



UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

ÉCOLE DOCTORALE

Problématiques de l'Éducation et Didactiques des Disciplines

ÉQUIPE D'ACCUEIL DOCTORALE

Éducation et Didactiques des Sciences Expérimentales, Sciences Humaines et Sociales,
Activité Physiques Sportives et Artistiques

Thèse présentée et soutenue publiquement le 08 mars 2019

pour l'obtention du diplôme de Doctorat

par RAKOTONANAHARY Mamy Lalao

Evaluation du curriculum de sciences physiques de collège de Madagascar et intégration de la démarche d'investigation en grands groupes

Membres du jury :

Président :

TOTOHASINA André, Professeur Titulaire, Université Nord Antseranana.

Examineurs :

RAKOTOMALALA Sendrahasina Minoson, Professeur Titulaire, Université d'Antananarivo.

RASOLONDRAMANITRA Henri, Maître de Conférences - Ph.D, Université d'Antananarivo.

Rapporteurs :

RABIAZAMAHOLY Harisoa Tiana, Professeur, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

RAKOTONDRA DONA Remi, Maître de Conférences - HDR, Université d'Antananarivo.

Directeur :

RAZAFIMBELO Judith, Professeur Titulaire, Université d'Antananarivo.



UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

ÉCOLE DOCTORALE

Problématiques de l'Éducation et Didactiques des Disciplines

ÉQUIPE D'ACCUEIL DOCTORALE

Éducation et Didactiques des Sciences Expérimentales, Sciences Humaines et Sociales,
Activité Physiques Sportives et Artistiques

Thèse présentée et soutenue publiquement le 08 mars 2019

pour l'obtention du diplôme de Doctorat

par RAKOTONANAHARY Mamy Lalao

Evaluation du curriculum de sciences physiques de collège de Madagascar et intégration de la démarche d'investigation en grands groupes

Membres du jury :

Président :

TOTOHASINA André, Professeur Titulaire, Université Nord Antseranana.

Examineurs :

RAKOTOMALALA Sendrahasina Minoson, Professeur Titulaire, Université d'Antananarivo.

RASOLONDRAMANITRA Henri, Maître de Conférences - Ph.D, Université d'Antananarivo.

Rapporteurs :

RABIAZAMAHOLY Harisoa Tiana, Professeur, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

RAKOTONDRA DONA Remi, Maître de Conférences - HDR, Université d'Antananarivo.

Directeur :

RAZAFIMBELO Judith, Professeur Titulaire, Université d'Antananarivo.

Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier grandement mon directeur de thèse, le professeur RAZAFIMBELO Judith, qui m'a fait partager ses brillantes intuitions, et pour toute son aide. Je suis ravi d'avoir travaillé en sa compagnie, car outre son appui scientifique, elle a toujours été là pour comprendre mes maladresses, me soutenir et me conseiller au cours de l'élaboration de cette thèse.

Je remercie également les professeurs RAKOTONDRADONA Remi et RABIAZAMAHOLY Harisoa qui m'ont fait l'honneur d'être rapporteurs de ma thèse, ils ont pris le temps de m'écouter et de discuter avec moi. Leurs remarques m'ont permis d'envisager mon travail sous un autre angle. Pour tout cela, je les remercie.

Je remercie également Professeur RAKOTOMALALA Sendrahasina Minoson et Professeur RASOLONDRAMANITRA Henri pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'être dans mon jury de thèse.

Je tiens à remercier particulièrement Messieurs RANDRIAMPARANY Rivo et RAJAONARIVELO Ando d'avoir accepté de réaliser les deux séances d'expérimentation, les 12 enseignants auprès desquels nous avons effectué des entretiens, ainsi que toutes les personnes qui nous ont aidé.

Mes derniers remerciements vont à tous ceux qui ont tout fait pour m'aider, qui m'ont soutenu et surtout supporté dans tout ce que j'ai entrepris.

Table des matières

Remerciements	iv
Table des matières	v
Liste des figures	xi
Liste des tableaux.....	xii
Liste des sigles.....	xiv
Glossaire.....	xvi
Liste des annexes	xvii
Introduction	1
Première partie : Les tenants de la recherche.....	8
Chapitre 1 : Le système éducatif malgache	9
1.1. Situation du système éducatif de Madagascar de 1991 à 2015	9
1.1.1. Éléments d’historique	9
1.1.2. L’actuel curriculum formel.....	13
1.1.3. L’évolution de l’effectif moyen par classe	15
1.1.4. Formation des enseignants.....	16
1.1.5. Les manuels scolaires disponibles	19
1.1.6. Les salles de laboratoire et les matériels d’expérimentation.....	20
1.2. Problématiques	20
1.2.1. Un système éducatif non efficace.....	21
1.2.2. Un curriculum formel de qualité discutable	22
1.2.3. Un curriculum réel fortement influencé par le curriculum formel	24
1.2.4. Une marge d’amélioration limitée.....	24
1.2.5. Hypothèses	26
Chapitre 2 : Cadre théorique	27

2.1. Concept	27
2.2. Curriculum	30
2.3. Transposition didactique	34
2.4. Éléments d'approches de l'apprentissage	37
2.4.1. Approche transmissive de l'apprentissage	37
2.4.2. L'approche behavioriste de l'apprentissage	40
2.4.3. Approche constructiviste de l'apprentissage	42
2.4.4. Approche socioconstructiviste de l'apprentissage	43
2.5. Des démarches dans l'enseignement-apprentissage des sciences	44
2.5.1. Démarche versus méthode	44
2.5.2. Méthode OHERIC	45
2.5.3. Démarche DiPHTeRIC	48
2.5.4. Démarche d'investigation	50
2.6. Pédagogie des grands-groupes	59
2.6.1. Acceptions	59
2.6.2. Effectif d'apprenants et qualité du processus d'enseignement-apprentissage	60
2.6.3. Dramatisation et approche transmissive de l'apprentissage	61
2.6.4. Des solutions adoptées	63
Conclusion de la première partie	65
Deuxième partie : Évaluation du curriculum de sciences physiques de collège de Madagascar	67
Chapitre 3 : Évaluation de la « pertinence » et de l'« à-propos »	68
3.1. Méthodologie du chapitre 3	68
3.1.1. Corpus du troisième chapitre	69
3.1.2. Méthode de recueil et d'analyse des données	70
3.2. De la « pertinence » insuffisamment mise en valeur	70

3.2.1. Les besoins de la société malgache	71
3.2.2. Des objectifs spécifiques majoritairement de niveau taxonomique inférieur...	73
3.2.3. Des « Objectifs de la matière » insuffisants	73
3.2.4. Une utilisation exclusive du mode de raisonnement inductif.....	74
3.2.5. Des considérations réductrices du vocable « enseigner »	75
3.2.6. Des expériences simplifiées.....	81
3.3. De l'« à-propos » insuffisamment pris en considération	82
3.3.1. Des contenus réservés à une petite frange de populations scolaires.....	82
3.3.2. Des domaines de validité de lois non mis en valeur	84
3.3.3. Une insuffisance de prise en considération de la réalité de classe.....	86
Chapitre 4 : Évaluation de l'« impact » et de l'« efficacité »	89
4.1. Méthodologie du quatrième chapitre.....	89
4.2. Un risque élevé d'impact négatif	90
4.2.1. Des prescriptions sources de confusion entre les concepts « atome » et « élément chimique ».....	90
4.2.2. Des prescriptions sources de confusion entre « pression » et « poussée d'Archimède »	92
4.2.3. Des prescriptions négligeant l'interprétation de phénomènes physiques	93
4.2.4. Une prise en considération insuffisante des propriétés de concept	97
4.2.5. Des chapitres insuffisamment exploités	102
4.2.6. Réduction des sciences physiques à l'étude des phénomènes observables ...	103
4.3. Un curriculum dont l'efficacité mérite une remise en question.....	106
4.3.1. Des prescriptions sources de confusion entre les états de la matière	106
4.3.2. Des prescriptions sources de confusion entre natures de liquide et sa masse volumique	108
4.3.3. Une réponse assurément inadéquate	109

Conclusion de la deuxième partie et discussion	110
Troisième partie : Intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences physiques au collège de Madagascar	114
Chapitre 5 : Contraintes et obstacles à l'intégration de la démarche d'investigation	115
5.1. Méthodologie de l'analyse des pratiques des enseignants	115
5.1.1. Choix des enseignants	115
5.1.2. Canevas d'entretien auprès des enseignants.....	116
5.1.3. Instruments de recueil et d'analyse des données.....	117
5.2. L'approche de l'apprentissage selon les enseignants enquêtés.....	117
5.3. L'expérience dans les formations des enseignants enquêtés.....	123
5.4. L'expérience dans la pratique des enseignants enquêtés	124
5.4.1. Des contraintes influençant la réalisation d'expérience	124
5.4.2. Rapport des enseignants avec l'expérience	132
5.4.3. Conceptions des enseignants enquêtés concernant l'expérience	134
Chapitre 6 : Expérimentation de la démarche d'investigation en grands sous-groupes ..	138
6.1. Méthodologie du chapitre 6	138
6.1.1. Problème de réalisation de la démarche d'investigation en grands groupes..	139
6.1.2. Choix de l'enseignant	139
6.1.3. Sujet de l'expérience	141
6.1.4. Organisation des grands groupes	146
6.1.5. Organisation des séances de démarche d'investigation en grands sous-groupes	147
6.1.6. Langue de travail	149
6.1.7. Collecte de données et corpus de la réalisation d'expérience selon la démarche d'investigation en grands groupes	150
6.1.8. Evaluation	150

6.2. Première expérimentation	154
6.2.1. Déroulement de la démarche d'investigation.....	154
6.2.2. Caractéristiques des activités de l'ensemble enseignant-apprenant	176
6.3. Deuxième expérimentation	182
6.3.1. Présentation de la situation de départ.....	183
6.3.2. Problématisation	184
6.3.3. Émission d'hypothèse	185
6.3.4. Le reste de la démarche.....	186
Conclusion de la troisième partie	186
Conclusion générale et perspective.....	190
Bibliographie	203
Annexe 1 : Curriculum de sciences physiques de la classe de sixième	211
Annexe 2 : Curriculum de sciences physiques de la classe de cinquième.....	230
Annexe 3 : Curriculum de sciences physiques de la classe de quatrième.....	251
Annexe 4 : Curriculum de sciences physiques de la classe de troisième	274
Annexe 5 : Grille d'analyse du curriculum formel	316
Annexe 6 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 1	318
Annexe 7 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 2	321
Annexe 8 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 3	324
Annexe 9 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 4	326
Annexe 10 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 5	328
Annexe 11 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 6	330
Annexe 12 : Extrait de l'entretien auprès de l'enseignant 7	332
Annexe 13 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 8	334
Annexe 14 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 9	336
Annexe 15 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 10	338

Annexe 16 : Extrait de l’entretien auprès de l’Enseignant 11	340
Annexe 17 : Extrait de l’entretien auprès de l’enseignant 12	342
Annexe 18 : Brouillon du sous-groupe E1G1	345
Annexe 19 : Brouillon du sous-groupe E1G2	348
Annexe 20 : Brouillon du sous-groupe E1G3	351
Annexe 21 : Brouillon du sous-groupe E1G4	354
Annexe 22 : Brouillon du sous-groupe E1G5	357
RÉSUMÉ.....	360
ABSTRACT.....	361
FINTINA	362

Liste des figures

Figure 1 : La transposition didactique.....	35
Figure 2 : Démarche DiPHTeRIC.....	50
Figure 3 : Démarche d'investigation	58
Figure 4 : Diodes tête-bêche.....	79
Figure 5 : Réflexion et réfraction de la lumière (lois de Descartes)	95
Figure 6 : Mirage	96
Figure 7 : Image d'un bâton par réfraction.....	97

Liste des tableaux

Tableau 1 : Évolution des effectifs moyens nationaux par classe dans les primaire, collège et lycée	15
Tableau 2 : Taux de scolarisation dans l'enseignement secondaire à Madagascar entre 2008 et 2015	16
Tableau 3 : Statut administratif des enseignants dans les établissements publics 2014-2015	18
Tableau 4 : Ratio manuel/apprenant au niveau du primaire (2014-2015)	19
Tableau 5 : Ratio apprenant/manuel au niveau du collège (2014-2015).....	19
Tableau 6 : Ratio apprenant/manuel au niveau du lycée (2014-2015)	20
Tableau 7 : Taux de redoublement dans les écoles primaire, collège et lycée	21
Tableau 8 : taux de réussite aux examens officiels CEPE et BEPC	21
Tableau 9 :Taux de réussite au baccalauréat toutes séries confondues entre 1989-1990 et 2014-2015	22
Tableau 10 : Variation de taux de réussite au baccalauréat	23
Tableau 11 : Dépense de Madagascar en éducation	25
Tableau 12 : Les niveaux taxonomiques des tous les objectifs spécifiques	73
Tableau 13 : Tableau comparatif des traitements de la conduction électrique et de la conduction thermique.	106
Tableau 14 : Des indicateurs colorés utilisables au collège.....	133
Tableau 15 : Questionnaire pour les tests (Prétest et post test).....	151
Tableau 16 : Problématiques formulées par les différents sous-groupes et celle adoptée lors de la mise en commun.....	158
Tableau 17 : Hypothèses émises par les différents sous-groupes et celle adoptée lors de la mise en commun.....	163
Tableau 18 : Protocoles proposés par les différents sous-groupes et celui adopté lors de la mise en commun.....	166
Tableau 19 : Activités d'investigation effectuées par les sous-groupes.....	169
Tableau 20 : Acquisition et structuration de connaissance.....	174
Tableau 21 : Structuration de connaissance effectuée par l'enseignant	176

Tableau 22 : Parcours du sous-groupe E1G1	177
Tableau 23 : Parcours du sous-groupe E1G2	178
Tableau 24 : Parcours du sous-groupe E1G3	179
Tableau 25 : Parcours du sous-groupe E1G4	180
Tableau 26 : Parcours du sous-groupe E1G5	181
Tableau 27 : Mise en commun effectuée par l’enseignant (A)	182

Liste des sigles

BEPC	: Brevet d'étude du premier cycle
CEG	: Collège d'enseignement général
CISCO	: Circonscription scolaire
CONFEMEN	: Conférence des ministères de l'éducation des états et gouvernements de la Francophonie
CRESED	: Crédit de renforcement du système éducatif
CRINFP	: Centre régional de l'institut national de la formation pédagogique
CRP	: Centre de ressources pédagogiques
DEIPEF	: Direction
DiPHTeRIC	: Donnée initiale-Problème-Hypothèse-Test-Résultat-Interprétation-Conclusion
EF1	: Enseignement fondamental du premier cycle
EF2	: Enseignement fondamental du second cycle
ENN II	: École normale niveau II
ENN III	: École normale niveau III
ENS	: École normale supérieure
FRAM	: Fikambanan'ny RaiAmandrenin'ny Mpianatra (Association des parents d'élèves)
INFP	: Institut National de Formation Pédagogique
INSTAT	: Institut National de la STATistique
L3-S6	: Licence, 3 ^{ème} année- Semestre 6
MEN	: Ministère de l'Education Nationale
OHERIC	: Observation-Hypothèse-Expérience-Résultat-Interprétation-Conclusion

OPAC	: Observation-Problème-Activité-Conclusion
PIB	: Produit Intérieur Brut
PPO	: Pédagogie Par Objectif
PSE 2018-2022	: Plan Sectoriel de l'Education 2018-2022
TP-apprenants	: Travaux Pratiques des apprenants
UERP	: Unité d'Étude et de Recherche Pédagogique
ZAP	: Zone d'Application Pédagogique

Glossaire

Taux brut de scolarisation

Nombre d'étudiants scolarisés dans un niveau d'enseignement donné, quel que soit leur âge, exprimé en pourcentage de la population de la tranche d'âge théorique qui correspond à ce niveau d'enseignement. Pour l'enseignement supérieur, la population utilisée est celle des cinq années consécutives commençant par l'âge de graduation du niveau secondaire.

Taux de redoublement

Nombre de redoublants dans une année d'études donnée pour une année scolaire donnée, exprimé en pourcentage de l'effectif de cette année d'études pour l'année scolaire précédente.

Diviser le nombre des redoublants dans une classe donnée au cours de l'année scolaire $t+1$ par le nombre des élèves qui étaient inscrits dans la même classe au cours de l'année scolaire précédente t .

Taux d'achèvement

Pourcentage d'enfants ou de jeunes, appartenant à une cohorte âgée de 3 à 5 ans de plus que l'âge prévu d'admission en dernière année d'études du niveau d'enseignement considéré, qui ont achevé cette année d'études. L'âge prévu d'admission en dernière année d'études de chaque niveau d'enseignement est l'âge auquel les élèves intégreraient cette année s'ils avaient commencé l'école à l'âge officiel d'admission au primaire, avaient étudié à temps plein et avaient progressé sans redoubler ni sauter de classe.

Taux net de scolarisation

Nombre d'étudiants scolarisés de la tranche d'âge correspondant théoriquement à un niveau d'enseignement donné, exprimé en pourcentage de la population totale de cette tranche d'âge.

Liste des annexes

Annexe 1 : Curriculum de sciences physiques de la classe de sixième	211
Annexe 2 : Curriculum de sciences physiques de la classe de cinquième.....	230
Annexe 3 : Curriculum de sciences physiques de la classe de quatrième.....	251
Annexe 4 : Curriculum de sciences physiques de la classe de troisième	274
Annexe 5 : Grille d'analyse du curriculum formel	316
Annexe 6 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 1	318
Annexe 7 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 2	321
Annexe 8 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 3	324
Annexe 9 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 4	326
Annexe 10 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 5	328
Annexe 11 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 6	330
Annexe 12 : Extrait de l'entretien auprès de l'enseignant 7	332
Annexe 13 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 8	334
Annexe 14 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 9	336
Annexe 15 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 10	338
Annexe 16 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 11	340
Annexe 17 : Extrait de l'entretien auprès de l'enseignant 12	342
Annexe 18 : Brouillon du sous-groupe E1G1	345
Annexe 19 : Brouillon du sous-groupe E1G2	348
Annexe 20 : Brouillon du sous-groupe E1G3	351
Annexe 21 : Brouillon du sous-groupe E1G4	354
Annexe 22 : Brouillon du sous-groupe E1G5	357

Introduction

Ce travail entre dans le cadre d'un doctorat en didactiques des disciplines réalisé dans l'École doctorale : « Problématiques de l'éducation et Didactiques des disciplines », à l'Université d'Antananarivo.

Il est étroitement lié à notre passé en tant qu'enseignant de sciences physiques au lycée de janvier 1991 à février 2013. Pendant ces 23 ans, nous avons servi dans trois lycées différents. Durant cette période de notre carrière, nous avons observé un fait qui nous a beaucoup intrigué.

Il concerne les apprenants en classe de seconde. La plupart d'entre eux butent quand on pose des questions leur demandant d'expliquer un phénomène même si celui-ci touche de très près leur quotidien. Ils ne sont pas du tout motivés à répondre à ce genre de question. Par contre, ils participent activement quand il s'agit de calculs de valeurs d'une grandeur, même si ceux-ci comportent des difficultés. Il nous semble qu'ils possèdent une représentation des sciences physiques largement différente de celle à quoi nous nous attendions.

Notre intégration à la formation en didactiques des sciences expérimentales en 2004 nous a poussé à nous intéresser à ce problème de conception des apprenants. Nous avons réfléchi tout particulièrement au caractère expérimental des sciences physiques et aux pratiques des enseignants. En 2006, dans le cadre de notre mémoire de fin d'études¹, nous nous sommes intéressé à la thèse d'Ould Dickeh (2002) qui traitait une problématique se rattachant à un contexte similaire à ce que nous vivions. Ce chercheur étudiait le problème de mise en œuvre de TP-apprenants en grand-groupe en Mauritanie. Il réalisait des expériences de physique de la classe de cinquième dans des classes d'expérimentation comprenant plus de 50 apprenants. Les apprenants ont été répartis dans des sous-groupes hétérogènes de huit individus.

¹ Diplôme d'Etude approfondie en « Sciences de l'Éducation et Didactiques des Disciplines »

Nous avons alors réalisé dans presque les mêmes conditions la même activité sur la mesure de volume de solide n'ayant pas de forme géométrique particulière à l'aide du déplacement d'un liquide. Nous avons constaté que malgré plusieurs difficultés rencontrées pendant l'organisation de la séance le résultat pourrait être jugé acceptable. La séance se déroulait dans un calme relatif. Après des moments d'errements, de débats et de tentatives manipulatoires, des apprenants ont réussi à la mesure de volume de solide n'ayant pas de forme géométrique particulière à l'aide du déplacement d'un liquide.

Un séjour de stage de recherche, à la Faculté des Sciences et de Technologie de l'Éducation et de la Formation à l'Université de Dakar au Sénégal nous a permis d'observer une situation similaire à celle expérimentée par Ould Dickeh (2002) et nous même : les élèves professeurs effectuaient régulièrement de TP-apprenants en groupes de huit. Nous avons eu la chance d'assister à quelques-unes de ces séances. Les sujets étudiés étaient variés.

Nous étions alors convaincu que cette pratique valait le coût d'être travaillé pour être réalisé dans les collèges à Madagascar. Il reste à trouver la méthode la plus appropriée. À l'époque, nous avons pensé à la réalisation de démarche expérimentale sans précision des étapes à suivre, ni à l'organisation de la classe. Puis, nous avons découvert la démarche « DiPHTeRIC » (Cariou, 2009), nous nous y sommes beaucoup intéressé. Et après, notre lecture scientifique nous a informé sur la promotion de la démarche d'investigation dans plusieurs pays, et nous avons jugé utile de s'y préparer, l'effet de mode (Roegiers, 2011) finirait par amener cette démarche à Madagascar. L'accès à la documentation a retardé notre travail de recherche. Les ouvrages sur les didactiques étaient encore rares, à l'époque du début de notre recherche. L'accès à l'internet était difficile, les débits étaient très faibles et les articles sur les démarches d'investigation n'étaient pas encore gratuits, mais notre choix était fait :

Nous effectuerons une recherche dans le but de proposer l'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques au collège de Madagascar et cette recherche tiendra compte de la réalité du contexte malgache notamment l'effectif moyen de 40 à 50 apprenants par classe.

Sachant que toute action pédagogique est consignée dans le curriculum, notre sujet de recherche s'intitule alors « Évaluation du curriculum formel de sciences physiques de collège de Madagascar et intégration de la démarche d'investigation en grands groupes ».

Nous avons cherché à réunir des documents concernant le système éducatif et son historique d'un côté et sur le processus d'enseignement-apprentissage en général et celui des sciences physiques en particulier de l'autre, mais les documents récupérés sont à la fois nombreux et insuffisants.

Notre travail est structuré en trois parties subdivisées elles-mêmes en chapitres.

La première partie intitulée « Les tenants de la recherche » vise à asseoir la raison d'être de notre recherche. Elle est subdivisée en deux chapitres.

La constitution de la bibliographie était très compliquée. Le ministère en charge de l'Éducation nationale ne possède pas de service d'archive, donc la plupart des données nécessaires ont disparu.

Le premier chapitre intitulé « Le système éducatif malgache » vise à comprendre le système éducatif malgache et ses particularités.

Nous y décrivons le système éducatif malgache à partir de 1991, avènement de la troisième République qui correspond au moment où nous avons commencé à enseigner. Cette date correspond au début de notre carrière d'enseignant de sciences physiques au lycée. La première modification du système éducatif que nous avons vécu en tant qu'enseignant a eu lieu en 1995.

Deux types de documents ont été sélectionnés : une série de lois, une série de « Livres de programme ».

Parmi les lois, il y a deux qui régissaient le système éducatif malgache auparavant et celle qui le régit actuellement. Elles sont publiées dans les journaux officiels de la République et accessibles à la bibliothèque nationale.

Ces lois décrivent le genre de citoyen dont la société malgache a besoin, et l'organisation de l'éducation et de la formation qui est supposée nécessaire pour y parvenir.

Pour comprendre le contexte réel, nous avons sélectionné des documents concernant le financement alloué de l'éducation par l'État, l'évolution de l'effectif moyen par classe, la formation des enseignants actuellement en service, les manuels scolaires, les salles de laboratoire et les matériels d'expérimentation disponibles. Les contraintes auxquelles fait

face l'enseignement en général, puis celles des sciences physiques seront l'objet de notre premier chapitre.

Pour guider notre recherche, trois hypothèses sont émises. La première est une remise en question la qualité de l'actuel curriculum formel des sciences physiques de collège. La deuxième concerne la pratique pédagogique des enseignants actuellement en service. Et la troisième est liée à l'intégration de la démarche d'investigation au collège.

Le deuxième chapitre développe le « Cadre théorique » de notre recherche. En effet, une bonne compréhension du contexte dans lequel la recherche est réalisée est impossible sans une analyse critique de la littérature scientifique. Des recherches bibliographiques sur le processus d'enseignement-apprentissage en général et sur celui des sciences physiques en particulier ont été réalisées et constitueront l'essentiel de ce chapitre.

La recherche documentaire est orientée particulièrement sur six concepts principaux. Par souci de clarté, leur présentation est faite dans l'ordre de leur relation avec notre sujet de recherche. Nous présentons en premier le « concept », dans sa nature même, son historique, et ses attributs. Sa compréhension permet de comprendre les autres concepts d'autant plus que l'enseignement-apprentissage des sciences physiques est souvent considéré comme un enseignement-apprentissage de concepts.

Nous présentons ensuite le curriculum qui, selon la théorie, sert à organiser l'enseignement. Il est suivi directement de la transposition didactique qui est l'opération ou l'ensemble d'opérations nécessaires pour obtenir les savoirs à enseigner à partir des savoirs dits de référence.

Après, nous évoquons les différentes approches de l'apprentissage en général et les démarches dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques.

Et nous terminons le chapitre par le concept de « grand-groupe » qui concerne l'effectif actuel des apprenants en classe, à Madagascar.

Ce cadre théorique sert à la fois à mieux peaufiner la méthodologie et mener les discussions sur les résultats.

La suite de notre recherche est présentée dans les deux autres parties comprenant deux chapitres chacune. Par souci de clarté, la méthode utilisée est placée au début de chaque chapitre.

La deuxième partie est intitulée « Évaluation du curriculum de sciences physiques de collège de Madagascar ». Il s'agit d'une analyse qualitative, elle a été organisée autour des neuf qualités transversales, du curriculum, définies par Bouchard et Plante (cités par Demeuse, 2013). Ces qualités sont « la pertinence, l'à-propos, l'efficacité, l'efficience, l'impact, la synergie, la cohérence, la flexibilité et la durabilité ».

Le premier chapitre de cette deuxième partie (Chapitre 3) correspond à deux qualités transversales des curriculums, celles relatives à la prise en considération des besoins et des contraintes. Il s'agit de la « pertinence » et de l'« à-propos ».

La « pertinence » s'intéresse aux liens entre objectifs et besoins clairement identifiés et impose une opérationnalisation et une précision des objectifs pédagogiques.

Ce chapitre est orienté vers la recherche des relations entre les besoins et les objectifs pédagogiques, et la qualité du curriculum.

L'« à-propos » qui concerne la prise en compte des contraintes liées au contexte et au terrain sera étudié à travers l'étude et est constituée de l'analyse des méthodes prescrites dans la rubrique « Observation » du curriculum et des contraintes liées au terrain qui sont les pratiques sociales et les réalités des classes.

Le deuxième chapitre de la deuxième partie (Chapitre 4) correspond à l'étude des qualités concernant l'obtention de résultat, à savoir, l'efficacité, l'efficience et l'impact.

L'efficacité est déterminée par le rapport entre le résultat effectivement obtenu et l'objectif visé. Les objectifs effectivement réalisés n'étant pas disponibles, une modification sera effectuée dans notre approche d'analyse.

L'« impact » considéré comme « le lien ... entre les résultats attribuables [au curriculum], mais non voulus ou non visés de façon explicite à travers ses objectifs... ». Une recherche des écarts entre la littérature et les méthodes prescrites sera menée pour savoir si des résultats non décrits dans les différentes rubriques liées aux objectifs pédagogiques pourraient être produits.

Le corpus que nous avons pu constituer ne nous permet pas d'approfondir l'analyse des autres qualités restantes.

La troisième partie de notre recherche s'intitule « Intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences physiques au collège de Madagascar ». Elle est divisée aussi en deux chapitres qui sont intitulés respectivement « Contraintes et obstacles à l'intégration de la démarche d'investigation au collège en grands groupes » et « Exemples de séances de TP-apprenants, selon la démarche d'investigation ».

Notre proposition d'intégration de la démarche d'investigation devant tenir compte de la réalité, nous avons commencé alors par des enquêtes sur la pratique des enseignants en service au collège actuellement.

Cette partie de recherche rencontre deux problèmes particuliers. Premièrement, il n'y a pas de statistique à jour concernant les enseignants, surtout sur leurs lieux de travail. Il est alors impossible de constituer un échantillon représentatif des enseignants. Il est probable d'aller en un endroit pour réaliser une enquête alors que l'enseignant ciblé est déjà affecté ailleurs. Deuxièmement, les enseignants malgaches ne sont pas habitués à recevoir des chercheurs. Ils ont eu peur que l'enquête n'ait une retombée négative sur leurs vies professionnelles. Leurs réponses sont alors très courtes, et ceci malgré des explications préalables qui se voulaient rassurantes.

Le chapitre 5 est donc centré sur l'entretien semi-directif auprès de douze enseignants ayant différents profils et en service dans différentes villes de Madagascar, l'objectif étant de faire émerger leurs conceptions concernant le processus d'enseignement-apprentissage et sur l'expérience. Ceci afin de cerner les facteurs qui peuvent influencer sur notre proposition d'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement de sciences physiques au collège.

Le second chapitre de la troisième partie (Chapitre 6) rapportera notre expérimentation qui consiste en un essai de réalisation de TP-apprenants dans deux classes où les effectifs sont voisins de l'effectif moyen national qui est de 42 apprenants par classe à l'époque de notre recherche.

Le sujet d'étude est « La relation entre la densité (ou la masse volumique) d'un liquide et la position d'un solide qui vient d'être abandonné dessus ». Il est très proche d'une instruction dans le chapitre « Poussée d'Archimède » programmé en mécanique de la classe de troisième.

La mise en place du dispositif d'expérimentation et sa mise en œuvre par deux enseignants expérimentateurs seront décrites dans ce dernier chapitre. Les apprenants sont répartis en sous-groupes hétérogènes de sept, huit ou neuf individus. Un rôle bien déterminé est attribué à chaque apprenant afin d'organiser les différentes activités liées au déroulement de la démarche d'investigation et les interactions entre les membres d'un même sous-groupe.

L'ensemble des données réunies constitue le corpus de cette partie de notre recherche. Ensuite, ils ont fait l'objet d'une analyse particulière afin de déterminer les différents types d'apprentissages et les difficultés susceptibles d'avoir lieu et les résultats quant à l'apprentissage.

Des discussions portent alors, d'une part, sur la possibilité de réaliser la démarche d'investigation dans ces conditions particulières et, d'autre part, sur les apprentissages possibles et les difficultés susceptibles d'être rencontrées.

Ces résultats de notre recherche seront synthétisés dans la conclusion générale où des propositions de recherche seront avancées suite à notre travail.

Première partie : Les tenants de la recherche

Chapitre 1 : Le système éducatif malgache

Notre recherche était née de notre vécu en tant qu'enseignant de sciences physiques au lycée pendant 23 ans, de 1991 à 2013. Pendant ces moments, nous avons assisté à l'échec du système éducatif malgache et à la diminution continuelle du pourcentage d'apprenants scientifiques.

Deux lois qui ont régi le système éducatif depuis 1995 et celle qui le régit actuellement puis l'actuel curriculum formel sont présentés en premier lieu. Ces documents informent comment l'État malgache compte organiser l'enseignement et quel type de citoyen obtenir avec ?

Des informations sur la réalité à propos de l'enseignement à Madagascar sont ensuite données. Elles concernent particulièrement le financement de l'enseignement par l'État, l'évolution de l'effectif moyen par classe, la formation des enseignants, les manuels scolaires disponibles et les salles de laboratoire et matériel d'expérimentation.

La connaissance de ces deux types d'information est censée rendre compte de difficultés auxquelles une amélioration de l'enseignement à Madagascar doit faire face.

1.1. Situation du système éducatif de Madagascar de 1991 à 2015

L'historique du système éducatif malgache est nécessaire pour s'informer des besoins de la société, de l'organisation de l'éducation et de la formation et des modifications de cette dernière.

1.1.1. Éléments d'historique

Selon Razafimbelo, C. (2011), la première école fut créée par les missionnaires de la London Missionary Society en 1820. Elle était « à la fois confessionnelle, payante et obligatoire ». Ce n'est qu'à l'avènement de la colonisation, en 1896, qu'elle est devenue officielle et laïque. Il s'agit, à l'époque, d'un enseignement français basé sur l'enseignement de la langue française.

