructio. *Science Education* 94(4), 577-616.
- Boilevin, J. M. (2010). Contribution à la réflexion sur la rénovation de l'enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire. Quelques apports de la didactique des sciences. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Université de Provence, IUFM de l'Académie d'Aix Marseille.
- Boilevin, J.-M. (2013a). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles: De Boeck.
- Boilevin, J. -M. (2013b). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. Dans M. Grangeat, *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (pp. 23-44). Grenoble: Presse universitaire de Grenoble.
- Boilevin, J.-M. (2013c). *Analyser les interactions didactiques en classe de physique : Quels cadres théoriques ?* Dans Actes du Congrès d'Actualité de la Recherche en Éducation et en Formation, Université de Montpellier 2, France.
- Boilevin, J.-M., & Brandt-Pomares, P. (2009). Démarche d'investigation en sciences et en technologie au collège : Les conditions d'évolution des pratiques. *Journées d'étude S-TEAM*.
- Boilevin, J. -M., & Brandt-Pomares, P. (2011). *Démarches d'investigation en sciences et en technologie au collège : les conditions d'évolution des*

- pratiques* In M. Grangeat (Ed.), Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves (pp. 51-62.). Lyon : ENS de Lyon.
- Boilevin, J. -M., Brandt-Pomares, P., Givry, D., & Delserieys, 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, *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation* (pp. 214-234). Paris: L'Harmattan.
- Bransford, J. D., & Donovan, M. S. (2005). *Science inquiry and how people learn. In National Research Council, How students learn: History, Mathematics and Science in the classroom* (p. 397-419). Division of Behavioral and Social sciences and Education. Washington D.C.: The National Academies Press.
- Bresseaux. (2013). *Bressoux, P. (2013). Les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences : mise au point démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (p. 237-243). . Grenoble, France : 237-243 Presses Universitaires de Grenoble. et mises en garde.
- Calmettes, B. (2008). Des références pour la démarche d'investigation Analyse de cas de séances de classe avec des professeurs stagiaires. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 20, 12-28.
- Calmettes, B. (2012). *Démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*. Paris: L'Harmattan.
- Calmettes, B. (2012a). Les démarches d'investigation : la référence et le possible, le mirage et la nécessité. In Calmettes (dir.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation* (p.15-23 ). Paris, France : L'harmattan.
- Calmettes, B. (2012b). HDR. Modélisation pragmatiste de l'action didactique de l'enseignant. Le cas des démarches d'investigation en physique en collège. Toulouse, France : Université Toulouse Le Mirail.
- Calmettes, B. (2012c). Démarche d'investigation: analyses de pratiques ordinaires en classe et en formation, perspectives curriculaires. In B. Calmettes (dir.). *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation* (p. 153-180) Paris, France : L'harmattan.
- Calmettes, B., & Matheron, Y. (2015). Les démarches d'investigation et leurs déclinaisons en mathématiques, physique, sciences de la vie et de la Terre. *Recherches en éducation*, 21.
- Cariou, J.-Y. (2013). Démarches d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *Recherche en didactique des sciences et des technologies* 7 , 137-166.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherche en éducation*, 21, 2-33.

- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation: fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 79, 49-76.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642.
- Crawford, J. (2000). *At War with Diversity: US Language Policy in an Age of Anxiety*, Clevedon: Multilingual Matters.
- De Hosson, C., Mathé, S., & Méheut, M. (2010). La « démarche d'investigation » dans les collèges français. Actes des journées scientifiques DIES, Lyon, France.
- Dell'Angelo, M., Coquidé, M., & Magneron, N. (2012). *Statut de l'investigation dans les standards de l'enseignement scientifique. Cas des USA, de la Suisse et de la France*. In B. Calmettes (dir.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation. Références, représentations, pratiques et formation* (p. 27-57). Paris : L'Harmattan.
- Delserieys-Pedregosa, A., Gleize-Sarret, L., & Salviat, B. (2011). *Dans le sillage de La Main à la pâte au collège, expérimenter un enseignement intégré de science et technologie en classes de 6ème et 5ème*. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (p. 137-150). Lyon, France : Ecole Normale Supérieure.
- Eurydice. (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. États des lieux des politiques et de la recherche*. Bruxelles, Belgique: Commission Européenne.
- Eurydice. (2011). *L'enseignement des sciences en Europe : politiques nationales, pratiques et recherche*. Bruxelles : Commission européenne. Direction générale de l'Éducation et de la Culture.
- Flammang, C., & Forget, A. (2002). Amélioration de l'enseignement des sciences au premier degré de l'enseignement secondaire. Analyse des effets à cours et à moyen terme de l'introduction d'énigmes scientifiques dans les classes. *Cahier du service de Pédagogie Expérimental*, N°9-10, 131-167.
- Gandit, M., Triquet, E., & Guillaud, J. C. (2013). Démarches d'investigation : des représentations d'enseignants débutants aux pratiques. In M. Grangeat (dir.), *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe* (p.197-210). Grenoble, France : Presses universités de Grenoble.
- Gengarelly, L. M., & Abramas, E. D. (2009). Closing the gap: inquiry in research and in the secondary science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 74-84.
- Grangeat, M. (2011). Le travail collectif enseignant : éléments de modélisation du développement professionnel. Dans t. c. *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe*, Grangeat, M (pp. 79-106). Lyon, France : Ecole Normale Supérieure .

- Grangeat, M. (2013). *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation*. Grenoble : Presse universitaire de Grenoble.
- 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), 1151-1172.
- Harlen, W. (2004). *Enseigner les sciences: comment faire ?*, Le Pommier, 2004.
- Hasni, A. B. (2016). Les démarches d'investigation scientifique dans les pratiques d'enseignements du secondaire au Québec: défis théoriques et pratiques. *Présenté dans le 84e congrès de l'ACFAS*, Montréal, Canada.
- Hasni, A., & Samson, G. (2008). Développer les compétences en gardant le cap sur les savoirs. Deuxième partie : la diversité des démarches à caractère scientifique et leurs liens avec les savoirs disciplinaires. *Spectre*, 37(3), 22-25.
- Hasni, A., Belletête, V., & Potvin, P. (2018). *Les démarches d'investigation scientifique. Un outil de réflexion sur les pratiques de classe*, Université de Sherbrooke, CRIJEST-CREAS.
- High Level Group, (2004). Increasing human resources for science and technology in Europe. EC conference Europe needs more scientists. (s.d.). *Commission Européenne*, Direction de la Recherche.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7) , 791-806.
- Holbrook, J., & Kolodner, J. L. (2000). Scaffolding the development of an inquiry-based (science) classroom. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.). *Proceedings of the Fourth International Conference of the Learning Sciences*, 221-227 Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Jameau, A. (2012a). Les connaissances des enseignants dans l'enseignement de la physique-chimie: une étude de cas en mécanique au collège. *Actes des septièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST, 14-16 mars 2012*, Bordeaux.
- Jameau, A. (2012b). *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, France.
- 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. *Éducation et Didactique*, 9(1), 9-31.
- Jameau, A., & Boilevin, J. -M. (2015). Les déterminants de la construction et de la mise en œuvre de démarches d'investigation chez deux enseignants de physique-chimie au collège. *Recherches en Éducation*, 109-122.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: Presses Universités de France.

- Kallaba, L. (2015). *L'influence de la démarche d'investigation en sciences sur la motivation des élèves*. Grenoble: (Memoire de master) Université de Fourier, Grenoble.
- Keys, C. W., & Kennedy, V. (1999). « Understanding inquiry science teaching in context: a case study of an elementary teacher ». *Journal of Science Teacher Education*, N° 10, 315-333.
- Larcher, C., & Peterfalvi, B. (2006). Diversification des démarches pédagogiques en classe de sciences. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 886, 825-834.
- Leach, J., & Paulsen, A. (1999). *Introduction*. In J Leach ; A Paulsen (dir.) , *Practical Workin Science Education - Recent Research Studies* (p. 17-18). Dordrecht, Pays-Bas : Kluwer.
- Lebaud, M.-P., & Gueudet, G. (2012 février). Démarches d'investigation et collectifs en formation des enseignants. Conférence EMF 2012, Genève, Suisse.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail. Contribution à la psychologie ergonomique*. Paris: PUF.
- Lin, H. S., Hong, Z. R., & Cheng, Y. Y. (2008). The interplay of the class-room learning environment and inquiry-based activities. *International Journal of Science Education*, 31(8), 1013-1024.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science education*, Etats-Unis : Erlbaum.
- Loisy, C., Trgalova, J., & Monod-Ansaldi, R. (2010). Ressources et travail collectif dans la mise en place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. *Actes des journées scientifiques DIES 2010*. Lyon : INRP ISBN 978-2-7342-1201-0 • Réf. : BR067.
- Marlot, C. (2009). Glissement de jeu d'apprentissage scientifiques et épistémologie pratique de professeurs au CP. *ASTER*, 49, 109-136 .
- Marlot, C., & Morge, L. (2016). *L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire* . Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Martinet, E., & Gandit, M. (2011). Donner du sens à l'apprentissage des sciences et aux choix d'orientation. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (p. 123-136). Lyon, France : Ecole Normale Supérieure. .
- Mathé, S. (2010). *La « démarche d'investigation » dans les collèges français. Elaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants*. Thèse, Université Paris Diderot, France.
- Mathé, S., Méheut, M., & De Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels en jeux? *Didaskalia*, 32, 41-76.
- Matheron, Y. (2010). « Démarches d'investigation » et Parcours d'Étude et de Recherche en mathématiques : entre injonctions institutionnelles et étude

- raisonnée des conditions et contraintes de viabilité au sein du système. *Conférence invitée au colloque de la CORFEM*, Juin 2010, Caen.
- Millar, R. (1996). Investigations des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*, 9, 9-30.
- Ministère de l'Education Nationale du 14 février 2002 . (s.d.). *Bulletin officiel hors serie n° 1*.
- Ministère de l'Education Nationale du 26 novembre 2015b. (s.d.). *Bulletin officiel n° 11*.
- Ministère de l'Education Nationale, Socle commun de connaissances, de compétences et de culture Decret n° 2015-372 du 31 mars 2015.
- Minner, D. 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), 474-496.
- Minstrell, J., & Kraus, P. (2005). Guided inquiry in the science classroom,. Dans National Research Council , *How students learn: History, mathematics, and science in the classroom* (pp. 475-514). Washington: National Academies Press.
- Monod-Ansaldi, R., & Prieur, M. (2011). *Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie* . Lyon: Rapport d'enquête IFÉ – ENS, Décembre 2011 .
- 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.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and national science education standards*, Washington, The National Academic Press.
- 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), 303-327.
- Park Rogers, A. M., & Abell, S. K. (2008). The design, enactment, and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education : a case study. *Science Education*, 92(4), 591-607.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning : Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Pelissier, L., & Venturini, P. (2012). Qu'attendre de la démarche d'investigation en matière de transmission de savoirs épistémologiques ? In B. Calmettes (dir.). *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratique et formation*, (pp. 151-182). Paris : L'Harmattan.
- Perron, S. (2018). *Étude de l'articulation des démarches d'investigation scientifique avec les autres savoirs composant la structure disciplinaire. Cas*

- d'enseignants de sciences de la vie et de la Terre exerçant en collège français*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France.
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R., & Fontanieu, V. (2013). Réception des démarches d'investigation prescrites par les enseignants de sciences et de technologie. *Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies*, 7,, 53-76.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*. 2(4), 505-528.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Bruxelles: Commission Européenne, direction de la recherche.
- Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: a framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education*, 92(3), 499-524.
- Saddouki, S. (2011). *Contribution à l'étude du concept Condensateur : Cas des élèves de quatrième année secondaire*. (Mémoire de maîtrise). ISEFC Tunis.
- Schwab, J. (1962). The teaching of science as enquiry. Dans j. j. Schwab, & P. F. Brandwein, *The teaching of science* (pp. 1-103). New York: Simon and Schuster.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique, in Sensevy G. et Mercier A. (dir.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J. F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several european countries. *Science Education*, 85, 483-508.
- Toplis, R. (2007). TOPLIS R Evaluating science investigations at Ages 14-16: dealing with anomalous results. *International Journal of Science Education*, 29(2), 127-150.
- Trautmann, N., MaKinster, J., & Avery, L. ( 2004). *What makes inquiry so hard? (And why is it worth it?)*, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, BC, April 1-3, 2004.
- Triquet, E., & Guillaud, J. C. (2011). Démarches scientifiques et démarches d'investigation : point de vue d'enseignants stagiaires de l'IUFM. In M. Grangeat (dir.). *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisition des élèves* (p. 63-76). Lyon, France : Ecole Normale Supérieure.

- Venturini, P. (2016). Préface. Dans C. Marlot, & L. Morge, *l'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour les réduire* (pp. 13-16). Rennes : PUR.
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). 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, 95-120.
- Villeret, O. (2018). *Les obstacles à la mise en place d'une démarche d'investigation problématisante par des enseignants débutants de sciences physiques*. Thèse de doctorat, Université de Nantes, France.
- Weil-Barais, A., & Dumas Carré, A. (1998). Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation? Dans A. Weil-Barais, & A. Dumas Carré, *Tutelle et médiation dans l'enseignement* (pp. 1-18). Bern: Peter Lang.
- 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), 112-143.
- 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), 112-143.

# Annexes

## **Annexe 1 : Fiche élève**

Démarche d'investigation en classe de 4ème
Oscillations électriques forcées en régime sinusoïdal :
Résonance d'intensité

I- Situation problème :

Un poste radio ordinaire est formé par un circuit RLC série d'inductance L et de condensateur C variable. L'onde radio reçue par l'antenne de poste radio et émis par la station choisie, crée aux bornes du dipôle RLC une tension excitatrice : u(t)=Um sin (2πN t) avec N la fréquence de l'onde. Le poste radio joue le rôle un récepteur de fréquence propre No= 1/(2π√LC) et la station joue le rôle d'excitateur de fréquence N.

Que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ?

II- Etude de la variation de l'intensité du courant I en fonction de la fréquence N de générateur

1- Etude expérimentale

a- Matériel proposé : .....

.....

b- Hypothèse(s)

Proposé par le groupe

hypothèse choisie

Box for proposed hypothesis

Box for chosen hypothesis

c-schéma de circuit proposé :

Proposition du groupe

proposition choisie

Box for proposed circuit diagram

Box for chosen circuit diagram

2- Mode opératoire

a-Réalisation de montage

b-Mesure

Table with 8 columns and 2 rows for measurement data

c- Traçage de la courbe

d- Conclusion

.....

III-Réponse à la situation problème

.....

## **Annexe 2 : Scénario pédagogique**

**Démarche d'investigation en classe de 4ème**  
**Oscillations électriques forcées en régime sinusoïdal :**  
**Résonance d'intensité**

**Situation problème :**

Un poste radio ordinaire est formé par un circuit RLC série d'inductance L et de condensateur C variable. L'onde radio reçue par l'antenne de poste radio et émise par la station choisie, crée aux bornes du dipôle **RLC** une tension excitatrice :  $u(t) = U_m \sin(2\pi N t)$  avec N la fréquence de l'onde.

Le poste radio joue le rôle un récepteur de fréquence propre  $N_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$  et la station joue le rôle d'excitateur de fréquence N. **Que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ses émissions ?**

**Pré requis :**

- \*Définir un oscillateur
  - \*Caractériser une grandeur oscillante sinusoïdale par sa période, son amplitude et sa phase initiale.
  - \*Écrire les relations :  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  et  $N = \frac{1}{T}$  .
  - \*Définir les valeurs maximales  $I_m$  et efficace I de l'intensité du courant alternatif.
  - \*Définir les valeurs maximales  $U_m$  et efficace U d'une tension alternative.
  - \* Écrire les relations :  $I_m = I\sqrt{2}$  et  $U_m = U\sqrt{2}$  .
  - \* Connaître la fréquence propre  $N_0$  d'un circuit RLC série en régime sinusoïdale
  - \*Distinguer, en régime forcé, le résonateur de l'excitateur.
  - \*Mesurer l'amplitude et la fréquence d'une grandeur oscillante sinusoïdale.
- Objectifs :**
- \*Visualiser simultanément à l'aide d'un oscillateur la tension excitatrice u(t) et de l'intensité i(t).
  - \*Déterminer le déphasage entre la tension excitatrice u(t) et de l'intensité du courant i(t).
  - \*Mettre en évidence expérimentalement le phénomène de la résonance d'intensité.

Partie de la démarche	Séance Modalités (Formes et durées prévues)	Scénario pédagogique Activités des élèves et rôle du professeur
1-Rappel du cours précédent	Classe entière (5min)	Le professeur pose quelques questions à la classe afin de faire quelques rappels sur les pré requis nécessaires dans la séance.
2-Présentation du problème	(5min)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le professeur distribue les fiches du sujet sur laquelle il inscrit la situation problème.</li> <li>• Les élèves lisent la fiche en silence le temps de la distribution</li> </ul> Le professeur lit la fiche à haute voix en montrant au bureau un poste radio ordinaire qui fonctionne dans les conditions normales. En plus il place les dipôles électriques suivants : un rhéostat de résistance R, une boîte de condensateur de capacité C, une bobine d'inductance L et de résistance interne r, un générateur de basses fréquences GBF, un oscilloscope bicourbe un ampèremètre et un voltmètre.  Le professeur dit aux élèves que la faite de fonctionner le poste radio revient à fonctionner le circuit RLC qui le contient.
3- Les hypothèses	(5min)	Questionnement : Le professeur indique que par groupes de 3

## SCENARIO PEDAGOGIQUE

		<p>ou 4 élèves, ils devront émettre une (des) hypothèse(s) et de tester ces hypothèses par le branchement d'un circuit RLC série aux bornes du générateur GBF et la visualisation des deux tensions <math>u(t)</math> et <math>u_R(t)</math> aux bornes respectivement de GBF et de rhéostat.</p>
	<p style="text-align: center;">En groupe de 3 ou 4 (10 min)</p>	<p>Les élèves de chaque groupe écrivent les hypothèses sur leurs fiches. A l'aide du cours ou sans, ils essayent de trouver une façon de tester leur hypothèse par une mesure de la tension <math>u_R(t)</math> ou de l'intensité qui traverse le circuit et la visualisation de déphasage entre <math>u(t)</math> et <math>u_R(t)</math></p> <p>Les 4 hypothèses les plus probablement attendues par l'enseignant sont : pour détecter la résonance d'intensité d'un circuit RLC série alimenté par une tension sinusoïdale excitatrice sont :</p> <p>5- On varie la valeur de la capacité C en fixant la fréquence N          6- On varie la valeur de l'inductance L en fixant la fréquence N          7- On varie la valeur de la résistance R en fixant la fréquence N          8- On varie la fréquence N de GBF.</p> <p>Le professeur passe dans les groupes pour s'assurer que tous les groupes ont émis une hypothèse. Pour les groupes qui n'arrivent pas à faire un choix, le professeur leur dit de sélectionner une et qu'ils verront ensuite pour les autres. Pour ceux qui ont peur de « ne pas trouver la « bonne » le professeur rassure les élèves en disant qu'une hypothèse écartée est déjà une aide précieuse</p>
	<p style="text-align: center;">Elaboration d'un moyen de répondre (Protocole expérimental, recherche documentaire...)  (15min)</p>	<p>Pour l'hypothèse :</p> <p>1-Les élèves cherchent et font le schéma du circuit qu'ils comptent faire sur leurs fiches Le professeur valide ou non les projets, selon les hypothèses et demande une justification du circuit.</p> <p>On cas où le circuit est juste, les élèves doivent schématiser correctement le branchement de l'oscilloscope aux bornes de GBF et de la résistor R</p> <p>2- les élèves doivent calculer correctement la fréquence propre <math>N_0</math> du circuit RLC série. Si les élèves ne trouvent pas, le professeur peut leur poser des questions : pour leurs faire rappeler de l'expression de de la fréquence propre <math>N_0</math> (pour ceux qui ont oublié) et le professeur peut les inviter à reprendre le cours.</p>