Pendant la deuxième République, le système éducatif est régi par la loi 78-040 du 17 juillet 1978. Cette loi prescrit une malgachisation de l'enseignement :

La malgachisation qui se définit en ce domaine comme l'adaptation aux besoins et objectifs nationaux des programmes et des méthodes pédagogiques impliquent également l'utilisation de la langue nationale comme langue d'enseignement... (article 10)

Puis, le système éducatif malgache a subi des modifications depuis l'avènement de la troisième République en 1991 jusqu'à ce jour. Trois lois l'ont régi successivement, il s'agit de la loi 94-033 du 13 mars 1995, la loi 2004-004 du 26 juillet 2004 et la loi 2008-011 du 17 juillet 2008.

Ces trois lois ont des points communs.

Dans les trois lois, l'état reconnaît que toute personne a le droit à l'éducation, à la formation et à l'enseignement. Ces lois définissent le type de citoyen dont la société malgache a besoin et précisent que l'enseignement doit viser l'épanouissement physique, intellectuel, moral et artistique de chaque individu.

Deux motifs ont poussé l'État à adopter l'allongement de l'enseignement fondamental. Premièrement, l'enseignement fondamental est moins coûteux que les enseignements post-fondamentaux (enseignement général secondaire, enseignement et formation techniques et professionnelles, enseignement supérieur) (Sajitha, 2009 ; loi 2004-004 du 26 juillet 2004). Deuxièmement, Madagascar s'engageait pour l'Éducation pour tous. Les partenaires internationaux s'engageaient à financer l'enseignement fondamental dans les pays en développement (Loi 2008-011 du 17 juillet 2008, exposé de motif).

L'objectif principal de l'État malgache est de retenir les enfants le plus longtemps possible à l'école. Les trois lois possèdent aussi leurs différences.

a. Loi n° 94-033 du 13 mars 1995

La naissance de la troisième République et l'engagement de Madagascar dans l'Éducation pour tous conduisent à la modification de la loi qui a régi le système éducatif auparavant. L'article 24 de la constitution de la troisième république stipule l'organisation par l'État d'un enseignement obligatoire à partir de l'École maternelle. La loi 94-033 du 13 mars 1995 vise l'adéquation du système éducatif aux réalités économiques, sociales et culturelles du pays.

L'éducation et la formation à Madagascar doivent préparer l'individu à une vie active intégrée dans le développement social, économique et culturel du pays. En ce sens, elles doivent notamment :

- libérer l'initiative
- favoriser la créativité
- cultiver le goût de l'effort
- développer l'esprit d'entreprise, le souci d'efficacité, la recherche de l'excellence. (Article 3)

Le système éducatif (5 + 4 + 3) défini par cette loi comprend 5 ans d'enseignement fondamental dispensé dans l'école primaire et 7 ans d'enseignement secondaire, dont 4 ans d'enseignement secondaire de premier cycle (ES1) dispensés dans le collège et 3 ans d'enseignement secondaire de second cycle (ES2) dispensés dans le lycée. Cette structure est héritée du système éducatif de la deuxième république, défini par la loi 78-014 du 17 juillet 1978.

La loi 94-033 du 13 mars 1995 a inséré le préscolaire dans le cadre formel (article 22). Elle a prévu la réforme du curriculum officiel. Elle est un peu ambitieuse à propos du curriculum. Les enseignants sont censés recevoir une formation sur la méthodologie de construction de curriculum, dénommé alors programme. « La méthodologie d'élaboration de programme fait partie intégrante de la formation du personnel enseignant » (Loi 94-033 du 13 mars 1995, article 85)

Il est créé au sein du (des) Ministère(s) chargé(s) de l'Éducation et de la Formation un organe dénommé Office National des Programmes.

Attentif aux recommandations du Conseil National Scientifique de l'Éducation et de la Formation, l'Office National est chargé de l'élaboration des programmes ayant un caractère national et de la mise à jour soigneusement préparée des contenus de chaque enseignement relevant de ces programmes... (Article 100)

b. Loi n°2004-004 du 26 juillet 2004

La loi 2004-004 du 26 juillet 2004 conserve plusieurs dispositions de la loi 94-033 du 13 mars 1995. La centration du processus d'enseignement-apprentissage sur l'apprenant y est explicitée (article 17). « L'élève/apprenant est au centre de l'action éducative et des activités de formation. »

Elle propose toutefois quelques modifications. L'enseignement, à partir de six ans, est rendu obligatoire. Une autre modification importante concerne l'allongement de

l'enseignement fondamental ; celui-ci dure désormais 9 ans (article 39). L'enseignement au collège qui faisait partie auparavant de l'enseignement secondaire est classé dans l'enseignement fondamental.

Le système (5 + 4 + 3) défini par cette loi comprend 5 ans d'Enseignement fondamental du premier cycle (EF1) dispensés à l'école primaire, 4 ans d'Enseignement fondamental du second cycle (EF2) dispensé au collège et 3 ans d'enseignement secondaire dispensé au lycée. Il s'agit de modification administrative qui consiste seulement à considérer l'enseignement au collège comme fondamental. L'enseignement fondamental est obligatoire, l'enfant était donc censé rester pendant au moins 9 ans à l'école au lieu de 5 dans le précédent système éducatif. Le curriculum formel n'était pas modifié, cette loi ne prévoyait pas son changement.

Cette loi ne prévoit aucun changement de curriculum.

c. Loi n° 2008-011 du 17 juillet 2008

Une modification importante du système éducatif est proposée en 2008. La loi n°2008-011 du 17 juillet 2008 augmente la durée de l'enseignement fondamental à 10 ans (article 39). Elle prescrit un système (7 + 3 + 2) comprenant 7 ans d'enseignement fondamental du premier cycle EF1, 3 ans d'enseignement fondamental du second cycle EF2 et 2 ans d'enseignement secondaire. La principale modification concerne encore l'organisation de l'éducation formelle afin de retenir l'enfant à l'école le plus longtemps possible.

L'enseignement fondamental de premier cycle (EF1) est désormais composé de 5 années d'enseignement dispensées dans les écoles et de 2 premières années du collège du système éducatif précédent. Ces deux années sont qualifiées de cours d'observation dans le système éducatif défini par la loi 94-033 du 13 mars 1995.

L'enseignement fondamental du deuxième cycle (EF2) dure trois ans. Il est désormais composé des deux dernières années du collège et de la première année de lycée et semblait organiser pour l'orientation des apprenants. En effet, ces deux dernières années de collège sont qualifiées de cours d'orientation. Pendant la première année du lycée aussi, les apprenants recevaient le même curriculum de formation puis ils choisissent entre trois séries.

La durée de l'enseignement secondaire est réduite à 2 ans. Les apprenants sont classés en série A (littéraire), série C (mathématiques, sciences physiques) et série D (sciences physiques, sciences de la vie et de la terre) pendant l'enseignement secondaire.

La centration du processus d'enseignement-apprentissage sur l'apprenant est encore explicite dans cette loi (article 17).

Cet ensemble de modifications est à l'origine du changement de curriculum (exposé de motif). Ce système éducatif est abandonné après la crise politique de 2009 sans que les curriculums prescrits ne soient mis en application. Ces curriculums étaient, à l'époque, en phase de test dans 20 CISCO pilotes.

Toutefois, quel que soit le scénario, l'extension du primaire nécessite une période de préparation, car elle requiert d'une part une augmentation de la capacité actuelle de construction de salles de classe et de formation d'enseignants, et d'autre part, une refonte du curriculum qui devra se faire dans le cadre d'une approche systémique avec la participation d'entités externes au système éducatif. (Loi n° 2008-011, du 17 juillet 2008, exposé de motif)

Actuellement, le système qui prévaut est celui défini par la loi 2004-004 du 26 juillet 2004 avec 5 ans d'enseignement fondamental de premier cycle (EF1) dispensés à l'école primaire, 4 ans d'enseignement fondamental du second cycle (EF2) dispensé au collège et 3 ans d'enseignement secondaire dispensé dans le lycée. Le curriculum formel utilisé est celui mis en application depuis 1996. Nous conservons donc ces appellations : école, collège et lycée dans notre recherche.

1.1.2. L'actuel curriculum formel

L'actuel curriculum formel est construit au début des années 90 et mis en application progressivement à partir de 1996. Les deux logiques d'écriture de curriculum à savoir « la logique d'expertise » et « la logique de projet et de participation de partenaires ayant des profils complémentaires » (Roegiers cité par Miled, 2012) semblaient respectées lors de cette construction.

L'Office National de Programme annoncé par la loi n°94-004 du 13 mars 1995 s'appelait, en réalité, Unité d'Étude et de Recherche Pédagogique (UERP). C'est cet organe qui adoptait la présentation curriculaire pour la première fois. Auparavant, le document officiel

utilisé était une liste de contenus. Les membres de l'UERP étaient des techniciens locaux ; ceux qui avaient construit le curriculum des sciences physiques étaient des enseignants qui venaient de terminer leurs études à l'École Normale Niveau III d'Antananarivo (ENN III, l'actuelle École Normale Supérieure).

Ce curriculum formel est basé sur les existants : l'ancien programme scolaire et les avis de didacticiens de différents niveaux (enseignement fondamental, enseignement secondaire et enseignement supérieur) et de différentes orientations (pratique, normative et prospective) étaient pris en compte.

Les curriculums des écoles primaires, des collèges et des lycées sont fixés par l'arrêté ministériel n°103-95/MEN du 7 juin 1995 et leur application progressive a eu lieu à partir de l'année scolaire 1996 – 1997 :

- Les programmes des classes de sixième et seconde sont fixés par l'arrêté N° 1617/96-MEN du 02 avril 1996 et mis en application à partir de l'année scolaire 1996-1997.
- Les programmes des classes de cinquième et premières sont fixés par l'arrêté N° 5238/97-MinESEB du 10 juin 1997 et mis en application à partir de l'année scolaire 1997-1998.
- Les programmes des classes de quatrième et terminales sont fixés par l'arrêté N° 2532/98-MinESEB du 07 avril 1998 et mis en application à partir de l'année scolaire 1998-1999.
- Le programme de la classe de troisième est fixé par l'arrêté N° 3602/99-MinESEB du 13 avril 1999 et mis en application à partir de l'année scolaire 1999-2000.

Un livre de curriculum a été édité pour chaque classe et chaque établissement public en est doté. Ce livre est intitulé « Livre de programme » bien qu'il contienne plus qu'une liste de contenus, il y est aussi des objectifs pédagogiques, des méthodes et des évaluations. Dans la suite de notre recherche, nous conservons cette appellation « Livre de programme ».

L'UERP était supprimée quand tous les curriculums formels sont mis en application. Elle est actuellement remplacée par la Direction des Curricula et des Intrants (DCI), dans le cadre de la construction de nouveaux curriculums de collège prévue par le Plan sectoriel de

l'éducation PSE 2018-2022. La construction des curriculums de l'enseignement secondaire est à la charge de la Direction de l'Étude et de la Recherche Pédagogique (DERP).

1.1.3. L'évolution de l'effectif moyen par classe

La loi 78-040 du 17 juillet 1978 préconisait la décentralisation, la démocratisation et la malgachisation de l'enseignement. Elle provoque la création de nouveaux établissements scolaires (écoles, collèges, lycées) et une expansion des effectifs totaux des apprenants. Le système n'a pas, en revanche, assuré les mesures d'accompagnement nécessaires telles que la construction de salle de classe ou de recrutement d'enseignants supplémentaires. (UNESCO, IBE, 2006).

Ces dix dernières années scolaires, l'effectif moyen national de 40 apprenants par classe n'est pas rare, surtout au niveau des collèges et des lycées (Tableau 1). Dans l'enseignement primaire, les effectifs des premières années d'enseignement sont plus élevés que ceux des autres, la différence peut être supérieure à 20 apprenants (ISU, 2011)

Tableau 1 : Évolution des effectifs moyens nationaux par classe dans les primaire, collège et lycée

	1996-1997	2000-2001	2013-2014	2014-2015	2016-2017
Primaire	37	29	30	43	30
Collège	47	38	41	42	36
Lycée	58	27	41	50	39

Source : Institut national de la statistique (2017)

Madagascar fait partie des 22 pays d'Afrique qui ont rendu obligatoire l'enseignement secondaire du premier cycle. Toutefois, il fait partie des 17 d'entre eux qui ont des taux de scolarisation, à ce niveau, inférieur à 30 %². En 2008, le taux brut de scolarisation (tableau 2) est légèrement inférieur à la moyenne de la région Afrique subsaharienne qui est de 34,1 % (la moyenne régionale a connu une croissance non linéaire entre 1970 et 2008). L'augmentation de ce taux sans la construction de salle de classe ou de recrutement d'enseignant entraînait l'augmentation d'effectif moyen. La situation ne s'est pas améliorée, une diminution de ces taux constatée entre 2015 et 2017 montre même son instabilité qui traduit une faiblesse du système éducatif.

²uis.unesco.org/.../global-education-digest-2005-comparing-education-statistics-across-th...

Tableau 2 : Taux de scolarisation dans l'enseignement secondaire à Madagascar entre 2008 et 2015

	2008	2011	2015	2017
Taux brut de scolarisation	29,36	36,75	38,51	36,9
Taux net de scolarisation	23,3	29,94	30,29	29,12

Source : UNESCO

1.1.4. Formation des enseignants

La formation des enseignants constitue un des points faibles du système éducatif malgache. Les écoles de formation initiale d'enseignant ont connu des modifications successives avec des interruptions pendant de longues durées.

Les Écoles Normales Nationales Niveau II (ENN II) sont chargées de la formation des enseignants de collèges à partir de 1976. Il n'y a eu que six ENN II à l'époque, soit une école par province³. Ces écoles sont transformées en Institut National de Formation Pédagogique (INFP) par le décret n°95/135 du 07 février 1995.

Le décret 2003-1077 du 11 novembre 2003 porte sur l'organisation de l'INFP et de ses 18 Centres Régionaux de l'INFP (CRINFP). L'INFP et les CRINFP recrutent des bacheliers, par voie de concours. La formation dure deux ans, stage en responsabilité y compris. Le recrutement n'était pourtant pas régulier. Juste après la modification du système éducatif en (7 + 3 + 2) par la loi n°2008-011 du 17 juillet 2008, l'INFP et ses centres régionaux ont formés des enseignants semi-spécialisés.

Les enseignants semi-spécialisés sont des enseignants formés pour assurer un groupe de matières et non plus toutes les matières. Le groupe « Littéraire » rassemble les langues malagasy et étrangères. Le groupe « Scientifique » englobe la « technologie », les « sciences de la vie et de la terre » et le « calcul ».

Actuellement, le nombre de centres régionaux est porté à 25 (PSE 2018-2022).

Le besoin en enseignant n'a jamais cessé d'augmenter. Outre la nécessité de remplacement des enseignants qui partaient à la retraite et de ceux qui étaient décédés, il y a eu aussi les besoins créés par l'ouverture de nouveaux établissements suite ou non à l'augmentation de nombre d'apprenants. Même pendant la période de l'interruption de formation initiale

³ Les six provinces sont : Antananarivo, Antsiranana, Fianarantsoa, Mahajanga, Toamasina et Toliary

d'enseignant, il y avait alors toujours eu de recrutement d'enseignant pour les écoles, les collèges et les lycées.

Les formations continues des enseignants sont assurées par les Conseillers pédagogiques en service au niveau de la Direction Régionale de l'Éducation Nationale (DREN). Faute de budget, elles ne couvrent pas la totalité du territoire national et sont ponctuelles. La formation à distance existe quelquefois, mais ne concerne qu'une partie de l'île. Par exemple, le projet Initiative Francophone pour la formation des maîtres (IFADEM) est né d'une coopération entre le ministère de l'Éducation nationale et l'alliance française au début de l'année 2010. Elle était financée par l'Agence Française de Développement. Elle comportait la formation des enseignants des écoles sur l'utilisation des technologies d'information et de communication et le français. La région ciblée est Haute Matsiatra (à Madagascar, il y a 22 régions). Les formations se font par cascade, 39 formateurs sont formés pour se charger de la formation de 456 autres enseignants.

Il y a actuellement quatre statuts administratifs d'enseignants en service dans les écoles, collèges et lycées publics : des enseignants fonctionnaires, des enseignants contractuels, des enseignants non-fonctionnaires subventionnés ou enseignants non-fonctionnaires non subventionnés par l'état.

Les Enseignants fonctionnaires sont des agents permanents de l'État pour la fonction publique. Pour les enseignants des écoles et des collèges, ce statut leur est octroyé à l'issue d'un parcours de formation initiale d'une durée variant de six mois à deux ans ou par une promotion interne.

Les Enseignants contractuels sont recrutés par l'État pour exercer des activités d'enseignement. Ces enseignants le sont pendant une période maximale de six ans avant l'octroi éventuel du statut d'Enseignants fonctionnaires.

Les Enseignants non-fonctionnaires subventionnés par l'État étaient recrutés par la communauté. Cette dernière peut ajouter une enveloppe financière additionnelle (ou prestations alimentaires) à la subvention étatique.

Les Enseignants non-fonctionnaires non subventionnés par l'État étaient recrutés par la communauté qui peut leur verser un salaire, une indemnité, des denrées alimentaires ou autres.

En 2005-2006, les Enseignants non-fonctionnaires représentaient la moitié des effectifs des enseignants. Ils sont souvent très peu qualifiés, car ils sont souvent recrutés en raison des besoins cruciaux des communautés locales qui ouvrent des établissements scolaires.

Depuis 2014, le ministère essayait de réglementer le recrutement d'enseignants non-fonctionnaires. Le baccalauréat est requis pour l'enseignement au niveau de l'école et du collège et la maîtrise au niveau du lycée. Ces exigences ne sont pas toujours respectées notamment dans les zones rurales.

La relation entre la formation d'un enseignant et son statut administratif n'est pas bien définie. Certains enseignants ont bénéficié d'une formation initiale, mais ne sont pas intégrés à la fonction publique. D'autres enseignants sont pourtant recrutés en tant qu'enseignants fonctionnaires sans avoir suivi de formation initiale.

Tableau 3 : Statut administratif des enseignants dans les établissements publics 2014-2015

	Fonctionnaires	Enseignants	ENF subventionné	ENF non subventionné	Enseignant semi-spécialisé	Autres ⁴ en classe	Total en classe
Primaire	12157	9449	61469	5284	0	570	88929
	13,67%	10,63%	69,12%	5,94%	0,00%	0,64%	100,00%
Collège	5742	5876	5147	6314	2327	179	25585
	22,44%	22,97%	20,12%	24,68%	9,10%	0,70%	100,00%
Lycée	2623	1788	644	1365	13	107	6522
	40,22%	27,41%	9,87%	20,93%	0,20%	1,64%	100,00%

Source : INSTAT (2015)

Le Rapport d'État sur le Système Éducatif National (RESEN, 2016) déplore : un niveau académique faible des enseignants (13% des enseignants au collège n'ont pas le baccalauréat) ;

- une formation professionnelle initiale insuffisante (67% n'ont reçu aucune formation pédagogique au préalable et ne sont titulaires d'aucun titre pédagogique). Il s'agit souvent des enseignants non-fonctionnaires ;

⁴ Des personnels recrutés pour d'autres fonctions, mais qui sont obligés de tenir des classes faute d'enseignants disponibles

- une insuffisance de la capacité d'accueil de l'INFP et de ses 25 centres régionaux ;
et des curriculums de formation initiale des enseignants non adaptés au besoin de l'enseignement à Madagascar.

1.1.5. Les manuels scolaires disponibles

Les manuels scolaires et les matériels pédagogiques ne font pas partie de la priorité de l'État malgache.

Les manuels scolaires disponibles dans les Centres de Documentation et d'Information (CDI) des établissements scolaires sont en nombres limités. Le ratio manuel/apprenant est très faible dans les trois secteurs d'enseignement (école, collège et lycée). Il diminue quand le niveau d'enseignement augmente. Si le ratio supérieur à 1/10 existe encore au niveau de l'école (Tableau 3), ce n'est plus le cas au niveau du collège (Tableau 4). Des ratios voisins de 1/100 sont même rencontrés au niveau du lycée (Tableau 5).

Tableau 4 : Ratio manuel/apprenant au niveau du primaire (2014-2015)

Matière	lecture en malagasy	français	calcul	géographie	histoire	éducation civique	SVT	Autres ⁵
Ratio	1/19	1/5	1/9	1/5	1/54	1/85	1/11	1/4

Source : INSTAT (2015)

Tableau 5 : Ratio apprenant/manuel au niveau du collège (2014-2015)

Matière	Malagasy	Français	Anglais	Histoire Géographie	Mathématiques	Physique-Chimie	SVT	Autres
Ratio	1/21	1/10	1/12	1/31	1/10	1/51	1/41	1/49

⁵ Des livres qui ne sont pas directement liés au curriculum (culture générale, revues...)

Source : INSTAT (2015)

Tableau 6 : Ratio apprenant/manuel au niveau du lycée (2014-2015)

Matière	Malagasy	Français	Anglais	Histoire Géographie	Philosophie ⁶	Mathématiques	Physique-Chimie	SVT	Autres
Ratio	1/109	1/56	1/41	1/36	1/90	1/35	1/43	1/70	1/35

Source : INSTAT (2015)

1.1.6. Les salles de laboratoire et les matériels d'expérimentation

Une différence des considérations des matériels didactiques est observée. Si les tables-bancs, les mobiliers et les manuels sont recensés dans les annuaires statistiques du ministère, les matériels d'expérimentation n'y figurent pas en revanche.

Nous avons visité dix collèges dans la capitale. Ces collèges possèdent tous des matériels d'expérimentation permettant de réaliser quelques expériences de cours (ampèremètre, voltmètre, fils de connexion, interrupteur, tubes à essai, bécher...). Ces matériels ne sont pas identiques, certains établissements en possèdent plus que d'autres. Seuls deux de ces collèges possèdent une salle de laboratoire. Celle du premier établissement est en mauvais état et est utilisée comme une salle de classe ordinaire pour enseigner toutes les disciplines. Celle du deuxième établissement était en cours de rénovation par le ministère pendant notre passage au début de l'année 2018 et pendant la réalisation de la séance de démarche d'investigation en grands groupes quatre mois après.

Certes, nous ne pouvons pas affirmer que la situation dans les dix collèges est représentative de la situation des collèges de Madagascar, mais étant donné que la situation au niveau de la capitale est en principe meilleure, ce n'est guère mieux ailleurs.

1.2.Problématiques

Selon Roegiers (2011), la durée de vie d'un curriculum serait de l'ordre de dix à vingt ans. Si nous nous référons à cet auteur, nous pouvons dire que celle de l'actuel curriculum

⁶ La discipline philosophie n'est enseignée qu'en classes terminales. Le ratio manuel/apprenant est le quotient de nombre total de manuels de philosophie disponibles sur l'effectif total des apprenants en classe terminales.

formel de Madagascar arrive donc à son terme. De plus, ce n'est pas la seule qualité, il y a aussi l'avancement des connaissances, des technologies (Miled, 2015), dans d'autres pays, la recherche sur l'éducation et les didactiques des disciplines avance à grands pas. La littérature scientifique et les vécus actuels à Madagascar présentent un écart considérable.

1.2.1. Un système éducatif non efficace

Le RESEN 2016 déplore l'inefficacité interne du système éducatif de Madagascar. Moins de 50 % des apprenants entrant en première année de l'école primaire terminent la cinquième année. Moins de 10 % de ces enfants terminent la dernière année du lycée. Les améliorations des approches pédagogiques et administratives effectuées n'ont pas produit les effets escomptés.

Les taux de redoublement au sein de chaque secteur d'enseignement (école, collège et lycée) restent relativement élevés et aucune amélioration sensible n'est observée depuis l'année scolaire 2004-2005

Tableau 7 : Taux de redoublement dans les écoles primaire, collège et lycée

	2004-2005	2009-2010	2014-2015
École	20,28 %	19,32 %	23,07 %
Collège	12,41 %	13,87 %	12,57 %
Lycée	14,07 %	9,94 %	13,01 %

Source : INSTAT (2015)

Les taux de réussite aux examens officiels de fin de cycle ne sont pas probants. Le taux de réussite à l'examen officiel pour obtenir le Certificat d'Études Primaire élémentaire (CEPE), qui marque la fin de l'enseignement primaire, est toujours inférieur à 80 %. Celui de l'examen officiel Brevet d'Étude du Premier Cycle (BEPC), qui marque la fin de l'enseignement au collège, ne dépasse pas les 50 %.

Tableau 8 : taux de réussite aux examens officiels CEPE et BEPC

Année	2013-2014	2014-2015	2016-2017
Taux de réussite au CEPE	77,86%	67,32%	54,07%
Taux de réussite au BEPC	47,89%	44,94%	34,65%

Source : INSTAT (2017)

Quant au taux de réussite au baccalauréat, il n'a jamais atteint les 50 %, de 1990 jusqu'à 2015. Le maximum est de 44,74 %, c'était en 2010. La crise politique de 2009 semble avoir un effet négatif sur le taux de réussite. Ce dernier diminuait à partir de l'année scolaire 2009-2010.

Tableau 9 :Taux de réussite au baccalauréat toutes séries confondues entre 1989-1990 et 2014-2015

Année	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Taux de réussite	27,72 %	27,86 %	33,16 %	43,36 %	44,74 %	32,70 %

Source : Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique (MESupRES-DPSOS)

1.2.2. Un curriculum formel de qualité discutable

Théoriquement, un curriculum formel est construit afin d'organiser et planifier le processus d'enseignement-apprentissage. Le changement de curriculum proposé par la loi n° 1994/004 du 15 mars 1995 devait donc contribuer à l'amélioration des résultats. Ses effets devraient être prouvés par la diminution des taux de redoublement et l'augmentation des taux de réussite aux examens officiels. Les données statistiques précédentes prouvent le contraire. Le curriculum n'est pas le seul paramètre influençant le résultat, c'est évident, mais il y est pour une grande partie et l'État n'a pas effectué d'autres modifications majeures.

La mise en application de l'actuel curriculum formel a débuté pendant l'année scolaire 1996-1997 en classe de sixième et classe de seconde. Elle est ensuite faite progressivement. Les curriculums de la classe de sixième et de la classe de seconde sont institués par l'arrêté n° 1617/96-MEN du 02 février 1996.

La considération de trois phases suivantes permet d'analyser les contenus du tableau 9.

Première phase (1990-1995) :

Les données correspondantes à cette période concernent les apprenants qui ont étudié avec le programme scolaire précédent pendant la totalité de leur scolarité.

Deuxième phase (1995-2000) : La première promotion d'apprenants ayant étudié avec l'actuel curriculum formel depuis la classe de seconde arrivait en classes terminales en 1998-1999. Les données correspondant à l'année 2000 concernent des apprenants ayant étudié avec l'actuel curriculum formel à partir de la classe de seconde.

Troisième phase (2000-2015) : La première promotion d'apprenants ayant étudié avec l'actuel curriculum formel à partir de la classe de sixième arrivait en classes terminales en 2001. Les données à partir de 2005 sont donc celles des apprenants ayant eu étudié avec l'actuel curriculum pendant la totalité de leur étude secondaire (collège et lycée).

La statistique montre que :

- Entre 1990 et 1995, le pourcentage de réussite des candidats au baccalauréat scientifique augmentait, il passait de 43,5 % à 44,1 %.
- Entre 1995 et 2000, ce pourcentage diminuait, il passait de 44,1 % à 32,6 %.
- Entre 2000 et 2015, il diminuait toujours et passait de 32,6 % à 21,3 %.

Tableau 10 : Variation de taux de réussite au baccalauréat

Série	1990	1995	2000	2005	2010	2015
A	33,4%	28,9%	33,0%	44,1%	43,8%	32,8%
C	31,2%	28,1%	26,8%	44,9%	47,3%	43,2%
D	16,8%	25,8%	36,2%	40,3%	47,6%	30,4%

Source : (MESupRES-DPSOS)

La variation des taux de réussite des candidats au baccalauréat scientifique pendant ces trois phases montre une apparente relation entre le curriculum formel et l'orientation des apprenants.

Entre 1991 et 2013, pendant ces 23 ans où nous avons enseigné les sciences physiques dans trois lycées différents (à Ambanja, à Antsiranana dans la région nord de l'île et à Andranonahoatra dans la périphérie de la capitale) nous avons constaté qu'arrivés en classe de seconde (première année de lycée), les apprenants ne s'intéressent pas suffisamment à l'étude de phénomènes physiques, ils préfèrent largement effectuer des opérations relatives aux différentes grandeurs physiques ou chimiques.

Les taux de redoublement relativement élevés montrent le manque d'efficacité du système éducatif malgache en général. La pénurie d'apprenants scientifiques et les faibles taux de réussite au baccalauréat remettent en question le curriculum des sciences et des mathématiques. La relation entre les résultats des candidats au baccalauréat et l'actuel curriculum formel apparemment montrée par l'utilisation de trois phases précédentes existe-t-elle vraiment ? Permet-elle d'expliquer l'orientation des apprenants en série

littéraire ou scientifique ? Ce curriculum organise-t-il l'enseignement des sciences physiques comme il se devrait ? Facilite-t-il l'apprentissage ? Si, non, dans quelles mesures contribue-t-il à la désaffection des apprenants pour l'étude scientifique ?

1.2.3. Un curriculum réel fortement influencé par le curriculum formel

Ould Dickeh (2002) montrait l'existence d'une relation étroite entre la pratique pédagogique des enseignants en matière d'activité expérimentale et leurs vécus au collège et au lycée. Les enseignants qui n'ont pas pratiqué des activités expérimentales et/ou qui n'ont pas vu leurs enseignants la faire pendant leurs études les évitent dans leurs pratiques enseignantes. D'ailleurs, tout changement de curriculum doit tenir compte de la pratique de l'enseignant, sinon le nouveau curriculum risque la résistance au changement.

Des enseignants actuellement en poste au collège ont enseigné avec ce curriculum depuis leur début d'activité professionnelle. Certains ont même étudié avec ce curriculum avant de devenir enseignants. Selon (Ould Dickeh, 2002) les pratiques pédagogiques de ces enseignants auraient été fortement marquées par l'actuel curriculum formel.

1.2.4. Une marge d'amélioration limitée

Dans la région d'Afrique subsaharienne, en 2008, la moyenne de PIB alloué à l'éducation est 5,0 % dont 2,2 % affectés à l'enseignement primaire (Nomura et Bruneforth, 2011). L'état malgache n'alloue qu'une faible partie de son PIB à l'éducation, 3,5 % entre 2006 et 2009, alors que les îles Comores en dépensent 7,5 %. Cette faiblesse de la part du PIB allouée à l'éducation résulte davantage de la contraction générale des dépenses publiques que de la non-priorisation du secteur. Au cours de cette période, environ 20 % des dépenses totales sont allouées à l'éducation. Ce n'est pourtant pas un cas isolé, 15 autres pays d'Afrique subsaharienne ont pris la même décision entre 2011 et 2012 (UNESCO, 2014).

Plus de la moitié, environ 52%, des dépenses d'éducation sont affectées à l'enseignement primaire, 18 % sont affectées à l'enseignement secondaire, 17 % à l'enseignement supérieur et 13 % à la formation professionnelle et technique (Nomura et Bruneforth, 2011). Les salaires des enseignants et des personnels administratifs constituent 89 % de ces dépenses. Il ne restait plus à ce ministère que très peu de marge pour contribuer à

l'acquisition des fournitures de bureaux, des matériels didactiques et de manuels scolaires, ainsi qu'aux formations des enseignants.

Tableau 11 : Dépense de Madagascar en éducation

	2008	2011	2015
en % du PIB	2,91	2,78	2,57
en % des dépenses totales des administrations publiques	16,26	19,78	19,96

Source : <http://uis.unesco.org/fr/country/mg>

Malgré cette situation, l'État malgache, avec les trois dernières lois régissant le système éducatif et l'engagement dans l'Éducation pour tous, relève trois défis : augmenter le taux de scolarisation, allonger l'enseignement fondamental obligatoire et améliorer la qualité de l'enseignement.

L'augmentation de taux de scolarisation et l'allongement de l'enseignement fondamental obligatoire provoqueront un besoin supplémentaire en enseignants. Ils augmenteront le pourcentage de la masse salariale des enseignants dans les dépenses publiques allouées à l'éducation. La partie allouée à l'achat de matériels didactiques qui est actuellement déjà insuffisante risque de diminuer encore. Pour l'enseignement des sciences, l'achat de matériels de laboratoire devra donc se faire avec des financements extérieurs qui sont évidemment limités.

Trois options se présentent : négliger complètement le caractère expérimental des sciences physiques, continuer de proposer un enseignement des sciences avec des TP-cours réalisés par l'enseignant ou encore intégrer les TP-apprenants.

Les deux premières options ne tiennent pas compte de la volonté d'améliorer l'enseignement donc à écarter. La dernière option demande la considération de la situation actuelle du système éducatif malgache notamment l'effectif moyen par classe et l'insuffisance de matériels d'expérimentation. Autrement dit, il faut adapter les TP-apprenants à l'incapacité de l'État à acheter beaucoup de matériels d'expérimentation et à l'effectif moyen qui est de l'ordre de 40 à 50 apprenants par classe. D'ailleurs, la convention de Dakar pour améliorer la qualité de l'enseignement en Afrique subsaharienne recommande la considération de la réalité de chaque pays (Peppler Barry, 2000).

1.2.5. Hypothèses

De ces constats précédents, nous avons émis trois hypothèses.

Hypothèse 1 : L'actuel curriculum formel des sciences physiques de collège de Madagascar est construit avec une insuffisance de prise en considération de ses qualités, ce qui constitue un obstacle à l'enseignement-apprentissage de cette discipline.

Hypothèse 2 : Les enseignants, par leurs conceptions concernant le processus d'enseignement-apprentissage et les expériences, leurs pratiques pédagogiques ainsi que leurs compétences en expérience, constituent un obstacle à l'introduction de la démarche d'investigation au niveau de collège.

Hypothèse 3 : Une démarche d'investigation peut être organisée pour des classes d'effectifs compris entre 40 et 50 apprenants, ce qui permet l'acquisition de concept de sciences physiques au niveau collège.

L'État malgache a pris conscience de la nécessité de changer le curriculum depuis longtemps. La loi 2008-011 a déjà préconisé ce changement de curriculum.

Dans ce chapitre, nous avons pu montrer que les résultats ne sont pas satisfaisants, l'effectif moyen par classe est élevé alors que les ressources et matériels didactiques sont en nombre insuffisant. En plus, le budget alloué par l'État à l'éducation est déjà très faible.

Un changement de curriculum demandera un financement énorme alors que le budget alloué par l'État à l'enseignement est déjà insuffisant.

Notre proposition d'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques en répartissant les élèves dans des sous-groupes de sept, huit ou neuf apprenants est donc justifiée. Elle rendra effective la centration de l'enseignement-apprentissage sur l'apprenant prévue par la loi 2004-004 du 26 juillet 2004. « L'élève/apprenant est au centre de l'action éducative et des activités de formation. » (Article 16). Elle demandera beaucoup moins de matériels aussi.

La corroboration de l'hypothèse 1 et l'hypothèse 2 nécessite la compréhension de quatre concepts principaux, à savoir, concept, curriculum, transposition didactique et approche d'apprentissage. Tandis que l'hypothèse 3 demande des réflexions particulières sur les concepts démarche d'investigation et pédagogie de grand-groupe.

Chapitre 2 : Cadre théorique

Notre recherche s'organise autour des concepts scientifiques soit : les concepts, le curriculum, la transposition didactique, les approches d'enseignement apprentissage, les démarches dans l'enseignement-apprentissage des sciences et le grand-groupe.

2.1. Concept

Le concept a sa propre historique, et comme il constitue aussi un concept, alors nous pensons qu'il mérite d'être analysé en premier.

Legendre (1993) définit le concept comme étant « ... une représentation mentale et générale des traits stables et communs à une classe d'objets directement observables, et qui sont généralisables à tous les objets présentant les mêmes caractéristiques. ».

Pour Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, et Toussaint (1997), c'est un ensemble d'éléments qui possèdent les mêmes attributs. Ces auteurs distinguent les concepts littéraires des concepts scientifiques par le fait que ces derniers se veulent être objectivés.

Rumelhard cité par Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint (1997) donne une définition mettant en opposition directe l'unicité de sens du concept scientifique et la multitude de sa fonction et de son utilité mixée à sa complexité. En effet, n'ayant qu'un sens précis, il permet de comprendre et expliquer non seulement un fait, mais plusieurs faits réels et d'autres concepts théoriques qui sont liés avec lui dans un réseau. En plus, son sens est susceptible d'évoluer, de se fortifier ou même de s'effondrer. (Popper, cité par Cariou, 2009)

Un concept scientifique comporte une dénomination et une définition. Autrement dit, un nom chargé d'un sens le plus univoque possible, contrairement aux concepts linguistiques, qui sont généralement équivoques, polysémiques.

Un concept scientifique est capable de remplir une fonction opératoire : fonction de discrimination ou fonction de jugement, dans l'interprétation de certaines observations ou expériences. C'est un outil qui permet d'appréhender efficacement la réalité, un instrument de théorie pour l'interprétation des phénomènes.

Ce n'est pas un simple instrument d'explication, plus ou moins métaphorique, car ce qui garantit l'efficacité théorique, ou la valeur d'un concept, c'est sa fonction d'opérateur. C'est par conséquent, la possibilité de développement et de progrès de savoir qu'il offre. Reste à préciser dans chaque cas :

Un concept opère (par division, par cohérence ou par mise en relation, par désignation d'un invariant dans des transformations, etc.)

Son degré d'innovation, et donc la part d'innovation et de survivance (distinction entre concepts qualitatifs et quantitatifs) ;

Les interconnexions avec les techniques.

Tout concept possède une extension et une compréhension, un domaine et des limites de validité, étroitement dépendants d'une définition fixée. Précisément parce qu'il renferme une norme opératoire ou de jugement, un concept ne peut varier dans son extension sans rectification de sa compréhension.

Un concept est défini par un nom, des attributs essentiels et des exemples significatifs. Si le concept n'est pas un substantif, il est défini par des invariants appelés attributs et est susceptible d'instanciation. Il permet l'interprétation d'un phénomène, d'une observation ou d'une expérience. Il est toujours en relation avec d'autres (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, Toussaint, 1997). Son enseignement-apprentissage doit donc prendre en considération ces relations.

C'est par ces fonctions que Vergnaud (1989) définit le concept : « ... un concept rend intelligible une situation grâce à une sélection de faits, une interprétation de leurs occurrences, une mise en relation qui elles-mêmes génèrent et justifient cette relation. »

Lemeignan et Weil-Barraï (1993) catégorisent les concepts d'une autre manière, et opposent des concepts catégoriels à des concepts formels. Les concepts catégoriels sont des classes d'objets descriptibles par un ensemble de propriétés intrinsèques, ils sont représentés par des objets réels (ressort, dynamo, carré...). Pour les concepts formels, ils distinguent ceux qui se définissent par des relations avec d'autres concepts (poids, énergie, intensité, tension...), ceux qui renvoient à des entités hypothétiques (atome, molécule...) et ceux qui sont les produits de l'activité mentale (système, chaîne énergétique...).

La différence entre les deux catégories de concepts, pour Cassirer (cité par Cariou, 2009), se trouve au niveau de leurs difficultés. Les concepts catégoriels font appel à un classement

fermé univoque avec un seul niveau d'acceptation alors que les concepts formels sont définis par un réseau externe et interne des relations polysémiques et floues, mal délimitées et flexibles, avec des attributs multiples à dosage variable.

De Vecchi (1990) ajoute le concept subjectif dont les attributs ne sont pas reconnus universellement. On peut en citer comme exemples les concepts : beau, liberté ...

Vergnaud (1991), pour rendre accessible les concepts, évoque l'existence d'un ensemble S de situations qui donnent sens à ces concepts, de l'ensemble I des invariants opératoires qui sont sous-jacents au traitement de ces situations par le sujet et de l'ensemble \mathcal{S} des signifiants (ou symbolisations) qui permettent de représenter les invariants, les situations, les procédures du traitement.

Rumelhard (1986) juge nécessaire qu'un concept possède les cinq qualités suivantes, qui semblent résumer ceux proposés par Popper :

- une dénomination
- une définition capable de remplir une fonction opératoire. Par exemple, il peut opérer par division dans un ensemble apparemment homogène ; ainsi le concept d'isostérie permet de distinguer des corps selon les compositions et de les rapprocher selon leurs propriétés fonctionnelles, comme la borazine⁷ et le benzène,
- une prise de position épistémologique,
- une extension et une compréhension, c'est-à-dire un domaine et des limites de validité
- des relations avec d'autres concepts. (Rumelhard, 1986)

L'existence de ces relations avec d'autres concepts techniques et théoriques crée le réseau conceptuel. Le concept est un nœud dans un réseau de relations, cohérent et organisé, et non un ensemble d'éléments disposés avec d'autres par juxtaposition. Ainsi la formulation d'un nouveau concept peut révéler des contradictions, permettre de formuler différemment des questions dans d'autres domaines. Elle implique un « bougé » dans des relations entre concepts, une modification de définitions. Il y a ainsi une histoire de concepts.

⁷ Borazine (ou borazole) : $B_3N_3H_6$

Le fait qu'un concept se trouve toujours dans un réseau et en constitue le nœud doit être pris en compte dans son apprentissage. En effet, un obstacle peut affecter tout ce réseau. La considération de ces réseaux est à l'origine d'une organisation linéaire du programme. Le concept « poussée d'Archimède », par exemple, est lié aux concepts mathématiques volume et aux concepts physiques masse, masse volumique, densité et force. Son apprentissage est tributaire de ces derniers.

Quant à la formation des concepts formels, quels que soient leurs types, Lemeignan et Weil-Barrais (1993) écrivent que « ... les élèves sont incapables de les construire tout seuls. Ce n'est que par un processus social que l'élève peut y accéder ».

2.2. Curriculum

Le mot curriculum est polysémique et son utilisation est complexe (Jonnaert, 2015). Le curriculum a fait l'objet de bon nombre de recherches. Il a mis du temps à s'imposer dans le monde francophone où le programme est préféré. Les deux concepts sont confondus quelquefois dans la littérature francophone (Becchi, 1994 ; Jonnaert, Moussadak et Defise, 2009). L'adoption du concept curriculum correspond à celle de la centration du processus d'enseignement-apprentissage sur le contenu.

Le curriculum est considéré comme un ensemble d'actions (D'Hainault, 1983 ; De Landsheere, 1979) ou un processus (Braslavsky et Becchi, 1994). Le point commun de ces acceptions est l'organisation et la planification du processus d'enseignement-apprentissage. Demeuse et Strauven (2013) remarquent que dans le monde francophone le curriculum est la manière de formaliser la réflexion autour du programme. Après avoir étudié différentes acceptions sur le curriculum, ces auteurs le considèrent comme un plan d'action.

Dans différentes acceptions, les auteurs tentent de définir le curriculum par leurs éléments ; ils se rendent compte qu'il est difficile d'établir une liste exhaustive. Guidoume (2010) conclut que donner une définition au curriculum serait simpliste.

Il s'articule autour de trois pôles : l'apprentissage visé, le processus mis en œuvre pour que l'apprentissage ait lieu et l'évaluation de degré de maîtrise (Demeuse, 2013). La construction du curriculum doit tenir compte de la cohérence entre ces trois pôles.

Miled (2010), quant à lui, évoque l'existence de trois principales logiques qui déterminent la construction de curriculum : l'entrée par les contenus-matières, l'entrée par les objectifs et l'entrée par les compétences. L'entrée du curriculum détermine la composante considérée comme fondamentale et autour de laquelle sont organisés ses autres éléments.

1. Une entrée par les contenus : la matière à enseigner est structurée selon des savoirs, des connaissances ou des concepts à faire acquérir selon une progression définie, en général conformément à la logique propre à la discipline scientifique de référence. Mais, cette approche où prédominent quelquefois l'académisme et l'érudition ne permet pas de cibler suffisamment l'enseignement.

2. Une entrée par les objectifs, inspirée de la pédagogie par objectifs (PPO) et alimentée en particulier par les travaux de Bloom : l'organisation des contenus scolaires s'opère à partir de la délimitation de différentes catégories d'objectifs (généraux, spécifiques et opérationnels) qui ont permis, certes, d'avoir des visées précises de l'enseignement, en définissant des savoir-faire variés, mais qui ont provoqué une juxtaposition et par là même un morcellement des activités scolaires en rapport avec ces objectifs morcelés.

3. Une entrée par les compétences (ou par intégration) : elle prend appui sur la délimitation de compétences utilisant ou mobilisant un ensemble de ressources (des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être) dans une discipline donnée, afin d'effectuer une tâche complexe comme la résolution d'un problème ou la production d'actes communicatifs. Elle se réclame essentiellement de la théorie constructiviste situant les savoirs dans l'expérience et le vécu de l'apprenant qui permettent ainsi d'expliquer le processus d'appropriation de ces savoirs dans un contexte qui lui est stimulant et motivant. (Miled, 2005)

Perrenoud (1993) distingue trois types de curriculums. Le curriculum formel, prescrit ou officiel correspond à tout ce qui est écrit dans les textes officiels, le curriculum réel désigne ce qui est effectivement mis en œuvre par l'enseignant et le curriculum caché désigne ce que l'apprenant a appris en dehors des recommandations officielles du fait d'un intérêt particulier qu'il porte à une valeur véhiculée par l'enseignant.

Bouchard et Plante (2002) cités par Demeuse, (2013) évoquent neuf qualités transversales du curriculum, il s'agit de la pertinence, l'à-propos, l'efficacité, l'efficience, l'impact, la cohérence, la synergie, la durabilité et la flexibilité.

La « pertinence » et l'« à-propos » sont relatifs aux contraintes auxquelles doivent répondre les objectifs du curriculum. La première s'intéresse aux liens entre objectifs et besoins

clairement identifiés et impose une opérationnalisation et une précision des objectifs pédagogiques.

La pertinence est l'une des qualités transversales qui impose une définition précise et opérationnelle des objectifs du curriculum et des besoins des individus. C'est évidemment la première qualité d'un curriculum : les intentions et les objectifs doivent répondre à des besoins clairement identifiés. (Bouchard et Plante, 2002 cité par Demeuse, 2013)

Le second concerne la prise en compte des contraintes liées au contexte et au terrain.

L'à-propos d'un curriculum, ou de l'une de ses composantes, est une notion proche. L'évaluer consiste à examiner dans quelle mesure les contraintes liées au contexte et au terrain ont été prises en compte dans l'élaboration du curriculum. (Bouchard et Plante, 2002 cité par Demeuse, 2013)

Trois qualités du curriculum, dont l'« efficacité », l'« efficience » et l'« impact », sont reliées à la production de résultat. L'efficacité est la première qualité d'un curriculum correspondant à la production de résultat, elle est déterminée par le rapport entre le résultat effectivement obtenu et l'objectif visé, autrement dit par l'évaluation de l'apprentissage.

... le lien ... entre les objectifs visés par [un programme de formation] et les résultats effectivement obtenus. Elle peut être considérée comme l'expression du degré d'atteinte des objectifs réellement visés ou encore comme le nombre d'objectifs effectivement atteints parmi l'ensemble des objectifs effectivement visés. (Bouchard et Plante, 2002)

La deuxième qualité correspondant à la production de résultat est l'« efficience ». Elle est relative à l'optimisation du résultat, avec un curriculum efficient, il est possible d'augmenter le résultat obtenu sans modification sensible de moyens alloués et le maintenir inchangé malgré la réduction de ces moyens.

Pour être considéré comme efficient, un organisme ou une institution éducative doit satisfaire à l'une ou l'autre des deux conditions suivantes :

- augmenter le degré d'atteinte des objectifs visés sans accroître les moyens alloués dans le fonctionnement pour y parvenir ;
- diminuer les moyens alloués pour son fonctionnement, sans diminuer le degré d'atteinte des objectifs visés, c'est-à-dire, sans réduire son efficacité. (Bouchard et Plante, 2002 cités par Demeuse, 2013).

La troisième est l'« impact », il est considéré comme :

Le lien... entre les résultats attribuables [au curriculum], mais non voulus ou non visés de façon explicite à travers ses objectifs, et les exigences sociales, économiques, sociétales, physiques, psychologiques et autres de l'environnement dans lequel il agit et interagit. L'impact prend ainsi en considération la nature des effets non prévus... en lien... avec les attentes des divers environnements. (Bouchard et Plante cité par Demeuse, 2013).

Deux autres qualités, dont la « cohérence » et la « synergie », sont rattachées à la mobilisation de ressources humaines et/ou matérielles. Elles ne sont pas évaluées pour elles-mêmes, mais pour déterminer la cause de l'inefficacité du curriculum pour pouvoir limiter les effets négatifs.

La « durabilité » et la « flexibilité » correspondent à la capacité du curriculum de résister aux changements possibles pendant une longue durée. La « durabilité » mesure l'aptitude à maintenir, dans le temps, les résultats obtenus. Elle permet aussi d'assurer la pérennité du curriculum sans nécessiter une refonte de l'ensemble.

Le curriculum s'inscrit dans un contexte des réalités historiques, politiques, sociales, économiques, culturelles, etc. Il constitue un cadre d'orientation (public cible, finalité, objectifs ...), un cadre d'opérationnalisation (contenus, organisation des apprentissages, progressions, planification des activités, méthodes...) et un cadre de régulation (horaires, évaluation, critères de réussite).

Une réforme de curriculum s'avère nécessaire suite à l'évolution du système socio-économique et culturel, au développement des savoirs disciplinaires et de la didactique de la discipline scolaire correspondante et au résultat des évaluations du système éducatif (Miled, 2005). Elle n'est pourtant pas due à des décisions de nature technique seulement, des décisions de nature politique y interviennent aussi (D'Hainaut, 1988 ; Demeuse et Strauven, 2013). Elle doit tenir compte de pratiques et de cultures des enseignants et se faire progressivement. « Un curriculum nouveau doit se trouver, dans certaine mesure, dans la continuité de celui à qui il se succède. » (Demeuse, 2013)

L'implantation d'une nouvelle approche doit se faire avec une considération du contexte dans lequel elle est effectuée (Miled, 2015). Au plan micro, elle doit compter avec des données précises de la classe et des apprenants. Au plan collectif et macro structurel, elle doit respecter les valeurs en vigueur dans la société, tenir compte des traditions et des

pratiques pédagogiques et didactiques des enseignants, des usages conceptuels et terminologiques des enseignants ainsi que de leur aptitude à évoluer.

Les savoirs à enseigner prescrits dans les curriculums formels diffèrent des savoirs savants que les scientifiques ont construits et des savoirs effectivement enseignés par l'enseignant. C'est le concept de transposition didactique qui rend compte de ces écarts.

2.3. Transposition didactique

Le concept de la transposition didactique est utilisé pour rendre compte de l'écart entre le savoir tel qu'il est élaboré par les scientifiques et le savoir à enseigner. C'est une obligation sociale, psychologique et épistémologique.

Selon Chevallard (1985), en didactique des mathématiques, les savoirs scolaires trouvent leur origine dans les savoirs savants. Martinand (1986) propose qu'il existe d'autres sources de savoirs scolaires, il les appelle pratiques sociales de référence, ça pourrait être un des exemples cités suivant : « ... ingénierie, production industrielle ou artisanale, activités domestiques, activités culturelles ou idéologiques, politiques ».

Johsua (1996) remarque que les pratiques sociales de références citées ci-dessus ne peuvent pas passer directement en savoirs scolaires sans passer par un « tamis de type théorique ». Ce qui signifie que les savoirs scolaires tirent toujours leur origine dans des savoirs qu'ils soient issus des savoirs ceux de chercheurs ou de référents empiriques. Le passage de ces savoirs de référence en savoirs scolaires est appelé transposition didactique.

Le schéma de Develay (1992) suivant illustre ce passage à niveaux différents. Le premier est la transposition didactique externe effectuée par la noosphère. Elle permet d'avoir les savoirs à enseigner à partir des savoirs de référence. Le second est la transposition didactique interne opérée par l'enseignant pour obtenir le savoir enseigné (figure 1).

Le vocable transposition est créé par Verret, en 1975, dans sa thèse en sociologie, et est repris par Chevallard (1985).

... cinq principes président selon lui (Chevallard, 1985) à ce processus de transformation. Les deux premiers sont d'ordre épistémologique, le troisième d'ordre psycho-cognitiviste, le quatrième et cinquième d'ordre social : il s'agit de la désynchronisation du savoir (délimitation de champs de savoir), de la dépersonnalisation de savoir, de la programmabilité

de l'acquisition du savoir (un ordre doit être instauré, différent de l'ordre des savoirs savants), de la publicité du savoir et enfin du contrôle social des apprentissages. (Rayski, 1996)

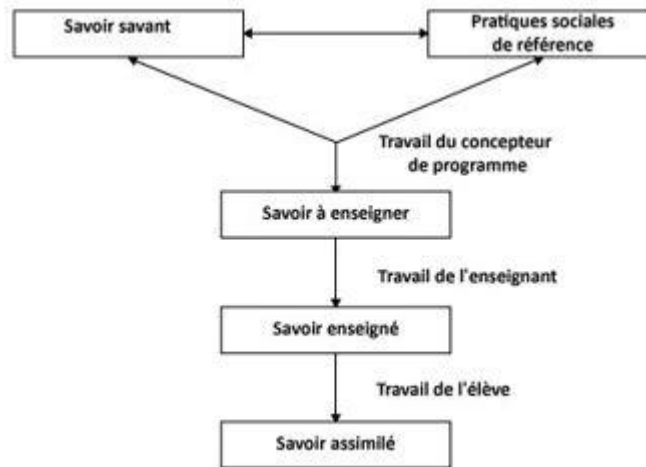


Figure 1 : La transposition didactique

Source : (Develay, 1992)

Le savoir savant est un savoir synchrétisé, il est lié à plusieurs autres savoirs pouvant être dans d'autres domaines scientifiques. La désynchrétisation consiste à extraire le savoir savant de l'environnement où il est construit, de l'ensemble des savoirs auxquels il est lié. « ... le savoir est extrait de l'environnement épistémologique où il s'est initialement ancré ... » (Johsua et Dupin, 1993)

La dépersonnalisation consiste à supprimer la subjectivité du chercheur et l'historique de la construction du savoir savant.

Les processus réels qui ont conduit à l'élaboration des savoirs sont gommés. L'indécision, les allers et retours, la subjectivité du chercheur sont mis à côté. Le texte suit un ordre « logique » qui a peu à voir avec l'espace des problèmes qui a été celui du chercheur. (Johsua et Dupin, 1993)

Johsua et Dupin (1993) jugent que la dépersonnalisation précède la désynchrétisation. « Le savoir savant (domaine à transposer) se présente avec un aspect très synthétique. » (Johsua et Dupin, 1993)

L'important, à notre avis, ce n'est pas l'ordre chronologique des deux opérations, mais leur existence et leurs conséquences.

Les trois opérations restantes visent à « ... délivrer la connaissance par fragment, succession de chapitres et de leçons. » (Johsua et Dupin, 1993) et à les ajuster au besoin de la société et à rendre possibles le contrôle et l'évaluation. « La programmation des apprentissages et des contrôles suivant des séquences raisonnées permettant une acquisition progressive des expertises, c'est-à-dire la programmabilité de l'acquisition du savoir. » (Verret, cité par Develay, 1992).

Cette programmation ne s'arrête pas au niveau de l'organisation de l'enseignement de chapitre en chapitre ou encore de paragraphe en paragraphe dans un axe temporel linéaire (Joshua, 1996). Pendant ces opérations, la noosphère et l'enseignant apportent leurs touches personnelles, Johsua et Dupin (1993) parlent de « repersonnalisation ». Ils imprègnent le curriculum de leurs conceptions de l'enseignement-apprentissage ainsi que de la discipline concernée.

Dans l'enseignement des activités expérimentales, les étapes suivies étaient organisées suivant une progression linéaire, et ça a beaucoup créé de critiques non seulement au niveau des démarches, mais surtout au niveau des résultats. La progression linéaire des travaux des apprenants pendant les séances de TP ne correspond pas du tout aux démarches des physiciens en situation de recherche. Cela n'enseigne à l'apprenant ni les démarches scientifiques ni les sciences physiques.

Si la transposition didactique est définie, au sens restreint, comme étant le passage du savoir savant au savoir enseigné (Chevallard, 1985), on assiste ces derniers temps au passage des situations de recherche des scientifiques aux situations d'apprentissage. Les travaux des didacticiens s'orientent dans la création des situations d'apprentissage susceptibles de permettre à l'apprenant de suivre des démarches hypothético-déductives, les plus semblables possibles à celles des chercheurs. L'enseignement de concept est jugé insuffisant, il faut aussi enseigner en plus les démarches scientifiques.

L'apprentissage des sciences a plusieurs dimensions. Il nécessite de s'approprier le contenu des sciences (les faits, idées, concepts, lois et théories acceptés), la manière dont les connaissances scientifiques se constituent (les méthodes et procédures en jeu dans l'activité de « faire la science »), et les interactions entre science et société. (Robardet, 1989).

L'enseignant effectue à son tour une transposition didactique interne à partir du savoir à enseigner prescrit dans le curriculum formel pour obtenir le curriculum enseigné. Il

mobilise ses ressources cognitives personnelles et les ressources didactiques dans son entourage pour effectuer une « repersonnalisation » et une « recontextualisation ».

2.4. Éléments d'approches de l'apprentissage

L'approche de l'apprentissage a beaucoup évolué, nous en présentons ici quatre qui ont beaucoup influencé les processus d'enseignement-apprentissage à savoir l'approche transmissive, l'approche behavioriste, l'approche constructiviste et l'approche socioconstructiviste.

2.4.1. Approche transmissive de l'apprentissage

Cette approche est ancrée sur l'empirisme (Locke, 1735) et se base sur deux hypothèses :

- La neutralité conceptuelle de l'apprenant « Avant l'enseignement, l'élève n'a pas de conception personnelle sur le sujet à aborder ; il est assimilé à un vase vide, ou à une cire sans empreinte. » L'enseignant est le seul détenteur des savoirs. Il le transmet à l'apprenant sous forme d'information. Et l'apprenant est un simple récepteur et enregistreur
- et la non-déformation des informations transmises, « Si l'enseignant expose clairement son sujet et si les élèves écoutent bien (éventuellement en posant une ou deux questions), ils vont assimiler le message tel qu'il a été transmis. Des exercices d'entraînement permettront d'ancrer les nouvelles connaissances. ».

Apprendre se résume ainsi à recevoir et enregistrer de l'information venant de l'extérieur. Cette approche accorde une importance particulière à la qualité du contenu à transmettre. Il suffit que l'enseignant expose clairement le contenu pour assurer l'apprentissage.

Si malgré tout, l'apprenant commet encore une erreur, c'est qu'il n'a pas écouté attentivement. L'erreur est donc répréhensible, la sanction négative est fréquemment pratiquée. La remédiation consiste alors à une répétition de l'information ou de l'explication.

Dans l'approche transmissive, où la contrainte didactique temporelle est valorisée, s'observe une transmission de contenus, avec un rythme soutenu, de beaucoup d'informations dans un minimum de temps (Pellaud, 2001). La pédagogie pratiquée est frontale, elle ne tient pas compte de la diversité des apprenants. La communication est linéaire et verticale, enseignant - apprenants, ou plutôt enseignant - classe. Les apprenants,

dépourvus de conception au début de l'enseignement, sont supposés se comporter de manière semblable et pourraient être traités de la même manière.

L'hypothèse implicitement faite lorsqu'on arrive devant une classe de vingt-cinq ou quarante élèves est bien souvent celle de l'homogénéité de fait : tous ces élèves se ressemblent, et fonctionnent de la même façon, celle que moi, enseignant, utilise. (Toussaint, 1996)

Cette approche suppose que les apprenants conforment naturellement leurs objectifs à ceux de l'enseignant ou de l'enseignement. Dioum (1996) parle de mythe identitaire. Or, l'alignement du projet d'apprentissage avec le projet d'enseignement n'est ni automatique ni général.

Gil-Pérez souligne que le changement conceptuel peut constituer un projet d'enseignement, mais non un projet d'apprentissage. Il comporte le risque de mettre l'accent sur les résultats de la recherche scientifique et de provoquer un rejet des élèves qui, finalement, restent extérieurs à ce projet. (Verin, 1983)

Avec cette approche, le rôle de l'enseignant est de bien organiser le savoir et de le transmettre à ses apprenants ; « enseigner » signifie « informer », « expliquer », « convaincre » ou encore « imposer ».

La valeur didactique d'informer est faible, pendant l'information l'apprenant reste relativement passif (Reboul, 1995). L'auteur déclare même qu'informer c'est plutôt déformer. « Par « information », nous entendons toutes les données extérieures aux personnes communiquées oralement par d'autres ou médiatisées dans divers soutiens matériels numériques, imprimés ou analogiques. » (Paquette, 2002).

Cette méthode peut amoindrir le besoin ou le désir d'apprendre (Rezeau, 2001). Elle crée aussi de la dépendance de l'apprenant à l'égard de l'enseignant.

a. « Informer » diffère d'« enseigner »

« Enseigner » ne peut pas être réduit à « informer » pour deux raisons différentes :

- d'abord, si le but du premier est de vivre (Paquette, 2002), par exemple, on donne une information à quelqu'un pour qu'il l'utilise directement dans sa vie, trouver un endroit où il veut se rendre, le récepteur peut utiliser directement l'information telle qu'il l'a obtenue, celui du second est de savoir (Reboul, 1995) ;

- puis, l'acquisition de l'information est immédiate alors que celle du savoir demande du temps. Le temps d'apprentissage diffère d'un apprenant à un autre, en effet, la transformation de l'information en savoir exige la participation active de l'apprenant. « Celui qui apprend construit des signifiés, il ne reproduit pas simplement ce qu'il lit ou ce qu'on lui apprend. » (Reisnik, 1983)

b. « Enseigner » ne signifie non plus « expliquer ».

L'apprentissage est un processus complexe et rarement spontané (Meirieu, 1987), il demande du temps (Rezeau, 2001). Le fait d'expliquer coupe court ce processus, il empêche un apprenant de mener à terme le processus d'apprentissage (Meirieu, 1987). Selon l'auteur, la pédagogie de l'explication ne réussit qu'à l'apprenant qui a déjà rencontré le problème auquel l'explication apporte la réponse.

L'apprenant arrive en classe avec des idées plus ou moins précises avant même le commencement de l'enseignement. Ces idées, appelées conceptions initiales ou représentations par Johsua et Dupin (1993), peuvent influencer l'apprentissage. Le fait qu'elles sont détectées chez des adultes même après l'enseignement montre qu'elles ont un caractère résistant et peuvent constituer un obstacle à l'apprentissage. De Vecchi et Giordan (2002) conseillent de faire avec pour aller contre.

c. « Enseigner » ne peut non plus être considéré comme « imposer » ou « convaincre »

Un savoir ou un apprentissage imposé peut buter contre un refus de la part de l'apprenant (Berbaum, 1995). L'auteur écrit que cela détruit les conditions du savoir. L'apprenant doit être libre dans son processus de construction de sa connaissance (Brousseau, 1985). « Une fausse idée serait pour les enseignants d'imposer un résultat ou un résumé à la fin de la séance (à éviter même si les enseignants souhaitent conclure par un apport de connaissances.) » (Grangeat, 2015)

Ainsi le curriculum qui utilise cette approche favorise l'entrée par les contenus-matières. Le rôle de l'enseignant, axé sur la transposition didactique interne, consiste ici à trouver le moyen le plus adapté pour représenter le contenu de manière la plus claire à la classe.

Les expériences dans cette approche sont monstratives, les méthodes privilégiées sont linéaires telles que OPAC⁸ et OHERIC⁹.

2.4.2. L'approche behavioriste de l'apprentissage

Tout comme l'approche précédente, l'approche behavioriste de l'apprentissage est basée sur l'empirisme de Locke (1735). C'est Watson qui employait le terme « behavioriste » pour la première fois au début du XX^{ème} siècle. L'approche behavioriste est une théorie de l'apprentissage qui s'intéresse à l'étude des comportements observables. Elle considère l'apprentissage comme une modification permanente du comportement observable. Elle associe apprentissage et répétition ; l'apprentissage est le produit d'une répétition de stimuli provenant de l'environnement Pavlov. Quand le nouveau comportement donne une satisfaction, il a tendance à se répéter. En ce sens, Skinner propose l'utilisation de renforcement opérant. La présentation de renforcement positif ou le retrait de renforcement négatif a pour objectif l'augmentation de la probabilité de réalisation du comportement souhaité. Par contre, la présentation de renforcement négatif ou le retrait de renforcement positif diminue cette fréquence.

Une vision behavioriste de l'apprentissage subordonne l'apprentissage à l'enseignement. Elle suppose que l'apprentissage se fait avec le même schème, quel que soit l'apprenant ou le savoir acquérir.

L'approche behavioriste de l'apprentissage a eu son moment de gloire pendant la première moitié du XX^{ème} siècle. Elle conduit au développement de l'enseignement programmé, de la pédagogie par objectifs et de la pédagogie de la maîtrise. L'apprentissage est traduit en un comportement observable en vue d'une évaluation. Le savoir à enseigner est découpé en une série d'éléments courts, présentés sous forme d'une séquence linéaire et proposés dans une graduation de difficulté croissante. L'approche behavioriste permet de limiter le dogmatisme et de centrer le processus d'enseignement-apprentissage sur l'apprenant. Elle est particulièrement intéressante pour l'apprentissage des gestes techniques et de savoir-faire.