## SCENARIO PEDAGOGIQUE

		<p>3- les élèves doivent se souvenir de la d'ohm relative à dipôle récepteur (<math>u_R(t) = R i(t)</math>) et la variation de <math>i(t)</math> est similaire à celle de <math>u_R(t)</math>. Si les élèves ne trouvent pas, le professeur peut les inviter à reprendre leur cours.</p>
<p>4-Investigation Expérimentale</p>	<p>En groupe de 3 ou4 (20min)</p>	<p>Au fur et à mesure que les groupes proposent une expérience convenable, le professeur demande à ses élèves d'aller chercher le matériel nécessaire pour l'expérience.</p> <p>Les élèves réalisent leur circuit, notent leurs résultats et concluent. S'ils ont du temps et d'autres idées ils peuvent les mettre en œuvre en notant leurs idées au fur et à mesure.</p> <p>Ayant le matériel entre les mains, et voyant que leurs hypothèses ont échoué, ils cherchent et regardent leurs éléments. Si le professeur note une certaine frustration, chez certains groupes où les élèves veulent absolument trouver, il peut les inviter à regarder l'oscilloscope et se concentrer sur les variations des courbes en variant à chaque fois les paramètres suivants : C, L, et N de BGF.</p> <p>3-Ils doivent remarquer que le circuit RLC (résonateur) résonne avec la même fréquence N imposée par le GBF (excitateur). Pour cela ils déterminent la période à partir de l'oscilloscope puis calculer la fréquence qui lui correspond et en fin ils la comparent avec la fréquence de GBF choisie au début de chaque mesure.</p> <p>4-les élèves orientent leurs recherches vers la variation de la fréquence excitatrice <math>N_e</math> de GBF et se concentre simultanément l'observation des deux courbes <math>u(t)</math> et <math>i(t)</math>. Ils doivent remarquer que le déphasage <math>\Delta\phi</math> entre les deux courbes varie en fonction de <math>N_e</math> et qu'il existe un cas particulier où ce déphasage est nul.</p> <p>5-Les élèves doivent distinguer les trois caractères (capacitif, résistif et inductif) des oscillations d'un circuit RLC série auquel est appliquée une tension sinusoïdale libres.</p> <p>6-Ils découvrent le passage d'un cas particulier où l'amplitude de <math>u_R(t)</math> atteint son maximale pour <math>N=N_0</math>(le professeur les oriente vers le déphasage <math>\Delta\phi</math> et découverte de phénomène de résonance d'intensité</p>
	<p>5 min</p>	<p>Les élèves rangent le matériel et notent dans leurs cahier les remarques et les déductions expérimentales.</p>
	<p>Réappropriation personnelle des notions abordées</p>	<p>Les élèvent écrivent ce qu'ils ont validé comme hypothèses sur les fiches.</p>

## SCENARIO PEDAGOGIQUE

	(10 min)	
<p>5-Institutionnalisation, Acquisition, structuration des connaissances.</p>	<p>Tous les groupes (15min)</p>	<p>Le professeur ramasse les fiches. Le professeur organise la parole pour faire une mise en commun des hypothèses qui ont été explorées. Les élèves notent les travaux pratiques sur leur cahier en complétant la fiche de TP. Les élèves répondent à la solution à la situation problème proposée au début de la séance</p>

*Annexe 3 : Synopsis séance des travaux  
pratiques de l'enseignant M. Férid*

## Synopsis séance des travaux pratiques de l'enseignant M. Férid

Thème : Oscillations de circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé

Chapitre : Résonance d'intensité

Objectifs : Mettre expérimentalement le phénomène de la résonance d'intensité d'un circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé.

Temps	Grain MACRO		Grain MESO		Grain MICRO
	Étapes Episodes caractéristiques		Scènes Éléments de savoir		Événements remarquables
	Étapes	Scènes	Description		
			Rôle de professeur	Tâches des élèves	
0	Étape 1 : Introduction de la séance de TP	S1 : Entrée en classe	Présentation du thème. Rappel de ce qui a été fait le cours précédent : les causes des oscillations amorties, oscillations forcées, l'excitateur (GBF), Résonateur, fréquence propre, les trois caractères du circuit RLC et le déphasage	Les E. s'installent à leur place spontanément en deux groupes. Les E. sortent leurs affaires. Les E. répondent collectivement aux questions posées par le Prof dans le cadre de rappel	Le p. indique explicitement qu'il va suivre la DI dans son TP. Le P. n'interroge pas individuellement ses élèves. Le P. utilise l'effet topaze
(0:02:34.3)		S2 : Signification de la résonance d'intensité	P : <<Qu'est-ce qu'on peut écrire par la résonance d'intensité ?>>	Deux élèves de groupe 1 citent les caractéristiques de la résonance d'intensité	Le P. cherche la signification physique de phénomène et puisqu'il a mal posé la question alors les réponses se limitent dans son cadre théorique
(0:03:55.7)	Étape 2 : Présentation du problème Situation déclenchant	S3 : distribution des fiches aux élèves	P : demande aux lire attentivement la situation déclenchant sur leur fiche e	Les E.se concentrent sur leur fiche en silence	Le P.<<Est ce que ça va ?>> alors personne n'a répondu !!
			P :lit à haute voix la situation. Il explique la situation en utilisant un poste radio. P.<< que se passe-t-il lorsqu'on fait tourner le bouton de poste radio ?>>	Un des élèves lui répond qu'on varie l'inductance de circuit RLC qui se trouve dans la poste radio	Le P trouve une difficulté pour relier entre la situation déclenchante et le phénomène étudié



			P : <<donc vous allez varier quoi ...là la fréquence propre !!et vous allez agir sur quoi ...sur Cou sur L pour obtenir la résonance>>		d'intensité). L'effet de Topez qui apparait sur la majorité de questionnement et de débat entre P et E.
(0:26:44.2)	Phase5 : Feedback de la phase expérimentale	S8 : Recherche de matériel	P : demande de tracer le schéma du montage dont chaque groupe se met en accords P : revient à dessiner le montage du circuit RLC série au tableau. Puis il demande <<qu'est-ce qu'on doit faire ?>>	E : discute à propos du montage  Les E. gardent le silence. Ils ne rependent pas à la question posée par P sur la procédure de l'expérience  E fait le montage correctement mais pas de courant dans le circuit. Ils ignorent les causes	Devant l'ignorance des élèves P. intervient pour citer et écrire toute la procédure sur le tableau. Il aurait dû que P vérifie que le matériel fonctionne normalement. Le manque ou le mauvais fonctionnement de matériel provoque une perte de temps. Ceci présente une contrainte pour la DI
(0:32:45.0)		S9 : Consigne de travail	P : donne de consigne de travail sur les fils de connexions, le bon fonctionnement des appareils utilisées dans le montage	E<<On doit mesurer la fréquence propreN0 Pour la E<<comparer avec la fréquence à la résonance>>  Alors les E. répondent <<non>>	
		S10 : Relevé des mesures	P : intervient pour chaque groupe pour faire fonctionner le circuit.  P : <<Qu'est-ce qu'on doit faire maintenant>>  P : <<mais pourquoi ?>>	E : revient de nouveaux à calculer la fréquence propre  E <<328 Hz>> Chaque groupe d'élève commence à prélever les valeurs en utilisant la calculatrice  Les élèves de 2èr groupe commence à peine leurs mesures faute de matériel. L'intervention de P. pas mal de fois en	Hésitation et perturbation chez le prof et par conséquent la procédure de la partie empirique n'est pas claire chez les élèves.

(0:49:34.6)			<p>puis il ajoute&lt;&lt;On doit varier la fréquence de BGF&gt;&gt;. P&lt;&lt;chercher comment varie l'intensité&gt;&gt;</p> <p>P :&lt;&lt;est ce qu'il est nécessaire de calculer la fréquence propre &gt;&gt;</p> <p>P :&lt;&lt; allez calculer la fréquence propre &gt;&gt;</p> <p>P&lt;&lt;combien vous avez trouvé ?&gt;&gt;</p> <p>P&lt;&lt;commencer par 100hZ&gt;&gt;</p> <p>P : rappelle de la formule de l'intensité du courant <math>i</math> dans le cas d'utiliser un ampèremètre à cadran ; ainsi l'utilisation de l'échelle rouge concernant l'alternatif</p>	<p>changeant les appareils a permis de faire fonctionner le montage</p> <p>Les élèves de 1<sup>er</sup> groupe sont obligés de changer le rhéostat pour qu'ils puissent balayer un grand intervalle de fréquences centré sur la fréquence de résonance <math>N_0</math> dont le but de trouver des valeurs acceptables. Alors le travail s'avance petit à petit pour les deux groupes</p>	<p>Le P intervient pas à pas dans les étapes de mesures sans laisser à ses élèves de pratiquer leurs savoirs faire. Ceci peut-être à cause de contrainte de temps ou de l'impact de la méthode classique (inductive) habituelle sur son pratique</p>
(1:19:55.4)		S11 : Traçage de la courbe $I = f(N)$	<p>P : Demande de ses élèves de tracer la courbe <math>I = f(N)</math></p> <p>P : Prend un papier millimétré de 1<sup>er</sup> groupe les axes de la courbe. Le prof intervient de rappeler le titre &lt;&lt;résonance d'intensité&gt;&gt;</p>	Les élèves de 1 <sup>er</sup> groupe essaye d'interpréter la courbe et le pic obtenu	Les axes sont fixés par le prof sur le tableau sans faire assister l'élève. En plus il choisit lui-même l'échelle
(1:27:01.5)	Étape 6 Fin de l'investigation	S12 : interprétation de la courbe $I = f(N)$	<p>P. &lt;&lt;comment varie <math>I_{eff}</math> ?&gt;&gt;.</p> <p>P. indique que si</p>	<p>E. revient à sa place sans ranger le matériel</p> <p>E. &lt;&lt;<math>I_{eff}</math> atteint une valeur maximale et qui dépend de la fréquence propre <math>N_0</math> &gt;&gt;</p>	<p>Parmi les réponses des élèves de 1<sup>er</sup> groupe &lt;&lt;si <math>N &lt; N_0</math> alors <math>I_{eff}</math> est</p>

			<p>on augmente la fréquence de l'excitateur, l'intensité efficace augmente, atteint sa valeur le plus élevée à la fréquence propre c'est la résonance d'intensité.</p>		<p>proportionnelle &gt;&gt; Le prof répond &lt;&lt;je ne voie pas de proportionnalité, je ne sais pas&gt;&gt;.</p>
		S13 : résolution de situation problème	<p>P : demande ses élèves de revenir à la situation déclenchante P : relit la situation puis il interroge ses élèves sur la relation de la situation déclenchante avec ce qu'ils ont obtenues</p> <p>En absence de la réponse attendre P : répond à la question de la situation problème sans donner à ses élèves l'occasion à répondre en disant « pour obtenir cette résonance on agit sur le bouton pour varier la capacité de condensateur et obtenir un signal clair et net »</p> <p>P rappelle ses élèves qu'on ne peut pas varier la fréquence de la</p>	<p>Les E.ne répondent pas à la question de son P.</p> <p>Les élèves sont excités par la réponse de prof et répètent la même réponse à la situation problème (réponse imposée et renforcée)</p> <p>E : « la fréquence de l'excitateur est interchangeable donc on doit agir sur la fréquence propre de circuit RLC de radio on fait varier la capacité ou l'inductance L » alors Le prof apparaît non convaincu de la réponse de son élève donc il repose La même Question</p>	

			<p>station (excitateur) mais on varie la fréquence propre de poste radio (résonateur) Le prof lui interrompue en répondant &lt;&lt; c'est la résonance d'intensité et pour chaque fréquence de la station on cherche la fréquence propre qui correspond à la résonance autrement dit (en écrivant sur le tableau) que pour chaque station qui possède une fréquence <math>N</math> imposée on cherche une fréquence propre <math>N_0</math> sur le poste radio tel que <math>N=N_0</math>.</p>	<p>E « la voie claire et nette, résonance d'intensité lorsque <math>I = I_{max}</math> alors on a <math>N=N_0</math> »</p>	<p>Le P.se trouve dans un conflit entre la situation déclenchante et ce qu'ils trouvé comme résultat d'investigation. Donc il interroge ses élèves sur la relation de la situation problème avec s'ils ont obtenue</p>
--	--	--	--	--	--

**Annexe 4 : Synopsis séance des  
travaux pratiques Ahmed**

## Synopsis séance des travaux pratiques de l'enseignant M. Ahmed

Thème : Oscillations de circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé

Chapitre : Résonance d'intensité

Objectifs : Mettre en évidence expérimentalement le phénomène de la résonance d'intensité d'un circuit RLC série en régime sinusoïdal forcé.

Temps	Etapas	Scènes	Description		Évènements remarquables
			Rôle de professeur	Tâches des élèves	
		<b>Grain MACRO</b>	<b>Grain MESO</b>		<b>Grain MICRO</b>
	<b>Etapas</b>  <b>Episodes caractéristiques</b>		<b>Scènes</b>  <b>Éléments de savoir</b>		<b>Évènements remarquables</b>
0	Etape 1 : Introduction à la séance de TP	S1 : Entrée en classe	P : distribue à ses élèves les fiches pour l'autorisation d'enregistrement vidéo  P : ramasse les fiches d'autorisation et remercie les élèves.  P : distribue les fiches de TP	Les E. s'installent à leur place spontanément en deux groupes.  Les E. sortent leurs affaires.	
(0:00:31.4)		S2 Rappel du cours	P : rappel sur l'oscillateur électrique forcé, circuit RLC série, exciteur, résonateur et la tension excitatrice.  P<< Quel est le rôle de la fréquence propre>>  Alors il réinterroge  P:<<elle n'a pas de rôle>>  P interroge sur la formule de la fréquence propre $\omega_0$	Les E. répondent collectivement aux questions posées par le Prof dans le cadre de rappel  Un silence apparait chez les élèves	Les réponses sont collectives avec la participation de prof          Poser des questions qui ne possèdent pas de réponses sont des

					éléments perturbateurs pour l'élève
(0:02:03.0)	Etape 2 :  Situation problème	S :  Présentation de la situation  Problème	<p>P : montre le poste radio qui se trouve devant les élèves.</p> <p>P : revient à la fiche de tp et lit et explique la situation déclenchante</p> <p>P demande est ce qu'ils sont dans le cas d'un oscillateur forcé .il pose la même question une autre fois mais un silence apparait chez les élèves</p> <p>P : demande qui joue le rôle de l'excitateur et qui joue le rôle de résonateur dans le cadre.</p> <p>Les élèves suivent attentivement l'explication de rôle de résonateur dans le cadre.</p> <p>P lit la question de la problématique</p> <p>P : ajoute &lt;&lt;combien il y a-t-il de station dans l'espace</p> <p>P : directement &lt;&lt;il ya plusieurs stations dans l'espace&gt;&gt;. Il ajoute&lt;&lt; plusieurs ondes. Mais un poste radio va suivre une seule chaîne &gt;&gt; en montrant à ses élèves le fonctionnement de poste radio qui se trouve sur son paillasse.</p> <p>P explique qu'on peut balader d'une chaîne à une autre, sachant qu'un poste radio est un circuit RLC.</p> <p>P:&lt;&lt;comment peut-on expliquer qu'on peut suivre</p>	<p>Les élèves suivent attentivement l'explication de Prof</p> <p>Un seul élève répond par oui</p> <p>Toujours le même élève qui répond correctement à cette question.</p> <p>Les réponses des</p>	<p>Les élèves trouvent des difficultés pour lier entre la situation déclenchante et thème de l'oscillateur déjà vue au cours précédent</p> <p>Les questions sont mal organisées donc les réponses des élèves ne sont pas nombreuses et dans la majorité des cas on trouve l'ignorance.</p>

			<p>une seule station parmi les autres ?&gt;&gt;</p> <p>P : pose la même question &lt;&lt;est ce qu'il excite un seul exciteur dans l'espace ?&gt;&gt;.</p> <p>P : répond directement à cette question&lt;&lt;Il y'a plusieurs excitateurs comme mosaïque FM. Chams FM... RTCI. On va choisir une seule&gt;&gt;</p> <p>P : pose une question qu'il l'a appelé objectif de la recherche de TP&lt;&lt;comment sélectionner une chaine parmi d'autre à partir d'un circuit RLC ?&gt;&gt;</p>	<p>élèves ne sont pas collectives. Elles se limitent entre le Prof et un E de 2<sup>ème</sup> groupe</p> <p>E:&lt;&lt;choir une fréquence précise</p> <p>E comprend que cette fréquence est imposée par l'excitateur la station)</p>	<p>Le P cherche de tout son mieux, par le questionnement de faire le lien entre la situation déclenchante et l'étude de phénomène de la résonance</p>
(0:07:17.9)	<p>Etape 3 :</p> <p>Les hypothèses</p>	<p>S1 :</p> <p>Proposition de matériel</p>	<p>P précise qu'il lui faut un exciteur (GBF) et un résonateur (circuit RLC) pour faire l'expérience</p> <p>P demande:&lt;&lt;est ce qu'on a besoin de visualiser une tension ?&gt;&gt;</p> <p>P demande d'écrire le matériel qu'ils proposent pour l'expérience sur leurs fiches</p> <p>P &lt;&lt;il y'a deux grandes parties. Partie d'excitateur le GBF alors vous écrivez GBF ensuite vous continuez le matériel adéquat comme vous voulez&gt;&gt;</p>	<p>Un E 2 lui ajoute qu'on va visualise une tension (l'oscilloscope)</p> <p>E écrit le matériel collectivement</p>	<p>Dans cas on peut utiliser un oscilloscope donc la réponse de P ne doit pas être décisive</p> <p>Le fait de faire montrer le matériel sur son paillasse, l'enseignant influe sur le choix de</p>

			<p>P : demande de schématiser le schéma de circuit sur la fiche.</p>	<p>Le 2<sup>ème</sup> groupe se met accords sur le GBF, le condensateur, la bobine, le rhéostat et l'ampèremètre</p> <p>Cependant le 1<sup>er</sup> groupe n'a pas cité l'ampèremètre</p>	<p>ses élèves</p>
(0:11:09.4)		<p>S2 formulation des hypothèses</p>	<p>P « maintenant quelles sont vos hypothèses c'est à dire quelles sont vos propositions qu'on pourra voir son adéquation avec l'expérience vous allez choisir des hypothèses. »</p> <p>P essaye d'expliquer la signification de l'hypothèse et en fin il dit P : écrivez ce que vous voulez de l'expérience ? qu'est-ce qu'on va valider par l'expérience ?</p> <p>P:&lt;&lt; vous écrivez ce que vous voulez. Par exemple dite si on varie la fréquence il y a telle et telle chose... ou lorsque on fait telle il sera tel&gt;&gt;</p>	<p>E2 &lt;&lt;que ce que cela veut dire des hypothèses ?&gt;&gt;</p> <p>E : Si on varie la fréquence</p> <p>E1 considère que la fréquence de</p>	<p>Les élèves ignorent la notion des hypothèses cela montre bien qu'ils sont habitués sur la méthode classique dans leurs apprentissages</p> <p>Les élèves ne savent pas formuler une hypothèse</p>