⁸ Observation-Problème-Activité-Conclusion

⁹ Observation-Hypothèse-Expérience-Résultat-Interprétation-Conclusion

L'approche behavioriste a toutefois ses limites. En effet, quand il s'agit d'acquérir des savoirs complexes qui nécessitent réflexion et mise en relation, la maîtrise des étapes intermédiaires ne signifie pas obligatoirement la maîtrise de l'apprentissage complexe. L'opérationnalisation augmente énormément le nombre d'objectifs et complique sa pratique en classe. L'apprenant peut ne pas donner du sens aux connaissances qu'il restitue et perdre le fil conducteur entre les différentes étapes de leur apprentissage. La réduction de difficulté inhérente à un apprentissage peut pousser l'apprenant à contourner la difficulté et à réaliser la tâche sans rien apprendre. L'approche behavioriste considère le cerveau de l'apprenant comme une boîte noire et ne se préoccupe pas de son mécanisme interne.

L'approche behavioriste de l'apprentissage est à l'origine de l'entrée par les objectifs du curriculum.

Avec cette approche, « enseigner » signifie « diriger » ou « habituer ».

a. Certains auteurs jugent inacceptable la limitation d'« enseigner » à « diriger ».

L'apprentissage est un processus actif, ce qui interdit à l'enseignant de diriger (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, et Toussaint, 1997). L'hypothèse constructiviste et/ou socioconstructiviste de l'apprentissage admet l'existence de conceptions concurrentes des apprenants. Chaque apprenant possède donc ses propres ressources cognitives nécessaires à l'apprentissage (Kozman, 1991) et sa propre logique lors de la construction du savoir. Cette dernière diffère de celle de l'enseignant. Au contraire, l'enseignant doit offrir aux apprenants la possibilité de construire sa propre connaissance, « ... proposer à l'élève un panel de possibles, d'outils, de démarches, etc. afin que ce dernier puisse trouver dans cet environnement didactique la manière d'apprendre qui lui conviendra le mieux... » (Pellaud, 2001).

b. Il ne faut pas confondre « enseigner » avec « habituer »

Le résultat d'habituer n'est ni généralisable ni transférable, c'est « ... un automatisme aveugle et qui n'a pas d'utilité pour le sujet lui-même, mais seulement pour le dresseur. » (Reboul, 1995).

« Habituer » ne prend en compte ni l'initiative, ni les goûts, ni l'aspiration de l'apprenant.

2.4.3. Approche constructiviste de l'apprentissage

L'approche constructiviste de l'apprentissage, contrairement à l'approche behavioriste, suppose que l'apprenant possède, avant même le début de l'enseignement, des conceptions relatives au savoir à acquérir.

Piaget (1968) suppose que le sujet pensant possède une représentation de la réalité et en se confrontant à elle et la connaissance provient de son interaction avec un objet. Le sujet pensant invente de nouvelles connaissances qui accroissent son potentiel intellectuel de départ. Il transforme son schème de pensées pour se mettre à la hauteur de la nouvelle situation et crée une connaissance plus opérationnelle.

Deux opérations mentales peuvent être distinguées : l'assimilation et l'accommodation.

L'assimilation correspond à l'incorporation de données sensibles à ses schèmes de pensée personnelle. Le sujet agit sur l'objet en l'insérant dans ses schèmes de pensées. Assimiler un objet (ou une situation), c'est agir sur celui-ci en essayant de l'insérer dans ses schèmes de pensée.

Piaget distingue trois types d'assimilation :

- l'assimilation reproductrice qui correspond à la répétition simple d'une action ou d'une démarche de pensée et assure sa fixation ou sa stabilisation ;
- l'assimilation généralisatrice où l'individu essaie d'étendre l'application d'un schème à un maximum d'objets. Ce faisant, il s'efforce d'élargir le domaine d'un schème donné à un maximum de situations ;
- l'assimilation reconnaitive consiste à la reconnaissance, par discrimination, des objets pouvant être assimilés à un schème particulier.

Le sujet opère simultanément des variations dans ses répétitions, et des généralisations de l'application de toute action à de nouveaux objets. La diversification de la mise en application de ses schèmes conduit à la construction de nouveaux schèmes pouvant être plus opérationnels que leurs précédents.

Il est possible, par contre, que la généralisation rencontre un obstacle, les nouvelles informations ne peuvent pas s'insérer dans le schème de pensée du sujet. Cette

inadéquation provoque un « conflit cognitif ». Le sujet se voit obligé de prendre une autre orientation, il cherche un recours dans l'accommodation.

La constatation de l'inadéquation des schèmes de pensées du sujet à l'expérience est une condition nécessaire, mais pas suffisante à l'existence d'une accommodation. Elle a ses limites, l'apprenant peut ne pas sentir le besoin de mobiliser ses schèmes de pensée si l'inadéquation ne provoque pas un déséquilibre en lui.

L'approche constructiviste de l'apprentissage apporte de nouvelles façons de considérer le processus d'enseignement-apprentissage. L'apprentissage est vu comme un processus actif et l'apprenant étant l'artisan de ses propres connaissances. C'est le remplacement d'une conception, qui s'avère insatisfaisante ou inefficace, par une autre plus proche du concept scientifique.

L'intelligence se développe selon des stades (Piaget, 1968) dont l'apprentissage doit tenir compte. L'enseignement ne doit pas devancer le développement.

L'approche constructiviste de l'apprentissage est le cadre de référence des curriculums dont le mode d'entrée est les compétences (Jonnaert, 2007).

2.4.4. Approche socioconstructiviste de l'apprentissage

Vygotsky cité par (Bronkaert *et al.*, 1985) suppose que la connaissance provient de l'interaction du sujet avec la société. Pour lui, l'enfant apprend en imitant un adulte avec lequel il travaille, « Grâce à l'imitation, dans une activité collective, sous la direction d'adultes, l'enfant est en mesure de réaliser beaucoup plus que ce qu'il réussit à faire de façon autonome »

L'apprentissage est d'abord une activité collective et sociale avant d'être une activité individuelle.

Chaque fonction psychique supérieure de l'enfant apparaît deux fois au cours du développement de l'enfant : d'abord comme activité collective, sociale et donc comme fonction interpsychique, puis la deuxième fois comme activité individuelle, comme propriété intérieure de la pensée de l'enfant, comme fonction intrapsychique (Bronckaert *et al.*, 1985)

Contrairement à ce que l'approche constructiviste propose, Vygotsky (cité par Brokaert *et al.*, 1985) pense que le processus d'apprentissage doit précéder le processus de développement. Un enseignement correspondant à un stade de développement déjà atteint n'a aucun intérêt.

Doise et Mugny (1981) continue le travail de (Vygotsky cité par Bronkaert *et al.*, 1985) et étudie l'interaction entre apprenants. Ils montrent que l'apprenant réussit mieux quand il est en interaction avec les pairs. Il propose une perspective socioconstructiviste de l'apprentissage. La confrontation des prérequis et des conceptions de l'apprenant avec ceux des pairs provoque la déséquilibration et l'apprentissage, il s'agit d'un conflit sociocognitif.

L'approche socioconstructiviste est aussi associée à l'entrée par les compétences des curriculums.

2.5. Des démarches dans l'enseignement-apprentissage des sciences

Dans l'enseignement des sciences, plusieurs démarches expérimentales sont ou ont été pratiquées. Dans le cadre de notre étude, il ne s'agit pas de prétendre l'exhaustivité, nous essayons plutôt d'en décrypter trois relativement récentes qui marquent l'évolution de l'histoire et la pratique enseignante : la méthode OHERIC, la démarche DiPHTeRIC et la démarche d'investigation.

2.5.1. Démarche versus méthode

Mathé, Méheut et De Hosson (2008) utilisent démarche et méthode l'une à la place de l'autre sans faire de discernement. Dévelay (1989), Favre et Rancoule (1993), Cariou (2009) et Calmette et Boilevin (2014) insistent sur leur différence. L'analyse étymologique des deux mots montre leur différence.

La méthode possède un caractère prescriptif et désigne la trace à suivre (Cariou, 2009 ; Calmette et Boilevin, 2014). Elle sous-entend une définition au préalable de l'itinéraire à emprunter, ou au moyen régulièrement emprunté, des étapes à suivre et du ou des résultats escomptés (Develay, 1989). Elle est imposée par l'enseignant, donc souvent simple, linéaire et en nombre limité. Elle tient compte des contraintes temps didactiques.

La démarche par contre relève du réel. Elle est plus complexe, et peut être composée d'aller-retour entre des étapes. Elle a lieu dans une situation où il y a centration du processus d'enseignement-apprentissage sur l'apprenant, et existe en grand nombre dans une même classe. Une démarche dépend des conceptions de l'apprenant, du concept à apprendre, de la tâche proposée ainsi que du style d'apprentissage de chaque apprenant.

Deux types de classification des démarches scientifiques se trouvent dans la littérature.

Le premier est basé sur le moyen utilisé pour corroborer l'hypothèse. Comme il y a quatre moyens possibles, à savoir l'observation, l'expérience, la simulation et la modélisation, il y a donc quatre démarches : démarche d'observation, démarche expérimentale, démarche de simulation et démarche de modélisation (Cariou, 2009).

Le deuxième se sert des étapes considérées et l'importance accordée à chacune d'elle, du chemin suivi pour aboutir à la conclusion. C'est ce deuxième cas que nous exploitons ci-après. Nous nous intéressons tout particulièrement à la démarche DiPHTeRIC et à la démarche d'investigation.

Ces deux types de classification ne s'excluent pas. Une démarche d'investigation peut être classifiée de démarche expérimentale si lors de la corroboration des hypothèses l'opérateur utilise l'expérience.

2.5.2. Méthode OHERIC

OHERIC est un acronyme représentant les six étapes (Observation – Hypothèse – Expérience – Résultat – Interprétation – Conclusion) qui se suivent souvent dans les pratiques des enseignants pendant la deuxième moitié du XXème siècle (Giordan, 1978). Elle est attribuée hâtivement à Bachelard (Cariou, 2009). Elle est ancrée sur une épistémologie empirico-inductiviste qui suppose la sous-détermination de la théorie par l'expérience et fait hypothèse d'une neutralité conceptuelle de l'apprenant et de la non-déformation de l'information.

Les principales critiques de cette méthode sont les considérations des trois premières étapes (Observation, hypothèse, expérience) et sa linéarité illusoire.

L'enseignant base l'activité sur son hypothèse (Robardet, 1989), et fait succéder les six étapes de manière linéaire afin de bien exposer le déroulement de l'expérience et en assurer le résultat. « Si la démarche est linéaire, c'est que ce n'est pas celle des élèves, mais celle de l'enseignant qui est suivie » (Cariou, 2009).

Cariou (2006) évoque plusieurs critiques concernant la première étape qu'est l'observation. Pour lui, l'observation ne peut pas être le seul point de départ d'une activité scientifique. Celui-ci peut-être une théorie (Einstein cité par Cariou, 2009), une théorie ou une observation (Bernard cité par Cariou, 2009). L'auteur conclut alors qu'il y a d'autres

points de départ d'une recherche. « Théorie, observation, représentation, croyance, obstacles, acquis antérieurs, modèle, expérience « pour voir » ... forment un ensemble d'où peuvent surgir les interrogations initiales. » (Cariou, 2009)

L'observation ne peut pas être neutre ; toute observation est chargée de théorie, c'est celle-ci qui oriente l'observation (Robardet, 1989 ; Fillon, 1992 ; Cariou, 2009 ; Bätchold, 2012).

Deuxièmement, les données de l'observation et de l'expérience ne sont jamais neutres, elles sont toujours « chargées de théorie », c'est-à-dire investies d'une interprétation qui dépend des théories ou des conceptions admises jusque-là (Duhem, Popper, Hanson, Kuhn, Putnam et Chalmers cité par Bätchold, 2012).

Seule l'existence préalable d'un modèle théorique peut intégrer l'observation dans son domaine de validité et la rendre porteuse d'informations. (Bomchil et Darley, 1998).

Malgré la présence de l'étape hypothèse (H) dans cette méthode, elle néglige l'importance de l'hypothèse de l'apprenant. Dans la pratique, bien que l'enseignant demande à ses apprenants d'énoncer leurs hypothèses, il se charge ensuite de les sélectionner et d'éliminer celles qui sont erronées (Cariou, 2009). Et pourtant,

Sans elles (les hypothèses), non seulement l'enseignant ne permet guère à la créativité des élèves de s'exprimer, mais l'esprit de contrôle ne peut non plus s'exercer s'il n'y a rien à contrôler, sans l'émission d'idées préalables, même fausses. (Cariou, 2009)

OHERIC réduit l'expérience à une monstration (Johsua, 1989 ; Galiana, 1999). Les expériences étaient principalement utilisées dans une perspective d'illustration des concepts, de vérification d'une loi (Johsua et Dupin, 1993). Cette méthode empêche l'apprenant d'exercer pleinement de l'activité intellectuelle complète. Elle n'accorde à l'apprenant que des rôles secondaires, il s'agit (d') « ... exécuter des tâches manuelles et analyser le résultat. » (Dévelay, 1988) ou « des manipulations qui lui étaient prescrites, d'effectuer des observations et des mesures, les conclusions devant s'imposer d'elles-mêmes, lorsqu'elles n'étaient pas connues d'avance » (Johsua, 2008)

Sa participation dans l'activité est très réduite. « L'élève est spectateur d'un raisonnement sans tâtonnements, construit en dehors de lui. Il assiste à la révélation de la loi, à l'introduction des concepts. » (Robardet, 1989)

Le mode de raisonnement utilisé pour tirer la conclusion dans OHERIC est l'induction. Il consiste à effectuer une généralisation à partir de cas particulier. « L'induction pose de nouvelles vérités, mais sans certitude. » (Gohau, 1992 cité par Bomchil et Darley 1998)

La linéarité de OHERIC est jugée illusoire (Cariou, 2009), réductrice (Calmette et Boilevin, 2014), « artificielle, déconnectée de la vie » (Robardet, 1989). Elle ne reflète pas la réalité de la construction d'une théorie scientifique, « ... une reconstruction, à finalité de démonstration » (Coquidé, 2000)

... le schéma linéaire de la recherche O.H.E.R.I.C. est une simplification formulée après la découverte. Le cheminement réel est beaucoup plus sinueux ; incertain ; mais le chercheur laisse de son travail une image logique, rationnelle, en oubliant les erreurs et les fausses pistes... (Giordan, 1978)

Une expérience ne peut, pourtant, pas être menée d'une manière linéaire. Elle ne peut pas se dérouler sans tâtonnement (Bätchold, 2012) et son résultat doit être l'incertain.

Une expérience ne peut pas être réduite à une activité de manipulation, elle nécessite une activité intellectuelle et un aller-retour entre activité manuelle et activité intellectuelle. « L'expérimentation permet en effet un aller-retour entre l'activité manuelle et l'activité intellectuelle et est, de ce fait, d'une valeur unique pour les élèves dont nous avons la responsabilité » (Coquidé, 2000)

Un aller-retour entre la phénoménographie¹⁰ et la phénoménologie¹¹ pendant une activité de modélisation est théorisé par Martinand (1992). L'expérience doit comporter de l'aller-retour entre l'esprit de création et l'esprit de contrôle (Cariou, 2015).

OHERIC est basée sur une épistémologie empiriste de l'enseignement-apprentissage. Elle suppose que l'apprenant est dépourvu de conception au début de l'activité expérimentale. Par contre, elle propose de commencer la méthode par l'« Observation » alors qu'une observation n'est jamais neutre, elle est toujours soutenue par une idée sous-jacente (Hacking cité par Cariou, 2009).

OHERIC est aussi critiquée parce qu'elle ne tient pas compte de problème, alors que celui-ci a une grande importance. Une recherche scientifique commence toujours à partir d'un

¹⁰Réalité ou manifestation du phénomène

¹¹Ensemble des théories relatives au phénomène

problème (Bachelard, 1938 ; Popper cité par Cariou, 2015) et l'enseignement devrait être une réponse à un problème selon Dewey cité par Meirieu (1987). Chez certains auteurs, l'introduction du problème transforme cette méthode en OPHERIC (Brunet, 1998) ou PHERIC (Develay, 1988), mais le problème étudié est celui proposé par l'enseignant. Ce problème ne se confond pas toujours avec celui de l'apprenant et ne pourrait pas lui paraître obligatoirement intéressant. Alors que l'apprenant doit s'approprier du problème et accepter de s'engager à le résoudre pour qu'il y ait un apprentissage (Brousseau, 1985 ; Bätchold, 2012).

L'activité est organisée afin d'arriver à la conclusion qui est le savoir à enseigner. « L'objectif de cette démarche est l'enseignement du modèle et non pas la modélisation. » (Robardet, 1989)

L'exposé de la réponse n'assure pourtant pas l'apprentissage.

D'autre part, les solutions exposées par le professeur (le raisonnement y est reconstruit de façon linéaire dans une logique d'enchaînement des idées) incitent l'élève à reproduire le schéma précédent dans une situation qu'il juge voisine sans mettre en œuvre une réelle démarche scientifique. (Fillon, 1992)

D'ailleurs, l'apprentissage de savoir est jugé insuffisant ; il faut aussi celui de la démarche et de l'interaction des savoirs avec la société.

L'apprentissage des sciences a plusieurs dimensions. Il nécessite de s'approprier le contenu des sciences (les faits, idées, concepts, lois et théories acceptés), la manière dont les connaissances scientifiques se constituent (les méthodes et procédures en jeu dans l'activité de « faire la science »), et les interactions entre science et société. (Robardet, 1989)

2.5.3. Démarche DiPHTeRIC

La démarche DiPHTeRIC (Donnée initiale – Problème – Hypothèse – Test – Résultat – Interprétation – Conclusion) résulte surtout d'une reconsidération des étapes de la démarche OHERIC et de réajustement des démarches proposées par Develay (1989), Gil-Perez (1993) et Cariou (2009).

C'est une démarche hypothético-déductive qui centre le processus d'enseignement-apprentissage sur l'apprenant. Elle est étroitement liée aux approches constructiviste et socioconstructiviste de l'apprentissage et fait hypothèse de l'existence des conceptions des apprenants avant même le début du processus d'enseignement-apprentissage et de

l'existence d'un nombre limité de conceptions concurrentes. Elle considère que celles-ci peuvent constituer des hypothèses pour l'expérience.

Elle comporte 7 étapes qui ne se succèdent pas de manière linéaire.

Le point de départ de la démarche est nommé « données initiales », il regroupe « les idées et faits ». Il n'y a d'exclusion ni de l'un ni de l'autre. Les idées sont les conceptions des apprenants et leurs préacquis.

Quand les idées de l'apprenant ne permettent pas de rendre compte du fait observé, un problème est né. « ... un problème scientifique (P) apparaît lorsque quelque chose fait obstacle à la compréhension, est énigmatique, ne s'intègre pas dans les idées communes. » (Cariou, 2010)

Comme il existe différentes conceptions d'apprenants, différents problèmes peuvent être provoqués par le même fait ou la même situation. Cariou (2009) se sert du type de réponse attendue pour distinguer le problème de la question, « ... un authentique problème scientifique, qui correspond à une recherche d'explication, d'une question plus simple visant l'obtention d'une information. » (Cariou, 2009)

Cette hiérarchisation suppose la supériorité du problème par rapport à la question. La distinction entre problème et question est faite par Darley (2007).

Cariou (2015) se sert du substantif « interrogation » pour regrouper les « problème » et « question ». L'auteur distingue l'interrogation informative de l'interrogation explicative selon que la réponse attendue soit une information ou une explication. Il introduit, en plus, l'interrogation pragmatique qui demande comme réponse un moyen efficace. Il fait correspondre les trois types d'interrogation aux trois types d'apprentissages de Reboul (1980) : apprendre que, apprendre et apprendre à.

La démarche DiPHTeRIC suppose l'existence d'une hypothèse qui mérite d'être testée, corroborée (confirmée ou infirmée) (Develay, 1988). Elle fait intervenir l'esprit de création pendant l'émission d'hypothèse, « ... il y a toujours un saut créatif très important au moment de la construction des hypothèses » (Cariou, 2015) et l'esprit de contrôle pendant la proposition de protocole pour tester l'hypothèse, d'interprétation du résultat et la conclusion de l'expérience.

DiPHTeRIC modifie totalement la conception de l'erreur. Une hypothèse même fausse est intéressante, son infirmation procure de nouveaux savoirs à l'apprenant.

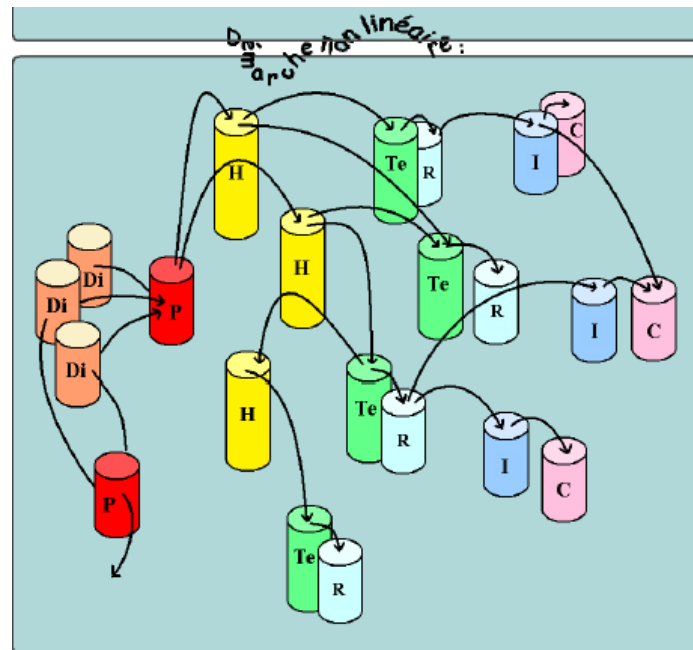


Figure 2 : Démarche DiPHTeRIC

Source : Cariou, (2009)

Les cylindres de hauteurs différentes montrent l'existence de phases ascendantes pendant lesquelles les apprenants mobilisent l'esprit créatif et de phases descendantes pendant lesquelles ils mobilisent l'esprit de contrôle. La démarche DiPHTeRIC n'est pas linéaire. Ce modèle montre, en plus des différentes étapes, le passage d'une étape à une autre. Les mêmes données initiales, par exemple, peuvent provoquer plusieurs problèmes. Un problème peut ensuite conduire à l'émission de plusieurs hypothèses. Un test peut aboutir à un résultat, mais il peut s'ouvrir à la proposition de nouvelle hypothèse. Plusieurs interprétations peuvent amener à la même conclusion.

2.5.4. Démarche d'investigation

La démarche d'investigation fait couler pas mal d'encre, pendant ces deux dernières décennies. Elle est institutionnalisée aux États-Unis (Bächtold, 2014), dans plusieurs pays européens (Cross et Grangeat, 2014), depuis le milieu des années 1980 au Royaume-Uni par exemple (Millar, 1996). Elle est préconisée dans les textes officiels français des années 2000 pour l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies (Bächtold, 2012).

Considérée comme supérieure au modèle pédagogique transmissif, elle vise à donner le goût des sciences (Grangeat, 2015), et préparer l'apprenant aux activités des scientifiques

(Coupaud, 2015 ; Calmette et Mathéron, 2015). « Elles (les démarches d'investigation) ont été proposées notamment afin de résoudre des problèmes liés à une certaine désaffection des jeunes pour les études scientifiques » (Calmette et Mathéron, 2015).

Il est toutefois nécessaire de remarquer que les thèmes traités dans les programmes scolaires ne se prêtent pas tous à une démarche d'investigation (Larcher et Peterfalvi, 2006 ; Anguenot, 2012) et que la promotion de la démarche d'investigation cache parfois les zones d'ombre qui persistent autour d'elle.

La démarche d'investigation puise ses ancrages dans des théories épistémologiques et des théories de la psychologie cognitive (Batchold, 2012 ; Cariou, 2015). Deux ancrages épistémologiques sont cités :

D'une part, la démarche d'investigation accorde une importance particulière au problème. C'est un point de vue hérité de Dewey (1910). « C'est la morsure du problème qui force l'esprit à se mettre en marche » (Dewey cité par Cariou, 2015)

Bachelard cité par Robardet (1989) est du même avis. « C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. »

Et d'autre part, elle est basée sur le constructivisme ou plus précisément le socioconstructivisme (Calmette, 2009 ; Mathé, Méheut et de Hosson, 2008). Le constructivisme formule une critique de l'inductivisme dit « naïf » qui suppose que l'expérience précède la théorie et propose que ce soit plutôt l'inverse qui est acceptable.

Deuxièmement, les données de l'observation et de l'expérience ne sont jamais neutres, elles sont toujours « chargées de théorie », c'est-à-dire investies d'une interprétation qui dépend des théories ou des conceptions admises jusque-là. (Duhem, Popper, Hanson, Kuhn, Putnam et Chalmers cité par Bätchold, 2012).

Il en est de même pour l'ancrage psychologique. La démarche d'investigation admet que l'apprenant possède une conception initiale (Joshua et Dupin, 1993 ; Meirieu, 1987) et que l'apprentissage peut être considéré comme un changement conceptuel. La mise en défaut de la conception initiale de l'apprenant provoque la naissance d'un problème. « Dans ce modèle, le problème naît d'une contradiction de points de vue ou de la rencontre avec un obstacle » (Coquidé, Fortin et Rumelhard, 2009).

Le fait que cette conception ne permet pas à l'apprenant de rendre compte du phénomène lui constitue le problème. Il provoque chez lui un « conflit cognitif » et le pousse à la réviser.

Or, ce problème se pose aux élèves en raison de l'interprétation « erronée » qu'ils font du phénomène apparaissant dans la situation de départ (mise en place ou décrite par l'enseignant), laquelle interprétation dépend de (et révèle) leurs conceptions initiales (Posner *et al.*, 1982 cité par Bätchold, 2015).

La littérature fait état d'un décalage entre les avis des différents chercheurs.

À propos de son utilisation dans l'enseignement, Blanquet, (2014), Cariou (2015), Coquidé, Fortin et Rumelhard (2009) et Bacon cité par Cariou (2010) avancent que ce n'est pas récente alors que le texte officiel français la qualifie de nouveauté (Calmette, 2010). Bätchold (2012) et Venturini et Tiberghien (2012) pensent que c'est une déclinaison particulière de l'« Inquiry Based System Education » (IBSE) développée aux États-Unis dans les années soixante. Calmette et Boilevin (2014), de leur côté, lui attribuent son origine dans les travaux des équipes de l'INRP portant sur les activités d'éveil scientifique et technologique à l'école, préconisées alors par les institutions (1969).

L'inexistence de définition communément adoptée ni de consensus sur ces éléments constitutifs a été signalée (Calmette, 2012 ; Cariou, 2015 ; Cross et Grangeat, 2014 ; Appleton, cité par Blanquet, 2014). La difficulté de l'uniformisation est due à sa pratique depuis longtemps, sous diverses formes et diverses appellations.

Boilevin (2010), Prieur, Monod-Ansaldi et Fontanieu (2013) voient la démarche d'investigation comme un moyen d'apprentissage. D'autres le considèrent comme un objet d'apprentissage (Boilevin, 2010 ; Anguenot, 2012 ; Blanquet, 2014 ; Coupaud, 2015), un résultat de transposition didactique de la démarche des scientifiques lors de la construction d'une théorie à une situation d'enseignement-apprentissage.

La littérature montre aussi un décalage entre les prescriptions dans les textes officiels français et les avis des chercheurs (Cariou, 2015 ; Calmette et Boilevin, 2014).

Le canevas prescrit une démarche à sept étapes qui ne se déroulent pas de manières linéaires.

Étape 1 : Le choix d'une situation-problème par le professeur : analyse des savoirs visés, détermination des objectifs, identification des difficultés des élèves, élaboration d'un scénario ;

Étape 2 : L'appropriation du problème par les élèves : travail guidé par l'enseignant qui aide à reformuler les questions et à faire émerger des conceptions par les élèves de manière à faire naître le questionnement ;

Étape 3 : La formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles à communiquer et permettant d'élaborer des expériences tests ;

Étape 4 : L'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves : débat interne, contrôle des modalités des expériences, description des méthodes et exploitation des résultats, recherche de justification et de preuve, confrontation avec les hypothèses ;

Étape 5 : L'échange argumenté autour des propositions élaborées : communication des résultats, confrontation, débat, recherche d'arguments, élaboration collective du résultat attendu ;

Étape 6 : L'acquisition et la structuration des connaissances : mise en évidence avec l'enseignant des nouveaux éléments de savoirs (notion, technique, méthode), confrontation avec le savoir établi (recherche documentaire, manuel...) ;

Étape 7 : L'opérationnalisation des connaissances : exercices et problèmes de réinvestissement, évaluation des connaissances et compétences méthodologiques. (Calmette, 2009).

La critique de Cariou (2015) va à l'endroit de la première et de la dernière étape. Il pense qu'ils paraissent plutôt « encadrer » la démarche d'investigation « que la constituer ». L'exclusion de la dernière étape de la démarche d'investigation se rencontre aussi sous la plume de Calmette et Boilevin (2014), ils l'appellent structuration. Pour Drouard (2008) l'investigation ne concerne que l'étape 2 à l'étape 5. Pour Calmette (2010) ce texte officiel prescrit des étapes qui se succèdent de manière linéaire, et prime la problématisation et l'émission d'hypothèse.

Deux restrictions sont imposées dans le canevas français de démarche d'investigation. L'expérience est le seul moyen admis pour la corroboration de l'hypothèse (Cariou, 2015 ; Coquidé, Fortin et Rumelhard, 2009) ; et il ne tient compte, en plus, que des interrogations

explicatives (Venturini et Tiberghien, 2012 ; Cariou, 2015). Mais, réduire l'investigation à l'activité expérimentale est discutable, Gil-Perez (1993) revendique la place de la lecture.

En premier lieu, il faut insister sur les visions réductionnistes du travail scientifique sous-entendues par ces questions. Comment peut-on imaginer qu'une stratégie d'investigation laisse de côté la lecture, quand nous savons qu'un chercheur emploie plus de la moitié de son temps à lire ? (Gil Perez, 1993)

Schneeberger et Rodriguez (1999), dans leur expérimentation, fournissent des documents aux apprenants pendant leurs activités d'investigation. Le Comité de suivi du Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (Coquidé, Fortin et Rumelhard, 2009) propose, en plus, la réalisation matérielle (construction directe, recherche d'une solution technique) ; l'observation, directe ou assistée par un instrument ; la recherche sur documents ; les enquêtes et les visites. (Coquidé, Fortin et Rumelhard, 2009). Larcher et Peterfalvi (2006) admettent l'activité documentaire et d'enquête, mais précisent que la documentation et l'expérimentation s'excluent l'une de l'autre.

Une autre divergence concerne la répartition des tâches entre l'enseignant et les apprenants d'une part et la divergence des avis des chercheurs quant à son efficacité (Cross et Grangeat, 2014), aux moments clés ou aux déroulements d'autre part (Cariou, 2015).

Un double décalage entre le curriculum prescrit français et les conceptions des enseignants de la démarche d'investigation (Pellissier, 2010) d'une part, et entre ces mêmes conceptions et leurs pratiques de l'autre est également signalé.

Drouard (2008) décrit succinctement et illustre le déroulement de la démarche d'investigation préconisée par LAMAP¹² et dans le plan de rénovation de l'enseignement des sciences à l'école primaire (2000), les programmes officiels de collège (2002, 2007 et 2008) et les documents d'accompagnement. L'auteur décrit cinq types de protocoles selon la nature du problème : l'expérimentation, le tâtonnement expérimental, la modélisation, l'observation et la recherche documentaire. Il insiste sur l'importance de l'activité intellectuelle. La démarche d'investigation ne peut pas être réduite à faire de l'expérience. L'auteur évoque quatre types de situations-problèmes appelés aussi situations de départ :

¹² La main à la pâte : <https://fondation-lamap-org>

- la situation fonctionnelle ; c'est quand la situation a d'autres fonctions que de servir de point de départ à une séquence de sciences. Souvent, la situation de départ est conçue par l'enseignant dans le seul but de déclencher les remarques et questions qui alimenteront l'élaboration du problème à résoudre. Il est de tendance de partir d'album de fiction ou de fiction documentaire ;
- la situation fortuite (non programmable, mais prévisible) ;
- la situation d'évocation, il est possible aussi d'évoquer une situation que les apprenants ont sans doute vécue. Il faut s'assurer que tous les apprenants soient concernés ;
- la situation de défi, c'est quand l'enseignement va directement à un problème pour l'enchaîner avec celui qui vient d'être résolu.

La situation de départ suscite des discussions et des dialogues, mais c'est à l'enseignant de formuler le problème judicieux. Des enseignants s'aident de manuel scolaire pour trouver la bonne formulation. Sans la situation de départ, la dévolution de problème risque de ne pas avoir lieu pendant l'étape 2.

Les apprenants proposent des réponses en fonction de leurs constituants cognitifs (conception et préacquis). Cette réponse provisoire fait l'objet d'un débat. C'est dans l'étape 3 que l'aspect constructif de la démarche d'investigation apparaît. Les réponses seront opposées avec les avis des autres apprenants ou un fait connu. L'objectif du débat est d'obtenir une réponse recevable, qu'on peut corroborer dans la classe. Les réponses des apprenants sont parfois de vraies hypothèses explicatives, mais souvent ce sont seulement des prévisions sur ce qui va se passer. Une réponse d'apprenant ne constitue d'hypothèse qu'après avoir été discutée par les paires et vérifiée qu'il est possible de la corroborer. Drouard (2008) considère que le protocole peut être remplacé par la planification ou l'organisation.

Des recherches sont aussi réalisées sur les pratiques des enseignants des démarches d'investigation.

En France, la mise en œuvre de la démarche d'investigation rencontre un obstacle dû à son association avec d'autres démarches (Cariou, 2013 ; Coquidé et Flatter, 2015) et l'incohérence existant dans les textes officiels.

Coquidé et Flatter (2015) ont effectué une étude de cas de quatre enseignants de sciences de la vie et de la terre. L'objectif est de connaître les facteurs pouvant influencer

l'élaboration et la mise en œuvre de l'investigation. Les auteurs constatent la difficulté de concilier la rigidité d'une organisation curriculaire avec la souplesse et l'ouverture d'une authentique investigation. La mise en œuvre de la démarche d'investigation se trouve alors compliquée. La pratique des quatre enseignants est influencée aussi bien par des curriculums nationaux et académiques que par les instructions anciennes. Le changement de curriculum prescrit ne suffit pas pour modifier les pratiques enseignantes.

Coupaud (2015) cite trois types de sources de confusion quant à la pratique de la démarche d'investigation : source technique (changement d'outil comme le livre, gestion du travail de sous-groupe), source sociale (attente des parents) et source culturelle (image de leur mission). Coquidé et Flatter (2015) évoquent l'habitude des apprenants.

La gestion de la démarche d'investigation est plus difficile que la transmission/réception. Elle exige d'une part à l'enseignant la possession d'une capacité à gérer l'imprévu et la patience pour laisser l'apprenant mener l'investigation en ne l'orientant pas trop rapidement vers la solution. Il est, en effet, le guide de l'investigation.

L'enseignant peut aider l'apprenant à gagner de la confiance en soi et se sentir capable de mener à bien l'investigation (Coquidé et Flatter, 2015). « Une meilleure connaissance, par l'enseignant, des stratégies privilégiées par les élèves pourra sans doute l'aider à mieux cerner leurs difficultés et à fournir une aide plus adaptée, en fonction des objectifs visés. » (Schneeberger et Rodriguez, 1999)

Les enseignants n'accordent pas la même importance aux différentes étapes de la démarche. Le temps constitue une contrainte à deux niveaux : premièrement de la durée totale impartie à la discipline par rapport au programme, et deuxièmement de la durée d'une séance par rapport à l'exigence de la démarche d'investigation. La contrainte temps didactique est aussi citée par Calmette (2009). Les enseignants se voient obligés de bruler des étapes et/ou réduire l'autonomie des apprenants en canalisant leurs démarches (Venturini, 2015).

L'expérimentation menée par Schneeberger et Rodriguez (1999) dans une classe de première d'un lycée français, dans le modèle pédagogique « investigation-structuration » peut être classée de pratique de démarche d'investigation malgré le fait qu'elle a été réalisée bien avant la prescription de cette démarche par le texte officiel français et s'inscrit dans ce modèle pédagogique investigation-structuration. En effet, cette expérimentation

comprend les quatre points communs des démarches d'investigation décrites par (Cariou, 2015).

Ces auteurs ont constaté que, bien que l'activité commence par une interrogation élaborée par l'apprenant, ce n'est pas celle-ci qui est formulée dans le compte rendu final. La formulation de problème n'est pas une tâche facile pour les apprenants, elle ne se fait ni en une seule étape ni de la même manière pour les différents apprenants ou groupes d'apprenants (Schneeberger et Rodriguez, 1999). L'apprenant peut formuler une interrogation dans le but de satisfaire l'enseignant avec un résultat possible ou une manipulation faisable ou pour lui montrer la participation à l'activité proposée par celui-ci (Brousseau, 1985).

Les apprenants adoptent deux stratégies extrêmes et contradictoires (Schneeberger et Rodriguez, 1999) : la stratégie exploratoire, qui correspond à un problème sans connaissance à l'avance ni de la manipulation à faire ni du résultat à obtenir et la stratégie défaitiste qui révèle un manque d'intérêt à la tâche proposée.

Cariou (2015) effectue une analyse comparative de dix définitions de démarches d'investigation et énumère quatre points communs qui peuvent servir pour définir une démarche d'investigation :

- l'initiation de l'investigation par une interrogation,
- la part de responsabilité conceptuelle laissée aux apprenants,
- l'existence de débats, d'échanges argumentés,
- l'existence de production et de réalisation par les apprenants.

Deux de ces dix définitions seulement, celles de Grangeat (2013) et de Morge et Boilevin (2007), évoquent l'aspect qualitatif.

Après une étude des fondements épistémologiques et didactiques des conceptions courantes des démarches d'investigation, l'auteur conçoit cette démarche en termes d'esprit créateur et esprit de contrôle. Il a produit dans son travail de synthèse un modèle de démarche d'investigation.

Dans ce modèle (Figure 3), la démarche d'investigation commence par un problème explicatif ou une question qui débouche vers un problème pragmatique. L'esprit créatif intervient lors de la conception d'hypothèse et de moyens (protocole), lors de l'élaboration

d'interprétation et lors de la conclusion. L'esprit de contrôle intervient, par contre, lors des débats sur la recevabilité des hypothèses, sur la pertinence des moyens, la recevabilité et la cohérence des interprétations et de la conclusion. La démarche n'est pas linéaire, il y a des va-et-vient entre l'esprit créatif et l'esprit de contrôle. Il y a aussi un retour vers une étape antérieure lors de l'intervention d'un même esprit. Le modèle met l'accent sur l'existence des débats lors de l'intervention de l'esprit de contrôle. Il suppose, en revanche, que l'intervention de l'esprit de création est individuelle.

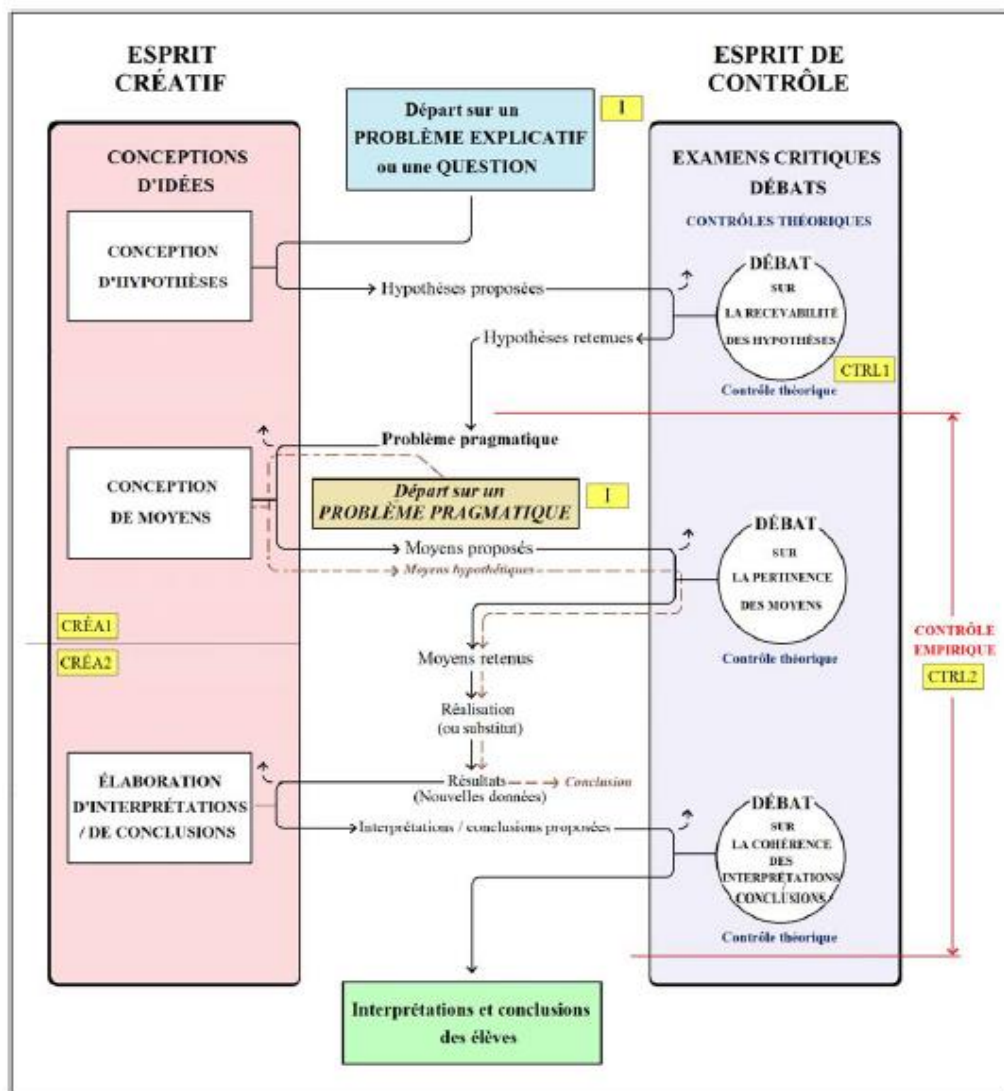


Figure 3 : Démarche d'investigation

Source : Cariou (2015)

2.6. Pédagogie des grands-groupes

En Afrique subsaharienne, depuis le retour à l'indépendance, dans plusieurs pays, l'explosion démographique scolaire (Nomaye, 2006) crée une situation de classe à effectif relativement élevé. Les enseignants africains se sont beaucoup penchés aux problèmes posés par ce surnombre auquel ils sont confrontés. Ils ont cherché à comprendre et à définir la situation dans laquelle ils travaillent et à élaborer une pédagogie compatible avec. Les expérimentations qu'ils ont effectuées sont basées sur le tutorat et le monitorat. Ces pratiques enseignantes supposent l'existence dans la classe de quelques apprenants plus avancés que les autres, et qui possèdent peut-être la connaissance à transmettre (IDEN de Mbour, 1995 ; IDEN de Thiès-Ville, 1995 ; Noël et Schaeffer Campbelle, 1995).

Jusqu'au début des années quatre-vingt, ces classes à effectif élevé sont qualifiées de classe surchargée, de classe à effectif pléthorique ou encore de magmas (Dioum, 1985). L'utilisation du terme « grands groupes » est décidée lors de la conférence de la CONFEMEN à Brazzaville (Congo) en 1986.

2.6.1. Acceptions

La littérature fait état de plusieurs recherches sur les grands groupes.

La définition adoptée par le CONFEMEN (1986) considère que le surnombre est le seul facteur qui cause le résultat insatisfaisant du processus d'enseignement-apprentissage (Dioum, 1986). Les grands groupes constituent un facteur réducteur. L'enseignement-apprentissage est inscrit dans une approche transmissive et les grands groupes sont supposés constituer un obstacle à la transmission du savoir par le détenteur qui est l'enseignant. Mais l'approche transmissive de l'apprentissage largement pratiquée par les enseignants n'est pas remise en question.

Alexandre *et al.* (1991) admettent l'existence d'un effectif optimal à l'enseignement-apprentissage. L'effectif dépassant cette valeur optimale peut constituer un facteur réducteur supplémentaire (Dioum, 1995 ; Renard, 2001), un obstacle à la communication (Dah, 2002 cité par Bernatchez et Weiss-Lambrou 2003 ; Brazier, 2002) et rendre infructueuse la pratique pédagogique habituelle.

Le grand groupe commence dès que l'effectif de la classe gêne, stérilise ou paralyse la mise en œuvre des techniques de classe qui ont été habituellement conçues pour des groupes de

25 à 35 élèves et qui constituent généralement l'essentiel de ce que les maîtres apprennent au cours de leur formation. (Alexandre, Dioum, *et al.*, 1991).

Dioum (1992) revient sur ces pas et ne parle pas de l'effectif optimal ni de la formation d'enseignant. L'auteur prend plus en considération l'activité de l'apprenant, autre que recevoir de l'information, et de la mémoriser. L'enseignement n'est plus limité à de la transmission verticale enseignant-apprenant, il est aussi question d'échange pendant l'enseignement. « On peut parler de grands groupes, à partir du moment où, dans une situation d'enseignement-apprentissage donnée, le nombre d'apprenants est tel qu'il constitue un obstacle pour l'efficacité de la communication et des échanges » (Dioum, 1992).

La situation a évolué et la différence entre les apprenants commence à être prise en compte depuis la deuxième moitié des années 90. Apprenants faibles, moyens et forts doivent avoir la même chance de réussir. Le processus d'enseignement-apprentissage n'est plus réduit à un processus de communication.

On est en situation de grands groupes à partir du moment où, dans une situation d'enseignement-apprentissage donnée, le nombre d'apprenants est tel qu'il constitue un facteur réducteur, parmi d'autres, pour l'application des méthodes habituelles d'enseignement et d'évaluation ; et pour l'efficacité et l'équité du système d'apprentissage. (JPI - ENS, 1996 a).

L'appellation grands groupes renvoie naturellement à l'étude de l'impact de l'effectif d'apprenants dans le groupe classe sur l'apprentissage. La littérature fait état de plusieurs recherches sur ce problème.

2.6.2. Effectif d'apprenants et qualité du processus d'enseignement-apprentissage

L'effectif d'apprenants dans un groupe supposé de taille normale varie d'un auteur à un autre, d'un pays à un autre, aussi est-il difficile de l'utiliser pour définir des grands groupes. C'est de 20 à 25 pour (Dioum, 1992), de 50 à 60 pour De Peretti (1987).

Des auteurs affirment qu'il est impossible de définir les grands groupes avec des données quantitatives. « Notons pour commencer qu'il n'existe pas de définition du « grand groupe » a priori, qui soit valable en tout temps et en tout lieu. » (Fofana, 2011)

Une relation directe entre taille de groupe et qualité d'enseignement-apprentissage n'est pas vérifiée (Knight, Aitken et Rogerson, 2000 cité par Bernatchez et Weiss-Lambrou, 2003).

Renard (2003) relate les résultats des études faites dans plusieurs pays (du nord) : « ... que l'efficacité pédagogique ne croît pas obligatoirement avec l'abaissement des effectifs. »

Bernatchez et Weiss-Lambrou, (2003) affirment que :

... la qualité de l'enseignement apprentissage serait indépendante de la taille du groupe et que les activités qui se sont avérées efficaces pour les petites classes (comme la résolution de problème, les études de cas, l'utilisation d'outils d'observation, les séances de remue-ménages, etc.) seraient également efficaces pour les grands groupes.

Par contre, plus l'effectif augmente plus la disparité se fait sentir (Brazier, 2002). L'augmentation de nombre d'apprenants augmente la complexité de la classe (Dioum, 1995 ; Brazier, 2002), elle diversifie le champ d'intérêt, la motivation, le prérequis, la vitesse et le mode d'apprentissage dans la classe (Brazier, 2002). Le surnombre constitue alors un facteur réducteur (Dioum, 1995 ; Renard, 2003), un obstacle à la communication (Dah, 2002 ; Brazier, 2002), à toute forme d'activité d'enseignement-apprentissage (Dioum, 1985 ; JPI - ENS, 1996 a).

Les avis divergent aussi sur certains points. Selon de Peretti (1986), contrairement à ce que Bernatchez et Weiss-Lambrou (2003) évoquait, on ne fait pas la même activité en petit groupe et en grand groupe.

Pour étudier le problème du processus d'enseignement-apprentissage dans une classe à effectif élevé alors, il ne faut pas se focaliser sur ce seul paramètre effectif (De Peretti, 1987 ; Dioum, 1995 ; Bernatchez et Weiss-Lambrou, 2003). Dès le début des années 90, la littérature précise l'implication des facteurs autres que l'effectif.

2.6.3. Dramatisation et approche transmissive de l'apprentissage

En plus de l'effectif élevé, deux autres facteurs réducteurs sont aussi identifiés. Il s'agit de l'approche transmissive de l'apprentissage et la dramatisation de la situation (Dioum, 1996).

Le premier facteur réducteur est la dramatisation de la situation par l'utilisation des expressions classe surchargée, classe à effectif pléthorique et magma. Ces dernières véhiculent une connotation négative et sont accusées d'avoir une influence négative sur les comportements des enseignants. Or, le surnombre n'est pas seulement un facteur réducteur, il constitue aussi une ressource, surtout pour les pays d'Afrique du fait de

l'organisation de leurs sociétés. Renard (2003) avance que les grands groupes possèdent un potentiel qui augmente avec la taille du groupe et qui mérite d'être exploité. Pour Nomaye (2006), ce potentiel n'est pas inhérent aux grands groupes, mais provient plutôt de l'exploitation des contraintes existantes. La critique de Fofana (2011) va spécialement à l'endroit de l'expression « classe surchargée ». Pour lui, celle-ci implique aussi l'infrastructure et les mobiliers. Une classe à effectif élevé n'est pas forcément surchargée.

Le deuxième facteur est l'approche de l'enseignement-apprentissage privilégiée. À l'époque de la création du concept de grands groupes, l'approche transmissive de l'apprentissage était la plus répandue. Cette approche est connue par sa multiple forme de pauvreté. Elle est basée sur deux hypothèses principales : la neutralité conceptuelle de l'apprenant et la non-déformation de l'information transmise.

La première forme de pauvreté concerne l'apprenant, au début du processus d'enseignement - apprentissage. À ce moment, les apprenants sont considérés comme dépourvus de toutes sortes de connaissances. De ce fait, ils se comporteraient de manière semblable et pourraient être traités de la même manière.

Dioum (1995) parle de mythe identitaire. L'enseignant suppose que les apprenants conforment naturellement leurs objectifs à ceux de l'enseignant ou de l'enseignement, ce qui partout n'est ni automatique ni général.

Cette approche suppose en plus la non-déformation des informations transmises. Cette hypothèse est à l'origine de la deuxième forme de pauvreté qui concerne la relation entre l'enseignant et les apprenants. Le processus d'enseignement-apprentissage est réduit à un processus de communication. Une communication verticale où l'enseignant (le détenteur de savoir) étant l'émetteur, et la classe le récepteur (Dioum, 1996). Ce type de communication limite en plus les stratégies et les activités pédagogiques. Un seul type d'activité suffit pendant une séquence d'enseignement.

Malgré l'effectif élevé d'apprenant par classe, l'approche transmissive de l'apprentissage ne considère que deux acteurs : l'enseignant d'un côté et la classe de l'autre. Il fait fi de la particularité de chaque individu.

L'obligation de bon résultat pousse les chercheurs à trouver des solutions adaptées à la situation de classe à effectif élevé.

2.6.4. Des solutions adoptées

De l'amélioration ont été proposée face aux trois facteurs réducteurs évoqués par (Dioum, 1996) : la dramatisation de la situation, l'effectif élevé et l'approche transmissive de l'apprentissage. Il s'agit de la dédramatisation de la situation, de la division de la classe en sous-groupe et de la diversification des activités par abandon de l'approche transmissive de l'apprentissage au profit de l'approche constructiviste.

Des politiques, des chercheurs et des praticiens ont décidé d'adopter le terme « grands groupes » lors de la conférence du CONFEMEN à Brazzaville (Congo) en 1986 (Dioum, 1996) dans le but de dédramatiser la situation de classe à effectif élevé. Les expressions, comme classe surchargée, classe à effectif pléthorique et magma, utilisées auparavant pour désigner les classes à effectifs élevés ont été abandonnées.

La pédagogie de grands groupes proposée (De Peretti, 1987 ; Dioum, 1996) consiste à la division des grands groupes en plusieurs sous-groupes. Elle provoque des enrichissements : une multiplication simultanée de type et du nombre de communication et d'acteurs et la création de nouveaux rôles des apprenants.

Dans le cadre de notre recherche, nous appelons groupe, la classe tout entière et sous-groupes, les regroupements organisés de huit ou neufs apprenants, provenant de subdivision de la classe en vue de la réalisation de la démarche d'investigation.

La création des sous-groupes équivaut à l'abandon de l'approche transmissive de l'enseignement-apprentissage au profit de l'approche socioconstructiviste. Elle admet que chaque apprenant arrive en classe avec une structure cognitive bien déterminée, des conceptions initiales sur le sujet d'apprentissage.

Faire travailler les apprenants en sous-groupe signifie admettre la différence entre les individus (Aylwyn, 1994 ; Brazier, 2003). La classe n'est plus considérée comme uniforme, la différence entre les apprenants est admise, voire exploitée. Des auteurs conseillent de baser la composition du groupe sur l'hétérogénéité (Dioum, 1996 ; Brazier, 2003). Les paramètres à considérer sont d'ordre culturel et motivationnel, à savoir, le stade de développement de pensée, la structure cognitive, le type d'intelligence, le style d'apprentissage, la source et forme de motivation (Aylwyn, 1994 ; Dioum, 1995). Barlow

(1993) propose d'autres considérations pour déterminer la composition du groupe : l'âge, le sexe et les méthodes de travail.

La répartition des apprenants en sous-groupes rend possible la diversification des activités d'apprentissage (Dioum, 1996), ce qui constitue une autre forme d'enrichissement. Au lieu d'enseigner un seul groupe classe à effectif élevé, l'enseignant a affaire à plusieurs sous-groupes. La communication verticale enseignant-classe devient alors une communication verticale enseignant-sous-groupes.

Ce choix crée un nouveau type de communication complémentaire : la communication horizontale apprenant-apprenant. Chaque sous-groupe d'apprenants est le foyer d'une confrontation de conceptions du concept à apprendre, de la tâche à exécuter ou du problème à résoudre. « L'intérêt du travail en groupe dans la construction de l'intelligence est de permettre la confrontation avec autrui, la divergence des points de vue ... » (Barlow, 1993) de modes de pensée, Doise et Mugny (1981) montrent que des enfants entrant en interaction sociale entre eux, et contraints par la situation à coordonner leurs pensées, aboutissent à des performances supérieures. Il y a semble-t-il à cela plusieurs raisons :

- Il n'existe pas de « réponse juste » à priori dans un tel débat et cela provoque une relative égalisation des statuts des divers points de vue ;
- Ce genre de débat « entre pairs » contraint l'apprenant à prendre réellement en compte les points de vue différents et favorise en conséquence une « décentration » par rapport à ces représentations propres ;
- Enfin, il existe un enjeu socioaffectif à la construction de la connaissance : un sujet tient à « maintenir en relation avec les autres personnes » et si la situation est construite de telle façon que la condition en est l'appropriation cognitive, un profit pourra être trouvé pour l'apprentissage. (Peret-Clermont, 1981 ; Schubauer-Leoni, 1983 ; Joshua et Dupin, 1991)

Le travail en sous-groupe crée aussi de nouveaux rôles d'apprenant, chaque apprenant a sa place et sa responsabilité dans le sous-groupe. Il n'est pas un simple récepteur comme dans le modèle transmissif. « Le groupe doit avoir un mode de fonctionnement impliquant chacun à la tâche commune, de telle façon que cette implication soit un moyen d'accès à l'objectif que l'on propose d'atteindre. » (Barlow, 1993)

Aylwyn (1994) propose cinq rôles différents des apprenants dans le sous-groupe : animateurs, secrétaire, documentaliste, questionneur et observateur, si chaque rôle doit

être assuré par un individu le sous-groupe est composé déjà de cinq apprenants. Barlow (1993) parle de plusieurs rôles qui, après analyse peuvent être regroupés dans les cinq rôles précédents et, considérés comme les attributions de chaque individu :

- Animateur : introducteur, facilitateur, avocat du « diable », assistant technique, président, chargé de conclusion ;
- Secrétaire : rapporteur ;
- Documentaliste : personne-ressource, conducteur de travaux ;
- Questionneur : interviewer, synthétiseur, reformulation ;
- Observateur : simple « participant », accompagnateur, modérateur, régulateur. » (Barlow, 1993)

Conclusion de la première partie

Les deux lois qui ont régi respectivement le système éducatif malgache depuis 1995 et celle qui le régit actuellement montrent la volonté de l'État malgache à organiser un enseignement de qualité pour tous les enfants et adolescents à Madagascar.

L'État malgache a toujours pris conscience de l'importance de la mise en place d'un organisme chargé spécialement de la construction de curriculum. La proposition de changement de curriculum par la loi 2008-011 du 17 juillet 2008 montre une prise de conscience de la nécessité de changer le curriculum par l'État malgache.

La réalité montre, par contre, un autre visage de l'enseignement à Madagascar. Ce dernier souffre de manque de ressources matérielles, humaines et financières. Les ressources actuellement disponibles sont, en plus, de qualité insatisfaisante.

Cette situation actuelle du système éducatif malgache est problématique. Une amélioration du système éducatif est nécessaire. Elle demanderait beaucoup d'argent alors que l'État ne peut allouer à l'éducation qu'un budget limité.

Toute proposition d'amélioration de l'enseignement à Madagascar doit tenir compte de cette situation. Dans cette optique, l'État malgache adoptait déjà l'allongement de l'enseignement fondamental (moins cher).

La recherche que nous avons effectuée propose une amélioration qualitative de l'enseignement-apprentissage des sciences physiques au collège tout en limitant les

besoins nécessaires. Elle envisage la réalisation de TP-apprenants selon la démarche d'investigation en grands groupes dans l'enseignement des sciences physiques au collège.

D'un côté, elle propose de diminuer le besoin en matériels didactiques. Si dans les pays avancés, les apprenants travaillent en binôme, nous proposons des TP-apprenants en sous-groupes de huit apprenants, le besoin en matériels didactiques est alors divisé par quatre.

De l'autre côté, elle centre le processus d'enseignement-apprentissage sur l'apprenant, comme les lois 2004-004 du 26 juillet 2004 et 2008-011 du 17 juillet 2008 ont proposé dans leurs articles n°17. Elle propose de rendre chaque apprenant l'artisan constructeur de son propre savoir.

La littérature scientifique montre la possibilité d'utiliser la pédagogie de grand groupe pour organiser la démarche d'investigation.

En effet, la pédagogie de grand groupe suppose qu'une classe à effectif élevé possède son potentiel, qu'il faut exploiter ce dernier et éviter de dramatiser la situation. Elle propose la répartition des apprenants d'une classe à effectif élevé en sous-groupes hétérogènes, l'organisation de discussion entre les apprenants et la diversification des activités d'apprentissage. Cette pratique met en valeur l'importance de l'apprenant dans le processus d'enseignement-apprentissage, la différence entre les apprenants et leur responsabilisation.

La démarche d'investigation met l'accent sur l'existence de débats entre les apprenants lors de la mobilisation de l'esprit créatif, premièrement pour émettre des hypothèses et deuxièmement pour proposer un protocole nécessaire au test des hypothèses et l'existence de plusieurs activités à effectuer par les apprenants (problématisation, émission d'hypothèse, démarche d'investigation, etc.)

Deuxième partie : Évaluation du curriculum de sciences physiques de
collège de Madagascar

Chapitre 3 : Évaluation de la « pertinence » et de l'« à-propos »

Dans cette partie de notre recherche, nous avons évalué le curriculum des sciences physiques de collège de Madagascar. Pour ce faire, les qualités transversales du curriculum définies par Bouchard et Plante (Demeuse, 2013) sont choisies. Ce sont la pertinence, l'à-propos, l'efficacité, l'efficience, l'impact, la cohérence, la synergie, la durabilité et la flexibilité. Une grille d'analyse est conçue spécialement.

3.1. Méthodologie du chapitre 3

Ce chapitre 3 concerne les qualités liées aux contraintes et besoins, à savoir, la « pertinence » et l'« à-propos ».

La « pertinence » est assurée par la compatibilité entre objectifs pédagogiques et besoins clairement identifiés. Elle impose une opérationnalisation et une précision des objectifs.

L'évaluation de la « pertinence » consiste donc à faire émerger les incompatibilités entre besoins et objectifs pédagogiques.

Les besoins sont notés dans la loi 94-033 du 13 mars 1995 et la rubrique « Finalité » dans les « Livres de programme ». Ces mêmes « Livres de programme » contiennent aussi les objectifs pédagogiques.

Les objectifs pédagogiques sont, par contre, décrits dans les rubriques correspondant aux différentes catégories d'objectifs pédagogiques considérés dans les « Livres de programme ». Nous avons retenu les rubriques « Objectifs généraux » et « Objectifs spécifiques ». Les autres objectifs sont globaux donc difficiles à étudier.

Pour affiner nos résultats, nous avons effectué une modification de définitions de Plante et Bouchard cités par (Demeuse, 2013). Dans les « Livres de programme », la présentation des « Objectifs spécifiques », « Contenus » et « Observations » dans un tableau à trois colonnes suppose une cohérence entre ces trois rubriques. Alors, nous avons entrepris aussi la recherche d'incompatibilités entre besoins et méthodes décrites dans la rubrique « Observations ».

Quant à l'« à-propos » il est assuré par la bonne prise en considération des contraintes liées au contexte et au terrain. Nous avons analysé les prises en considération des contraintes

dans les méthodes prescrites dans la rubrique « Observations ». La recherche est orientée vers la détection de faiblesse de ces méthodes. La littérature scientifique est utilisée pour les expliquer.

3.1.1. Corpus du troisième chapitre

Nous avons focalisé notre recherche sur la loi 94-033 du 13 mars 1995 et les quatre « Livres de programme » de ce secteur d'enseignement.

Cette loi est publiée dans le journal officiel de la République est accessible à la bibliothèque nationale.

Les « Livres de programme » ont été édités avec l'aide de la banque mondiale et distribués à tous les collèges au début de la mise en application de l'actuel curriculum formel en 1996.

Ces « Livres de programme » sont actuellement, et depuis un certain temps, les seuls documents officiels encore disponibles dans les collèges de Madagascar et qui peuvent influencer les pratiques de l'ensemble des enseignants de toute l'île.

Chaque « Livre de programme » comporte trois parties, rédigées dans l'ordre suivant :

- les rubriques « objectifs de l'enseignement de la matière », « objectifs de l'enseignement des sciences physiques au collège », « objectifs des sciences physiques en classe de 6^{ème} (5ème, 4ème ou 3ème) » qui sont présentées au début de chaque livre et sous forme de liste ;
- la rubrique « objectifs généraux » d'un thème qui est présenté au début du thème et sous forme de liste, suivie directement par les trois rubriques « Objectifs spécifiques », « Contenus » et « Observations » de ce thème qui sont présentés sous forme de tableau à trois colonnes ;
- les rubriques « Instruction » et « Évaluation » sont présentées sous forme de liste à la fin du livre.

Parmi ces rubriques, il y a celles qui sont communes aux quatre niveaux d'enseignement : « Objectifs de l'enseignement de la matière », « Objectifs de l'enseignement des sciences au collège », « Instruction » et « évaluation » et celles qui se différencient d'un niveau scolaire à un autre, à savoir, « Objectifs généraux », « Objectifs spécifiques », « Contenus » et « Observations ».

Cinq thèmes sont traités au collège, de la classe de sixième à la classe de troisième. Deux thèmes sont traités pendant la totalité du collège, il s'agit de la « Chimie » et de l'« Électricité ». En classe de cinquième, le « magnétisme et l'électromagnétisme » sont ajoutés à l'électricité, le titre du thème devient « Électricité, magnétisme et électromagnétisme », mais comme l'électricité et le magnétisme sont étroitement liés et s'expliquent par les mouvements ordonnés de porteurs de charges électriques, cette distinction ne sera pas prise en compte dans notre travail. En plus, le magnétisme ne concerne qu'un seul chapitre, en l'occurrence « Aimant et bobine ».

Deux autres thèmes, les « Propriétés physiques de la matière » et l'« Optique » sont enseignés pendant deux ans. Le premier est traité pendant les deux premières années du collège (sixième et cinquième), alors que le second est enseigné pendant les deux dernières années (quatrième et troisième).

Le dernier thème, la « Mécanique », est enseigné en classe de troisième seulement.

3.1.2. Méthode de recueil et d'analyse des données

Les informations que contiennent les rubriques communes aux quatre niveaux d'enseignement (objectifs de l'enseignement de la matière, objectifs de l'enseignement des sciences physiques dans les collèges, instruction et évaluation) sont en nombre limité. Nous les avons analysées directement sans construire un outil particulier.