			<p>P : demande de trouver une des éléments de circuit qui est variable</p> <p>P demande de revenir à la situation déclenchante. Après un silence P répond&lt;&lt; On varie en réalité la capacité de condensateur.&gt;&gt;et demande au 2<sup>ème</sup> groupe d'écrire l'hypothèse sur les fiches.</p> <p>En se dirigeant vers le 1<sup>er</sup> groupe P intervient lorsque E1 parle de la différence entre N et de déphasage. Alors P les encourage en leurs disant « qu'est-ce que vous attendez de déphasage »</p> <p>P : explique que le son devient de plus en plus net lorsqu'on se rapproche de la chaine donc on parle de l'intensité tout montrant la poste radio à ses élèves</p> <p>P : demande de ses élèves de formuler les hypothèses tout autour de l'intensité</p> <p>En se dirigeant vers le 1<sup>er</sup> groupe il a trouvé les élèves tout à fait bouleversés</p> <p>P : demande de relire leur 1<sup>ère</sup> hypothèse dont ils ont appuyé sur la fréquence en remarquant</p>	<p>GBF reste la même</p> <p>E2 pense qu'on doit varier la fréquence là pour visualiser la chaine</p> <p>E2 « L qui est variable »</p>	
--	--	--	---	---	--

		<p>que la fréquence est une des grandeurs qu'on va la varier mais il faut chercher l'autre grandeur</p> <p>Alors P demande au E1 d'écrire l'hypothèse sur la fiche</p>	<p>Les élèves écrivent leurs hypothèses sur leurs fiches tout en discutant ensemble</p> <p>E2 pense qu'on doit varier la capacité et l'intensité mais il a changé son idée lorsqu'il a remarqué que son prof n'est pas tellement en accords avec lui</p> <p>E1 pense qu'on doit varier <math>u(t)</math> et <math>i(t)</math></p> <p>E1a trouvé la 2ème grandeur c'est l'intensité</p> <p>E2 écrit sur sa fiche en parlant à ses camarades pour obtenir la valeur maximale on fait varier la capacité <math>c</math> de condensateur et par suite on fait</p>	
--	--	--	---	--

				<p>varier la fréquence propre N et on cherche l'intensité maximale <math>I_{max}</math></p>	
(0:34:28.5)		S3 proposition de schéma de montage	<p>P : demande à ses élèves de faire un schéma de circuit permettant de valider leurs hypothèses</p> <p>P : intervient pour l'idée de visualisation</p> <p>P : à quoi sert (l'oscilloscope aux bornes de <math>UR(t)</math>) on peut utiliser l'ampèremètre qui va donner directement la valeur de I. Vous variez la fréquence et vous déterminer la valeur de I C'est bon</p>	<p>E2 on bien schématiser le montage désiré ils ont répondu correctement sur rôle de chaque appareil électrique utilisée</p> <p>E1 n'ont pas utilisé l'ampèremètre donc le prof intervient pour corriger le schéma de montage</p> <p>E2 pense qu'on peut visualiser la tension</p>	<p>P : pense &lt;&lt;qu'au laboratoire on n'a pas un condensateur de capacité variable mais je vois qu'on peut varier la fréquence de GBF&gt;&gt;</p> <p>or n'est pas juste puis qu'il y a une boîte de condensateur</p> <p>P à camouflé l'idée de E2 car en réalité on utilise l'oscilloscope mais il nous faut plus de temps. Le P a une contrainte de temps</p>

(0:39:06.9)	<p>Etape 4</p> <p>investigation expérimentale</p>	<p>S</p> <p>1 : distribution de matériel et réalisation de montage</p> <p>S2 : Mesures</p> <p>S 3 : Traçage de courbe <math>I=f(N)</math></p>	<p>P : passe à présenter à ses élèves le matériel qui se trouve sur son paillasse</p> <p>P donne des consignes sur le branchement d'un voltmètre aux bornes de GBF pour que la tension à ses bornes soit constante (10V)</p> <p>P : demande de E2 de calculer la fréquence propre <math>N_0</math></p> <p>P : a finalement à faire fonctionner un des deux montages et il demande des deux groupes de regrouper pour travail avec un seul montage et prendre les mesures</p> <p>P intervient de nouveau pour fixer à ses élèves le pas de variation de la fréquence <math>N</math> imposé par le GBF (pas de 50 Hz) avec une consigne de la varier peu à peu à l'entourage de <math>N_0</math> de diviser la tâche. Des élèves vont P &lt;&lt;nous avons perdu de temps, donc je vous propose prendre les valeurs et les autres vont tracer la courbe en même temps pour gagner de temps&gt;&gt;</p>	<p>Les élèves choisissent le matériel et commencent à réaliser le circuit</p> <p>E : n'a pas pu faire fonctionner le montage malgré qu'il soit juste faute de matériel</p> <p>Les élèves vont recalculer la fréquence propre puisque les valeurs de <math>c</math>, <math>L</math> ont été changées</p> <p>Ils ont trouvé <math>N_0 = 225</math> HZ</p> <p>Les élèves travaillent collectivement pour prendre les mesures.</p> <p>Les élèves divisent les tâches de travail pour gagner de temps et ceci sous la demande de son professeur</p>	<p>P aurait dû présenter seulement le matériel qui fonctionne au paravent pour ne pas perdre de temps</p> <p>Le manque de matériel est une contrainte parmi d'autre pour la réussite de DI</p> <p>C'est le savoir-faire de</p>
-------------	---	---	--	--	--

<p>(1:08:33.5)</p> <p>(1:24:45.2)</p>		<p>S4 : Conclusion</p>	<p>P demande de E (Samira) de refaire le traçage de la courbe correctement pour qu'il puisse voir le pic aigue. Il demande aussi d'une autre élève (Sarra) de tracer l'allure de la courbe au tableau</p> <p>P demande de ses élèves de regagner leurs places pour interpréter la courbe</p> <p>P pose des questions pour décrire la variation de l'intensité et par conséquent pour mettre en évidence le phénomène de résonance d'intensité</p> <p>P : dicte la conclusion à ses élèves</p>	<p>Une élève trace la courbe mais elle a fait une faute car elle a sauté des valeurs autour de N0 donc le prof n'a pas visualisé un pic aigue</p> <p>Les élèves citent les trois caractères de circuit série forcé</p> <p>Les élèves écrivent la conclusion sur leurs fiches</p>	<p>l'enseignant qui intervient dans ce type de contrainte on aura</p> <p>En reliant entre les points de la courbe un des élèves exige qu'on doive commencer par N=0Hz</p>
<p>(1:26:45.2)</p>	<p>Etape 5 Institutionnalisation, Acquisition, Structuration des connaissances</p>	<p>S : résolution de la situation déclenchante</p>	<p>P : revient à la situation déclenchante</p> <p>P pose une série des questions pour montrer la relation entre la partie expérimentale fondée sur les hypothèses de ses élèves et la résolution de la situation problème</p> <p>P : parle des bandes de filtrage des fréquences</p> <p>P « pour qu'on puisse capter une station particulière de fréquence N on doit varier N0 du poste radio jusqu'à avoir</p>	<p>Les élèves suivent leur professeur attentivement</p>	

			N0=N c'est l'inverse ce qu'on a fait dans la partie expérimental »		
--	--	--	--	--	--

**Annexe 5 : Transcription. Entretien simple  
de Férid**

### Transcription l'entretien simple de Férid

<b>Etape : Rappel</b>			
<b>tdp</b>	<b>Temps</b>	<b>Locuteur</b>	<b>Production verbale et non verbale</b>
	(0'0")	C	4mai 20016 aujourd'hui c'est la séance d'entretien simple on va le réaliser avec Mr Férid qui a fait une séance de TP au paravent et qui été enregistrée par vidéo// alors je vais présenter un ensemble de questions basées sur le déroulement de la séance de la séance qui été faite au paravent sur la résonance d'intensité //je vais diviser notre entretien selon des séquence //on commence par la première phase//c'est la phase d'introduction de la séance qui a duré 2min 34secondes et j'ai quelques questions à vous poser si vous me permettez Mr/
	(1'21")	C	Vous avez commencé votre rappel par un ensemble des questions posées à vos élèves et j'ai remarqué que vous répondez directement aux questions sans être conscient sans laisser l'occasion à vos élèves de répondre/ je ne sais pas si cela revient au stresse de temps ou bien à d'autres choses que vous pouvez me dire ?
	(1'57")	F	Effectivement c'est un problème de temps, nous avons déjà étudié au cours précédent la résonance d'intensité, l'oscillation forcée //j'ai fait un rappel très rapide car j'ai pensé que la durée de rappel est insuffisante pour réaliser ce TP.
	(2'42")	C	De point de vu quoi /de la méthode à suivre ou bien de temps didactique de TP qui est assez long
	(2'50")	F	La méthode suivie est nouvelle et puis elle nécessite un temps suffisant pour attendre les objectifs/
	(2'59")	C	Avez-vous pratiqué ce type de méthode /
	(3'16")	F	C'est la première fois, bon ce n'est pas la première fois. On essaie de temps en temps de varier mais pas parfaitement cette méthode avec ses différentes phases// voilà c'est pour cela que j'ai essayé d'aller plus vite pur gagner de temps
	(3'30")	C	Vous avez commencé votre TP juste au début en indiquant le nom de la méthode à suivre en texto //on suivre la méthode d'investigation malgré que les élèves ignorent la signification de ce nom /Pourquoi/
	(3'51")	F	C'été spontanément et inconsciemment//
	(3'52")	C	D'après vous est-il nécessaire d'indiquer le nom de la méthode (DI)
	(3'59")	F	Non c'été pas nécessaire
	(4'09")	C	Les réponses des élèves sont collectives, tout le monde parle en même temps//Est-ce que les réponses collectives nous permettons de garantir que les notions vu au précédents sont acquises//
	(4'31")	F	Comme j'ai déjà dit que j'ai essayé d'aller un peu plus vite dans le rappel car les élèves maitrisent bien que cela veut dire résonance et Ilya des élèves sont

			habitué à répondre comme ça / je ne peux pas à les contrôler /Ilya deux élèves qui essaient de répondre les premiers //c'est une certaine confrontation /un débat implicite entre ses deux élèves pour se présenter devant le professeur pour dire qu'ils ont préparé leurs leçons //ils sont plus motivés par rapport aux autres
(5'28")	C		au 2min 34 vous avez posé la question à vos élèves en disant<< qu'est-ce qu'on peut écrire de la résonance d'intensité>> //qu'est-ce que vous attendez de cette question //quel est votre but//
(5'48")	F		Je veux dire qu'est-ce que vous souvenez de la résonance d'intensité //que ce qu'ils restent dans leurs cerveaux (c'est à dire leurs prérequis) concernant la résonance d'intensité
(6'3")	C		Vous voulez dire la partie théorique/
(6'07")	F		Oui la partie théorique et les formules//
Etape 2 : Situation problème 6'14			
(6'14")	C		Nous passons maintenant à la 2ème phase //C'est l'étape de la présentation de problème (En montrant une séquence vidéo au Férid le c pose la question) Lorsque vous présentez la situation problème aux élèves il me semble que vous faite une certaine allée et retour entre la poste radio, la lecture de situation problème et l'explication /en d'autres termes il y a un certain conflit entre professeur et élèves// alors quels sont les difficultés que vous avez rencontré en présentant la situation problème/ ?
(7'4")	F		Avant de commencer la situation problème j'étais conscient que les élèves n'ont pas une idée claire et nette sur le phénomène de la résonance d'intensité// c'est un phénomène très compliqué// i la situation problème s'intéresse au lien entre le phénomène de la résonance d'intensité et le phénomène de la diffusion//c'est le problème qui va perturber// Je ne sais pas est ce que les élèves ont suffisamment de savoir en ce qui concerne le phénomène de la diffusion de radio et quel est le lien entre les deux phénomènes// ça c'est un grand problème.
(8'9")	C		C'est à dire ils leur manquent non plus la partie théorique mais la partie expérimentale /ainsi l'application de ce phénomène dans la vie courante
(8'17")	F		Oui /les élèves ignorent ce phénomène de la vie courante//quelle est la relation entre ce phénomène (diffusion) la résonance d'intensité et la fréquence propre // ça m'a posé beaucoup des questions et implicitement je me sens qu'ils n'auraient aucune réponse.
(8'50")	C		Ceci nous confirme que vous avez rencontré beaucoup de difficultés.
(8'55")	F		Effectivement la situation problème ma posé beaucoup de difficultés//Ce n'est pas pour moi mais pour les élèves//je n'ai pas attendu des réponses cohérentes et ciblées pour la situation problème//

(9'14")	C	Pensez-vous qu'un des problèmes provoquant ces difficultés est la construction de la situation problème.
(9'26")	F	Peut- être/
(9'31")	C	Comment voulez-vous la situation problème/ est-elle abstraite ou bien générale.
(9'37")	F	Elle est fiable mais je sens qu'elle et n'est pas bien construite
(9'44")	C	Je vous rappelle qu'on a construit ensemble le scénario pédagogique, y compris la situation problème alors pensez-vous qu'on aurait dû changer cette situation proposée
(9'51")	F	Oui à mon avis peut-être
(9'54")	C	Si je vous propose de refaire le scénario pédagogique vous pensez directement à changer la situation problème//
(9'58")	F	Oui effectivement/ en pourcentage de 60% je change la situation problème//Je peux la rendre adéquate à la vie courante pour les élèves//Il ne faut pas poser aux élèves des situations non adéquates//les élèves doivent avoir un certain savoir sur certains phénomènes pour comprendre la situation proposée/
(10'34")	c	Pensez-vous que la présence de poste radio vous a aidé comme un outil expérimental au cours de présentation de la situation problème /ou bien vous auriez dû penser à une simulation //
(10'39")	F	L'utilisation de la poste radio est acceptable et suffisante mais le problème que j'ai rencontré c'est le phénomène lui-même de la pulsation radio//C'est à dire le lien entre le phénomène de la pulsation radio et le phénomène de la résonance d'intensité
(11'07")	C	y-a-t-il d'autres difficultés rencontrées à part la situation problème surtout que vous posez des questions et vous recevez des réponses autres que celles vous attendez //pour cela nous avons remarqué la rupture d'interaction entre vous et vos élèves pas mal de fois //même il existe quelques élèves qui sont totalement déviés pour vous suivre //
(11'29")	F	Le problème se pose toujours //Il existe des difficultés d'apprentissage pour quelques élèves/de décalage entre les capacités des élèves qui sont tout à fait différentes pour cette classe de bac sciences expérimentale// Je peux la diviser en trois groupes /Ilya un groupe d'élèves qui sont utiles dans cette section /Il y a des élèves qui s'approchent de la moyenne et Ilya des élèves qui méritent la section des science expérimentales //il y a beaucoup de problèmes sur le plan de motivation // Ilya des élèves qui peuvent comprendre le phénomène mais ils ne peuvent pas s'exprimer et Ilya d'autres qui peuvent s'exprimer comme vous avez remarqué pour les deux élèves qui essaient d'interagir et les autres hésitent// je ne sais pas pourquoi// Peut être un problème d'acquisition des leçons // il des problèmes liés à l'élève lui-même que je rencontre à jour//

(13'32")	C	C'est normal d'avoir une classe hétérogène où on trouve toutes les catégories d'élèves et l'enseignant devrait interagir avec toutes les catégories pour que ses objectifs soient atteints êtes-vous d'accords Mr/
(13'39")	F	Je sais que je dois interagir avec tout le monde et malgré ça Ilya des élèves qui ne sont pas motivés//
(14'07")	C	Selon vous pourquoi vos élèves n'ont pas compris le lien entre la situation problème et le fonctionnement de la poste radio surtout que vous venez d'ouvrir la poste radio pas mal de fois et vous revenez de nouveau à expliquer/
(14'23")	F	Lorsque je tourne le bouton de poste radio je veux transmettre aux élèves l'idée de varier quelque chose pour attendre un paramètre //l'objectif est d'atteindre la fréquence propre du circuit RLC pour avoir une émission (...) // mais je les dis toujours que c'est le phénomène de la diffusion//nous avons fait l'inverse /nous avons commencé au cours de la séance de TP nous avons fait quoi /nous avons construit un circuit RLC série et tracer la courbe de la variation I en fonction de la fréquence pour voir pour voir à quelle valeur de la fréquence l'intensité prend la valeur la plus élevée //nous avons cherché I à quelle fréquence. Pour la situation problème qu'est-ce qu'on cherche/ nous avons cherché donc euh//lorsqu'on fait tourner le bouton les élèves ne savent pas qu'est-ce qu'on cherche/
(15'39")	C	Quel est le but de situation problème /qu'est-ce que vous cherchez à travers la situation problème/ qu'est ce vous attendez de la situation problème / quel est l'objectif de la situation problème//
(15'56")	F	on applique le phénomène de la résonance dans plusieurs domaines /nous avons proposé à nos élèves une situation problème qui s'intéresse à l'émission radio puis nous avons utilisé le phénomène de la résonance d'intensité pour quoi// c'est pour répondre au moins à une question des élèves /comment se fait l'émission radio/ qu'est-ce qu'on fait lorsqu'on fait tourner le bouton de la poste radio/ qu'est-ce qu'on cherche/alors on peut utiliser la résonance d'intensité bien sûr pour répondre à d'autre phénomène //mais nous avons utilisé l'émission radio comme un phénomène qu'on va répondre plus tard en utilisant la résonance d'intensité /donc c'est exemple de vie courante
(16'52")	C	Donc vous cherchez quelques choses qui fait un lien entre les notions de la physique qu'on les apprend en classe et un phénomène de la vie courante ne sais pas/
(17'01")	> F	Oui/ on cherche d'adapter l'étude théorique et l'étude expérimentale à quelques phénomènes de la vie courante.
Etape 3 : Les hypothèses 17'11		
(17'11")	C	Nous passant maintenant à la troisième phase à 11min et 48 seconde //c'est la partie des hypothèses//Je reviens à l'interaction limitée entre vous et les deux élèves remarquables (les plus motivés de groupe // sans attendre les réponses des

			autres non motivés Pourquoi ? //
(17'44")	F	Ça c'est un grand problème pour moi en classe lors que je trouve un grand décalage de niveaux entre les élèves//	
17'54")	C	Est-ce que vous êtes satisfait à ce moment-là de la DI suivie lors que vous réagissez seulement avec deux élèves ?	
(18'06")	F	J'ai attendu une interaction avec tout le monde:/ mais dans cette situation peut être Ilya des élèves qui ne peuvent pas s'exprimer//	
(18'31")	C	Je reviens à reposer la question : que pensez-vous de la démarche DI suivie à ce moment ? est-elle satisfaisante bloquée ou rentable//	
(18'42")	F	Non je suis habitué à ce genre de situation (interaction très limitée)	
(18'47")	C	Vous êtes habitués donc lors que vous suivez la méthode ordinaire l'interaction se fait entre vous et 2 ou 3 élèves qui sont motivés	
(18'55")	F	Oui ceci même si la situation d'environnement influe. De quel environnement je parle //des élèves qui sont en train de voir des situations en utilisant des corps étranges// pour eux cela est un facteur qui favorise le blocage de l'élève.	
(19'38")	C	À 16min et 18 secondes j'ai senti qu'il y a un guidage fort et sert de votre part. à ce moment pensez-vous que vous pratique la DI//ou bien vous êtes influencé à la méthode ordinaire qui vous l'avez pratiqué pendant des années //	
(20'02")	F	Peut-être c'est l'excès de la séance//mais Ilya des temps qui influent euh // j'ai enseigné le phénomène de la résonance d'intensité depuis des années //et je sais très bien comment maîtriser le temps et en quel moment je dois atteindre un tel objectif//alors je dois orienter mes élèves dans un sens ou dans un autre pour aller plus vite.	
(20'54")	C	Donc vous avez passé à l'étape des hypothèses à 24min et 34 secondes //il y a un débat autour des hypothèses//formulation des hypothèses Quelles sont les difficultés rencontrées au cours de ce débat en articulant entre les réponses de vos élèves pour arriver enfin à une formulation acceptable//	
(21'38")	F	(En observant la séquence) bon j'ai décidé de voir s'ils ont compris la situation problème ? //et j'ai voulu que les élèves formulent les hypothèses autour de la situation problème //et effectivement j'ai trouvé beaucoup de difficultés/	
(22'42")	C	Les élèves ne sont pas habitués à formuler les hypothèses//	
(22'47")	F	Oui oui//	
(22'52")	C	Est ce qu'ils ne connaissent pas la signification d'une l'hypothèse //	
(22'56")	F	La situation problème peut dévoiler beaucoup des hypothèses// (C montre à F une séquence où il existe seulement deux élèves qui sont motivés à formuler des hypothèses par contre les autres sont complètement perdus)	
(23'23")	F	Oui effectivement, effectivement	

(23'29")	C	Selon vous cela revient à quoi//
(23'40")	F	Nous devons revenir au meilleur élève pour voir est ce qu'ils sont bien assimilés et maîtrisés la situation problème//il faut viser le plafond et nous attendons une certaine réponse// pour cela j'ai fait assister ces deux élèves (les plus motivés) dont la formulation des hypothèses et le débat.
(24'17")	C	Et pour le reste des élèves
(24'23")	F	Oui ils ignorent de quoi il s'agit//ils ne sont pas habitués à la formulation des hypothèses //bon je fais dans pas mal de TP avec la situation problème même avec les élèves de 2ème année mais pas avec ce genre de démarche (DI)
(24'55")	C	Quand vous répondez à la situation ? est-ce que juste au début ou bien à la fin de TP //
(25'01")	F	cela dépend de la situation proposée //Si vous proposez une situation qui fait partie de leurs environnements alors je trouve que tout le monde s'intéresse // et si je pose une situation problème qui n'a rien avoir avec leurs environnements alors ils ignorent le lien entre ce que je veux faire et l'objectif à atteindre // je ne peux pas poser par exemple un phénomène qui se passe dans des grandes villes alors que ils sont dans des cités pauvres //d'une manière générale il faut bien choisir la situation problème pour faciliter les tâches // si non vous-même autant qu'un enseignant vous seriez en piège //
(26'46")	C	Pensez-vous que la bonne formulation des hypothèses revient au bon choix de la situation problème //et que ces hypothèses se transforment en des questions productrices//
(26'54")	F	Effectivement sans doute
(27'05")	C	Pourquoi vous n'avez pas suivie ou respectez l'ordre des étapes du scénario sur tout que vous revenez plusieurs fois à la situation problème même dans les étapes avancés // nous remarquons une certaine perturbation alors quelles sont les causes//
(27'44")	F	Les perturbations s'existent //mais je dois réaliser les activités de TP //j'ai besoin de chercher les variables physiques permettant d'avoir la résonance d'intensité// bien sûr les élèves doivent réaliser le circuit ainsi les mesures//
(28'12")	C	À 26min 24 secondes lors de proposition la <b>liste de matériel</b> //pourquoi vous imposez cette liste et vous l'écrivez directement sur le tableau // Vous n'avez pas laissé à vos élèves l'occasion de choisir de se tromper et de se corriger //
(28'46")	F	oui ça dépend de temps tout simplement// ils ont réalisé pas mal de fois ce même circuit RLC au paravent // c'est le même circuit utilisé pour mettre en évidence le phénomène d'oscillations électriques forcés //nous avons par exemple utilisé l'oscilloscope pour visualiser la tension excitatrice// Pour les élèves il s'agit d'étudier le phénomène de la résonance d'intensité //c'est-à-dire mesurer

			l'intensité en fonction de la fréquence N avec des différents moyens // avec le voltmètre ou ampèremètre // j'ai déjà insisté quelles sont les différentes méthodes utilisées pour mesurer l'intensité de courant // en faisant varier la fréquence de GBF// si on dispose d'un ampèremètre //si non un voltmètre ou bien un oscilloscope//
	(29'50")	C	Quel est votre but lorsque vous citez la liste de matériel surtout que vous avez posé un matériel divers sur votre paillasse ?
	(30'20")	F	le circuit RLC est connue chez les élèves //mais on arrive dans un cas ou l'ampèremètre ne marche pas(ne fonctionne pas) qu'est-ce qu'on fait dans ces conditions ? il faut utiliser un voltmètre si non un oscilloscope// Alors voilà les problèmes de matériel qu'on peut les rencontre// l'élève ne doit pas être bloquer si il a par exemple un ampèremètre qui ne marche pas// alors il doit chercher un voltmètre ou bien un oscilloscope pour réaliser son travail demandé et atteindre les objectifs visés pendant la durée de temps inscrite dans le scénario //
	(31'23")	C	En se reliant à cette notion pensez-vous en ce moment-là que vous pratiquez la DI ?
	(31'33")	F	Je ne peux pas pratiquer la DI tel qu'elle est //ceci est très difficile//Il faut s'habituer et s'entraîner à cette démarche pas mal de fois pour atteindre euh// moi-même comme enseignant je ne suis pas habitué à cette méthode puisque c'est la première fois pour euh// donc il faut s'entraîner pas mal de fois pour // bien sûr c'est une bonne démarche mais elle possède plusieurs contraintes//
Etape 4 : investigation expérimentale			
	(32'17")	C	À 26 minutes 24 secondes nous revenons au problème de matériel (c montre à F une séquence vidéo) pourquoi vous faite vous-même le montage sans laisser l'occasion à l'élève//
	(33'01")	F	Pour les autres élèves (1 groupe où Ilya les 2 élèves motivés) sont capables de réaliser le montage// Pour le 2ème groupe j'ai attendu de le faire mais malheureusement ils ont trouvé des difficultés//
	(33'09")	C	Est-ce que vous êtes obligé d'intervenir pour le 2ème groupe
	(33'14")	F	Oui ils ont essayé //mais je dois intervenir pour gagner de temps tout simplement //
	(33'39")	C	Est-ce que la faute de temps, le manque de bon matériel ou bien la stresse que vous êtes obligé d'intervenir sans permettre à l'élève de se tromper et de se corriger //
	(33'53")	F	À part la contrainte de temps il y a aussi le matériel utilisé qui n'est pas en bon état//il y'a des élèves qui ne savent pas lire sur un voltmètre ou bien un ampèremètre // c'est vrai qu'on essaye d'améliorer leur savoir-faire mais ceci demande beaucoup de temps//

(35'30")	C	Pensez-vous que le défaut de bon matériel est une contrainte parmi d'autre pour l'activité de l'enseignant au cours de la démarche d'investigation//
(35'37")	F	Oui /oui/ effectivement c'est une grande contrainte //il provoque une perte de temps pour l'enseignant// déjà vous avez vu combien de fois on a changé l'ampèremètre et on a même le remplacé par un oscilloscope ou déterminer indirectement la valeur de courant //
(36'02")	C	À 49 min et 35secondes concernant le relevé des mesures /Une de vos élèves a voulu de commencer par calculer la fréquence propre NO de circuit RLC //Vous l'avez répondu mais pourquoi tu fais ça//Donc vous avez refusé de calculer NO au début de l'expérience et après un certain temps vous avez demandé de calculer NO //Pourquoi vous revenez dans votre idée/quel est votre but de refuser d'abords le calcul de NO puis vous demander de la calculer//
(36'47")	22 F	J'ai demandé aux élèves de répondre pourquoi on calcul N0 // je pense que mon principe expérimental que je l'ai décrit à mes élèves est plus simple // on réalise les mesures puis on compare la fréquence qui correspond au pic de l'intensité avec la N0 qu'on la calculera à la fin des mesures
(37'29")	C	Concernant l'échelle, le relevé des mesures et vous avez fréquemment intervenir pourquoi ? pensez-vous que dans ce cas votre élève est autonome pour réaliser les taches demandées ?
(37'44")	F	Pour le traçage de courbe nous avons tracer pas mal e fois les courbes même à la maison // et de choisir l'échelle et ainsi de suite // donc ce n'est pas un objectif pour moi //mais pour la lecture il y a des élèves qui ne savent pas faire une bonne lecture sur l'ampèremètre à cadran // donc je dois intervenir car c'est le stresse de temps//
(40'17")	C	Etes-vous satisfait de l'interaction élève -enseignant dans la partie expérimentale et le relèvement des mesure/
(40'26")	F	Je n'étais jamais satisfait à 100% dans une séance de TP dans une classe de terminale Tunisienne même en utilisant la méthode classique (ordinaire)//
(41'01")	C	Etes-vous satisfait de la méthode ordinaire utilisée durant votre carrière
(41'08")	F	Bien sûr non/ il y a toujours des problèmes qu'on essaie d'améliorer //La DI favorise plus l'interaction élève/ enseignant mais elle nécessite de temps //la DI peut poser des problèmes de temps pour arriver à éteindre les objectifs//
(42'14")	C	Selon vous quelles sont les critères de scénario pédagogique qui favorise la réussite de la DI//
(42'52")	F	Le scénario pédagogique doit être bien préparé par l'enseignant au paravent, avoir le bon choix de situation problème bien maitriser le temps pour chaque phase de ce scénario pour que l'enseignant soit satisfait de sa pratique et pour que la DI soit bien réussite dans la classe Tunisienne// Pour cela je demande une bonne formation de cette démarche//sans oublier le temps didactique qui fait partie du

			jeu.
(43'19")	C	Est-ce que nous pouvons enseigner la totalité de programme de terminale scientifique Tunisien avec la DI tout en conservant le même temps //	
(43'39")	F	Non /avec ce temps didactique l'application de la DI en classe la séance ne marche pas //il faut faire la réduction de programme //	
(44'49")	C	Quels sont les moments de ce TP où vous sentez que la pratique de la DI est presque impossible et vous auriez dû faire d'autre chose pour réussir votre activité//	
(45'02")	F	Le moment de présentation de la situation problème, le moment de l'expérience et la contrainte de bon matériel//	
(45'41")	C	Il y a -t-il y a une appropriation de la situation problème chez vos élèves //	
(45'47")	F	Pour ceux qui ont compris et saisi la situation problème j'ai sentis cette appropriation// et même ils sont très contents en pratiquant là DI// mais pour les autres qui n'ont pas saisi la situation ils ont une certaine ignorance et même parfois un blocage au cours de l'apprentissage//	
(46'22")	C	Pensez-vous que vos élèves sont satisfaits de cette nouvelle démarche (DI)//	
(46'42")	F	Oui sans doute/ ils sont contents d'avoir pratiqué une nouvelle démarche ainsi ils sont satisfaits de la DI/ Ils sont plus motivés//	
(47'30")	C	Au cours de votre pratique de TP dites quelles sont les contraintes de déroulement de la DI	
(47'44")	F	Les pré acquis des élèves /contrainte de matériel / le scénario qui doit être soigneusement préparé et adapté au temps didactique /si non le déroulement de la DI ne s'effectue pas dans les bonnes conditions	
(48'32")	C	Êtes-vous satisfait dans votre TP en utilisant là DI//	
(48'38")	P	Je suis content de pratiquer cette démarche et j'aimerais continuer sa pratique malgré les contraintes qu'on essaie de les dépasser//Cette démarche favorise à l'élève la production et la construction de son savoir dans une autonomie //alors pratiquer la DI dans une classe doit se faire dans un environnement particulier//L'enseignant doit suivre une formation dans cette démarche/	
(50'25")	C	Pensez-vous que la formation de l'enseignant favorise l'appropriation de cette démarche chez eux//	
(50'34")	F	À mon avis on peut avoir cette appropriation et on peut appliquer d'avantage cette démarche en classe de terminale et même pour les autres niveaux d'enseignement à condition d'avoir une bonne formation sur la DI et avoir un temps didactique adéquate	
(51'04")	C	Merci monsieur Férid pour votre collaboration	
(51'09")	F	Sans aucun problème, merci	

# **Annexe 6. Transcription. Entretien simple**

**Ahmed**

## Entretien simple Ahmed

Temps	Tdp	L'auditeur	Productions verbales
7'42		C	Vous avez passé à le 2 <sup>ème</sup> étape de présentation de problème au moment de 2 min et 3 secondes/ Pensez-vous que vous été satisfait de la présentation de problème//
8'00		A	Au début je n'ai pas attendue le résultat que nous avons obtenue à la fin de TP, mais euh//
8'08		C	Avant d'arriver à la fin svp //juste je vais savoir est ce que vous êtes satisfait de la présentation de la situation problème à vos élèves// est ce qu'il y a des difficultés rencontrées au cours de cette étape// est ce que vos élèves ont bien saisie la situation problème//est ce que vos élèves ont trouvé des difficultés pour comprendre cette situation//
8'39		A	Oui évidemment/ j'ai constaté qu'il y a des difficultés de compréhension // de ce qu'on va faire et ce qu'on fait en classe //et pourquoi j'ai demandé cette question au début de la séance //du fait c'est une découverte pour moi //et je ne sais pas ce qu'elle va donner //Au début de la séance j'ai pensé que mes élèves ne vont pas comprendre que nous avons présenté //
9'21		C	Selon vous de quoi dépend ce conflit élève professeur // les obstacles de compréhension de la situation problème//est ce qu'ils n'ont pas trouvé le lien entre la réalité et la théorique de phénomène de la résonance d'intensité//
9'42		A	Non pratiquement il y a des élèves qui ne sont pas habitués à ce genre de situation///ils attendaient un TP euh comme d'habitude// un TP inductif ordinaire où on va réaliser une expérience et à la fin dire que cette expérience est conforme avec ce qu'on va en cours//mais de présenter un poste radio au début de la séance et de parler de la fréquence de l'excitation et le rôle de la fréquence propre /// quel est le rôle pour eux est-ce une chose qui n'a aucun lien avec le cours euh ce qu'on a fait déjà et on va voir //
10'32		C	Ce que j'ai compris vous n'êtes pas satisfait de la situation problème comme présentation ?
10'42		A	Pas tout à fait et sur tout de la part de mes élèves
10'49		C	Pensez-vous que la construction de la situation problème influe sur l'activité de l'enseignant et par conséquent sur la compréhension et l'appropriation des élèves de cette situation ?
11'07		A	évidemment le bon choix de la situation problème va donner un rendement ou des impacts positifs sur le continu de la séance// peut être Si c'était une autre situation qui n'est pas parfaitement liée avec ce qu'on a fait au cours de TP //ou pas parfaitement liée aux élèves de la classe de terminale //surtout en classe terminale les élèves cherchent toujours à résoudre des exercices de type théorique //et ne cherche pas à comprendre la phénoménologie de la physique //donc le but est de rapprocher la physique à la vie courante + et ceci peut être des choses qui peut améliorer sincèrement l'enseignement//ceci on n'y a ___20 pas dans ce TP//
12'07		C	Si on vous demande de construire la même situation problème et la présentez de nouveaux à vos élèves dans un autre //est ce que vous allez répéter la même présentation / si non quel changement l'introduisez-vous //
12'41		A	Je ne sais pas /je n'ai pas l'idée //je pense que je vais reproduire la même démarche//
12'51		C	En principe si on refait la même chose cela veut dire qu'on est satisfait.
12'56		A	Oui on peut se régulariser vis à vis euh//
13'		C	Donc c'est un changement
13'09		A	Oui //mais ce n'est pas un changement / mais se régulariser// c'est-à-dire euh de rectifier des choses qui ne vont donner un changement fondamental dans la situation problème//
13'18		C	Ce changement se fait dans le cadre// dans le cadre de l'activité de l'enseignant // c'est-à-dans notre activité // ou bien dans la structure de la situation problème proposé pour garantir le déroulement de la DI//
13'30		A	Je pense qu'au niveau de l'activité de l'enseignant où on va poser plus clairement la situation problème qui doit être plus proche de l'élève.
13'37		C	Etes-vous satisfait de la construction de la situation// si non quelle influence peut-elle avoir sur l'activité de l'enseignant si elle n'est pas bien construite //
14'37		A	Dans notre cas je pense que suis satisfait de cette situation //mais elle peut être présentée autrement//il n'a pas des soucis //
14'42		C	Je veux poser la question autrement//en observant tout le vidéo j'ai remarqué que Mr Ahmed qui

			est un professeur expérimenté dans l'enseignement de terminale fait un certain allée et retour à la situation problème proposée en l'expliquant pas mal de fois// alors j'ai remarqué l'existence des obstacles et des impasses au cours des interactions avec vos élèves //
15'44		A	Peut-être //Je pense la notion de la situation problème est nouvelle pour eux//je pense qu'à chaque fois je dois les rappeler car ils n'ont aucune idée sur la méthode suivie dans de ce TP //ils ne se savent pas l'utilité de la poste radio//Donc je dois répéter pour mettre les points sur les i// et on cherche à résoudre la situation problème//
16'12		C	À 7ème min et 17 secondes et dans l'étape de formulation des hypothèses nous remarquons qu'il y a des moments où vous revenez à l'explication de la situation problème que pensez-vous//
16'31		A	C'est une façon d'aider les élèves à formuler les hypothèses
16'40		C	Y a-t-il des obstacles des difficultés là chez les élèves en faisant le lien entre la situation et la formulation des hypothèses//
16'49		A	D'une part l'élève ne sait pas que cela veut dire hypothèse // d'autre part la démarche suivie est nouvelle pour moi et pour l'enseignant// J'ai craint de ne pas réussir cette séance alors je dois aider les élèves à formuler les hypothèses //sans cette aide je suis sûr qu'ils seront bloqués dans cette étape/
17'28		C	J'ai remarqué qu'il y a un guidage fort de votre part avec vos élèves//
17'36		A	Non // ce n'est pas fort à mon avis//ce n'est pas un guidage fort //c'est juste je les aide pour bien réfléchir et formuler leurs hypothèses //j'ai donné aucune hypothèse //se sont leurs propres hypothèses et pas les miennes//mais la façon de les émettre et les idées sont tous autour de ses hypothèses//J'ai essayé de rassembler les idées //
17'59		C	Pour la notion de la formulation des hypothèses quelles sont les difficultés rencontrées par les élèves// surtout que la majorité des élèves et plus précisément le 1er groupe qui ignorent la signification ni la structuration d'une hypothèse//
18'23		A	Oui c'est le problème que je l'ai rencontré avec ce groupe //j'ai essayé de les aider au cours de la formulation // et surtout j'ai essayé implicitement de donner des hypothèses pour ceux qui sont plus proches pour qu'on puisse avancer si non la séance sera bloquée//
18'38		C	Donc devant la mal formulation des hypothèses qui se trouve chez la majorité des élèves été vous satisfait en ce moment de votre pratique // pensez-vous que vous été toujours dans le cadre de la DI ou bien vous revenez à la démarche ordinaire//
19'13		A	Parfois je suis coincé // et du fait je dois aider les élèves sans sans//je pense aussi que sans mes aides que j'ai rapportés je ne peux pas avancer//je pense aussi qu'ils ne sont pas habitués à ce type de démarche//
19'40		C	Donc vous n'été pas satisfait en ce moment-là//
19'43		A	à ce moment-là j'ai senti qu'on ne peut pas avancer// et j'ai senti que peut être toute la démarche de la Di qu'on a tracé avant la séance de TP et qu'on l'a discuté entre nous je ne peux l'atteindre // et que je vais sauter les étapes de scénario pédagogique //qu'est-ce que je vais faire à cet instant// c'est tout ce qui tourne dans ma tête //et je ne sais pas la bonne solution que je vais la prendre// mais enfin j'ai trouvé que mes élèves ont pu poser leurs hypothèses malgré qu'elles ne sont pas bien formulées pour qu'on puisse avancer/
20'19		C	En ce moment (formulation des hypothèses) quelles difficultés rencontrez-vous au cours de l'articulation entre les réponses des élèves //
21'06		A	(Après un certain silence il répond) je n'ai pas bien saisie la question//
21'10		C	Lors de la formulation des hypothèses avez-vous rencontré des difficultés au niveau des articulations que vous avez fait entre les réponses de vos élèves //
21'32		A	Vous voulez dire des difficultés de communication avec mes élèves ?
21'36		C	Oui
21'37		A	Non je n'ai pas senti. J'ai senti que je dois les aider et ils peuvent proposer des hypothèses avec mon aide mais on va prendre peut-être un peu de temps et on peut s'en sortir.
22'05		C	Il y a un moment où le 1er groupe a bien formulé sa 1ère hypothèse et en repassant de nouveau à ce groupe vous le trouvez complètement bouleversé comme vous le voyez dans la séquence (11min et 3 secondes) // selon vous Pourquoi//