Pour analyser les rubriques « Objectifs spécifiques » et « Observations », par contre, nous devons créer une grille d'analyse. Cette grille comprend trois parties, dont l'identification du chapitre (niveau d'enseignement, thème et titre), les transpositions didactiques effectuées (étape, contrainte, comparaison, erreur commise, conséquence) et les formulations des prescriptions curriculaires. (Type de consigne, méthode, représentation du processus d'enseignement-apprentissage, représentation de l'expérience, objectif spécifique et évaluation).

3.2. De la « pertinence » insuffisamment mise en valeur

Comme il a été stipulé dans le cadre théorique, la « pertinence » apparaît à travers l'adéquation entre objectifs et besoin, elle requiert l'opérationnalisation des objectifs.

3.2.1. Les besoins de la société malgache

Le système éducatif malgache est régi par la loi 94-033 du 13 mars 1995. C'est cette même loi qui a préconisé la création de l'actuel curriculum formel.

Le besoin de la société est décrit dans l'article 2 de cette loi.

L'Éducation et la Formation à Madagascar visent à favoriser l'épanouissement physique, intellectuel, moral et artistique de la personnalité de l'individu, dans la pleine jouissance de sa liberté. L'Éducation et la Formation doivent prioritairement conférer aux membres de la société malgache le sens de leur responsabilité ...

Il s'agit d'un citoyen suffisamment épanoui capable de s'intégrer à la société et d'y apporter son apport. Ses besoins sont détaillés dans l'article n°3 de cette même loi et dans les « Livres de programme ».

Une partie des détails des besoins de la société se trouve dans l'article n°3 de la même loi.

En ce sens, elles doivent notamment :

- libérer l'initiative ;
- favoriser la créativité ;
- cultiver le goût de l'effort ;
- développer l'esprit d'entreprise, développer le souci d'efficacité, développer l'esprit de compétition, développer le sens de la communication, développer la recherche de l'excellence.

Une autre partie se trouve dans la rubrique « Finalité » du curriculum officiel. Cette rubrique est commune à tous les « Livres de programme ».

L'enseignement dispensé dans les collèges et Lycées malgaches doit avant tout viser la formation d'un type d'individu autonome et responsable,

L'identification de soi, autre axe de l'éducation, doit déboucher sur l'épanouissement physique, intellectuel et moral.

Formé à la liberté de choix, le futur citoyen sera amené à participer à la vie culturelle de la communauté, au progrès scientifique.

Et une dernière partie se trouve dans la rubrique « Objectifs généraux de l'enseignement » qui aurait pu être appelée buts de l'enseignement.

- Développer chez l'élève un esprit de rigueur et d'objectivité de manière à le rendre apte à s'ouvrir et à agir sur le monde concret, complexe et diversifié
- assurer l'acquisition des connaissances sur lesquelles s'appuiera en permanence le développement progressif des aptitudes et des capacités intellectuelles
- permettre à l'élève d'appréhender le caractère universel des connaissances scientifiques et littéraires en partant des réalités malgaches
- favoriser la créativité et l'esprit d'initiative de l'élève afin de lui permettre de s'épanouir et de participer au développement du pays
- développer chez l'élève l'esprit d'analyse et l'esprit critique afin de le rendre apte à raisonner, refusant l'esprit de système et le dogmatisme, à avoir le souci de la nuance et le sens du cas particulier
- développer la personnalité et la capacité d'expression et de communication.

Donner à l'élève les moyens intellectuels et moraux d'agir sur son environnement afin de promouvoir et de protéger celui-ci.

Tous les liens entre le besoin et les objectifs pédagogiques sont étudiés pour faire émerger des inadéquations éventuelles. Comme résultat, nous avons constaté que des « objectifs spécifiques » majoritairement de niveau taxonomique inférieur, et une insuffisance d'« objectifs de la matière » témoigne une insuffisance de prise en considération de la « pertinence » lors de la création de ce curriculum.

Dans les « Livres de programme », les rubriques « objectifs spécifiques », « contenus » et « Observation » sont représentées dans un tableau à trois colonnes. Cette représentation suppose une cohérence horizontale entre ces trois rubriques. Autrement dit, les prescriptions dans la rubrique « Observation » sont formulées pour assurer les objectifs spécifiques qui se trouvent dans la même ligne. L'adéquation des objectifs au besoin pourrait être analysée à travers les observations. Après l'étude de la relation entre les « Observations » et le besoin, nous avons remarqué que des considérations réductrices du vocable « enseigner » pourrait constituer de sources d'impertinence du curriculum formel aussi.

3.2.2. Des objectifs spécifiques majoritairement de niveau taxonomique inférieur

Les objectifs spécifiques fixés par le curriculum de sciences physiques de collèges ne sont pas compatibles aux besoins.

L'ensemble des contenus des quatre années de collège vise en tout 285 objectifs spécifiques. La taxonomie de Krathwoll (Wilson, 2016) permet de les classer selon leurs niveaux. Il existe six niveaux : mémoriser, comprendre, appliquer, analyser, évaluer et créer. Cette répartition des objectifs spécifiques n'est pas adéquate avec le besoin de la société.

Tableau 12 : Les niveaux taxonomiques des tous les objectifs spécifiques

Mémoriser	Comprendre	Appliquer	Analyser	Évaluer	Créer	Total général
37,54%	28,42%	12,98%	15,79%	5,26%	0,00%	100 %
107	81	37	45	15	0	285

Près de 80 % des objectifs spécifiques correspondent aux trois premiers niveaux taxonomiques de Krathwoll. Le curriculum formel est plutôt orienté vers la formation de citoyens exécuteurs de tâches bien précises.

15,79 % des objectifs spécifiques seulement correspondent au niveau, et 5,26 % correspondent au niveau évaluer. Ce curriculum ne se préoccupe donc pas de « développer... l'esprit critique » (Rubrique : Objectifs généraux de l'enseignement) des apprenants. Il n'est pas du tout conçu pour « favoriser la créativité » ni « développer la recherche de l'excellence ». En effet, aucun objectif ne correspond au niveau le plus élevé qu'est « créer ».

3.2.3. Des « Objectifs de la matière » insuffisants

Dans la rubrique « Objectif de la matière » qui est commune à tous les « Livres de programme », le curriculum prescrit quatre objectifs.

Les Sciences physiques doivent amener l'élève à :

- pratiquer une démarche expérimentale pour faire aboutir une recherche
- adopter une attitude scientifique en développant chez lui l'esprit scientifique
- interpréter des phénomènes naturels par les connaissances qu'elles lui apportent

- mieux connaître le monde technique qui nous entoure par le biais de l'analyse des réalités et de l'effort pour comprendre et expliquer.

Le premier et le troisième objectif de la matière correspondent respectivement à l'aptitude d'un citoyen à mener à bien une démarche expérimentale et utiliser les connaissances acquises pour en produire d'autres.

Dans certaines situations, l'expérience est impossible parce que le phénomène dure très longtemps ou parce que certains paramètres ne peuvent pas être modifiés facilement ou encore parce qu'un matériel nécessaire n'est pas disponible. Il est aussi possible que le phénomène présent soit inobservable, au moins, à l'œil nu. Dans ces deux cas, les enseignements apportés aux apprenants risquent de ne pas pouvoir servir à beaucoup de choses. Le citoyen ne pourrait donc pas satisfaire au besoin de la société.

Le choix de se limiter aux démarches (expérimentale et d'observation) diminue la « liberté de choix » des apprenants, et amenuise en même temps la chance de participer « au progrès ... scientifique ». En effet, théoriquement, il existe quatre moyens possibles pour corroborer une hypothèse et valider ou construire une connaissance. Il s'agit de l'expérience, de l'observation, de la simulation et de la modélisation.

3.2.4. Une utilisation exclusive du mode de raisonnement inductif

L'ensemble des contenus d'enseignement à acquérir pendant les quatre années du collège sont répartis dans 39 chapitres. Les méthodes prescrites dans la rubrique « Observation » n'utilisent qu'un seul et unique mode de raisonnement, à savoir, le mode de raisonnement inductif. Par exemple, le raisonnement suivant est prescrit pour l'enseignement-apprentissage de la notion de force, en mécanique de la classe de troisième.

Pour la mise en évidence, considérer un objet immobile (au repos ou en équilibre), le tirer à l'aide d'un fil jusqu'à faire constater la rupture de l'équilibre. Ce phénomène observé est une manifestation de la force exercée par le fil sur l'objet. ... Faire connaître que :

- le fil tendu visualise une droite appelée droite d'action ou droite support ou ligne d'action de la force ... (Classe : troisième, Thème : mécanique, Chapitre : Notion de force)

Dans l'enseignement des sciences physiques, trois principaux modes de raisonnement (inductif, déductif, hypothéticodéductif) sont généralement utilisés. Le mode inductif utilise l'observation d'un nombre limité d'observations pour formuler une conclusion

générale (Gohau, 1982). L'auteur évoque sa non-validité ; en effet, cette méthode ne peut pas assurer la véracité de la conclusion. L'utilisation de ce mode de raisonnement demande donc une grande prudence pour qu'il ne mène pas à un résultat erroné. Par conséquent, toutes les méthodes prescrites dans la rubrique « Observation » contiennent un pourcentage élevé de risquent de ne pas produire un citoyen intellectuellement épanoui capable de participer au « progrès scientifique ».

Pour les deux autres modes de raisonnement, le mode de raisonnement déductif procède, par contre, du général au particulier. Le résultat est sûr, mais il ne produit pas de nouvelle connaissance (Cariou, 2009). La connaissance générale utilisée comme point de départ est le fruit d'une induction au préalable. Elle hérite de la faiblesse du mode de raisonnement inductif. Le mode de raisonnement hypothéticodéductif combine les deux premiers selon (Cariou, 2009). Il commence par une induction lors de la conception et l'émission d'hypothèse et se termine par une déduction par des contrôles de la conclusion. Le mode de raisonnement hypothéticodéductif est jugé plus complet et plus sûr, son utilisation est revendiquée actuellement. Le problème pourrait ne pas être le mode de raisonnement inductif en soi, mais son utilisation exclusive.

Le mode de raisonnement inductif n'est pas obligatoirement adapté à toutes les situations. Le recours à d'autres modes s'avère utile, mais avec ce curriculum, il devient impossible. L'exclusion des deux derniers modes réduit donc le choix de démarches aux citoyens.

3.2.5. Des considérations réductrices du vocable « enseigner »

Six considérations réductrices du vocable « enseigner » sont exprimées explicitement ou non dans l'ensemble des prescriptions dans la rubrique « Observations ». Il s'agit d'assimilation d'enseigne comme synonyme d'informer, expliquer, convaincre, imposer, diriger ou habituer. Ces considérations ne sont pas exclusives, il est possible de rencontrer plusieurs synonymes d'enseigner dans un même chapitre.

a. Assimilation d'enseigner à informer

La première considération réductrice du vocable enseigner est son assimilation comme synonyme d'informer. La considération d'enseigner comme synonyme d'informer couvre la totalité des 39 chapitres qui composent le programme de collège. L'utilisation fréquente des termes : faire observer, décrire, donner ... témoigne cette situation.

Premièrement, le fait de livrer aux apprenants les contenus d'enseignement sous forme d'information suppose la neutralité conceptuelle des apprenants. Il signifie que les derniers arrivent en classe dépourvus de toute conception relative au sujet à apprendre. Les apprenants sont supposés aligner naturellement leur projet d'apprentissage avec le projet d'enseignement dicté par le curriculum.

Ce choix est inadéquat avec le besoin de la société pour deux raisons différentes. Premièrement, il empêche l'« identification de soi ». L'enseignement ignore la conception initiale de l'apprenant donc ne la fait pas émerger. Il empêche l'apprenant de se rendre compte combien son point de vue pourrait être différent et mériter une considération.

Deuxièmement, l'enseignant est considéré comme le seul détenteur de savoir et il le transmet aux élèves. La communication se fait dans un sens unique, de l'enseignant vers l'apprenant, leur rôle est réduit à recevoir l'information et l'enregistrer.

Cette méthode empêche la socialisation de l'apprenant, elle entrave le développement de « son sens de communication ». La conséquence peut être encore pire et aller au-delà du domaine des sciences. Il n'amène pas le futur citoyen à « participer à la vie culturelle de la communauté ».

Deux sortes d'informations sont à transmettre aux élèves : des informations verbales et des informations visuelles.

Les savoirs sont à délivrer aux apprenants :

soit sous forme d'informations verbales. L'utilisation fréquente de certains verbes (citer, faire connaître, faire remarquer, signaler, donner, préciser, rappeler, noter ...) l'atteste : « Faire connaître que : la masse d'une mole d'atomes est appelée masse atomique » (Classe : Troisième, Thème : Chimie, Chapitre : Quelques réactions chimiques)

soit sous forme d'information visuelle :

Le professeur pourra fabriquer une maquette pour illustrer le principe de fonctionnement d'une sonnerie électrique. (Classe : Cinquième, Thème : Électricité, Chapitre : Aimant et bobine)

Montrer expérimentalement la dilatation :

- d'un solide (incurvation, après chauffage d'un fil de cuivre tendu entre ses extrémités, expérience de S'Gravesande)
- d'un liquide (flacon muni d'un tube contenant un liquide coloré et chauffé)
- d'un gaz (flacon coiffé d'un ballon, puis chauffé).
- Les dimensions d'un solide varient avec la température. (Classe : Cinquième, Thème : Propriété physique de la matière, Chapitre : Dilatation)

Cette méthode suppose que si les contenus délivrés aux apprenants sont bien exposés l'acquisition de connaissance est assurée. L'utilisation des « Livres de programme » comme complément documentaire adressé aux enseignants en témoigne. Dans la rubrique « Observation », il y a quatre types des précisions des contenus d'enseignement : des concepts théoriques et techniques (intensité de courant électrique, atome, résistor ...), des unités de mesure et leurs multiples et sous-multiples (kg, m³, °C, N, mole, mole.L-1, ...), des phénomènes (changement d'état, réfraction de lumière...), des influences d'une variable sur d'autres variables (relation entre la densité d'un liquide et la poussée d'Archimède qu'il exerce ...), leurs relations qualitatives ou quantitatives, et des invariants (température de changement d'état ...).

b. Assimilation d'enseigner à expliquer

La considération réductrice suivante est l'assimilation d'enseigner à expliquer. Elle concerne aussi la totalité des chapitres à traiter au collège.

A partir de l'électroneutralité de l'atome, expliquer l'obtention d'un ion positif ou d'un ion négatif par un défaut (perte) ou excès (gain) d'électrons... (Classe : Quatrième, Thème : Chimie, Chapitre : Ions)

Il est demandé d'identifier les divers éléments que comporte un circuit électrique de la vie courante, par exemple celui d'une lampe de poche ou bien d'une lampe torche ou bien d'une voiture...S'il y a lieu, on expliquera le « retour par la masse », retour du courant par la carcasse de l'appareil. (Classe : Cinquième, Thème : Électricité, Chapitre : Circuit électrique)

Selon Meirieu (1987), expliquer un fait à l'apprenant lui empêche de trouver lui-même la réponse.

Il est incompatible avec deux éléments de la finalité de l'éducation et de la formation. Il ne cultive pas chez les futurs citoyens « le goût de l'effort » et ne libère pas leurs « initiatives ».

c. Assimilation d'enseigner à imposer ou convaincre

Dans certains chapitres, les prescriptions curriculaires assimilent explicitement ou non « enseigner » à « imposer » ou « convaincre ».

Par exemple, pour l'enseignement-apprentissage de l'électrisation par frottement, la méthode suivante est prescrite : « Faire : ... admettre que les corps chargés électriquement se répartissent en deux groupes ... » (Classe : Quatrième, Thème : Électricité, Chapitre : Électrisation par frottement. Les deux sortes de charges électriques)

Imposer une connaissance à l'apprenant signifie carrément supprimer sa « liberté » de construire sa propre connaissance. Il refuse à l'apprenant la « liberté de choix » et le « sens de la communication ».

Un préacquis mathématique considéré comme non adapté au développement cognitif des apprenants, un besoin d'un modèle microscopique, une absence de matériel onéreux sont en général les causes de la considération d'enseigner comme imposer ou convaincre. Des cas d'imposition de connaissance sans contrainte réelle sont pourtant relevés. L'erreur et l'incertitude ne sont non plus enseignés en sciences physiques au collège.

Dans ce curriculum, le premier type de contrainte qui est à l'origine de l'assimilation d'enseigner à imposer ou convaincre est un préacquis mathématique, considéré comme non adapté au développement cognitif de l'apprenant conduit à l'assimilation d'« enseigner » à « imposer » ou « convaincre ». « Insister sur le caractère linéaire de la courbe : ... » (Classe : Troisième, Thème : Électricité, Chapitre : Conducteur ohmique).

La droite ne fait pas encore partie de programme de mathématiques de la classe de troisième. La prescription suivante est notée pour que les apprenants acceptent que la propagation de la lumière dans un milieu homogène soit rectiligne. « Insister sur la propagation de la lumière et habituer les élèves à indiquer ce sens en plaçant une flèche sur un rayon lumineux avant et après l'instrument d'optique. » (Classe : Quatrième, Thème : Optique, Chapitre : Propagation de la lumière)

Pour ce même chapitre, le curriculum prescrit une situation qui pourrait inciter les apprenants à se poser des questions sur les propriétés de la propagation de la lumière,

émettre ensuite une hypothèse, proposer un protocole pour le corroborer. « Faire remarquer les bords rectilignes des faisceaux lumineux. ... » (Classe : Quatrième, Thème : Optique, Chapitre : Propagation de la lumière)

Le deuxième type de contrainte est le besoin d'un modèle microscopique donc non observable, au moins à l'œil nu. C'est le cas de l'enseignement-apprentissage du concept atome. Il paraît que son existence est imposée aux enseignants d'abord. « Admettre l'existence des atomes qui sont des particules à partir desquelles est formée toute substance vivante ou inerte. »

Puis l'enseignant l'impose à son tour à ses apprenants, « Présenter l'atome comme un ensemble constitué d'un noyau central autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons. »

Le troisième type de contrainte est le besoin de matériel d'expérimentation onéreux. « À défaut d'un oscilloscope, faire admettre que le courant du secteur est alternatif. » (Classe : Quatrième, Thème : Électricité, Chapitre : Courant alternatif).

L'utilisation de diodes tête-bêche (figure 4) permet pourtant de remplacer l'oscilloscope s'il s'agit seulement de mise en évidence de l'existence de courant alternatif.

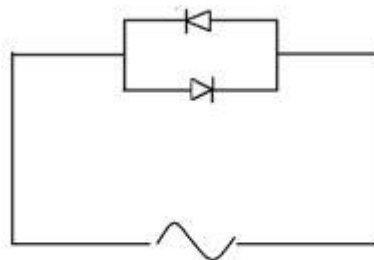


Figure 4 : Diodes tête-bêche

Cette assimilation d'enseigner à convaincre se rencontre même dans un cas où il n'y a aucune contrainte « On insistera sur l'horizontalité de la surface libre d'un liquide au repos ... » (Classe : cinquième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : L'état solide et liquide)

d. *Assimilation d'enseigner à habituer*

Dans plusieurs chapitres où « enseigner » est considéré comme synonyme d'« imposer » se trouve aussi la réduction d'« enseigner » à « habituer ». L'habitude est utilisée comme un moyen de stabilisation d'une connaissance imposée.

Insister sur le sens de propagation de la lumière et habituer les élèves à indiquer ce sens en plaçant une flèche sur un rayon lumineux avant et après l'instrument d'optique. (Classe : Quatrième, Thème : Optique, Chapitre : Propagation de la lumière)

Le curriculum considère l'apprentissage comme un exercice de routine « Le professeur développera chez l'élève l'attitude consistant à contrôler systématiquement la bonne adaptation des appareils utilisés dans un circuit électrique. » (Classe : Sixième, Thème : Électricité, Chapitre : Circuit électrique)

Ce choix entrave l'« épanouissement intellectuel » du futur citoyen. Avec lui, il n'y a ni libération d'« initiative », ni formation d'individu « autonome ».

e. Assimilation d'enseigner à diriger

La considération d'enseigner comme synonyme de diriger est aussi rencontrée dans tous les 39 chapitres. Les méthodes prescrites, dans ce curriculum, sont toutes linéaires. Elles sont, en général, démonstratives ou expositives.

Pour introduire la notion de masse volumique d'un solide, on peut procéder de la façon suivante :

- prendre un objet homogène (boulon = vis + écrou, caillou, morceau de bois...) et déterminer sa masse et son volume,
- dévisser le boulon ou casser le caillou ou découper le morceau de bois,
- déterminer la masse et le volume de chaque morceau
- consigner les résultats dans un tableau où apparaîtront les masses, les volumes et les quotients m (le nombre des chiffres significatifs à conserver dans ces quotients sera dicté par ceux des masses m et des volumes v)
- comparer les quotients
- admettre qu'ils sont égaux à des erreurs près (la justification est hors programme) ; en déduire la masse volumique du solide (on prendra la valeur moyenne).
- Définir la masse volumique d'une substance. (Classe : Cinquième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : Les états solide et liquide)

Chaque apprenant possède son schème organisateur et le mobilise afin d'y intégrer une information nouvelle et construire une nouvelle connaissance. Chaque apprenant poursuit son propre cheminement intellectuel.

Cette considération est incompatible avec la finalité de l'éducation et de la formation. Elle entrave la « formation d'un type d'individu autonome et responsable ». Elle empêche « l'identification de soi », en effet elle oblige l'apprenant à abandonner son propre raisonnement et adopter celui de l'enseignant. Elle défavorise la « créativité » et rend impossible l'« autonomie » du futur citoyen.

3.2.6. Des expériences simplifiées

Une contradiction est constatée entre une prescription dans la rubrique « Objectif de la matière » et une autre dans la rubrique « Instruction ».

Dans la première rubrique « Les Sciences Physiques doivent amener l'élève à : pratiquer une démarche expérimentale pour faire aboutir une recherche ... » alors que dans la deuxième partie, il est précisé que l'expérience doit être simple.

La physique et la chimie sont des sciences expérimentales. Alors chaque leçon doit être bâtie sur des expériences simples ou sur des observations rattachées à l'environnement naturel ou technique des élèves. L'explication de l'expérience, animée par le professeur, doit comporter une participation active des élèves...

L'apprentissage de la démarche expérimentale s'avère impossible avec les méthodes prescrites dans la rubrique « Observation ».

Toutes les expériences prescrites dans ce curriculum sont basées sur des situations épurées. Les méthodes prescrites sont linéaires et ne constituent pas du tout une démarche (p. 44).

Pour établir la relation $P = mg$ entre la masse m d'un corps et l'intensité P de son poids, on pourra faire :

- mesurer avec une balance les masses de différents objets et avec un dynamomètre l'intensité de leur poids
- calculer et comparer les quotients P/m (on fera admettre qu'ils sont égaux à des erreurs près ; noter g la valeur moyenne de ces quotients : g est appelée intensité de la pesanteur).

Un phénomène n'est jamais étudié dans toute sa totalité, mais divisé en plusieurs parties. Une expérience est recommandée pour atteindre un objectif spécifique et un seulement. Pour un autre objectif spécifique, le curriculum recommande une autre expérience.

L'expérience suivante « La comparaison d'échantillons familiers de solides et de liquides servira de support pour faire un classement entre (compacts et pulvérisés) et liquides, et pour faire dégager par les élèves leurs propriétés fondamentales » est prescrite pour l'objectif spécifique « l'élève doit être capable de montrer expérimentalement que : les solides compacts ont une forme propre ... »

Pour l'objectif spécifique suivant « les liquides n'ont pas de forme propre et présentent une surface libre plane et horizontale », le curriculum recommande la réalisation de l'expérience suivante : « On fera observer expérimentalement aux élèves que, quel que soit la position du récipient, la surface libre d'un liquide au repos est horizontale. On le schématisera. On citera le niveau à bulle du maçon en exemple. »

3.3. De l'« à-propos » insuffisamment pris en considération

Le curriculum formel des sciences physiques de collège ne prend pas suffisamment en considération les réalités du terrain, alors des contenus d'enseignement risquent de n'être utile qu'à une petite frange de la population.

3.3.1. Des contenus réservés à une petite frange de populations scolaires

L'enseignement de l'électricité dans le collège subit deux contraintes. La première est le faible taux d'électrification moyen national et la seconde l'insuffisance de manuels pédagogiques.

Le taux d'électrification à Madagascar a été et reste encore relativement bas. Il avoisinait le 12-13 % en 2016 (Georgelin, 2016). La différence entre les zones urbaines et les zones rurales est relativement importante. Dans les zones rurales, où vit 67 % de la population, le taux d'électrification est très faible, seulement 4,7 % (Georgelin, 2016). Comme solution de rechange pour l'éclairage de leurs maisons, les gens utilisent les lampes torches, la lampe à pétrole ou la bougie.

Comme il a été annoncé dans le contexte de la recherche, le système éducatif malgache souffre de manque de manuel scolaire et il ne reste que très peu de budget au gouvernement pour approvisionner les établissements scolaires en manuel scolaire et matériels pédagogiques. Le ratio manuel de sciences physiques par apprenants au niveau de collège est de 1/51 (Tableau 4).

D'autres côtés, besoin de connaissance en électricité.

Le bureau de l'UERP s'est trouvé dans la capitale, une ville à pourcentage d'électrification relativement élevé. La plupart des collèges y sont électrifiés. Le curriculum ne prend pas en considération la situation des milieux ruraux. Il prescrit l'utilisation de la facture d'électricité de la JIRAMA pour enseigner le concept d'énergie électrique consommée.

On pourra faire vérifier si le décompte mentionné dans une facture de la JIRAMA est exact éventuellement, le professeur s'informerait au préalable auprès d'un responsable de la JIRAMA). (Classe : Troisième, Thème : Électricité, Chapitre : L'électricité à la maison)

Bien que la prescription soit rédigée sous forme de suggestion, il est difficile pour les enseignants de trouver une solution de remplacement de facture d'électricité dans les milieux ruraux ou les milieux non électrifiés. Leurs apprenants risquent d'être désorientés, ils ne trouvent pas l'intérêt de ces contenus. Un complément documentaire d'accompagnement aurait d'une grande importance. D'ailleurs ce dernier fait théoriquement partie de ce qui est appelé curriculum. Avec le contexte actuel où le taux d'électrification est autour de 25 % et le manuel scolaire est en pénurie, au maximum le quart de la population seulement bénéficie du chapitre « L'électricité à la maison » traité en classe de troisième.

Toujours dans l'enseignement-apprentissage de l'électricité, mais en classe de sixième et dans le chapitre « Circuit électrique », il est prescrit la découverte de la lampe torche. « Le professeur fera découvrir expérimentalement aux élèves » dans la rubrique « Observations » et « L'élève doit être capable de distinguer les différentes parties d'une lampe et d'une pile (étude technologique), comment allumer une lampe avec une pile. » (Rubrique : Objectifs spécifiques).

En plus, les objectifs spécifiques associés à cette méthode sont de niveau taxonomique « comprendre ». « L'élève doit être capable d'indiquer les deux bornes, pour une lampe avec une pile. » (Classe : sixième, Thème : Électricité, Chapitre : Circuit électrique)

La découverte de la pile et de l'allumage d'une lampe ne serait pas le vrai problème, mais plutôt les objectifs associés. Leurs niveaux taxonomiques des objectifs spécifiques sont très bas, il est fort probable qu'ils soient déjà atteints par les apprenants avant le commencement de l'enseignement. Les promoteurs du socioconstructivisme estiment que le stade de l'enseignement doit précéder le stade de développement. Un enseignement d'un stage déjà atteint par l'apprenant n'a pas de sens (Vygotsky cité par Bronkaert *et al.*, 1985).

3.3.2. Des domaines de validité de lois non mis en valeur

Le chapitre « Travail et puissance » risque de ne pas trouver son utilité dans la vie quotidienne des apprenants. Le seul cas dans la vie quotidienne des apprenants où la droite d'action d'une force se déplace sur une droite parallèle à sa direction est la chute libre, sans vitesse initiale ou avec une vitesse initiale verticale, d'un corps.

Les prescriptions curriculaires ne prennent pas en considération cette situation réelle restrictive. Si l'un d'entre l'enseignant ou l'apprenant n'arrivait pas à transposer la prescription dans ce cas particulier, l'enseignement-apprentissage se réduit aux opérations mathématiques.

L'enseignement-apprentissage du concept travail d'une force doit tenir compte de trois types de contraintes d'ordre respectivement épistémologique, psychologique et didactique.

La relation étroite entre des concepts de sciences physiques et des concepts mathématiques et la complexité de ces derniers constituent les contraintes d'ordre épistémologique. Le calcul de travail d'une force variée dont le point se déplace sur un trajet quelconque, par exemple, nécessite les calculs de produit scalaire de deux vecteurs et d'intégrale. Le calcul de produit scalaire est traité en mathématique de la classe de troisième, mais le calcul d'intégral en classe terminale. En effet, ce dernier est plus complexe et nécessite l'apprentissage au préalable d'autres concepts mathématiques et un développement cognitif avancé des apprenants.

Le travail d'une force dont le point d'application se déplace sur une distance infinitésimale $d\mathbf{l}$, entre deux points voisins, et pendant une durée infinitésimale dt , est égal au produit scalaire du vecteur déplacement avec le vecteur force. Sa valeur est le produit des normes de ces deux vecteurs encore multiplié par le cosinus de l'angle entre eux. Sur une longue distance et pendant une durée relativement longue, le déplacement n'est pas obligatoirement rectiligne et la force (sa direction, son sens et/ou son intensité) peut varier aussi.

C'est une grandeur algébrique. Son signe est lié à sa tendance à provoquer ou s'opposer au mouvement de son point d'application. Le travail d'une force qui tend à provoquer le mouvement de son point d'application est positif. Celui d'une force qui tend à s'opposer

au mouvement de son point d'application est par contre négatif. Le travail d'une force explique, dans le théorème de l'énergie cinétique, la variation de l'énergie cinétique d'un point, donc de sa vitesse.

Pour une force dont le point d'application se déplace sur un trajet quelconque pendant une durée relativement longue entre la date initiale t_i et une date finale t_f , le travail est égal à la somme algébrique de tous ces travaux infinitésimaux. Sa valeur s'obtient par un calcul d'intégrale.

Le calcul de travail est pourtant traité en mécanique de la classe de troisième. Une sélection de situations à considérer s'avère obligatoire afin d'éviter les calculs complexes et d'adapter le contenu au développement cognitif des apprenants.

On fera admettre que le travail d'une force constante, dont le point d'application se déplace sur sa droite d'action, est égal en valeur absolue au produit de son intensité et de la longueur de son déplacement. Le signe du travail sera positif si la force et le déplacement ont le même sens (la force contribue au déplacement) ; alors le travail est dit moteur. Sinon (la force s'oppose au déplacement), le signe sera négatif : le travail est dit résistant. N'utiliser plus le kilogramme-mètre (kgm) : dans le système international, l'unité du travail est le joule (J).
(Classe : Troisième, Thème : Mécanique, Chapitre : Travail et puissance)

Le choix de force constante dont la droite d'action se déplace sur un segment parallèle à sa droite d'action semble répondre à cette exigence :

- le produit scalaire des deux vecteurs se réduit au produit de leurs normes. La valeur absolue du cosinus de l'angle entre la force et le déplacement est constamment égale à l'unité ;
- le calcul d'intégral n'est plus nécessaire, la somme algébrique des déplacements élémentaires est égale au déplacement total entre la date initiale t_i et la date finale t_f , sans considération des aller-retour éventuels.

Deux points faibles concernant l'enseignement du concept travail sont pourtant observées :

- le calcul de travail du poids est imposé
- le cas force constante dont le point d'application se déplace sur un segment non infinitésimal et parallèle à sa droite d'action est rare. Dans la vie quotidienne des

élèves, il n'y a que la chute libre d'un solide dont la vitesse initiale est nulle ou verticale.

On fera admettre également que le travail du poids est indépendant du chemin suivi et qu'il dépend seulement de la différence d'altitude (ou la dénivellation) entre les points de départ et d'arrivées du centre de gravité. (Classe : Troisième, Thème : Mécanique, Chapitre : Travail et puissance)

Dans ce curriculum, le choix n'est pas judicieux, au lieu de se servir des faits correspondant à cette restriction, les concepteurs de ce curriculum imposent implicitement les concepts de « force conservative » et « travail conservatif ».

3.3.3. Une insuffisance de prise en considération de la réalité de classe

Comme il a été annoncé dans le contexte de la recherche, à Madagascar, les salles de laboratoire sont très rares. Le dernier approvisionnement des établissements scolaires en matériels d'expérimentation a eu lieu pendant la dernière moitié des années 90 avec le projet CRESED II. L'enseignement des sciences physiques se fait généralement dans des salles de classes ordinaires et avec des matériels dont la qualité ne permet pas de mesure précise ou des matériels que les enseignants ont fabriqués eux-mêmes.