24'16		A	c'est parce les élèves ne savent pas que signifie une hypothèse // et comment on peut valider une hypothèse à travers une recherche //pour eux c'est difficile de choisir// ils ne savent pas à quoi sert une hypothèse//au début ils ont pensé que c'est moi qui va répondre à leurs hypothèses correctement/ comme une proposition à une réponse//mais en fait j'ai demandé de réaliser un circuit//à ce moment ils se trouvent coincé //ils ne savent pas ce qu'ils vont faire et quel plan ils vont suivre// lorsque j'ai proposé plusieurs situations de faire cela et de faire cela // j'ai expliqué aussi que signifie une hypothèse//alors ils ont pu avancer//
25'01		C	Nous passons à l'étape de l'élaboration de protocole expérimentale ++ pourquoi vous avez imposé l'utilisation de l'ampèremètre sachant qu'un de votre élève a proposé l'utilisation de l'oscilloscope//
25'27		A	si je veux laisser les élèves faire ce qu'ils veulent faire donc je pense qu'on va perdre du temps //et on peut pas arriver à réaliser tous le ou la suite de TP //Ceux qui ont voulu utiliser l'oscillo //ensuite ils vont voir que son utilisation n'est pas intéressante //il n'est pas facile de déterminer à chaque fois le déphasage //donc on peut aller directement au but // nous avons besoin de la résonance d'intensité//nous avons besoin d'un amplificateur // c'est plus simple // peut être que c'est moi qui l'a imposé //mais je vois qu'il est nécessaire qu'on puisse terminer TP au temps //
26'03		C	Donc toujours c'est le stress de temps//
26'10		A	Oui/oui++si j'ai laissé faire ce qu'ils veulent peut-être on passe toute une journée dans un TP sans atteindre tous les objectifs //
26'25		C	Mais pensez-vous que l'élève en ce moment peut perdre l'autonomie de chercher de créer//d'essayer avec les différents matériel//
26'37		A	Non pas ce que vous m'avez dit//c'est un peu déformé //pour la Dion doit laisser les élèves l'autonomie de choisir le matériel convenable //pour les classes de 1 <sup>ère</sup> et 2 <sup>ème</sup> années on peut faire ça mais pour les classes de terminales//ils savent beaucoup de trucs pour le matériel qu'on peut l'utiliser//je ne peux pas laisser mes élèves faire tout ce qu'ils veulent //car on va perdre notre temps sans peut être<...>//donc je peux peut être déformer la démarche// le contrat qu'ont discuté ensemble//à mon avis c'était nécessaire de faire ça // à mon avis ah // j'en sais pas peut être avec ce groupe si j'ai plus de temps et je vais voir ce que va donner//
27'47		C	Le bon matériel a-t-il d'influence sur le pratique de l'enseignant et sur le déroulement de la DI//
27'58		A	Évidemment le bon matériel est nécessaire //dans notre laboratoire on n'a pas d'assez bon matériel //par exemple des GBF mais ne sont pas tous en état de fonctionnement//on peut chercher 2 ou 3 oscilloscopes qu'ils ne fonctionnent pas //donc Si j'ai assez de bon matériel peut-être je peux laisser un groupe fait ce qu'il veut et l'autre travail avec un ampèremètre //et je peux voir pour la prochaine fois qu'est-ce qu'on peut régulariser pour une autre séance de TP//Je vois qu'il est idéale de dire que les élèves sont autonomes de faire ce qu'ils veulent// à mon avis on ne peut pas faire ceci dans une séance de TP d'une heure et 30 secondes.
28'45		C	Vous êtes intervenu autant de fois pour construction de montage //Pourquoi//
29'01		A	N'oubliez pas que mes élèves sont toujours dans une séance d'apprentissage// je veux voir ce qu'ils veulent// je régule et corrige les fautes commises ++si non on sera coincé //et on ne peut pas avancer//Peut-être il y a un groupe qui ne sait pas comment brancher un oscilloscope // il ne sait pas brancher le matériel //donc à ce moment ils ne vont ah+++//
29'37		C	Pourquoi devant le non-fonctionnement de circuit vous cherchez à donner directement la solution // Pourquoi ne laisser pas l'occasion à l'élève de trouver tout seul la solution en fonctionnant son savoir-faire//
29'59		A	si le matériel est en bon fonctionnement// je faisais comme ça pour corriger mes élèves qui ne savent pas construire correctement un montage // Je sais bien qu'ils ne sont pas des élites //et évidemment ils commettent toujours des fautes de branchement de matériel de calibrage ++/ donc je dois assister et régulariser euh c'est mon travail//si non une séance de TP consiste à présenter la situation problème au début puis je peux garder mon paillasse et laisser mes élèves jusqu'à la fin de la séance // à mon avis ils vont rien faire//
30'39		C	Pensez-vous que la bonne préparation de TP //je dis bien la bonne préparation du milieu d'apprentissage y compris le matériel pourrait assurer le bon déroulement de la DI// et éviter la perte de temps//
31'02		A	nécessairement i l n'y a pas des choses idéales dans notre vie // il y a toujours des choses à rapprocher à n'importe quel TP et à quel scénario pédagogique // mais à mon avis la DI comme tu m'as expliqué on ne peut pas l'exécuté à chaque fois dans une séance de cours //On a un temps à louer dans chaque chapitre //aussi pour une séance de TP //et on ne peut pas laisser les élèves

			travailler et mettre les hypothèses comme ils veulent//peut-être ils vont passer 1 heure ou 2 //dans ce cas sans succès //et la même chose pour le choix et l'utilisation de matériel //c'est donc le rôle de l'enseignant.
31'54		C	Nous passons à la fin de la partie expérimentale (34min et 6 secondes) //selon vous la présentation de matériel sur votre paillasse influent-elle sur choix des appareils à utilisés chez l'élève//
32'19		A	Oui nécessairement//
32'21		C	Vous ne pensez pas de demander à vos élèves la liste de matériel à utiliser dans le montage //ensuite vous pouvez faire sortir tout le matériel sur votre paillasse//
32'33		A	Toujours c'est le problème de temps //on va rendre l'élève tâtonner sur le matériel// ensuite on n'est pas sûre est ce qu'on trouve le matériel demandé par les élèves au laboratoire//il va penser au nombre de fils électrique nécessaire ++ ou bien le type de GBF par exemple les différentes valeurs de résistances à utiliser// donc c'est toujours la tâche de l'enseignant//
32'58		C	J'ai remarqué qu'il y a ___20 un écart entre le temps de la pratique de la DI en classe et le temps didactique imposé par le programme// pensez-vous que pour pratiquer la DI en classe de terminale il faut revoir le temps mis par le programme//
33'45		A	A mon avis la DI est une méthode parmi d'autre// on ne peut pas dire qu'on va travailler avec la DI durant toute l'année//franchement dit on peut pas faire ça//il y a aussi des séances de TP qui sont imposées par le programme où on ne peut pas appliquer la DI//ensuite moi personnellement je ne peux pas trouver à chaque fois la situation problème nécessaire ++ et ça demande beaucoup d'expérimentation de la part de l'enseignant//la DI peut être appliquée dans un chapitre d'électricité mais non dans un chapitre de radioactivité //l'application de la DI dépend de thème de la situation problème à choisir et de l'environnement préparé en classe//je pense qu'il n'est pas forcément appliquer la DI intégralement avec toutes les étapes du scénario qu'on a préparé au paravent//
35'05		C	Nous cherchons quels sont les avantages de l'utilisation de la DI en classe Tunisienne à partir de ce TP // expliquez pourquoi vous avez intervenir au choix de l'intervalle de la fréquence N de l'excitateur //et le traçage des axes de la courbe $I=f(I)$ //toujours je parle de ce guidage fort de votre part// est ce que c'est l'influence de la méthode ordinaire pratiquée pendant des années //
35'55		A	Oui effectivement c'est l'influence de la méthode ordinaire et du temps//Sans oublier l'influence de mon rôle d'enseignant qui consiste à aider toujours les élèves //je dois donner des solutions et on à les laisser faire choisir des axes euh//parfois c'est simple je les laisse le choix //s'il y a des difficultés à mon avis c'est ma tâche //je dois l'aider à choisir l'échelle convenable//
36'27		C	En ce moment pensez-vous que vous pratique la DI ou bien vous revenez à la démarche ordinaire//
36'37		A	En ce moment-là c'est la démarche ordinaire qui je me suis habitué//
36'43		C	Est-ce que vous avez eu une certaine interruption//
36'53		A	Oui // à chaque fois je reviens à la méthode ordinaire //
36'56		C	En pratiquant en classe sentez-vous cette déviation//
37'01		A	Non // je vois que mon devoir de faire comme ça // c'est ma méthode d'enseignement// je suis intéressé au choix des hypothèses //de choix de matériel //quelles sont les expériences qu'on va faire // et ensuite se serait un TP ordinaire//
37'23		C	Pensez-vous que la contrainte de temps fait stresser l'enseignant // et par la suite il s'oriente de la DI à la démarche ordinaire //
37'36		A	Peut-être si j'étais seule avec mes élèves en absence de camera et d'un chercheur qui attend des résultats je peux faire ce TP en deux séances //mais je dois gagner du temps//Déjà vous avez remarqué qu'on terminer juste au temps malgré les obstacles rencontrés et les déviations entre les deux démarches//la principale contrainte de la DI est le temps et l'inhabitude des élèves vis à vis de la DI//Peut-être je peux améliorer ma pratique dans le cadre de la DI.
39'02		C	Pensez-vous que la formation de l'enseignant dans la démarche d'investigation est nécessaire pour qu'on puisse la pratiquer de mieux en mieux en //
39'23		A	L'objectif n'est pas de pratiquer la démarche mais l'objectif est de sentir la nécessité de cette démarche et de sa pratique//dans ce cas on doit passer par des formations pour qu'on puisse réaliser ce travail et bien gérer le temps//Donc la formation est toujours nécessaire pour la nouvelle méthode//
39'57		C	Phase d'institutionnalisation (1 h et 26 min 45 secondes) Quelles difficultés rencontrez-vous en cherchant une solution à cette situation problème déjà proposée au début de la séance //
40'19		A	Peut-être j'ai accéléré un peu à la fin de ce TP et j'ai senti qu'il est bien passé//
40'23		C	Vous avez proposé tout seul la solution à vos élèves (en montrant la séquence à Mr Ahmed) vous

			expliquez en proposant la solution//
41'06		A	comme vous voilez il est déjà 1h30 c'est la fin de TP alors juste j'ai collé ou bien superposé le résultat l'expérience c'est à dire la transmettre à la réalité avec euh(silence)// Il y a un autre problème concernant la situation problème ce que c'est vrai qu'il y a une résonance de signale et non pas résonance d'intensité et en plus il y a d'autre chose qui intervient //et qui ne sont clair chez l'élève tels que le rôle de l'antenne le filtrage quel est la gamme qu'on doit l'utiliser pour déterminer la fréquence//tout ça nécessite des explications et d'approfondir les choses avec moi et pas avec eux //ils ont apporté une idée et à mon avis je dois l'approfondir //
42'13		C	Donc la bonne construction de situation de la situation problème assure le bon déroulement de cette démarche++// et nous pouvons arriver à une solution avec le moindre de contraintes est ce que vous été en accords avec cette idée//
42'37		A	Bien sur le bon choix mais on n'a pas assez de situation problème//à présenter aux élèves//On doit faire des recherches pour avoir des situations problèmes convenables //rappeler qu'on a cherché trop pour trouver la situation de ce TP//
43'15		C	Vous avez suivi toutes les étapes de ce TP pour arriver en fin à donner vous-même la solution à la situation problème proposée //ceci est-t-il efficace //surtout que dans la DI l'élève est demandé de construire son savoir et arriver à valider ses hypothèses par l'expérience et arriver lui-même à la solution//
43'36		A	Non euh//je pense que j'ai approfondi les choses que l'élève ne peut pas l'expliquer//
44'06		C	À la fin de ce TP vos élèves trouvent-ils le lien entre le résultat trouvé expérimentalement et la solution de la situation problème //
44'20		A	oui // en réalité ils sont satisfaits de ce qu'ils ont fait++// euh ils ont bien compris ce que veut dire une station radio//comment un post radio peut capter les signaux // je pense que c'était clair dans leurs têtes //Pour ce groupe franchement dit j'ai pas fait un suivie à eux //mais à la fin de l'expérience J'ai discuté avec eux et// j'ai constaté qu'ils sont très satisfaits //et ils ont compris ce qu'on a fait dans ce TP//ils ont dit pourquoi pas on ne peut pas faire des TP comme ça//le TP été clair et les résultats sont faits avec un seul groupe de la classe alors que le 2ème groupe a suivi une démarche classique//
45'15		C	Je vous rappelle que vous avez passez à toute la classe la même évaluation//que remarquez-vous lors de la passation de cette évaluation// sentez-vous qu'ils satisfait dans leurs réponses//
45'21		A	Je ne sais pas que ce qu'ils ont répondu //mais j'ai remarqué que le groupe d'élèves qui a fait avec moi le TP fondé sur la DI a compris pourquoi on a fait le test d'évaluation //ils sont satisfaits dans leurs réponses à mon avis//
46'30		C	Avez-vous trouvé dans ce TP des moments où la pratique de la DI est presque impossible à réaliser//
46'50		A	Le moment de formulation des hypothèses et// ensuite le moment de choix de circuit convenable ++pour faire l'expérience et valider leurs hypothèses//et la suite c'était simple ordinaire //et on a discuté qu'elles sont les variables qu'on va les choisir/ quels sont les courbes qu'on va tracer//pour moi c'était un travail ordinaire /et pour eux aussi // le grand problème est l'émission des hypothèses et la partie expérimentale pour la validation//
47'32		C	En quel moment vous avez trouvé un écart entre ce que vous avez préparé dans le scénario et la mise en œuvre de la DI //
47'57		A	Toujours ceci au moment de proposition des hypothèses et au moment de choix de matériel convenable //j'ai pensé qu'on ne va pas prendre beaucoup du temps // si on ne va pas pratiquer les étapes de la DI alors le TP ne serait pas réalisé /à mon avis je ne peux pas dépasser ces étapes car elles sont si nécessaires dans DI//au moment de proposition des hypothèses et ses validations tout le monde moi et mes élèves sont coincés//
48'36		C	Si je vous demande de refaire le scénario pédagogique de ce TP //quel changement faite vous//
48'49		A	Peut-être pour gagner le temps / d'une part je passe directement à la situation problème sans faire le rappel// d'autre part c'est moi je dois imposer le matériel et choisir les variables tout simplement//
49'28		C	Vous revenez donc à la méthode ordinaire
49'32		A	Amon avis il n'été pas nécessaire de laisser les élèves choisir le matériel// ce que les élèves doivent le présenter sont les variables qu'on va les étudier $I=f(N)$ ou $U =f(I)$ pour tracer les courbes et chercher les points particuliers présentant la résonance d'intensité//
50'17		C	La DI se font sur la créativité de l'élève qui construit son savoir sous l'œil de l'enseignant et pas l'inverse ainsi toutes les étapes de scénario basé dans le cadre de la DI // été vous d'accords de ceci //
50'44		A	la DI se prend en globalité et non par les étapes //et l'application de ces étapes en classe ne se

			font d'une façon précisée avec de horaires fixées au paravent// donc on doit travailler pour atteindre un tel objectif//la méthode de la DI est intéressante et nouvelle mais je ne suis pas obligé de suivre tous les étapes pour faire réussir un cours où la tâche de l'enseignant est principale //Comment il guide les élèves et les laissent à construire leurs connaissances //parfois il leurs transmettent quelques parties de ces connaissances// c'est l'essentielle pour moi//Le mauvais choix de situation problème et le manque de bon matériel sont parmi les contraintes de la DI//
52'02		C	Dans une séance de TP laquelle de démarche vous la préférez à pratiquer //
52'20		A	Je choisis la DI //lorsque j'ai la possibilité de l'appliquer //
52'39		C	Dans ce TP//
52'43		A	Oui dans ce TP puisque j'ai fait l'expérience et j'ai senti la satisfaction de mes élèves//
52'52		C	Donc c'est un plus pour vous et vos élèves //
52'58		A	Oui c'est un plus puisque la situation problème existe et pour préparer un scénario on doit passer beaucoup du temps// mais si on trouve des scénarios qui sont prêts//pourquoi pas on ne fait pas avec//
53'16		C	Pouvez-vous nous donner un pourcentage concernant votre satisfaction//
53'26		A	Je donne dans ce TP 70%//
53'40		C	Si je demande de refaire ce TP avec la DI, pouvez-vous dépasser ce pourcentage de satisfaction //
53'50		A	Je n'ai jamais été parfaitement satisfait par la méthode d'enseignement suivie //Je sens toujours qu'il y a 20 des choses qu'on peut l'améliorer//Je pense que je me trouve plus à l'aise et je peux refaire ce TP dans des conditions plus favorables pour les élèves et peut être oui je peux avoir plus de satisfaction//
54'19		C	Je vous remercie énormément pour cet entretien et pour votre collaboration//
54'24		A	Merci et tout mon encouragement//
54'35		C	Je vous laisse le vidéo de Mr Férid pour cibler les questions que vous allez les poser//Merci