La réalisation d'une expérience nécessite beaucoup de prudence et une grande familiarité avec ces matériels rudimentaires. L'échec d'une expérience a un impact négatif sur l'enseignement. Le propos d'un enseignant, auprès de lui nous avons effectué un entretien pour le compte de la troisième partie de notre travail, montre que l'échec de l'expérience détruit l'image de l'enseignant vis-à-vis de ses apprenants. L'enseignant est obligé de parachuter le résultat, trouver un prétexte pour expliquer l'échec. Il évite par la suite la réalisation cette expérience, surtout s'il n'arrive pas à déterminer la cause de l'échec.

Le curriculum doit compter avec cette réalité de classe pour espérer un résultat convenable. Force est de constater, par contre, que ce n'est pas le cas dans certains chapitres.

a. Mesure de masse d'un gaz

D'un côté, les collèges ne possèdent pas de balances. Les balances disponibles chez des épiceries sont souvent des balances Robervale de fabrication artisanale. Si un épicier

accepte de prêter sa balance à un enseignant, ce dernier doit se méfier de la qualité de cet appareil de mesure.

D'autres côtés, les gaz sont très légers, dans les conditions normales de température et de pression, une mole de gaz dont l'air occupe un volume $V = 22,4 \text{ L}$, peu importe sa nature. L'air est un mélange de diazote à 78 %, dioxygène 21 %, d'argon environ 1% et des traces de krypton, de néon et d'hélium. Sa masse molaire vaut $M_{\text{air}} = 29 \text{ g.mol}^{-1}$. Sa masse volumique est très faible (1,29 g/L).

Le curriculum recommande la mise en évidence de la masse de gaz sans tenir compte de ces contraintes. « La masse d'un gaz peut être mise en évidence en mesurant successivement les masses d'un ballon gonflé et dégonflé. » (Classe : Cinquième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : L'état gazeux)

La masse d'un ballon vide pouvant contenir 1 L de gaz est de l'ordre de 5 g. Rempli d'air à une pression de 1,25 atmosphère, il pèse donc environ 7 g. Il faut une balance de grande précision pour percevoir cette différence. Le résultat obtenu risque même de contredire le résultat escompté. Si l'enseignant place un ballon vide sur un plateau et un bateau gonflé sur l'autre, la balance pourrait s'incliner du côté du ballon vide. S'il décide de peser d'abord un ballon vide, il doit utiliser des grains de sable comme contre poids, la masse marquée minimale utilisée dans les épiceries pèse 50 g. Mais après, avec le ballon gonflé, la balance risque de s'incliner du côté des grains de sable montrant que le ballon gonflé est plus léger que le ballon vide.

b. Électrisation par frottement

Un solide soumis à deux forces est en équilibre si les deux forces sont opposées, c'est-à-dire qu'elles ont la même droite d'application, la même intensité et des sens contraires. Pour avoir l'équilibre d'une tige homogène suspendue à un fil, il faut que le fil soit assez solide et fixé au milieu de la tige et que le vent ne souffle pas assez fort.

En électricité de la classe de quatrième, dans le chapitre « Électrisation par frottement. Les deux sortes de charges électriques », l'interaction entre deux tiges en matériaux isolants préalablement frottées est suggérée pour mettre en évidence l'existence de deux types de charges électriques et leur interaction.

Électriser l'extrémité d'une tige de verre et la suspendre en son milieu au bout d'un fil isolant et sans torsion. Approcher successivement de cette extrémité la partie électrisée de chacun des objets suivants : une règle en P.V.C. (polychlorure de vinyle), une règle en plexiglas et une autre tige de verre. Faire :

- constater que ces objets repoussent ou attirent le verre suspendu.
- admettre que les corps chargés électriquement se répartissent en deux groupes :
- ceux qui repoussent le verre électrisé, en particulier le verre (verre expérience précédente) qui, par convention, porte une charge positive
- ceux qui attirent le verre électrisé ; en particulier, l'ébonite (c'est du caoutchouc durci ; si l'établissement en dispose, vérifier expérimentalement cette attraction, sinon, la faire admettre) qui, par convention, porte une charge négative.

La tige doit être légère pour la force électrique créée par les frottements au préalable avec une fourrure, soit capable de faire tourner la tige. Un vent léger serait donc capable de la faire tourner dans le sens opposé au sens voulu. Il pourrait montrer une semblable attraction entre deux tiges de même nature.

Chapitre 4 : Évaluation de l'« impact » et de l'« efficacité »

Le chapitre 4 constitue une suite du chapitre 3, les méthodologies sont semblables. La différence est seulement due aux qualités transversales considérées. Dans ce chapitre, les qualités considérées sont l'« efficacité », l'« impact ». Ils sont liés aux résultats et ne sont pas liés aux besoins, donc la loi 94-033 du 13 mars 1995 ne fait pas partie de son corpus.

4.1. Méthodologie du quatrième chapitre

La première qualité considérée est l'« impact », elle est considérée comme « le lien ... entre les résultats attribuables [au curriculum], mais non voulus ou non visés de façon explicite à travers ses objectifs ... » (Bouchard et Plante cités par (Demeuse et Strauven, 2013). Son évaluation a été faite indépendamment des objectifs pédagogiques. Il s'agit de montrer que les méthodes prescrites compliquent l'apprentissage.

La deuxième qualité considérée est l'efficacité, elle est déterminée par le rapport entre les résultats effectivement obtenus et les résultats visés.

Nous n'avons pas eu accès aux résultats effectivement obtenus, alors nous avons décidé de les remplacer par les résultats possibles compte tenu des méthodes prescrites. Notre activité tourne plutôt vers la recherche des résultats impossibles. La littérature scientifique est utilisée pour expliquer ces impossibilités.

Par contre, les résultats visés sont déterminés par les objectifs pédagogiques (spécifiques et généraux), ils sont notés dans des rubriques « Objectif de la classe de 6^{ème} », « Objectif de la classe de 5^{ème} », « Objectif de la classe de 4^{ème} », « Objectif de la classe de 3^{ème} », « Objectifs généraux » et « Objectifs spécifiques ».

Deux catégories d'objectifs pédagogiques sont ensuite sélectionnées : l'objectif général et l'objectif spécifique, les autres sont globaux donc difficiles à interpréter.

Dans le cas des objectifs généraux, l'ensemble des instructions prescrites pour le chapitre correspondant ou un thème tout entier est pris en considération pour faire émerger des sources de complication de l'apprentissage.

Dans le cas d'objectifs spécifiques, par contre, l'étude est basée sur une cohérence horizontale hypothétique qui devrait exister entre les objectifs spécifiques, les contenus et

les observations qui se trouvent dans une même ligne du « Livre de programme ». Une incohérence pourrait compliquer l'atteinte de l'objectif spécifique.

La troisième qualité, plus précisément, l'« efficience » n'est pas évaluée dans notre recherche, faute de documents nécessaires.

4.2. Un risque élevé d'impact négatif

Des prescriptions curriculaires qui risquent de créer des « impacts » négatifs se trouvent dans la rubrique « Observations ». Elles représentent des écarts avec la littérature scientifique et sont susceptibles de produire des résultats non voulus et non visés.

4.2.1. Des prescriptions sources de confusion entre les concepts « atome » et « élément chimique »

Des prescriptions contradictoires et contraires aux théories scientifiques se trouvent dans les chapitres « Atomes et molécules » et « Réactions chimiques et équation bilan » de la classe de quatrième et le chapitre « Solutions aqueuses » de la classe de troisième. Ces contradictions impactent directement sur les chapitres dans lesquels elles sont prescrites et indirectement sur le chapitre « Ions » dans la classe de quatrième et le chapitre « Solutions » dans la classe de troisième.

Dans le thème « Chimie » de la classe de quatrième, plus précisément, dans le chapitre « Atome et molécules », la prescription suivante « Donner quelques exemples à partir du tableau de classification périodique (ne pas parler d'éléments) » contient une erreur. Le tableau de classification périodique représente plutôt des éléments chimiques que des atomes. L'utilisation de ce tableau donne des exemples d'éléments chimiques et non pas d'atomes. Cette prescription constitue donc une source de confusion entre les concepts « atome » et « élément chimique ».

Dans la même classe et le même thème se trouve une autre prescription :

Rajouter l'écriture des équations – bilans de ces réactions. On habituera les élèves à équilibrer une équation chimique en admettant le principe de conservation des éléments : « les atomes se conservent au cours d'une réaction chimique » (Classe : Quatrième, Thème : Chimie, Chapitre : Réaction chimique et équation bilan)

Elle amplifie la confusion entre ces deux concepts. L'élément chimique est l'invariant du concept réaction chimique (Fleury, 2012). C'est ce qui se conserve lors d'une réaction. L'auteur parle d'invariant par conservation-transformation. Au cours d'une réaction chimique, l'élément chimique est présent, sa quantité reste la même. Mais son état change, il peut se trouver à l'état atomique, moléculaire ou ionique.

Un atome peut se combiner avec d'autres atomes pour former une molécule. Le dihydrogène et le dioxygène donnent, par exemple, dans des conditions expérimentales bien déterminées dites stœchiométriques, de l'eau par une synthèse. Mais l'électrolyse de l'eau donne du dihydrogène et de l'oxygène. Les quantités des deux espèces chimiques restent conservées aussi pendant les réactions chimiques. La quantité de dihydrogène et de dioxygène avant la synthèse est entièrement récupérée après l'électrolyse.

Un atome peut se transformer aussi en ion positif en cédant un ou plusieurs électrons, ou en un ion négatif en gagnant un ou plusieurs électrons. L'ion redevient un atome dans une autre condition expérimentale. Lors d'une réaction entre le métal cuivre avec l'acide sulfurique, l'atome de cuivre perd deux électrons et donne de l'ion cuivre (II). Et si on plonge du métal zinc dans une solution contenant de l'ion cuivre (II), le métal cuivre se régénère.

Le changement d'état de l'élément chimique est d'ailleurs confirmé par une autre prescription. : « Mettre en évidence la formation des ions Fe^{2+} et Zn^{2+} , ainsi que celle du dihydrogène (brûle avec détonation). » (Classe : Troisième, Thème : Chimie, Chapitre : Solution aqueuse)

Cette prescription pourrait être critiquée pour les deux motifs suivants. Premièrement, elle est en contradiction avec la prescription sur la conservation de l'atome cité ci-dessus. Deuxièmement, si dans la classe de quatrième, l'apprenant admettait la conservation d'atome, il risquerait de conclure que Fe^{2+} et Zn^{2+} sont des atomes. Avant les réactions il y avait respectivement les atomes de Fe et de Zn. Si conservation d'atome est, les Fe^{2+} et Zn^{2+} qui existent à la fin des réactions sont des atomes. En effectuant une généralisation, il penserait qu'il n'y a pas de différence entre « ions » et « atomes ».

4.2.2. Des prescriptions sources de confusion entre « pression » et « poussée d'Archimède »

Une même expérience est recommandée pour l'enseignement-apprentissage de la pression dans le thème « Propriétés physiques de la matière » dans la classe de cinquième et celui de la poussée d'Archimède dans le thème « Mécanique » dans la classe de troisième. Elle crée une contradiction entre les concepts « pression » traités en classe de cinquième et « Poussée d'Archimède » traité en classe de troisième.

La prescription en question est : « Plonger verticalement dans l'eau calme un récipient (en plastique par exemple) vide par son fond plat. »

La différence se trouve dans la deuxième partie de la prescription, au niveau de la conclusion. Pour la classe de cinquième : « Faire constater la résistance à l'immersion qui n'est qu'une manifestation de la pression à l'intérieur de l'eau ».

La prescription de cette expérience pour l'enseignement-apprentissage de la pression mérite une remise en question, elle n'est pas tout à fait compatible au concept « pression ». La résistance observée ne présente pas la pression du liquide.

Un liquide exerce sur toute surface élémentaire ds , qui est en contact avec lui, une pression élémentaire dp . Peu importe que la surface soit verticale ou oblique, cette pression est proportionnelle à la densité du liquide et à la hauteur du liquide qui se trouve au-dessus de cette surface. Le principe fondamental de la statique des fluides s'écrit $P_A + \rho gh_A = P_B + \rho gh_B$ (P_A étant la pression à un point A, ρ la masse volumique du liquide et h_A la hauteur du liquide au-dessus du point A, P_B étant la pression à un point B et h_B la hauteur du liquide au-dessus du point B).

Un récipient immobile au sein d'un liquide subit, de la part de ce dernier, deux forces dont la force pressante et la poussée d'Archimède. Dans le cas de cette expérience, la profondeur où se trouve le récipient est faible donc la force pressante exercée par le liquide est négligeable par rapport à la poussée d'Archimède.

Pour éviter les confusions, il faudrait prescrire une expérience montrant que le liquide exerce une pression sur toute surface qui est en contact avec lui, quelle que soit l'orientation de la surface : horizontale, oblique ou verticale. Placer un récipient à parois

souple dans un liquide fera l'affaire. La déformation du récipient montre que ses parois subissent de la pression de tous les côtés.

Pour la classe de troisième, la suite de la prescription de l'expérience est : « Faire remarquer la résistance à l'immersion qui n'est qu'une manifestation de la force exercée par l'eau sur le récipient et une force qu'exerce un liquide en équilibre sur un corps immergé est appelée poussée d'Archimède. »

Cette expérience semble encore non compatible à l'enseignement apprentissage de la poussée d'Archimède. Le fait de recommander un « récipient à fond plat » laisse penser à l'influence du paramètre forme du récipient. Ce qui est faux, parce que la poussée d'Archimède ne fait intervenir que la masse volumique (ou la densité) du liquide, le volume de solide immergé (égal au volume de liquide déplacé) et l'intensité de pesanteur g .

Autant proposer une expérience mettant en jeu les paramètres volume de solide et masse volumique du liquide. Le plus simple c'est l'utilisation de solide ayant une masse volumique très faible tel que le polystyrène ou d'un récipient vide (peu importe sa forme).

4.2.3. Des prescriptions négligeant l'interprétation de phénomènes physiques

Des prescriptions curriculaires empêchent l'interprétation des phénomènes rencontrés par les apprenants dans leurs vies quotidiennes.

a. Lois d'Ohm

Dans l'électricité de la classe de troisième, plus précisément dans le chapitre « Conducteur ohmique », la prescription suivante :

L'équation de la caractéristique $U = f(I)$ précédente permet d'introduire la loi d'Ohm : la tension U appliquée aux bornes d'un conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse. D'où $U = RI$; par définition, le coefficient de proportionnalité R est appelé résistance du conducteur. Dans le système international, l'unité de résistance est l'ohm (Ω). (Classe : Troisième, Thème : Électricité, Chapitre : Conducteur ohmique)

montre que l'enseignement orienté plutôt vers la modélisation mathématique que sur l'interprétation d'un phénomène physique. Cette prescription permet de montrer que chaque conducteur ohmique possède une résistance électrique. Le rôle de ce dernier en tant que constante de proportionnalité entre U et I est mis en valeur, mais sa signification physique et l'influence de sa valeur sur l'intensité du courant n'y apparaît pas.

La réalisation du graphe $I = f(R)$ s'avère nécessaire pour combler cette lacune. Elle permet la définition de la résistance électrique et l'interprétation pertinente du court-circuit. L'explication qu'un apprenant pourrait apporter, après sa mise en pratique par l'enseignant, aurait suffisamment de bases scientifiques.

Il est pourtant possible de mettre en exergue la signification de la résistance électrique. En utilisant un rhéostat comme résistor, il est possible de varier la valeur de la résistance et constater l'augmentation de I quand R diminue.

Le graphe $I = f(R)$ est plus approprié, il montrera effectivement que :

- cette constante appelée résistance, notée R , représente l'aptitude du conducteur ohmique à résister au passage du courant électrique
- cette appellation est donc méritée
- l'intensité de courant qui traverse le conducteur ohmique augmente quand la résistance ce dernier diminue
- et que si la résistance est trop faible, l'intensité du courant électrique serait très grand, c'est le « court-circuit ».

b. Lois de Descartes

Les lois de Descartes rendent compte des phénomènes de réflexion et de réfraction de la lumière. Chaque milieu homogène est caractérisé par son indice de réfraction noté n , la propagation de la lumière dans de tels milieux est rectiligne. Quand un faisceau lumineux incident, envoyé à partir d'un milieu transparent (I) d'indice de réfraction n_1 arrive au niveau de la surface qui sépare deux milieux transparents, deux autres faisceaux peuvent apparaître.

- Le premier faisceau est un faisceau qui traverse le milieu (II). Il n'est pas parallèle au faisceau incident. Ce faisceau est appelé faisceau réfracté, et le changement de propagation de la lumière est appelé réfraction. La réfraction est observée quand le faisceau incident n'est pas normal au dioptré et que l'angle qu'il fait avec cette normale ne dépasse pas une valeur limite, fonction des indices de réfraction des deux milieux.
- Une partie du faisceau lumineux ne pénètre pas dans le milieu (II), mais retourne dans le milieu (I) d'où elle vient. C'est la réflexion.

Concernant la réflexion, il y a deux lois :

- Première loi : le rayon incident et le rayon réfracté se trouvent dans un même plan normal au dioptré appelé plan d'incidence
- Deuxième loi : l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion ($i = r$)

Deux autres lois concernent la réfraction :

- Première loi : le rayon incident et le rayon réfracté se trouvent dans un même plan normal au dioptré appelé plan d'incidence
- Deuxième loi : L'angle d'incidence et l'angle de réfraction sont liés par : $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$

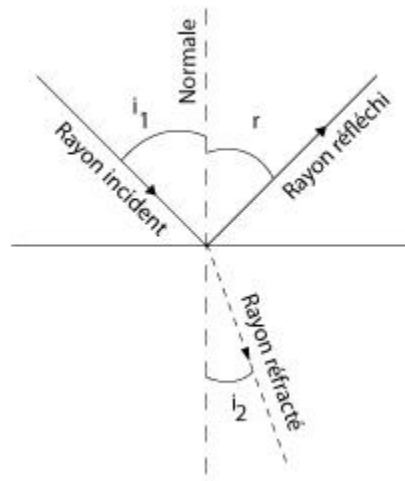


Figure 5 : Réflexion et réfraction de la lumière (lois de Descartes)

Dans le cas de réfraction, le faisceau réfracté s'approche de la normale au dioptré en passant du milieu moins réfringent vers le milieu plus réfringent. Il s'en éloigne dans le sens inverse en vertu du principe de retour inverse. Dans ce cas, pour une valeur limite ($\sin^{-1}(n_2/n_1)$) de l'angle d'incidence le rayon réfracté rase le dioptré. Quand cette valeur est dépassée, le rayon incident ne peut pas pénétrer dans le milieu moins réfringent et il y a une réflexion totale.

Dans le chapitre « Réfraction de la lumière » dans l'« optique » de la classe de troisième, la deuxième loi de la réfraction est exclue. « La relation $n_1 \sin i = n_2 \sin i_2$ (deuxième loi de réfraction) est hors programme ». Par contre, l'objectif spécifique « L'élève doit être capable d'interpréter le phénomène de mirage » est précisé.

Le contenu dans la rubrique « Observation » se trouvant dans la ligne de cet objectif spécifique est

Lorsqu'il fait chaud, un mirage peut être observé sur une route bitumée. C'est que, par temps chaud, l'air est constitué d'une superposition de couches de milieux transparents, de températures différentes. Ainsi, la lumière émise par le ciel et les nuages subit une succession de réfractions avant d'être réfléchie vers l'œil d'un observateur, regardant la route. Pour ce dernier, la lumière semble provenir, en ligne droite, de l'endroit où se forme l'image du ciel et des nuages. L'œil voit donc cette image qu'il confond avec une étendue d'eau sur la route.

(Classe : Troisième, Thème : Optique, Chapitre : Réfraction de la lumière)

L'interprétation donnée par un apprenant ressemblerait plutôt à une récitation de ce que l'enseignant aurait dit ou fait noter. En effet, l'étude est limitée à l'existence de la réfraction et à la première loi de Descartes, la deuxième loi est exclue. Le curriculum élude le concept d'indice. « La relation $n_1 \sin i = n_2 \sin i_2$ (deuxième loi de réfraction) est hors programme » (Classe : Troisième, Thème : Optique, Chapitre : Réfraction de la lumière)

L'explication de l'enseignant est hasardeuse sans les deux lois de Descartes.

Les deux lois de Descartes concernant la réfraction doivent être réunies pour expliquer la formation du mirage (Figure 6). Lorsqu'il fait très chaud, le sol chauffe l'air qui se trouve au-dessus. L'air forme plusieurs couches de différentes réfringences, séparées par plusieurs dioptries. Les couches d'air les plus proches du sol sont moins réfringentes que celles qui se trouvent dessus. Les faisceaux lumineux provenant d'un objet au ciel (nuage par exemple) subissent plusieurs réfractions successives. Ils s'éloignent de plus en plus des normales aux dioptries. La valeur limite finit par être dépassée et les faisceaux lumineux subissent des réflexions totales. Ces derniers reviennent vers le haut et arrivent dans l'œil d'un observateur.

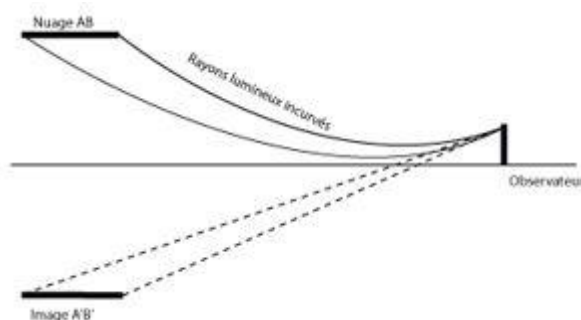


Figure 6 : Mirage

Avec cette exclusion de la deuxième loi de Descartes sur la réfraction, il est aussi impossible d'expliquer le fait qu'un bâton rectiligne, plongé dans l'eau, paraît brisé en deux. Le faisceau lumineux envoyé par la partie du bâton subit de la réfraction au niveau du dioptre séparant l'eau et l'air avant d'arriver à l'œil de l'observateur.

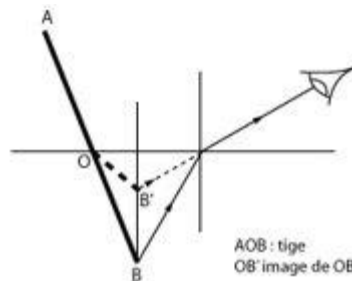


Figure 7 : Image d'un bâton par réfraction

4.2.4. Une prise en considération insuffisante des propriétés de concept

113 concepts théoriques sont évoqués dans l'ensemble des quatre « Livres de programme » de collège de Madagascar.

- 15 concepts théoriques dans le thème « Propriétés physiques de la matière » à savoir : masse, volume, température, transformation physique, chaleur, évaporation, ébullition, condensation, fusion, solidification, sublimation, masse volumique, pression, résistance à immersion et dilatation
- 18 concepts théoriques dans le thème « Électricité » à savoir : courant électrique, court-circuit, circuit électrique, conducteur, isolant, intensité, tension électrique, électrisation, charge électrique, conduction, période, fréquence, alternance, résistance électrique, résistance équivalente, puissance électrique, énergie électrique et durée
- 22 concepts théoriques dans le thème « Optique » à savoir : image, propagation, rayon lumineux, année-lumière, zone d'ombre, cône d'ombre, lunaison, éclipse, réflexion, rayon incident, point d'incidence, plan d'incidence, objet réel, image réelle, objet virtuel, image virtuelle, plan d'incidence, rayon réfléchi, symétrie, réfraction, couleur et radiation
- 10 concepts théoriques dans le thème « Mécanique » à savoir : équilibre, force, tension d'un fil, poids, intensité de pesanteur, densité, poussée d'Archimède, corps flottant, travail et puissance mécanique

- 48 concepts théoriques dans le thème « Chimie » à savoir : combustion, réaction chimique, réactif, produit, gaz carbonique, distillation, pureté, corps pur, atome, noyau, électron, proton, neutron, numéro atomique, neutralité, symbole, molécule, modèle moléculaire, réseau cristallin, structure cristalline, ion, cation, anion, équation-bilan, coefficient stœchiométrique, mole, masse atomique, volume molaire, combustion, alcane, concentration molaire, concentration massique, soluté, solution, solvant, solution ionique, électrolyse, acidité, base, acide, indicateur coloré, virage, milieu acide, milieu basique, milieu neutre, pH, dioxyde de carbone et neutralisation.

Les prescriptions se contentent de montrer leurs existences par trois manières différentes.

La première manière est l'information verbale. L'utilisation fréquente de certains verbes (citer, faire connaître, faire remarquer, signaler, donner, préciser, rappeler, noter ...) l'atteste. « Faire connaître que : la masse d'une mole d'atomes est appelée masse atomique... » (Classe : Troisième, Thème : Chimie, Chapitre : Quelques réactions chimiques)

La deuxième manière est la réalisation d'expérience. En effet, l'expérience sert, dans la plupart des cas, à montrer l'existence d'un concept. L'enseignant exécute entièrement la manipulation et l'apprenant est un simple observateur.

Pour la mise en évidence, considérer un objet immobile (au repos ou en équilibre), le tirer à l'aide d'un fil jusqu'à faire constater la rupture de l'équilibre. Ce phénomène observé est une manifestation de la force exercée par le fil sur l'objet. (Classe : Troisième, Thème : Mécanique, Chapitre : Notion de force)

La troisième manière est l'observation d'un phénomène naturel.

Demander à l'avance aux élèves de noter, pendant un mois lunaire (ou lunaison : 29 jours 12 heures), la position et la forme de la Lune (ou son absence). Ces résultats seront exploités au moment de la leçon. (Classe : Quatrième, Thème : Optique, chapitre : Ombre)

Un concept possède, en plus de sa dénomination, une définition pour assurer sa fonction opératoire (fonction de discrimination ou fonction de jugement, dans l'interprétation de certaines observations ou expériences). Le curriculum néglige, par contre, les définitions de ces concepts.

En plus, les concepts ne sont pas traités de la même manière vis-à-vis des définitions. Le curriculum formel demande à l'enseignant de donner aux apprenants la définition de certains concepts, il donne aux enseignants les définitions d'autres concepts sans leur demander de les donner aux apprenants. Pour d'autres concepts, il ne prescrit que de la caractérisation, la mesure, le calcul ou les unités de sa valeur dans le système international. Il néglige, en plus, les relations entre les concepts.

Le curriculum formel ne recommande à l'enseignant de donner à l'apprenant que les définitions de 16 concepts dont : volume, fusion, solidification, masse volumique, circuit électrique, conducteur, isolant, résistance électrique, année-lumière, point d'incidence, plan d'incidence, densité, cation, anion, concentration molaire et concentration massique.

Définir la densité d'un liquide et d'un solide. ... (Classe : Troisième, Thème : Mécanique, Chapitre : Poussée d'Archimède)

Donner les définitions suivantes :

- un point objet réel est un point où divergent les rayons incidents ;
- un point objet virtuel est un point où convergent les rayons incidents (hors programme) ;
- un point image réelle est un point où convergent les rayons émergents ;
- un point image virtuelle est un point où divergent les rayons émergents. (Classe : Troisième, Thème : Optiques, Chapitre : Réflexion de la lumière)

Les « Livres de programme » sont utilisés, dans certains cas, comme supplément documentaire pour les enseignants. Il donne à l'enseignant les définitions de 28 concepts théoriques dont : fusion, solidification, circuit électrique, conducteur, isolant, période, fréquence, alternance, puissance électrique, rayon lumineux, année-lumière, point d'incidence, plan d'incidence, objet réel, image réelle, objet virtuel, image virtuelle, plan d'incidence, puissance, réaction chimique, réactif, produit, gaz carbonique, ion, cation, anion, concentration molaire, concentration massique.

- Introduire les notions d'alternance, de période et de fréquence :
- chaque illumination dure une alternance (l'alternance est la même durée pendant laquelle le courant circule dans chaque sens)

- deux alternances successives constituent une période (la période T est le temps mis par le courant pour circuler dans un sens puis dans l'autre). (Classe : Quatrième, Thème : Électricité, Chapitre : Le courant alternatif)

Pour 20 de ces 113 concepts théoriques, le curriculum donne plutôt des caractérisations que de définitions, c'est le cas des concepts suivant : réfraction de la lumière, force, tension d'un fil, poids, travail, combustion, atome, noyau, proton, neutron, numéro atomique, équation-bilan, mole, alcane, base, acide, milieu acide, milieu basique et milieu neutre. L'objectif est de le rendre accessible. « Présenter l'atome comme un ensemble constitué d'un noyau central autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons... » (Classe : Quatrième, Thème : Chimie, Titre : Atome et molécule)

Quelquefois, les prescriptions visent la mesure ou le calcul de la valeur du concept. C'est le cas des concepts suivants : masse, volume, température, masse volumique, intensité, tension, résistance électrique, résistance équivalente, puissance électrique, énergie électrique, travail, concentration molaire, et concentration massique.

... la tension c'est **ce qu'on mesure** avec le voltmètre ; l'intensité, c'est ce qu'on mesure un ampèremètre (l'utilisation d'un appareil polyfonctionnel est alors à éviter). (Classe : Cinquième, Thème : Électricité, Chapitre : Circuit électrique)

... calculer la masse molaire M d'un corps de formule donnée : c'est la somme des masses atomiques de tous les atomes figurants dans la formule (l'unité courante de la masse molaire est le gramme par mole). (Classe : Troisième, Thème : Chimie, Chapitre : Quelques réactions chimiques)

Les concepts à enseigner dans ce curriculum sont souvent isolés les uns des autres, 15 relations entre concepts seulement sont traitées pendant les quatre années de collège. La littérature montre qu'un concept scientifique est toujours en relation avec d'autres. Il constitue un nœud d'un réseau dit conceptuel.

88 autres concepts sont isolés. Les relations prescrites dans ce curriculum concernent 25 concepts parmi les 113 évoqués.

- la relation entre la masse, le volume et la masse volumique ($\rho = m/V$)
- la relation entre la pression et la surface pressée ($P = \text{Constante}/S$)
- la relation entre la résistance d'un conducteur ohmique, la tension à ces bornes et l'intensité du courant qui le traverse ($U = R.I$)

- la relation entre l'énergie électrique, la puissance électrique et la durée ($E = P \cdot \Delta t$)
- la relation entre la tension électrique, l'intensité de courant électrique et la puissance ($P = U \cdot I$)
- la relation entre la période et la fréquence d'un courant alternatif ($T = 1/N$)
- la relation entre l'angle d'incidence et l'angle de réflexion ($i = r$)
- la relation entre le déplacement du point d'application d'une force, son intensité et le travail qu'il effectue ($W = F \cdot \Delta l$)
- la relation entre le travail mécanique, la puissance et la durée d'exécution ($P = W/t$)
- la relation entre la masse, la quantité de matière (mole) et la masse molaire
- la relation entre le volume molaire, la pression et la température
- la relation entre la quantité de matière, le volume de la solution et sa concentration molaire
- la relation entre la masse de soluté, le volume de la solution et sa concentration massique
- la relation entre le pH d'une solution et sa nature (acide, basique ou neutre)
- la relation entre la masse d'un objet et son poids ($P = m \cdot g$)

Ces relations sont, en plus, établies dans des situations épurées. Les connaissances acquises par les apprenants ne leur permettent pas l'application dans les situations réelles qui sont souvent complexes (Martinand, 1986).

D'autres relations pourraient être considérées, leurs prescriptions ne rencontrent pas de contraintes.

Dans le chapitre « L'état solide et liquide » du thème « Propriétés physiques de la matière » (classe de cinquième), le curriculum aurait dû prendre en considération l'influence de la force pressante et mettre en relation la pression et cette dernière ($P = F/S$).

Dans l'enseignement-apprentissage de la réfraction de la lumière, l'exclusion de la deuxième loi de Descartes liée à ce phénomène n'a aucune justification. Le concept indice de réfraction d'un milieu pourrait être parachuté comme il a été fait avec d'autres concepts. Le concept sinus est programmé en mathématiques de la classe de troisième. Cette loi aurait mis en relation les concepts, indice de réfraction, angle d'incidence et angle de réfraction ($n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$).

4.2.5. Des chapitres insuffisamment exploités

La succession des différents chapitres est organisée suivant une logique d'interdépendance et de complémentarité.

Le contenu d'un chapitre sert parfois de prérequis à d'autres chapitres, ses contenus doivent tenir compte de l'exigence des chapitres pour lesquels il sert de prérequis. Le chapitre « Électrisation par frottement », par exemple, sert de prérequis au chapitre « Atome ». Les deux chapitres sont programmés dans la classe de quatrième, mais le premier se trouve dans le thème « Électricité » et le second dans la « Chimie ». « À traiter après « Les deux sortes de charges électriques » (voir Electricité) » (Classe : Troisième, Thème : Chimie, Chapitre : Atome)

Alors, le contenu du chapitre « Électrisation par frottement » est limité à la démonstration de l'existence de deux types de charges électriques. L'électrisation par influence et l'électrisation par frottement sont exclues, bien que dans la nature, l'électrisation par frottement est souvent accompagnée par l'électrisation par influence et/ou l'électrisation par contact. L'objectif spécifique choisi est « L'élève doit être capable de décrire une expérience d'électrisation par frottement ».