**Annexe7 : Transcription Entretien croisé  
Férid.**

## Transcription. Entretien croisé Férid

Partie 1 : Rappel : 0''0'			
Tep	Temps	Locuteurs	Productions verbales
1		C	Bonjours aujourd'hui c'est 20 Mai 2016//On a l'occasion de faire un entretien croisé pour la séance de Mr Férid et la séance de Mr Ahmed. Alors on va commencer par un entretien croisé concernant la séance de TP de Mr Férid //Alors je voulais le mot Mr Ahmed
2		A	Merci donc je veux voir surtout la partie telle que // vous avez entamé le cours (en observant la séquence (p.1s13min)) //Est ce que vous voilez Mr Férid que cette partie de cours est intéressante et importante pour entamer ce chapitre hm ce TP ? //
3		F	Bon j'ai essayé de se rappeler avec mes élèves//ce que nous avons vu dans la séance précédente et même le concept d'oscillation forcé//.C'est un rappel c'est un rapide avec tous mes élèves puisque le phénomène <globale?> est le phénomène de résonance d'intensité alors j'ai fait tout ce qui est nécessaire pour que tout //ce que pensé à les notion qui sont déjà vu dans la séance précédente//c'est un rappel rapide avec ce qu'on a vu .j'ai essayé d'appliquer le scénario.je ne sais Combien de temps j'ai resté?
4		A	Cette partie du cours elle est mis dans la phase de scénario //je pense que vous avez ajouté cette partie elle n'est pas dans le scénario pédagogique < en cherchant dans la copie du scénario> //
5		F	Elle n'est pas dans le rappel ?
6		A	Vous avez pris pratiquement //7min pour faire rappel (A et continuent à observer le vidéo) nous voyant maintenant la partie de la situation problème//
7		F	Je crois qu'avant ça j'ai fait une petite définition de phénomène de la diffusion //<il revient à observer la séquence > //je crois que j'ai expliqué haha le phénomène de la diffusion pour entamer la situation problème ? //
8		A	Pourquoi ?
9		F	J'ai supposé que ce soit un phénomène où les élèves ne sont pas habitués
Partie 2 : Situation problème : 5'47"			
10	5'47	C	(L'entretien simple de F a montré qu'il a trouvé des problèmes en proposant la situation de problème alors en s'adressant à A) selon vous comment Férid peut -il dépasser ses difficultés ? //
11	6'08	A	C'est à dire vous avez introduire le phénomène de diffusion pour simplifier et introduire le phénomène de la résonance ? //
12	6'21	F	C'est à dire pour que les élèves assimilent la situation proposée// (en dirigeant la parole à P1) comment se fait le phénomène de la diffusion ? //
13	6'35	A	C'est à dire il y a des difficultés de comprendre le phénomène de résonance d'intensité dans la situation problème que vous avez proposé C'est ça ? //vous voilez que la situation problème est bien difficile pour les élèves // elle a un niveau si vous voulez plus élevé que leur niveau de compréhension des élèves pour cela vous avez introduit le phénomène pour simplifier la situation//
14	6'55	F	oui /oui tout simplement //
15	7'02	A	(En dirigeant la parole à c comme réponse à la question posée) c'est à dire que la partie qu'il l'a introduit il croit que la situation problème dépasse leurs connaissances donc pour rapprocher les connaissances si vous voulez
16	7'11	C à A	Selon vous est qu'il est bien réagi dans cette activité (proposition de la situation problème)
17	7'13	A	oui /de faciliter la tâche pour ces élèves sans qu'il parle de la résonance d'intensité//je vois que c'est intéressent pour qu'il euh//<il dirige la question à P2> est ce que vous avez durant le séquence vous avez < associé?>// ce TP ne peut pas aller à ses fin parce que vous pensez que le TP ne peut pas être aboutie sans ses étapes et vous craigniez que ses étapes sont délicates // et les élèves peuvent bloquer la démarche complète à l'instant donnée//
18	7'54	F	Lors j'ai proposé la situation problème j'ai senti que // les élèves n'ont pas utilisé la notion de la résonance et sa relation avec la situation//la situation problème est peut-être due au phénomène de résonance d'intensité //et comment se fait la liaison entre la situation problème et le phénomène de la

			résonance d'intensité//
19	8'31	A	Pour quoi vous n'avez pas laissé les élèves sans cette définition< c'est à dire phénomène de diffusion> puisque cette partie n'existe pas dans le scénario ? //
20	8'42	F	J'ai dit que c'est un phénomène étrange pour les élèves //on utilise le poste radio pour expliquer un phénomène étrange //et lui-même utilisé pour expliquer le phénomène de diffusion//
21	8'55	A	c'est à dire vous allez ajouter une partie tel que vous êtes conscient que vos élèves ne vont pas comprendre la situation // je pense que vous avez facilité la tâche des élèves //mais vous avez ajoutés une partie qui n'est pas nécessaire d'après moi //et je vous rappellerez dans la séance que j'ai la faite que j'ai proposé la situation sans parler de phénomène de diffusion //et moi bien sûr j'ai essayiez faire bien comprendre le phénomène //peut-être facilite mais euh//
22	9'32	F	On présente le poste radio devant les élèves //et je manipule/ le bouton pour chercher une poste radio que l'élève va suivre //mais quelle relation existe-t-elle entre le poste radio et le phénomène de résonance ? /
23	9'49	A	Donc vous n'été pas convaincue de la situation problème !
24	9'53	F	C'est une petite tache que j'ai vu qu'elle est nécessaire pour approcher///
25	10'01	A	Est-ce que l'idée que vous préparez ça avant de rencontrer les élèves //ou bien c'est une idée qui a eu lieu en même temps de votre rencontre avec eux dans la séance ? //
26	10'08	F	J'ai lu le scénario avant de passer au TP et j'ai dit qu'elle est nécessaire
27	10'17	A	Vous avez vu qu'elle est nécessaire à cet instant ou avant de commencer le TP ? // c'est à dire que vous sentez la nécessité d'ajouter quelque chose spontanément au cours de TP ou c'été avant lorsque vous avez préparez le scenario ? //
28	10'30	F	Non c'été pas spontané //j'ai pensé à ça avant de déclencher la situation problème auquel j'ai vu qu'il est nécessaire pour enseignement //
29	10'43	A	À mon avis peut-être c'été nécessaire //peut être s'a complique peut-être elle va donner autre c'est à dire nous sommes dans un cadre d'un excitateur d'un résonateur vous avez ajouté autre chose//
30	10'56	F	Je ne peux pas aller plus loin pour expliquer le phénomène de la résonance sans introduire une telle information en bref pour euh// puis j'ai vu que c'été nécessaire si non c'est un phénomène que l'élève ne jamais comprendre tout simplement// j'ai essayé de simplifier la situation problème pour avec euh //
Partie 3 : Hypothèses : 11'53			
31	11'53	A	<A et F reviennent de nouveau à se concentrer sur la suite de séquence vidéo concernant la formulation des hypothèses> est ce que vous avez rencontré des problèmes pour l'émission des hypothèses ? //
32	12'11	F	Ça c'été prévu
33	12'14	A	Ah c'été prévu //comment vous avez fait ici pratiquement vous avez guidé ici//
34	12'18	F	J'ai guidé pour pouvoir continuer tout simplement// pour que les élèves peuvent continuer le reste de TP//
35	12'32	A	Pourquoi vous n'avez pas laissé le temps à réfléchir pour qu'ils donnent au moins une ou deux hypothèses ? //et ensuite vous l'expliquez le phénomène//
36	12'41	F	Je crois qu'ils peuvent formuler quelques hypothèses// l'aide c'été nécessaire
37	12'49	A	Pour moi je vais donner aux élèves le temps nécessaire de réagir// ensuite s'il n'a y a pas de résultat //je vais guider les élèves //je vais donner à l'élève le temps nécessaire//
38	13'10	F	Par exemple combien de temps ?
39	13'17	A	2 ou 3 minutes
40	13'19	F	J'ai utilisé 2ou 3 min et je n'arrive pas parfaitement à formuler les hypothèses donc vous êtes obligé d'exciter les élèves //ou bien le pousser à formuler des choses et n'oublier pas le temps qu'il ne faut pas à dépasser//
41	13'49	A	Et le coté de matériel
42	13'50	F	Oui/ ça est un grand problème//je suis obligé d'aider les élèves à formuler pour gagner le temps car ce que je sens que le matériel //n'est pas parfait donc j'ai pensé à ça dans la situation précédente j'ai trouvé beaucoup de problème de matériel il y'a beaucoup de perte de temps <...> //bien sûr il faut préparer le matériel d'avance// c'est pour cela avant de commencer les mesures //j'ai

			demandé de mes élèves proposer les différentes méthodes pour mesurer la tension efficace// si on utilise un oscilloscope on peut mesurer la tension maximale //si on dispose un voltmètre on mesure la tension efficace//
43	15'25	A	Vous avez pris des choix et vous allez faire un tri tout seul vis avis de ce qu'il existe au laboratoire//
44	15'34	F	Si on ne dispose pas de ce matériel qu'est-ce qu'on peut utiliser pour mesurer l'intensité ? //
45	15'40	A	Enfin c'est vous avez fait le tri de matériel nécessaire la question//
46	15'33	F	Le matériel est le même matériel utilisé au chapitre précédent d'oscillation forcée et sinusoïdale// j'ai déjà utilisé la même circuit /le même matériel pour réaliser notre tâche c'est la tâche de la résonance de l'intensité // pour moi je n'ai pas laissé le choix aux élèves de chercher le matériel tous seuls puisqu'ils savent le circuit RLC série
47	16'19	A	Ce sont des acquis alors ?
48	16'22	F	Oui se sont des acquis mais tout simplement j'ai rencontré des difficultés des appareils des mesures <...> comme j'ai déjà expliqué //si on utilise un ampèremètre si non on utilise un voltmètre //
49	16'45	A	Est-ce que vos élèves sont habitués à faire de discussions entre eux ? //je pense qu'ils sont habitués de parler toujours avec vous et ne font pas de discussions entre eux comme c'était prévu au cours de la DI //ils parlent en même temps et ceci c'est vu au cours de formulation des hypothèses //ils s'adressent avec vous et ils parlent en même temps et ce ne pas ce qu'il est prévu au cours de scénario//
50	17'16	F	Ne sont pas intéressés ?
51	17'22	A	Ne sont habitués de discuter ensemble à poser des questions ensemble pour donner quelques choses qui est active//
52	17'31	F	Il s'agit d'enseigner avec un système <...>// s'il s'agit de l'autre classe cela diffère ils sont actifs // tout simplement généralement on utilise une méthode plus au moins active ou bien inductive qui est par exemple<A notre la séquence à F> //donc se sont donc les effets des autres méthodes// cette méthode DI est nouvelle//
53	18'26	A	Si vous changez la répartition des groupes // je pense que ça va donner quelques choses il faut changer l'organisation des groupes//
54	18'38	F	Peut-être< P2 montre à P1 sur la séquence vidéo les deux élèves les plus motivés> //vous voyez ce groupe là c'est le meilleur il contient ces 2 élèves qui sont les meilleurs et motivés //il y'a des élèves qui sont plus ou moins moyennes et les autres de l'autre groupe sont en voisinage de la moyenne //c'est comme ça ils ne sont habitués à discuter ou bien à//
55	19'05	A	Peut-être si vous essayiez l'organisation des groupes
56	19'09	F	Ça je peux avoir par exemple utilisé trois groupes
57	19'14	A	non//c'est pas le nombre des groupes c'est l'organisation des groupes c'est l'emplacement des élèves pour qu'ils puissent/ j'ai constaté que les élèves ne discutent entre eux //ils discutent toujours avec leurs prof même dans la formulation des hypothèses// où il a travaillé comme il m'a dit avec la méthode inductive //c'est toujours l'enseignant qui est au centre //car c'est une classe de terminale et il faut penser au programme //mais à mon avis s'il a changé non pas le nombre des élèves ou le nombre des groupe mais l'emplacement des élèves /s'il a mis deux élèves de ce côté et deux élèves de l'autre côté pour créer des interactions entre eux//
58	20'16	F	Qu'est-ce qu'on peut faire par exemple ?
59	20'19	A	Des tables rondes par exemple pour qu'ils puissent discuter//
60	20'25	F	Comment ils puissent regarder suivre au tableau ?
61	20'26	A	Non//juste pour la discussion c'est à dire l'organisation de la salle à imposer
62	20'31	F	Enfin la discussion //je peux laisser les élèves 30min à discuter ça sera nulle à mon avis //mais c'est en principe avec la méthode (didactique) n'oubliez pas que vous avez des expériences à réaliser et qu'ils n'ont pas de matériel parfait que vous avez remarquez//
63	21'01	A	Vous allez changer l'organisation dans la prochaine fois ?
64	21'05	F	Bien sur

65	21'07	A	Je n'ai pas changé l'organisation //mais lorsque j'ai vu mon collègue comment il a travaillé c'est maintenant que j'ai l'idée //lorsque j'ai fait la séance je n'ai pas changé l'organisation et peut- être j'ai le même problème //et se je sais est ce que les élèves ont discuté ensemble ou pas// mais pour l'instant j'ai pensé que s'il a fait l'organisation ce n'est pas de cette façon //
66	21'29	F	(En montrant une séquence à P1) voilà ils discutent ils vont formuler les hypothèses// mais n'oublier pas que c'est toujours que la première fois que j'enseigne avec la méthode d'investigation //elle été étrange pour moi et étrange pour les élèves donc// c'est normal qu'on ait des problèmes si on refait cette séance encore une fois elle sera différente pour moi et pour les élèves//
67	22'14	A	Pourquoi as-tu dessiné le montage sur le tableau ?
68	22'16	F	Bon //comme j'ai déjà dit ils sont habitués de ce montage et à le réaliser //il est déjà utilisé pas mal des fois dans les oscillations électriques amortie et dans euh//
69	22'30	A	Puisqu'ils sont habitués alors ce n'est pas nécessaire de faire le montage au tableau en principe vous laissez les élèves travailler//
70	22'39	F	Oui //j'ai voulu que les élèves font un circuit correct tout simplement //ils peuvent schématiser un circuit //ils peuvent faire un branchement correcte//
71	22'53	A	Donc vous voilez qu'il est inutile de faire le schéma de montage sur le tableau
72	22'55	F	Oui c'est inutile de faire ça donc c'est acquis schématiser un circuit réaliser le montage prendre les mesures <... > vous voilez par exemple le problème de matériel on peut utiliser un ampèremètre ++on peut utiliser un oscilloscope /des résistors//
Partie 4 : expérimentation : 23'31			
73	23'31	A	Tu pourrais vérifier le matériel avant la séance
74	23'34	F	Oui //comme vous voilez nous avons deux ou bien un ampèremètre déjà j'ai les vérifié//
75	23'48	A	Pour s'assurer ah d'accords// juste pour s'assurer que les ampèremètres fonctionnent// malgré que le matériel soit vérifié vous avez encore une autre fois le vérifié //est ce qu'ils ont fait le montage tous seuls (A se concentre sur la séquence vidéo) ?
76	24'13	F	Tout d'abords ils ont pu faire le montage tous seuls mais les appareils des mesures ne sont pas bons//alors j'ai essayé de remplacer quelques-uns//bon finalement ils ont pu//
77	24'21	A	Juste pour gagner le temps ?
78	24'25	F	Bien sûr je n'ai pas demandé les élèves de chercher les appareils des mesures qui ne sont pas détériorée //et voient pourquoi ne marchent pas bien sûr pour gagner de temps et pour voir les idées ? //
79	24'42	A	Je vois enfin Ah//enfin que vous avez fait le circuit
80	24'55	F	Bon /J'ai fait le circuit avec plaisir tout simplement ils l'ont déjà construit correctement //mais le problème consiste dans les appareils des mesures //et peut-être même dans un fil de connexion // donc j'ai essayé d'aller plus vite //
81	25'14	A	C'est à dire vous voilez que le temps une heure et 30 //c'est impossible de faire ce TP et d'appliquer le scénario pédagogique//
82	25'23	F	Les connaissances des élèves sont favorables le problème est dans le matériel//
83	25'28	A	Les connaissances des élèves ne sont pas favorables//
84	25'32	F	Si les connaissances sont favorables ainsi le matériel on peut faire ce TP dans le temps //je parle de l'environnement de matériel et ainsi de suite //c'est pour le sens favorable de milieu et de matériel qu'on gagne le temps//
85	25'45	A	Est-ce que vous intervenez pour accélérer le découlement de TP
86	25'51	F	Ça c'est normal il faut intervenir
87	25'54	A	Vous voliez qu'il faut intervenir
88	26'07	F	n'oublier pas il y a __20 des élèves qui peuvent calculer rapidement //ils peuvent par exemple convertir les unités et utiliser les calibres //et il y a __20 des élèves qui sont plus ou moins incapables//je n'ai pas une classe homogène// ils des élèves qui sont bon // Ilya des élèves qui moyennes et il y a des élèves qui sont effectivement faibles //j'ai remarqué déjà qu'il y a __20 des élèves qui ne peuvent pas utiliser une appareil des mesures// comme par exemple lorsqu'il s'agit d'une appareil des mesures numériques ça facile mais s'il s'agit d'une appareil à aiguille //il y'a des élèves ne savent pas pourquoi nous utilisons la lecture L et appliquer la formule tout simplement//
89	27'13	Cà A	est ce que vous été satisfait des interventions de Mr Férid
90	27'19	A	Jusqu'à maintenant je vois que l'expérimentation a pris beaucoup de temps et//qui a

			guidé au cours de l'explication à ses élèves // c'est un guidage fort de plus je peux donner mes remarques par la suite
91	27'44	F	A et F reviennent à visualiser la suite des séquences vidéo > n'oublier pas qu'il y a 20 des élèves qui sont absents et je vous rappelle que le groupe est à 8 élèves présents mais en réalité c'est un groupe de 13 <il y a des élèves qui sont là et considèrent ce TP facile ?>l'environnement : est plus important
92	28'33	C	Sort de la salle et demande le silence pour qu'on puisse continuer //selon vous Mr Férid pensez-vous que les élèves sont convaincus de résultats trouvés ? // sont-ils satisfaits
93	30'55	A	Maintenant il parle de la résonance d'intensité avec les valeurs trouvées mais je veux voir le passage entre la partie expérimentale et la situation problème
94	31'42	F	En voyant la conclusion est ce que vous sentez que les élèves vont dégager la conclusion ?
95	31'53	A	Je vois que la conclusion reliant entre la résonance d'intensité et le pic d'intensité est claire
96	31'56	F	Est-ce que je dois intervenir par exemple pour dégager cette conclusion
97	32'03	A	Non : vous n'avez pas intervenir juste ils parlent tous ensemble et pour la conclusion c'est bien le passage
98	32'11	F	La dictée par exemple d'imposer les élèves se qu'ils vont écrire
99	32'16	A	Je vois c'est normal on cherche que les élèves doivent écrire tous ce qui est correcte et pas ce qu'ils pensent
100	32'30	F	Moi j'attends juste j'attends comment vous avez pu passer de la situation de la conclusion de ce TP à la poste radio< en revenant à la séquence vidéo>
101	34'11	A	C'est eux-mêmes qui ont dégagé la variation de la capacité et de l'inductance ?
102	34'16	F	Non j'ai dit lorsque je fais agir ce bouton on varie quoi ils ont dit qu'on fait agir sur les grandeurs caractéristiques d'un circuit RLC ils des élèves disent qu'on agit sur la capacité d'autres disent qu'on agit sur je ne sais pas //
103	35'11	A	le passage est bien entre la présentation de TP et la situation problème juste l'inconvénient que je vois que juste un seul élève ou deux élèves répondent aux questions en sait pas si les autres ont compris ou non peut-être à mon avis si vous demandez à écrire sur les copies ou une copie à par les liens entre les deux je crois que cette élèves <en dirigeant son doigt vers le vidéo> qui a toutes les réponses correctes et qui vous le suivez et vous mettez le reste de groupe à part
104	35'49	F	Oui j'ai déjà remarqué ça je suis coincé par le temps
105	35'57	A	C'est à dire si vous avez de temps vous pouvez éviter ça
106	35'59	F	Oui : mais normalement ce n'est pas par l'évaluation qu'on peut voir est ce que les élèves ont assimilé le phénomène ou non//
107	36'12	A	Même l'interaction permet de nous voir est ce que les élèves ont compris //
108	36'18	F	Il y a des élèves qui comprennent mais ne participent pas les autres élèves sont motivés il y a des élèves qui ne trouvent de nécessité de participer ils interagissent difficilement
109	36'53	A	j'ai deux petites approches deux petites idées d'une part vous été très par le temps et à chaque fois vous essayez de sauter sur quelques étape qui sont minimales mais elles sont intéressantes donc c'est le sauci de temps d'autre part vous discutez avec un ou deux élèves et vous avez une idée sur vos élèves les autres ne vont discuter puisqu'ils sont timides ou puisqu'ils n'ont pas de bagage pour parler le passage à la situation problème est un passage qui se passe bien et souple /<problème sur l'appareil d'enregistrement
110	38'15	F	Je suis stressé par le temps par la nouvelle méthode
111	38'20	A	Par la nouvelle méthode d'accords c'est à dire tu penses que si on refait l'expérience vous pouvez
112	38'27	F	Mais avec une formation convenable
113	38'34	A	Mais je vois que vous avez réussi le TP
114	38'39	A	Bon je ne suis pas parfaitement satisfait je crois qu'avec une bonne formation sur cette méthode je peux améliorer //euh le rondement pour moi je vois que cette méthode d'investigation est une bonne méthode et nouvelle mais s'a dépend de formation
115	39'13	A	Malgré que la formation soit nécessite tu es satisfait
116	39'18	F	Elle est difficile mais je peux réussir
117	39'24	A	Merci bon voilà
118	39'28	C	Nous passons maintenant à l'entretien croisé en observant le TP concernant Mr Ahmed à vous la parole Mr Férid pour vos critiques

**Annexe 8 : Transcription. Entretien croisé  
Ahmed**

## Transcription. Entretien croisé Ahmed

Temps : 39'28		
Temps	Locuteurs	Productions verbales
39'28	C	Nous passons maintenant à l'entretien croisé en observant le TP concernant Mr Ahmed à vous le parole Mr Férid pour vos critiques//
39'44	C à F	Quels sont les parties dont vous allez appuyer dans ce TP// est ce que la situation problème ou bien autre chose
37'58	F	Pour moi je n'ai pas vu entièrement le vidéo.
40'07	C à F	Quels sont les étapes les plus sensibles dans ce TP d'après votre séance
40'10	F	Les étapes les plus sensibles c'est la situation problème c'est le choix de la situation problème ça c'est important
40'32	A à F	Non concernant à vous mais aussi concernant mon travail
40'41	F	j'aimerais voire la proposition de la situation problème et sa relation avec l'objectif final de la séance d'abords ensuite la formulation des hypothèses le coté expérimentale puis le lien entre ce que vous avec proposé comme situation problème et les objectifs finals de la séance <P2 observe les séquences vidéo> à priori vous avez pris deux groupes d'élèves //ça c'est rappel //ici vous essayiez d'expliquer le phénomène d'émission oui// <Ahmed revient à visualiser le vidéo> par exemple les élèves ne savent que nous allons utiliser le GBF pour créer la tension excitatrice l'oscillateur on manipule en place et ne savent pas que la tension excitatrice // c'est quoi par exemple les élèves manipulent le circuit RLC en utilisant le GBF série et pour le poste radio quelle est par exemple la tension excitatrice?
43'38	A	Je voulais parler avant de la tension excitatrice je veux parler des ondes qui stimulent et excitent l'antenne cette partie les élèves ne les connaissent pas donc je essayé d'expliquer cette partie convenablement pour qu'ils commencent c'est à dire / je vois que l'intérêt de la situation problème c'est d'excitateur qui subit l'excitation l'antenne et par la suit on va passer au résonateur donc avant l'antenne les élèves ne peuvent pas l'expliquer
44'14	F	Donc essayiez de donner à vos élèves quelques informations ce qui concerne le concept de l'émission
44'20	A	P1 oui dans ce cas je vois qu'il est intéressé d'ajouter quelques informations et au moment donné on passe de l'idée que je l'ai préparé mais momentanément j'ai voulu que les élève puissent comprendre l'excitation<en montrant la séquence>
44'37	F	Qu'est-ce que vous faite ici lorsque vous agitez sur les boutons
44'49	A	Juste j'ai voulu leurs montré on peut passer de l'excitation à une autre c'est à dire on peut passer d'un excitateur à un autre
45'23	F	Ils disent qu'on cherche une certaine fréquence
45'26	A	Oui on ne peut pas la fréquence avec le phénomène de résonance mais déjà l'idée de choisir une fréquence excitatrice elle est déjà née
45'45	F	On cherche les fréquences excitatrices vous avez déjà calculer l'autre la fréquence propre est ce qu'elle est la fréquence excitatrice ? jusqu'à maintenant ils ne savent pas vraiment ?
45'57	A	Non jusqu'à maintenant j'ai voulu prendre l'idée de l'élève qui a dit qu'on va chercher une fréquence en fait c'est une fréquence particulière //ici pour l'excitateur il y a plusieurs excitateurs dans l'air dont on va chercher un// le silence absolue vous voilez
46'46	F	Est-ce que vous avez trouvé des difficultés dans la maîtrise de la situation problème
46'50	A	Non a nom avis l'objet de la situation problème c'est que les élèves jusqu'à maintenant n'ont pas de réponse et ils vont chercher de la réponse au cours de la séance de TP c'est ce que j'ai compris de Mme Saida <chercheur> c'est une question énigme on parle de la réponse momentanément et on doit réfléchir comment on va faire pour atteindre la réponse si la réponse est prête alors à quoi sert ce TP à mon avis
47'25	F	L'objectif de la séance c'est quoi ?
47'40	A	À mon avis l'objectif c'est que les élèves réfléchissent durant la séance à la situation problème et de créer un matériel et de faire de l'expérience et revenir à la situation problème pour répondre à la question de départ mais comme vous voilez ()
47'59	F	Répondre à la question de départ ou bien réaliser une expérience qui permet de mettre en évidence le phénomène de résonance d'intensité et de trouver un lien entre des différentes intensités et la situation problème c'est comme il est écrit dans le scénario pédagogique
48'25	A	L'objectif globale est l'étude de phénomène de résonance d'intensité ça c'est l'objectif globale

48'30	F	L'objectif ce n'est pas expliquer le fonctionnement de poste radio mais l'objectif est de chercher dans quelle condition on peut obtenir le phénomène de résonance d'intensité puis on fait un lien avec une application que se fait avec le phénomène de la diffusion
48'59	A	La situation problème est un phénomène qui va déclencher ()
49'04	F	Il ne s'agit pas de la situation problème la situation problème va mettre des questions pour que les élèves vont voir comment ça marche le poste radio
49'30	A	C'est ce que j'ai compris de scénario que l'objectif globale est le phénomène de la résonance on commence par la situation problème qui est la situation de départ tels que les élèves n'ont pas trouver des réponses on réaliser des expériences y compris on va étudier le phénomène de la résonance à la fin on a pu répondre à la question de départ à partir de phénomène étudié ()
49'54	F	Lorsqu'on réagit sur le bouton on cherche quoi ?
50'06	A	P1 lorsqu'on agit sur le bouton on cherche de se mettre en résonance le poste radio avec l'excitateur 'est tout à fait ()
50'18	F	On cherche avec une fréquence propre ou avec fréquence quelconque ?
50'20	A	Non on va donner une fréquence propre qui correspond à la station radio par exemple comme j'avais dit ils ont une fréquence excitatrice et on a un résonateur on va ne pas changer celle de l'excitateur on change la fréquence de résonateur c'est tout à fait l'inverse de celle de TP
50'35	F	Est-ce que les élèves connaissent qu'il s'agit de la fréquence excitatrice ? donc ils parlent peut-être d'une tension excitatrice
50'44	A	Non/ j'ai expliqué au départ qu'il y a une tension excitatrice cette tension excitatrice a une fréquence c'est la fréquence de la station radio et la question c'est comment on peut sélectionner une fréquence parmi les autres ? c'est ça la réponse à un excitateur qui a un résonateur l'excitateur on plusieurs excitateurs nous voulons s'enchaîner nous voulons entrer//
51'12	F	Vont-ils chercher une fréquence propre//
51'16	A	Une fréquence propre non à partir de poste radio//
51'21	F	Oui
51'25	A	Ils vont régler le poste radio de façon que la fréquence propre soit égale à la fréquence de l'excitateur
51'30	F	Quelle est la relation de cette fréquence là et la valeur la plus élevée de l'intensité //
51'35	A	Lorsque le résonateur est en résonance avec l'excitateur le signale va être capter lorsqu'on a l'amplitude maximale l'amplitude de signale regarder doit être maximale et pour eux je n'ai pas ()
52'05	A	Non quand est ce que j'ai changé le réglage de station lorsque je s'éloigne de part et d'autre le signale ne devient maximale il est parasité//
52'21	F	Ce que j'ai compris que le phénomène de résonance d'intensité est un phénomène techniquement très compliqué //et nous avons essaie de euh simplifier le phénomène le plus simple possible et j'ai déjà vu qu'il y a toujours des problèmes// à mon avis est ce que nous avons répondu à la question à la fin
52'53	A	Vous allez voir ce que j'ai fait à la fin
52'56	F	Revenant à la phase de formulation des hypothèses les élèves essaient de formuler les hypothèses chacun cherche sa formulation propre pourquoi ils ne cherchent ensemble
53'27	A	Non//ils discutent voilà ils discutent entre eux peut-être c'est le cameraman qui les gêne en se rapprochant d'eux à l'instant je suis à l'écart j'ai donné un temps
54'09	F	Je vais voir les deux réponses (sur la copie d'un élève) je veux voir les formulations
54'23	A	Quelques élèves ne savent pas que veut dire hypothèses
54'27	F	C'est un obstacle // c'est le problème qui se trouve chez moi aussi //alors les réponses//je remarque que vous n'avez pas intervenue// vous été satisfait de ses interaction avec ses élèves// jusque maintenant il laisse à ses élèves le temps pour réfléchir
55'19	A	D'abords la formulation comment c'était//
55'45	F	Voilà un blocage que vous avez trouvé
55'48	A	Oui /j'ai trouvé un blocage ils n'ont pas pu formuler des hypothèses
55'51	F	Est-ce que vous avez senti que vos élèves ont des difficultés de formulation
55'57	A	Oui la difficulté existe mais j'ai laissé un de temps pour qu'ils puissent agir et pour qu'ils puissent réfléchir sur les hypothèses
56'10	F	Il y a quelques formulation //les élèves ne parlent pas je ne sais pas moi ils des élèves qui formulent les hypothèses sont bloqués //pourquoi vous parlez de phénomène d'intensité

		comment ils peuvent maîtriser le phénomène de l'intensité// est ce que c'est la même
57'29	A	Non ce n'est pas la même vous avez raison peut être j'aurai dit une grandeur et non pas dit intensité pour n'ont pas l'influencer sur la valeur de cette intensité
57'51	F	Est-ce que vous avez senti que vous avez facilité la tâche des élèves dans la formulation des hypothèses//
58'03	A	Je vois que j'ai les aider
1h00'14	C à F	Selon vous l'enseignant est-il obligé d'accepter toutes hypothèses même si elles été fausses ou bien il y a quelques limites //est ce qu'il est avantage d'aller avec tous les hypothèses à valider après l'expérience pour que l'élève se convaincre qu'il y a quelques-unes qui sont fausses et d'autre sont juste ou bien il est obligé de sélectionner //
1h00'40	F	Non/ il doit choisir toutes les hypothèses même si elles sont fausses et doit réussir à donner une réponse qui coïncide à la situation problème /pourquoi vous utiliser cette situation problème il va chercher une réponse//
1h01'19	C à A	La sélection des hypothèses sera au niveau de débat entre les élèves ou bien il faut aller avec pour valider à la fin//
1h01'19	A	Vous voulez l'élève a proposé une hypothèse convenable qu'il va l'exploiter pour toute la classe et il va chercher le matériel c'est à dire on cherche l'hypothèse convenable parmi plusieurs hypothèses puis on va passer à sa validation nous ne sommes pas obligés de valider toutes les hypothèses proposées par les élèves ça sera une perte de temps//
1h01'52	F	Ont à laisser les autres hypothèse
1h01'56	A	Oui c'est mieux d'exploiter les autres hypothèses mais elles ne vont avec l'objectif de ce TP
1h02'12	F	Pourquoi vous proposez une situation problème à laquelle on cherche une réponse //
1h02'33	A	Juste à mon avis je ne sais pas ceux qui ont fait la DI pour lier la vie courante d'une part avec ce qu'on vie en classe et d'autre part pour avoir ce qu'on appelle ici de la dévolution de problème c'est à dire dans un problème posé à l'élève le problème devient son problème ainsi c'est lui qui va construire le processus de résolution de son problème celui qui choisit le matériel les expériences qu'est ce qu'on va réaliser
1h03'18	C	Pour avoir cette dévolution on laisse le choix de l'élève de poser un certain nombre d'hypothèses et qu'il va vérifier tout seul que ces hypothèses sont fausses ou justes pour être convaincu à la fin
1h03'38	A	J'aimerais répondre à toutes les hypothèses // mais je ne peux pas car il y a la contrainte de temps et ensuite il y a celles qui ne sont pas dans l'objectif de la séance
1h03'51	C à F	Est-ce que vous êtes d'accords Mr Férid //
1h03'54	F	En ce qui concerne la contrainte de temps on peut répondre aux hypothèses écartées même après la séance de TP
1h04'33	A	La remarque donné par Mr Férid est très intéressent qu'est-ce qu'on va faire avec les autres hypothèses la Di propose que les élèves font leurs les hypothèses nous on va étudier les hypothèses qui sont correctes mais qu'est ce qu'on va faire avec les autres c'est à dire vous voulez < en se dirigeant vers Férid> que c'est différent de la DI alors je crois que vous été pressez par le temps à cause des questions des élèves //maintenant ils proposent le matériel vous voulez que je ne prends pas la parole toute la séance et vous pendant toute la séance tu parles < en riant>
1h06'09	F	On laisse le chercheur qui juge est -il bon de parler pendant toute la séance// avez-vous trouvé le problème de matériel par exemple//
1h06'37	A	Ici dans le coté de matériel tout se trouve sur le paillasse et j'ai un problème vous voiliez que 45min ont été passé sans faire rien //
1h06'54	F	Est-ce que vous avez réalisé directement le circuit//
1h06'57	A	Non j'ai passé l'expérimentation en 40 min et j'ai fait un petit peu ce que vous avez fait il me reste 2min pour faire l'expérience tracer la courbe dégager la conclusion j'ai perdu de temps//
1h07'33	F	Vous avez perdu de temps comme-même
1h07'36	A	Oui /
1h10'33	F	Le plus important est la recherche de la réponse
1h07'52	A	Non c'est trop /
1h07'53	F	Pourquoi//
1h07'55	A	Maintenant je constate que c'est trop /parce que j'ai passé de temps dans la première partie
1h07'58	F	La contrainte de temps est dû à la proposition de la situation problème formulation des

		hypothèses ou bien au problème de matériel
1h08'09	A	Les deux problèmes coexistent
1h08'15	F	Est c'est un mauvais choix de la situation problème par exemple//
1h08'31	C	Je vous appelle que nous avons construit le scénario pédagogique collectivement et on a proposé la situation problème ensemble je vous reposé la mémé question // (en posant la question à Ahmed et Férid) été vous satisfaites de choix de la situation problème //si je vous demande de refaire le scénario pédagogique changez -vous la situation problème //
1h08'57	F	Ça c'est vrai //Jusqu'à maintenant la proposition de la situation problème et la recherche des hypothèses et la proposition de matériel se fait en 30 min vous voilez ça normale ?
1h09'05	C à F	Selon vous Mr Férid été vous satisfait des interactions de Mr Ahmed avec ses élèves //
1h09'12	F	Il a réagi convenablement mais 40min c'est beaucoup il perd beaucoup de temps il n'a pas respecté le temps de chaque étape il faut compte de reste de TP de matériel par exemple
1h09'55	A	Je crois que j'ai laissé mes élèves à proposer les hypothèses à mon avis il faut choisir une hypothèse convenable qu'on va la valider avec l'étude de résonance d'intensité c'est peut-être que j'ai pris beaucoup de temps mais cela est nécessaire à mon avis de prendre le temps est primordiale //oui mais il faut plus de temps peut être 2 heures dans un TP comme ça peut être passer un temps libre de TP et de le faire au cours donc un TP de 2 heures
1h11'08	F	Finalemnt nous sommes en Tunisie et nous avons un programme à suivre et un temps fixé mais est-ce que vous voilez que cette situation cette démarche d'investigation est compatible au situation négative du programme de point de vue horaire//
1h11'38	A	Pour une situation problème +on n'a pas toujours l'idée de la situation problème et d'autre part il y a une contrainte du temps et si on a un assez de temps et le choix de la situation problème est bon je vois que mes élèves peuvent s'engager et s'intéresser plus à ce TP
1h12'13	F	Hier au cours une question sur la résonance d'intensité à toute la classe alors j'ai senti que les élèves de groupe qui a assisté dans ce TP sont plus heureux plus autonome et plus motivés dans leurs réponses donc ils font des activités plus correctement //jusqu'à maintenant vous été dans l'expérimentation alors est ce que vous avez aidé les élèves à prendre les mesures//
1h12'59	A	Oui j'ai changé le matériel 5 fois j'ai changé les ampèremètres aussi
1h13'06	F	Maintenant vous été à quel instant//
1h13'17	A	Il me reste 12 min
1h13'26	F	Il vous reste 12 min pour la conclusion et pour+++la validation des hypothèses en principe c'est trop
1h13'44	A	Je vois que j'ai pris minimisé le temps pour l'expérimentation pour l'accorder au départ pour les hypothèses et aussi pour la préparation de matériel
1h13h57	F	Si on vous demande de refaire ce TP quels sont les rénovations que vous voulez l'introduire
1h16'20	C à A	Lorsque vous dite en passe à la conclusion et avant de la dicter est ce que les élèves savent que ce qu'il y a dans la conclusion ?
1h16'33	A	Non mais à 1h et 24 min ils ne vont pas faire autrement
1h16'41	F	En ce qui concerne la courbe certains élèves disent voilà on a la situation problème et on va essaiera de répondre à cette situation à travers l'expérience l'un des élèves va revenir à la situation problème ?>pour cela dans la conclusion j'ai posé la question quelle conclusion qu'on peut l'attirer ? on peut donner l'impulsion aux élèves de tirer des petites conclusions
1h20'10	A	En visualisant la partie de la conclusion et le lien entre le résultat et la situation problème>voilà ici j'explique l'inverse de l'expérience
1h20'21	C à A	Dans l'expérience on varie N de l'excitateur pour atteindre No de résonateur et la réponse de la situation problème consiste à varier No de résonateur pour atteindre N de la station radio alors pensez-vous ce paradoxe va-t-il un problème chez l'élève
1h20'49	F	Nous avons senti ce problème et j'étais obligé de faire un remédiation une séance juste le TP sous forme d'un exercice pour répondre à une certaine question qui restent floues
1h22'23	C à F	) cap2 c'est à dire l'objectif n'est pas atteint de TP de résonance
1h22'27	F	Non il est atteint en découvrant c'est quoi le phénomène de la résonance d'intensité il y a des élèves ont maîtrisé ce phénomène je ne parle pas des tous les élèves mais d'autre non pour l'autre groupe j'ai essayé de l'expliquer //voilà < en montrant la séquence de P1

		concernant la conclusion> voilà c'est les mêmes courbes que j'ai les proposé plus tard (après le TP) pour bien dégager la conclusion là j'ai senti qu'ils ont bien maîtrisé le phénomène voilà c'est comme ça
1h23'23	A	C'est que j'ai fait là en classe vous l'avez encore continué après le TP sous forme d'exercice
1h23'37	C à F	Ce que vous avez fait comme exercice sont dans le cadre de remédiation ou bien c'est un prolongement des idées
1h23'41	F	<Il voit l'heure de son TP> en explosant le temps est ce que j'ai dépassé les 30min
1h23'46	C	Oui vous avez dépassé les 30min
1h23'49	F	Alors j'ai trouvé de temps d'expliquer des autres taches tel que la filtration ça c'est bon et suis content
1h24'19	A	C'est à dire ce que j'ai fait au cours de TP vous l'avez après le travail// c'est très intéressé sans qu'il ait argumenté son travail il a continué à faire//si vous répétez cette expérience vous faites la même chose //
1h24'43	F	Oui je dois d'abords gérer convenablement les objectifs je dois améliorer la formulation de la situation problème<...> //euh je dois assister<aux réponses des questions que je les ai posés au début> et je ne dois pas laisser les élèves sans réponse
1h25'07	C à A	Selon vous est ce que vous pensez à la même chose//
1h25'10	F	Ce que je n'ai pas pu faire au cours de la séance je le transforme en un exercice après la séance//
1h25'26	C	Je vous remercie énormément Mr Férid et Mr Ahmed pour vos aides et vos collaborations et je vous laisse le mot de la fin
1h25'08	A	pour moins c'été une expérience// c'est la première fois que j'utilise la DI en classe que soit en terminale ou en autres niveaux //d'autre part le scénario n'a aidé énormément car si je fais la même expérience tout seul je vais prendre beaucoup de temps à préparer le scénario pédagogique utilisé //si je refait cette méthode j'en suis sure que je la ferai avec souplesse plus que cette séance// je suis satisfait de cette démarche la seule chose ce que j'ai pris beaucoup de temps dans la partie de déclenchement de la situation problème la formulation des hypothèses et le matériel et j'ai pris énormément de temps et j'ai dépassé le temps nécessaire//
1h27'13	C	Au cours de l'entretien simple que j'ai le fait avec vous j'ai remarqué un écart entre le scénario pédagogique et votre pratique en classe quels sont les facteurs qui influent sur cet écart
1h27'45	F	<intervient pour donner son mot de fin avant de répondre à la question>c'est une bonne méthode qui laisse les élèves motivés et cherchent eux-mêmes / euh pour le professeur il devrait préparer convenablement la situation problème il doit même se fatiguer pour chercher une situation problème convenable/ il doit essayer répondre à cette situation et pour cela il doit préparer un scénario pédagogique //c'est très essentielle une situation problème convenable et fiable et un scénario pédagogique/ ça c'est très important/ autre chose il doit s'entraîner pour cette démarche malgré les problèmes de matériel concernant //les facteurs influençant sur l'écart entre le scénario et la pratique sont les contraintes de matériel et les contraintes des prérequis des élèves et aussi la mauvaise maîtrise pour moi de cette méthode /si par exemple je suis habitué à la méthode ordinaire depuis x temps je ne peux pas faire cette méthode convenablement il nécessite une formation pour les enseignant // mais cette méthode est déjà nouvelle elle est différente des autres méthodes qui sont inductives// euh je vous souhaite une bonne chance et vous travaillez d'avantage dans ce chemin// il y a 20 plusieurs facteurs qui influent d'une part la préparation de la séance l'entraînement sur cette méthode comme il nous a dit mon collègue d'autre part les élèves ne sont pas habitués et ça influe sur l'émission des hypothèses le choix de matériel //euh on peut avoir des groupes d'élèves qui ne peuvent émettre aucunes hypothèses et l'enseignant sera coincé pour donner ses hypothèses //et le problème majeur c'est le temps //c'est la durée de temps 1h30 mais /(...) mais on peut la réaliser je vois que les élèves sont très intéressés mais je pense que la situation problème doit être réalisée non pas un seul enseignant mais par un groupe d'enseignants //parfois je pense qu'il y a des enseignants qui donnent des situations problèmes qui n'ont aucun lien avec la séance /d'autre part on peut avoir des situations problèmes qui peuvent déborder les séances de cours //donc j'ai trouvé que mon collègue a bien fait même après la séance de TP il a pensé de répondre à quelques questions des élèves //il a pensé que laisser quelques sans réponses ça peut crier d'autre problème donc il a continué de répondre à la situation problème de départ //il a continué

		de répondre aussi à quelques hypothèses délaissées// franchement dit je n'ai pas réfléchi à ceci donc on peut créer d'autres problème avec la mauvaise gestion des idées des élèves()//
1h32'35	F	Autre chose// cette méthode doit être permanente c'est à dire il faut enseigner avec cette méthode à partir de collège et pas en un seul niveaux// comme pour les pays développés ça dépend bien sur beaucoup de travail beaucoup de matériel un environnement et un milieu scolaire bien déterminé de point de vu nombre de groupe un matériel suffisant et (...)
1h33 '42	C	Est-ce qu'en Tunisie en peut arriver à généraliser la DI et l'appliquer dans tous les niveaux d'enseignements//
1h33'51	F	Pourquoi pas on peut appliquer cette méthode dans un environnement bien déterminé/ on cherche à remédier/ on cherche par sa simplicité et ainsi de suite et pourquoi pas dans des conditions bien déterminés de point de vu de temps // on essaie d'introduire des méthodes d'enseignement c'est une bonne méthode à mon avis qui sera efficace/
1h34'35	C	Merci à vous

**Annexe 9 : Moments des tensions Férid**  
**/élèves**

**Tableau2 : Extrait synopsis étape 2 : les tensions entre le professeur et ses élèves.**

**Cas de Férid**

	Grain MARO	Grain MESO		Grain MICRO
	Etapes Episodes caractéristiques	Scènes	Eléments de savoir	Evénements remarquables
Temps	Etapes	Scènes	Description	Evénements remarquables
3'20	<b>Etape2 :</b> Présentation du problème  Situation déclenchant	Identification des éléments de poste radio	<p>PE explique à ses élèves la situation problème qu'il l'a proposé dans son TP.</p> <p>Les élèves n'ont pas compris la situation proposée alors PE commence à poser des questions sur le fonctionnement de poste radio en évoquant la notion du phénomène de la diffusion</p> <p>PE interagit uniquement avec les deux élèves les plus motivés E1 et E2, mais il arrive des moments où il ignore leurs réponses et continue son action d'explication.</p>	<b>PE ignore parfois les réponses de ses deux élèves E1 et E2 lors de l'explication de la situation problème</b>
			<p>PE revient au tableau pour montrer le schéma du circuit <b>RLC série</b> « alors finalement// » <b>Il met son stylo pour écrire mais soudain il observe E1 et E2 en disant</b> « le poste radio euh// finalement c'est quoi ». E1 lui répond « c'est un circuit ».</p> <p>PE intervient en disant « c'est un appareil électronique et cet appareil est créée et destinée à quoi// à capter quoi ? // » <b>il fait agir sur le bouton de poste comme une démonstration en disant</b> « voilà il va capter +puis il peut sélectionner quoi »</p> <p>E1 « la fréquence ». <b>PE ignore une autre fois la réponse de son élève en répondant lui-même à sa question</b> « de message qui sont reçus bien sûr s'il y a le phénomène de décodage //dont on n'aura pas besoin aujourd'hui/ ce message est capté par quoi ? ».</p>	

			E2 « l'antenne ». <b>Sans commenter la réponse de son élève, il continu son action d'explication</b> PE « il peut recevoir plusieurs signaux + et on peut sélectionner en agissant sur un bouton bien déterminer pourquoi/ pour capter//
		Résultat de l'action sur le bouton de poste radio	<p>PE agit sur le bouton de poste radio place sur son paillasse et demande aux élèves de préciser qu'est on fait varier en réalité &lt;&lt; que se passe-t-il lorsqu'on fait tourner le bouton de poste radio ?&gt;&gt;. Ils élèves répondent négativement.</p> <p>PE pose des questions qui prend à chaque fois la charge de répondre devant un silence remarquable chez les élèves (saufs E1 et E2</p>
			<p>PE « donc on peut agir par exemple par ce bouton /qu'est-ce qu'on varie » <b>Les élèves répondent négativement sauf E1</b> » en faisant varier l'inductance » <b>.PE ignore la réponse de E et il hésite à répondre lui-même</b> « on fait varieront sait pas /c'est à vous de me dire qu'est-ce qu'on fait lorsqu'on agit sur ce b-où »</p> <p>E2 « ce bouton ». <b>PE intervient pour répondre</b> « sur ce bouton pour chercher le signal originale//d'après vous que peut-on faire pour capter une station radio particulière afin de suivre ces émissions »</p> <p>Les élèves ne répondent pas</p>

Tableau : Extrait synopsis étapes 3 : les tensions entre le professeur et ses élèves cas de Férid

	Grain MACRO	Grain MESO		Grain MICRO
	Étapes	Scènes		Événements remarquables
	Episodes caractéristiques	Éléments de savoir		
T	Étapes	Scènes	Description	Événements

emps				remarquables
1 0'20''	<b>Etape3 :</b> Les hypothèses	S1proposition de la liste de matériel	PE veut s'assurer que la liste donnée par ses élèves est complète alors il revient à G1 où va interagir avec E1 et E'1 de G1 en disant « alors GBF un circuit RLC et puis un ampere metre pour mesuer l'intensité efficace . » .Puis que ces deux élèves sont les plus motivés se qui a encouragé PE d'entrer dans un débat avec eux tout en mobilisant ses connaissances professionnelles dans le domaine de savoir faire. Son objectif est de citer les appareils pouvant remplacer l'ampere metre et permettant d'étudier la variation de l'intensité efficace d'un tel circuit . Pour cette raison il a posé la question suivante : « si on ne dispose pas l'ampere metre et on veut étudier la variation de l'intensité efficace qu'est ce doit utiliser ? ».	<b>Les élèves ont des difficultés dans le choix de la liste de matériel</b>
		Identification des appareils de mesures permettant d'étudier la variation de l'intensité efficaces	L'élève E1 intervient directement pour proposer sa réponse en disant « On peut disposer d'un oscilloscope pour étudier l'intensité en fonction de UR » .En effet cette proposition est acceptée par PE « On dispose d'un oscilloscope pour mesurer la tension aux bornes de resistor » ,mais elle n'est pas celle qu'il l'attendait.E1 a :« Puis qu'ils sont proportionnels ».Il voulu confirmer sa reponse en la justifiant par l'utilisation de la loi d'ohme relative aux dipole resistor et plus precisement en s'apuyant sur la proportionnalité entre La résistance R et l'intensité efficace .En ce moment PE se rendu compte que tiend de sa réponse et ne veut pas y changer. Donc PE a cherché comment faire orienter son élève vers la proposition qui l'attendait ?..Alors revient au tableau et il a pris le schéma du circuit qu'il l'a dessiné dès le début de la partie 1 ( rappel) comme un argument sur le quel va s'apuié dans la suite de son débat.PE montre avec son doigt , dans le schéma du circuit,la fleche de la tension aux bornes de dipole RLC série.Et il a rapeler de la nature de cette tension en disant « on observe une tension sinusoidale et à partir des tensions sinusoidales alternatives / ? ».Ensuite il a posé la meme question « //comment peut-on étudier la variation l'efficace ? ». <b>PE a repondu rapidement et lui-même à sa question posée</b> : disant « à partir de I max ».	

			<p>E1 cite la relation de la loi d'ohm pour le courant alternatif : « <math>u_{R_{max}}</math> est égale à <math>R I_{max}</math> ». alors que PE ignore sa intervention et il a écrit sur le tableau la même relation ( <math>I = u_R / R</math> ) mais pour le cas de courant continu .E1 assiste dans ce débat en insistant sur la notion de la proportionnalité : « Puisque <math>R</math> et <math>I</math> sont deux grandeurs proportionnelles ». En réalité E1 et PE utilisent la même argumentation telle que la loi d'Ohm mais dans deux modes différents : en courant continu et en courant alternatif. Pour cette raison PE cherche à établir le lien entre ces deux modes « Si on veut déterminer <math>I_{max}</math> // on détermine <math>U_{R_{max}}</math> et si on veut déterminer <math>I_{efficace}</math> on utilise <math>I_{max}</math> et la divise par <math>\sqrt{2}</math> ». <b>En ce moment les élèves ne savent pas quelle réponse doivent donner alors que PE est inquiet puisqu'il n'a pas reçu celle qu'il voulait l'entendre</b> .PE reformule sa question qu'il a posé au début de débat tout en éliminant la proposition de l'utilisation de l'oscilloscope donnée par E1 en disant : « alors maintenant si on ne se dispose pas d'un ampèremètre et d'un oscilloscope Comment peut-on déterminer <math>I_{efficace}</math> ou bien <math>I_{max}</math>//il n'y a plus d'oscilloscope et non plus l'ampèremètre ? ». Par élimination donnée par son enseignant E1 le troisième dispositif de mesure utilisé au laboratoire : « On utilise un voltmètre ». Effectivement PE a reçu en fin la proposition atqu'il l'attendait : c'est l'utilisation d'un voltmètre aux bornes de resistor pour déterminer <math>U_{R_{max}}</math> et par la suite nous déduisons la valeur de <math>I_{max}</math>.</p>
--	--	--	--

Tableau : Extrait synopsis étape 3 les tensions entre Férid et ses élèves de G2

	Grain MACRO	Grain MESO		Grain MICRO
	Etapes	Scènes		Evénements remarquables
	Episodes caractéristiques	Eléments de savoir		
Temps	Etapes	Scènes	Description	Evénements remarquables

26'31''	Etape 3 : Les hypothèses	S3 proposition de schéma de montage	PE se déplace entre le groupe pour contrôler les tâches réalisées par ses élèves concernant la proposition d'un schéma de montage « convenable ». Alors il est satisfait de schéma dessiné par le groupe G1 mais non plus pour le groupe G2 qui ont présenté seulement le dipôle RLC. IDonc Férid a décidé d'intervenir et d'aider les élèves en difficultés pour corriger leur schéma proposé.	<b>L'enseignant impose le schéma de montage à ses élèves</b>
		Représentation des appareils de mesures permettant d'étudier la variation de l'intensité efficaces	<p>PE a commencé par poser une question aux élèves de G2 en se basant sur se qui a proposé le groupe G1 : « par exemple votre collègue a choisile dipole RLC série pour mesurer quelle grandeur ? ».E2 lui a répondu : « L'intensité ».Il s'agit d'une reponse non précise pour Férid car il attendait celle de « L'intensité efficace ».Les E de G2 ont ajouté un GBF au dipole RLC qu'il ont dessiné precedemant mais ils ignorent encore qu'est se qu'ils vont ajouté enplus.Ceci oblige PE de commenter avec une certaine tension en disant « et l'autre a choisi un dipole RLC série avec un GBF sans utiliser un appareil de mesure ». Alors PE leurs demande de « choisir un appreil pour mesurer l'intensité efficace » .Les E continu leur schéma de montage en en ajoutant un amperemetre et un voltmetre .</p> <p>PE commence à commenter leur travail en disant « qu'est ce que vous allez choisir comme appareil de mesure : ici un amperemetre ».Mais avec tatonnement il a ajouté « votre avez choisi un voltmetre branché aux bornes de dipole RLC qu'est ce que vous cherchez ? ».Les E n'ont pas justifié leur choix de l'emplacement de voltmetre et il restent en silence .Alors PE a dit « non il faut prendre les mesures des tensions efficaces aux bornes de quoi ? ».E2 lui a répondu directement « La bobine ».Mais PE ignore réponse donnée par son élève endisant « Aux bornes de resistor » pour mesurer« la tension efficace aux bornes de resistor ».PE a essayé de rapeler l'utilité de chaque appereil de mesure tels que l'amperemetre et le voltmetre.</p> <p>PE interroge sur l'utilité de voltmetre dans le schéma proposé : « il va se servir à quoi ? » et « qu'est ce qu'elle mesure ? »et qu'il ne faut pasoublier qu'il cherche l'intensité .Mais pas de reponse de la part de ses élèves.En ce moment PE s'est rendu compte qu'il peut laisser l'ocasion à ses élèves à utiliser le volmetre ou un oscilloscope pour mesurer indirectement la valeur de l'intensité à condition qu'on doit les brancher aux bornes de resistor et pas aux bornes de dipole RLC en</p>	

			disant « notamment il faut chercher la tension donnée par un voltmètre branché aux bornes d'un résistor // si non un oscilloscope
--	--	--	---

**Titre :** Enjeux dans l'appropriation de la démarche d'investigation par des enseignants : Cas de l'enseignement de la résonance électrique en terminale scientifique.

**Mots clés :** Didactique professionnelle, PCK, connaissances pédagogiques liées au contenu, schème, régulation rétroactive courte, démarche d'investigation, chronophage, enseignement des sciences , résonance d'intensité.

**Résumé :** Ma thèse de doctorat s'inscrit dans la perspective d'une recherche sur une démarche préconisée dans l'enseignement scientifique : " la démarche d'investigation ". Elle vise tout particulièrement à apporter un éclairage sur la manière dont les enseignants des sciences physiques (SP) la mettent en oeuvre en classe. De ce fait, nous essayons d'étudier la faisabilité d'une démarche d'investigation à travers l'analyse de la manière dont les enseignants organisent leurs activités et les types de connaissances professionnelles mobilisées lors d'une séance des travaux pratiques sur la résonance d'intensité électrique. Notre travail se déroule dans le contexte de l'enseignement des sciences expérimentales. Notre approche théorique articule la didactique des sciences et la didactique professionnelle. Nous utilisons comme cadre d'analyse des connaissances mobilisées par les enseignants le concept de connaissances pédagogiques liées au contenu PCK (Pedagogical Content Knowledge) et les connaissances pédagogiques liées au contenu.

La méthodologie de notre recherche est fondée sur une idée principale, celle d'analyser l'écart entre la préparation collective de l'enseignement et la pratique de classe.

Notre étude se limite aux trois étapes de la DI : la présentation de la situation problème, les hypothèses et l'investigation expérimentale. Par la construction des schèmes tels qu'ils sont décrits par Vergnaud, nous faisons une typologie des connaissances mobilisées par les deux enseignants lors de la pratique ces trois étapes et nous identifions celles qui sont communes. Nous mettons en évidence une relation entre le type des connaissances mises en jeu et la régulation rétroactive de type courte qui permet l'enseignant à dépasser les situations de difficultés vécues par ses élèves. De ce fait nous montrons l'impact de ces connaissances sur l'aspect chronophage de la DI. Donc notre travail contribue à former un corpus de connaissances qui pourra éventuellement alimenter le travail des didacticiens, ainsi que celui des formateurs et des enseignants eux-mêmes.

**Title :** Issues in the appropriation of the investigative approach by teachers: Cases of teaching electrical resonance in the scientific terminal.

**Keywords :** Professional didactics, PCK, pedagogical knowledge related to content, scheme, short retrospective regulation, inquired-based approach, time consuming, science teaching, intensity resonance.

**Abstract :** My doctoral thesis is part of a research project on an approach advocated in scientific teaching: "the inquired-based approach". In particular, it aims to shed light on how physical science (SP) teachers implement it in the classroom. As a result, we try to study the feasibility of an investigative approach by analysing how teachers organize their activities and the types of professional knowledge mobilised during a practical work on electrical intensity resonance. Our work takes place in the context of the teaching of experimental sciences. Our theoretical approach articulates the didactics of science and professional didactics. We use the concept of pedagogical knowledge related to PCK (Pedagogical Content Knowledge) and content-related pedagogical knowledge as a framework for analysing the knowledge mobilised by teachers. The methodology of our research is based on one main idea, that of analysing the gap between the

collective preparation of teaching and classroom practice.

Our study is limited to the three stages of the EOI: the presentation of the problem situation, the hypotheses and the experimental investigation. By constructing the schemes as they are described by Vergnaud, we make a typology of the knowledge mobilized by the two teachers during the practice these three stages and we identify those which are common. We highlight a relationship between the type of knowledge involved and the short type of retroactive regulation which allows the teacher to overcome the situations of difficulties experienced by his pupils. Therefore we show the impact of this knowledge on the timed aspect of the EOI. So our work contributes to the formation of a body of knowledge that can possibly feed the work of the didacticians, as well as that of the trainers and the teachers themselves.