L'électrisation par frottement est pourtant rarement isolée. Dès qu'un objet isolant est électrisé par frottement, il électrise par contact un autre objet qui est en contact avec lui ou par influence d'autre objet se trouvant dans son entourage. Le chapitre « Électrisation par frottement » permettrait peut-être de montrer l'existence des deux types de charges électriques, mais il ne peut surement pas servir à l'explication des phénomènes que l'apprenant rencontre dans sa vie quotidienne. Deux exemples sont cités ci-dessous :

Premièrement, quand le bras passe devant l'écran d'un poste de télévision qui vient d'être éteint, les poils se hérissent. Ces dernières subissent toutes des électrisations par influence. Le corps qui crée l'électrisation est un même objet, à savoir, le poste de télévision, les poils ont la même nature alors leurs charges électriques sont de mêmes signes. D'après la loi de Coulomb, les poils se repoussent et se dressent.

Deuxièmement, le frottement entre l'air de l'atmosphère et le nuage (cumulo-nimbus) en déplacement provoque l'électrisation ce dernier. Le nuage électrise ensuite, par influence, la terre, un objet sur terre ou un autre nuage se trouvant en face de lui. Les deux charges

en face sont de signes différents. L'atmosphère humide ou l'orage met en contact les deux charges et provoque leur neutralisation. C'est la foudre, un court-circuit à haute tension.

L'apprenant ne pourrait même pas expliquer le phénomène d'interaction, entre un stylo frotté et des petits bouts de papier, qu'il considère comme banal. En effet, si les bouts de papier sont attirés par le stylo préalablement frotté c'est parce que ce dernier les a électrisés par influence. Les charges qui se trouvent en face l'une de l'autre sont de signes contraires et provoquent alors une attraction.

Rappelons que lorsque la partie frottée d'un corps isolant attire des corps très légers (petits morceaux de papier...), on dit qu'il est électrisé par frottement. Faire :

- décrire l'expérience ainsi réalisée (protocole et résultats expérimentaux) ;
- admettre que le frottement a développé des charges électriques sur la partie frottée (Classe : Quatrième, Thème : Électricité, Chapitre : Électrisation par frottement. Les deux sortes de charges électriques)

4.2.6. Réduction des sciences physiques à l'étude des phénomènes observables

Le curriculum formel assimile les sciences physiques à une étude de phénomènes et faits observables. Il accorde trop d'importance à l'observation. Pour les concepts théoriques dont il est possible de montrer leur existence ou leurs effets, des expériences sont prescrites pour les enseigner et les contenus correspondants sont plus développés.

Des concepts qui, normalement, doivent être traités de même manière ne le sont pas.

a. Trois états physiques de la matière (solide, liquide, gaz)

Dans le cas de l'état de la matière, solide liquide et gaz sont traités différemment. En classe de sixième, le liquide est placé avec le solide dans le chapitre « Les états solide et liquide », le gaz est mis à part dans le chapitre « Manipulation avec les gaz ».

La matière existe sous quatre états différents : le solide, le liquide, le gaz et le plasma. Le liquide, le gaz et le plasma sont des fluides. Ce sont des milieux parfaitement déformables. Il s'agit des corps dont les molécules faiblement liées et relativement libres peuvent se déplacer indépendamment les uns des autres. Cette liberté relative explique l'inexistence de leur forme propre. Gaz et plasmas sont très compressibles, tandis que les liquides le sont très peu. Le plasma est pertinemment exclu parce que son apprentissage demande un prérequis important dans plusieurs domaines scientifiques. En plus, le plasma n'existe qu'à

une température élevée de l'ordre de 2 000 °C ou sous l'action d'un champ électromagnétique intense.

Le curriculum est orienté explicitement plutôt sur les différences entre les propriétés des matières que sur leurs points communs ou leur relation. Ce choix montre une importance particulière attachée aux aspects extérieurs sensibles de la matière et un écart conséquent entre le savoir savant et le savoir à enseigner. Le solide et le liquide sont regroupés parce qu'ils sont visibles et tangibles. Le gaz est placé dans un autre chapitre parce qu'il n'est ni visible ni tangible.

Cette erreur amène à deux confusions différentes :

- la séparation des trois états de la matière dans deux chapitres peut pousser l'apprenant à penser que l'état gazeux n'est pas un état de la matière ;
- le liquide, le gaz constituent les fluides, les séparer dans deux chapitres différents fait disparaître leurs points communs qui font d'eux des fluides.

Le curriculum prescrit, en plus, l'information de l'existence de gaz comprimé tel dans les cas de briquet à gaz ou bouteille de gaz butane, alors que dans le chapitre « Transformations physiques », le changement d'état dû à la variation de la pression est ignoré. « Signaler que dans le cas des gaz comprimés, les appareillages doivent être renforcés (briquet, bouteille de plongée, bouteille de gaz butane) » (Classe : Cinquième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : Manipulation avec les gaz).

L'appellation gaz pourrait induire à des confusions. Le contenu du briquet à gaz reste toujours au fond et sa surface libre reste horizontale. Ce que les apprenants voient dans les briquets à gaz s'apparente plutôt au liquide qu'au gaz. Cette prescription soulève plusieurs questionnements et crée des doutes, mais le curriculum s'arrête au niveau de l'information.

Quatre concepts théoriques sont aussi prescrits dans le thème « Propriétés physiques de la matière », à savoir : la masse, le volume, la masse volumique et la pression. Les rapports de ces concepts théoriques avec les trois états ne sont pas tous traités de même manière.

Le volume d'un corps, que ce soit un solide, un liquide ou un gaz, est l'espace qu'il occupe. Le curriculum ne mentionne rien à propos des volumes de solide et de liquide. Il donne par contre celui du gaz.

Ce choix peut créer des conceptions erronées chez les apprenants :

- Les volumes de solide et liquide ne sont pas à définir parce que dans ces états la matière est visible donc leur volume est évident, pas la peine de les définir. Par extrapolation, ceux qui sont observables sont considérés comme connus.
- La définition de volume est donc dépendante de l'état physique de l'objet « Définir le volume d'un gaz comme étant celui du récipient dans lequel il est enfermé. » (Classe : Cinquième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : L'état gazeux)

En plus, la définition du volume de gaz est tirée à partir de celui du récipient (solide) qui n'est pas défini. En réalité, l'apprenant ne pourrait pas définir le volume d'un gaz.

Pour lever le doute sur les gaz, le curriculum recommande même à l'enseignant de donner aux apprenants le modèle microscopique des gaz.

Interprétez ces propriétés en admettant qu'un gaz est formé de très petits grains invisibles appelés molécules. Ces dernières sont en perpétuel mouvement qui les fait éloigner les unes des autres. Il y a donc le vide entre les molécules des gaz. (Classe : cinquième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : L'état gazeux)

La pression est égale au quotient de l'intensité de la force sur la surface pressée. Le principe de l'action et de la réaction de Newton stipule que si un objet A exerce une force F sur un objet B, l'objet B exerce une force F' sur l'objet A. Les deux forces sont directement opposées, elles ont la même droite d'action, la même intensité, mais de sens contraires.

Dans le curriculum, le liquide exerce seulement une pression alors que le solide et le gaz subissent et exercent en même temps. La pression est reliée à la déformation (visible). Le liquide est difficilement déformable, il est difficile de montrer expérimentalement la pression qu'il subit alors il n'est pas question d'en parler ou de l'enseigner.

b. Conduction thermique, conduction électrique

Dans un métal, il y a d'électrons libres susceptibles de se déplacer quand ils reçoivent de l'énergie. S'ils reçoivent de l'énergie électrique, ils se déplacent de manière ordonnée et donnent le courant électrique, il s'agit de conduction électrique du métal. S'ils reçoivent de la chaleur, ils se déplacent de manière désordonnée et transportent la chaleur reçue, il s'agit de conduction thermique du métal. (Le réseau métallique transporte, en plus de la chaleur). Ces électrons libres sont responsables en même temps de la conduction

électrique et de la conduction thermique. Les bons conducteurs électriques sont généralement de bons conducteurs thermiques.

Dans le curriculum, les deux types de conceptions ne sont pas considérés de la même manière. En effet, la conduction thermique, même faible, est détectable par le toucher alors que la conduction électrique faible nécessite un galvanomètre ou un milliampèremètre.

Tableau 13 : Tableau comparatif des traitements de la conduction électrique et de la conduction thermique.

Conduction électrique	Conduction thermique
« La notion de bon et mauvais conducteur ne sera pas abordée. » (Classe : Sixième, Thème : Électricité, Chapitre : Circuit électrique)	« On pourra dresser une liste de bons et de mauvais conducteurs connus des élèves » (Classe : Cinquième, Thème : Électricité, Chapitre : Transmission de la chaleur)

4.3. Un curriculum dont l'efficacité mérite une remise en question

Un objectif général et quatre objectifs spécifiques pourraient ne pas être atteints à cause des recommandations curriculaires. Ils concernent sept des 39 chapitres constituant le programme de collège.

4.3.1. Des prescriptions sources de confusion entre les états de la matière

Concernant le thème « Propriétés physiques de la matière » en classe de sixième, l'objectif général « L'élève doit être capable de distinguer les trois états de la matière » serait impossible à atteindre.

Les deux chapitres correspondants à cet objectif général sont intitulés « Les états physiques de la matière » et « Manipulation avec le gaz ». L'état solide et l'état liquide sont réunis et traités dans le premier chapitre, mais l'état gazeux est placé dans le deuxième chapitre.

Ce choix amène à deux confusions différentes :

- la séparation des trois états de la matière dans deux chapitres pourrait pousser l'apprenant à penser que l'état gazeux n'est pas un état de la matière ;
- le liquide, le gaz constituent les fluides, les séparer dans deux chapitres différents fait disparaître leurs points communs qui font d'eux des fluides.

Le curriculum est orienté explicitement plutôt sur les différences entre les propriétés des matières que sur leurs points communs ou leur relation. Ce choix montre une importance particulière attachée aux aspects extérieurs sensibles de la matière et un écart conséquent entre le savoir savant et le savoir à enseigner. Le solide et le liquide sont regroupés parce qu'ils sont visibles et tangibles. Le gaz est placé dans un autre chapitre parce qu'il n'est ni visible ni tangible.

La matière existe sous quatre états différents : le solide, le liquide, le gaz et le plasma. Le liquide, le gaz et le plasma sont des fluides. Ce sont des milieux parfaitement déformables. Il s'agit des corps dont les molécules faiblement liées et relativement libres peuvent se déplacer indépendamment les uns des autres. Cette liberté relative explique l'inexistence de leur forme propre. Gaz et plasmas sont très compressibles, tandis que les liquides le sont très peu. Le plasma est pertinemment exclu parce que son apprentissage demande un prérequis important dans plusieurs domaines scientifiques. En plus, le plasma n'existe qu'à une température élevée de l'ordre de 2 000 °C ou sous l'action d'un champ électromagnétique intense.

L'apprenant pourrait peut-être distinguer le gaz des solides et liquide, mais la notion de fluide risque de disparaître.

En classe de cinquième, le solide et le liquide sont encore réunis dans un même chapitre intitulé « Les états solide et liquide » et le gaz est encore mis à part dans le chapitre « L'état gazeux ». Le risque de confusion évoqué tout à l'heure risque de s'amplifier. Dans ce dernier chapitre, le curriculum prescrit, l'information de l'existence de gaz comprimé tel dans les cas de briquet à gaz ou bouteille de gaz butane, alors que dans le chapitre « transformations physiques », le changement d'état dû à la variation de la pression est ignoré. « Signaler que dans le cas des gaz comprimés, les appareillages doivent être renforcés (briquet, bouteille de plongée, bouteille de gaz butane) » (Classe : Cinquième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : Manipulation avec les gaz).

Le contenu du briquet à gaz reste toujours au fond et sa surface libre reste horizontale. Le gaz occupe, par contre, la totalité du récipient dans lequel il est enfermé tandis que le liquide reste au fond d'un récipient, il adopte la forme de ce dernier, sa surface libre d'un liquide reste toujours horizontale. Ce que l'apprenant observe dans les briquets à gaz

s'apparente plutôt au liquide qu'au gaz. Cette prescription provoque une confusion entre le gaz et le liquide.

4.3.2. Des prescriptions sources de confusion entre natures de liquide et sa masse volumique

Le deuxième cas de risque de complication d'atteinte d'un objectif se trouve dans le chapitre « Poussée d'Archimède » qui se traite en « Mécanique » de la classe de troisième. L'objectif spécifique en question est « L'élève doit être capable d'exprimer la poussée d'Archimède en fonction du volume du liquide déplacé, de la masse volumique (densité) de celui-ci et de l'intensité de la pesanteur ».

La prescription correspondant à cet objectif spécifique est :

Pour l'influence du volume, on plongera successivement deux corps de même poids, mais de volumes différents dans un même liquide. L'influence de la nature du liquide sera montrée en plongeant un même objet dans deux liquides différents. (Classe : Troisième, Thème : mécanique, Chapitre : Poussée d'Archimède).

Elle provoque une confusion entre nature d'un liquide et sa masse volumique. En effet, cette expérience sert plutôt à établir une relation entre la poussée d'Archimède et nature du liquide au lieu d'une relation entre poussée d'Archimède et masse volumique d'un liquide.

Le théorème d'Archimède s'énonce comme le suit : « Tout corps plongé dans un liquide en équilibre subit de la part de celui-ci une poussée verticale, dirigée vers le haut et d'intensité égale au poids du liquide déplacé ». (Classe : Troisième, Thème : Mécanique, Chapitre : Poussée d'Archimède)

L'intensité de la poussée d'Archimède est proportionnelle à la densité du liquide qui l'applique au volume du solide immergé (volume du liquide déplacé). La constante de proportionnalité est l'intensité de pesanteur g .

Une solution d'eau salée et une solution d'eau sucrée de mêmes concentrations massiques peuvent avoir la même densité. Ils exercent donc la même poussée d'Archimède sur le même objet. La nature d'un liquide n'influence pas, en revanche, sur la poussée d'Archimède qu'il exerce.

4.3.3. Une réponse assurément inadéquate

Dans l'« Électricité » de la classe de la classe de quatrième, plus précisément, dans le chapitre « Électrisation par frottement. Les deux sortes de charges électriques », l'objectif spécifique « L'élève doit être capable de décrire une expérience d'électrisation par frottement » est impossible.

La méthode prescrite correspondante est :

Réaliser l'électrisation par frottement d'un objet isolant : règle en plastique, agitateur en verre... Rappelons que lorsque la partie frottée d'un corps isolant attire des corps très légers (petits morceaux de papier...), on dit qu'il est électrisé par frottement.

Faire :

- décrire l'expérience ainsi réalisée (protocole et résultats expérimentaux) ;
- admettre que le frottement a développé des charges électriques sur la partie frottée.

Trois types d'électrisation existent, en général : l'électrisation par frottement, l'électrisation par influence et l'électrisation par contact. Cette prescription provoque une confusion entre les deux premiers.

La loi de Coulomb rend compte de l'interaction entre deux charges électrostatiques. D'après cette loi, deux charges électrostatiques ponctuelles interagissent avec des forces directement opposées, portées par la droite qui les relie, proportionnelles aux deux charges et inversement proportionnelles au carré de la distance entre les deux charges. Si les deux charges sont de même signe il y a de répulsion, dans le cas contraire il y a de l'attraction. Un corps électriquement neutre n'entre donc pas en interaction coulombienne.

Accepter la loi de Coulomb et ne parler que de l'électrisation par frottement (exclure les autres types d'électrisation) pour expliquer l'interaction entre l'objet préalablement frotté et les petits morceaux de papier vient à contredire la loi de Coulomb.

En réalité, la présence de l'objet isolant préalablement frotté en face des bouts de papier crée dans ces derniers objets de l'électrisation par influence. Le curriculum laisse penser que l'attraction vient seulement du stylo et les bouts de papier ne font que subir parce qu'ils ne sont pas frottés. Il faut et il suffit donc que le stylo soit électrisé par frottement

pour qu'il puisse attirer les bouts de papier. Mais si les bouts de papier ne sont pas électrisés par influence, l'interaction entre eux et le stylo préalablement frotté s'expliquerait donc par l'interaction entre des bouts de papier électriquement neutres et le stylo électriquement chargé par frottement, ce qui contredit la loi de Coulomb.

Conclusion de la deuxième partie et discussion

L'évaluation du curriculum de sciences physiques de collège de Madagascar a montré une insuffisance de prise en considération des conditions nécessaires. Des points pouvant réduire la qualité de ce curriculum sont observés pendant notre analyse. Des qualités transversales de curriculum sont relativement minimisées.

Trois des neuf qualités transversales ont été évaluées en respectant les définitions données par Bouchard et Plante cités par Demeuse (2013), il s'agit de la « pertinence », l'« à-propos » et l'« impact ».

La « pertinence » et l'« à-propos » correspondent respectivement au lien entre objectifs et besoins clairement identifiés et à la prise en considération des contraintes et terrains.

La « pertinence » du curriculum peut être remise en question. En effet, des objectifs pédagogiques fixés ne permettent pas d'assurer les besoins de la société qui sont définis dans la loi 94-033 du 13 mars 1995 et détaillés dans la rubrique « Finalité » des « Livres de programme ».

L'« à-propos » est aussi insuffisamment pris en considération. Des contenus sont réservés à une petite frange de la population scolaire, d'autres risquent de perdre leurs utilités. L'insuffisance de prise en considération des conditions de classe complique la mise en application de certains chapitres.

L'« impact », l'« efficacité » et l'« efficience » sont relatifs à l'obtention de résultat.

L'évaluation de l'« impact » a montré que certaines prescriptions provoquent des confusions entre concepts, une insuffisance de mise en valeur de l'interprétation de phénomène, des propriétés des concepts scientifiques et des relations entre chapitres. Nous avons constaté que dans ce curriculum, les sciences physiques sont, en plus, réduites à l'étude des phénomènes observables.

L'évaluation des autres qualités à savoir l'« efficacité », l'« efficience », la « synergie », la « cohérence », la « durabilité » et la « flexibilité » s'avère compliquée. Le contexte actuel est défavorable à l'évaluation de curriculum tel que nous avons réalisée. L'accès aux données nécessaires est très limité, voire impossible quelquefois.

Nous étions obligé d'adopter des définitions autres que celles de Bouchard et Plante cités par Demeuse (2013), c'est le cas de l'« efficacité » et la « flexibilité ».

Concernant l'évaluation de l'« efficacité », pour Bouchard et Plante, 2002 cités par Demeuse (2013), l'« efficacité » est déterminée par le rapport entre le résultat effectivement obtenu et le résultat visé décrit par les objectifs pédagogiques.

Les données statistiques ne sont pas à jour. Elles ne contiennent que très peu de variables, ce qui rend impossible toute tentative d'échantillonnage. Les variables statistiques qui se trouvent dans l'annuaire statistique d'une année scolaire ne figurent pas obligatoirement dans celle de l'année suivante, toute étude comparative est donc impossible.

Nous n'étions pas en possession du résultat effectivement obtenu, alors nous l'avons remplacé par le résultat pouvant être obtenu. La comparaison des prescriptions curriculaires avec la littérature est utilisée pour faire émerger les difficultés éventuelles capables de constituer une complication de l'apprentissage.

Malgré ces difficultés, deux autres qualités, la « synergie » et de la « flexibilité », ont pu être évaluées. La « synergie », est rattachée à la mobilisation de ressources humaines et/ou matérielles. Quant à la « flexibilité », elle correspond à la capacité du curriculum de résister aux changements possibles pendant une longue durée.

L'étude de la « synergie » et de la « cohérence » nécessite, outre la loi 94-033 du 13 mars 1995 et des « Livres de programme », d'autres documents officiels. Une timide tentative de prise en considération de ces deux qualités est opérée.

Il y a eu l'arrêté ministériel n°5217-96/MEN du 27 août 1996. Il instituait l'Équipe pédagogique de l'établissement (EPE).

Article 40 : La constitution d'Équipe pédagogique d'établissement par classe ou par discipline est une obligation de l'établissement...

Article 42 : Les projets de décision des équipes pédagogiques sont de deux ordres :

- ceux touchant à l'organisation générale qui sont soumis à l'approbation au conseil d'établissement
- Les décisions pédagogiques ordinaires : groupements occasionnels, projet scientifique de courte durée, détermination d'une méthode, orientation pédagogique qui sont du ressort exclusif des équipes sous réserve de l'accord du chef d'établissement ou de son adjoint.

Ce texte officiel est moins connu que les « Livres de programme », alors dans certains collèges l'EPE n'est pas mis en place, dans d'autres son rôle est limité à la détermination de la répartition trimestrielle du programme et à l'organisation d'examen trimestriel commun.

Il y a eu aussi approvisionnement des collèges en matériels d'expérimentation. Le dernier a eu lieu en 1998 lors du projet CRESED II. Ce qui est sûr, c'est que les collèges ouverts après ce projet ne possèdent donc pas de matériels d'expérimentation. Dès la fin du projet, le local est utilisé par d'autres services, les documents correspondants ont disparu. Il est donc impossible de déterminer les matériels en question, les collèges bénéficiaires et les chapitres concernés.

Auparavant, il y avait eu la grille d'analyse de l'examen officiel Brevet de l'Enseignement du Premier Cycle (BEPC) et des Bulletins officiels (BO). Nous les avons consultés, pendant notre passé d'enseignant de lycée, dans les bibliothèques des établissements où nous avons travaillé, mais nous n'en avons plus trouvé trace au cours de notre recherche. En effet, nous avons visité dix CEG publics en vue de la préparation des TP-apprenants en grands groupes. Nous en avons profité pour nous renseigner si les établissements en possèdent. La réponse est la même : ces documents ont complètement disparu. Les enseignants d'un certain âge se souviennent de l'existence de ces documents officiels, ils les ont considérés auparavant dans leurs pratiques. Actuellement et depuis presque une dizaine d'années, ils n'en tiennent plus compte. Les jeunes enseignants les ignorent complètement. Les ministères en charge de l'éducation qui se sont succédés ne possèdent pas de service d'archive, le changement d'organigramme ou de responsable se solde par la perte de documents officiels. Le Ministère de l'Éducation ne possède pas de bureau d'archive. Il y a de moments où ce ministère était réuni avec d'autres ministères, celui de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique et/ou celui de l'enseignement technique et de la formation professionnelle. Des changements d'organigramme ou de local s'avéraient obligatoires. Le changement de responsables (directeur ou chef de

service) sans changement d'organigramme a lieu plus fréquemment. Tous ces changements provoquent la perte des documents officiels.

Les lois ont pu être trouvées dans les journaux officiels archivés à la Bibliothèque nationale, mais les autres textes réglementaires comme les arrêtés et notes circulaires ont disparu même au niveau des établissements scolaires.

La « durabilité » et la « flexibilité » correspondent à la capacité du curriculum de résister aux changements possibles pendant une longue durée.

Troisième partie : Intégration de la démarche d'investigation dans
l'enseignement des sciences physiques au collège de Madagascar

Chapitre 5 : Contraintes et obstacles à l'intégration de la démarche d'investigation

L'objectif de ce chapitre est de faire émerger les conceptions des enseignants concernant le processus d'enseignement-apprentissage et de l'expérience ainsi que leurs pratiques pédagogiques et didactiques. Puis de montrer comment elles pourraient influencer sur l'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences physiques.

5.1. Méthodologie de l'analyse des pratiques des enseignants

Des entretiens semi-directifs auprès d'enseignants de sciences physiques de collège sont réalisés pour réunir les données nécessaires. Pour ce faire, nous avons rédigé un canevas d'entretien. L'approche qualitative a été privilégiée afin d'analyser les conceptions des enseignants relatives au processus d'enseignement-apprentissage et à l'expérience ainsi que leurs compétences en matière d'expérience.

5.1.1. Choix des enseignants

Douze enseignants ont été choisis pour faire l'objet des entretiens.

Six de ces enseignants travaillent dans la capitale. Ils coopèrent avec l'ENS d'Antananarivo pour l'encadrement des stagiaires. En effet, les stages en responsabilités¹³ constituent une unité d'enseignement obligatoire en troisième année de la licence. Les étudiants les effectuent dans des collèges et lycées publics partenaires sous l'encadrement des enseignants de ces établissements scolaires et ceux de l'ENS. Nous avons effectué les entretiens auprès d'eux pendant que nous avons suivi les stagiaires.

Bien qu'un échantillonnage représentatif de la population d'enseignants de collège de Madagascar soit impossible faute de données statistiques appropriées, de temps et de moyens, nous avons jugé utile de considérer un échantillon qui pourrait la représenter le mieux.

¹³ Les stages en responsabilité forment un élément constitutif (EC) de l'unité d'enseignement (UE) : « Pratiques de l'enseignement en situations réelles. » Cet élément constitutif vaut 3 crédits, soit l'équivalent de 90 heures d'enseignement. Chaque étudiant doit valider une semaine de stage d'observation suivie de quatre semaines de stage en responsabilité aux collèges et trois semaines de stage en responsabilité au lycée, plus précisément en classe de seconde.

Ces enseignants représentent les différents profils des enseignants de sciences physiques actuellement en fonction au collège. Les variables considérées sont les formations académiques et professionnelles qu'ils ont suivies et la durée de leurs expériences professionnelles.

Les six autres enseignants travaillent ou ont travaillé, dans d'autres provinces. Deux de ces derniers travaillent dans la ville de Mahajanga, les entretiens auprès d'eux ont été faits pendant une mission que nous y avons effectuée. Deux autres enseignants ont exercé respectivement dans les provinces de Mahajanga et de Toamasina. Ils viennent de réussir le concours d'entrée en première année de l'ENS d'Antananarivo et sont venus y suivre leurs études. Nous avons profité de leurs présences pour ne pas avoir à nous déplacer. Nous avons réalisé nous-même les entretiens auprès de ces dix enseignants.

Deux enseignants travaillent dans la province de Fianarantsoa. Les entretiens auprès d'eux ont été confiés à un collègue ayant eu son master en « Sciences de l'éducation et didactiques des disciplines » et habitant dans cette province. Il a appris à mener des entretiens pendant ses formations alors nous avons estimé qu'il possède le potentiel nécessaire pour la réalisation de l'entretien, d'autant plus qu'il fait aussi une recherche sur les démarches d'investigation. Nous lui avons expliqué les contenus du canevas d'entretiens, nos objectifs, ce qu'il a à faire et les résultats de nos entretiens auprès des dix premiers enseignants.

Trois des enseignants qui exercent dans la province d'Antananarivo sont dans des collèges possédant quelques matériels d'expérimentation (générateur de tension continue, fils de connexion, résistors, ampèremètres et voltmètres).

Nous n'avons pas réalisé des entretiens auprès des enseignants des provinces de Toliara et d'Antsiranana pour raison d'éloignement géographique. Les deux provinces se trouvent respectivement aux extrêmes sud et nord de Madagascar. Y, aller demande beaucoup d'investissement et plusieurs semaines d'absence de notre lieu de travail notamment.

5.1.2. Canevas d'entretien auprès des enseignants

En plus des questions concernant le profil de l'enseignant, nous lui avons posé aussi des questions à propos :

- du sens qu'il donne à « enseigner »

- des expériences qu'il a réalisées au cours de sa formation, au collège, au lycée, à l'université ou pendant la formation professionnelle,
- des activités qu'il réalise en classe actuellement,
- de la raison de son choix,
- des places qu'il accorde à l'expérience,
- des problèmes qu'il rencontre à propos de la réalisation de l'expérience en classe

5.1.3. Instruments de recueil et d'analyse des données

Les entretiens sont enregistrés avec des dictaphones puis transcrits codés et analysés. Nous avons interprété leurs propos pour faire émerger leurs conceptions relatives au processus d'enseignement-apprentissage des sciences physiques, à l'expérience ainsi que leurs compétences en matière d'expérience. Les entretiens se sont déroulés en malgache pour éviter la barrière linguistique, car même si nous n'avions pas d'information officielle ou validée sur le niveau de français des enseignants de collège des écrits relatent les problèmes du français langue d'enseignement.

5.2. L'approche de l'apprentissage selon les enseignants enquêtés

Nous avons remarqué que tous les enseignants, sans distinction de leurs cursus de formation ou de la durée de leurs expériences professionnelles, possèdent des conceptions du processus d'enseignement-apprentissage plus ou moins identiques.

Quatre des six conceptions du processus d'enseignement-apprentissage se trouvant dans le curriculum formel (p.75) sont rencontrées dans les propos des enseignants, il s'agit de la considération d'« enseigner » comme synonyme d' « informer », « expliquer », « habituer » ou « convaincre ».

Les conceptions des enseignants concernant le processus d'enseignement-apprentissage sont largement différentes du fondement de la démarche d'investigation. Elles sont basées sur la passivité de l'apprenant lors du processus d'enseignement-apprentissage.

Elles risquent donc de constituer un obstacle à l'intégration de la démarche d'investigation qui est fondée sur la centration de ce processus sur l'apprenant et l'approche socioconstructiviste de l'apprentissage.

Premièrement, la démarche d'investigation prône l'intérêt des débats entre les apprenants et des échanges argumentés dans l'objectif d'une socio-construction de connaissances tandis que les enseignants enquêtés pratiquent une communication verticale à sens unique avec l'enseignant comme informateur et l'apprenant comme récepteur.

La conception la plus fréquente qui émergeait des propos des enseignants est la considération de l'enseignement comme une transmission de connaissances. « Enseigner ! c'est transmettre ce que je sais aux élèves... » (Enseignant 5)

Avec cette approche transmissive de l'apprentissage, l'apprenant est considéré comme dépourvu de toute ressource cognitive lui permettant d'assurer d'autres rôles que recevoir des connaissances, il ne pourrait donc pas s'engager dans un débat constructif avec ses pairs ni à un échange argumenté. Les enseignants supposent que la réception de connaissances est suffisante, autrement dit, que la réception de connaissance constitue un apprentissage.

Dans les propos des enseignants, la différence entre l'enseignant et l'apprenant a des origines différentes.

Pour l'Enseignant 9, elle est due aux savoirs que ces deux types d'acteurs possèdent. Il utilise les mots « enseignant » et « élève ». L'enseignant, par les apprentissages qu'il a déjà vécus auparavant possède plus de connaissance que l'apprenant. Il les transmet donc à ce dernier. « Enseigner c'est transmettre des connaissances aux élèves, ce que tu as appris pendant tes études ... » (Enseignant 9). La transmission de connaissances se fait d'une génération à une autre, les savoirs de référence pourraient être les savoirs de l'enseignant.

Pour l'Enseignant 8, c'est l'âge qui distingue les deux types d'acteurs, « C'est la transmission de connaissance par un adulte qui la possède vers des enfants qui en ont besoin. L'adulte c'est l'enseignant et les enfants les élèves. » Il utilise les termes « adulte » et « enfant », sa réponse suppose un apprentissage automatique, avec l'âge un individu possède de plus en plus de connaissance, peu importe la méthode utilisée par l'enseignant. Il est inutile donc de pratiquer une approche qui pourrait compliquer l'enseignement.

Certaines divergences sont toutefois observées dans les réponses des enseignants.

Les propos de l'Enseignant 1 et de l'Enseignant 3 supposent que l'enseignement peut se faire sans considération de l'apprenant et de sa structure cognitive.

Pour eux, au début du processus d'enseignement apprentissage, l'apprenant est dépourvu de connaissances ou de conceptions relatives au contenu d'enseignement. « Pour moi, l'enseignement c'est une transmission de connaissances par son détenteur vers quelqu'un qui ne les possède pas » (Enseignant 1). Faute de ressources cognitives, l'apprenant ne pourrait donc rien faire autre que recevoir les connaissances transmises par l'enseignant et les mémoriser. Ces deux enseignants n'accorderaient probablement pas à leurs apprenants d'autres rôles.

Par contre, l'Enseignant 2 met en valeur la structure cognitive de l'apprenant, « Ce que signifie enseigner ? Transmettre des connaissances aux élèves, mais c'est à partir de ce qu'ils connaissent déjà que je leur informe de ce que je veux leur enseigner. » Cette structure cognitive de l'apprenant est toutefois utilisée seulement pour l'organisation de l'exposé et rien d'autre. Pour cet enseignant, le rôle de simple récepteur accordé à l'apprenant peut suffire.

Pour l'Enseignant 11 et l'Enseignant 5, l'enseignement est réalisé pour répondre aux besoins des apprenants.

Pour l'Enseignant 11, l'apprenant a besoin de connaissance. « Enseigner ? C'est transmettre des connaissances à des élèves. Ils ont besoin des connaissances, alors il faut les enseigner. » Le type de connaissance à transmettre détermine donc les méthodes d'enseignement. Si l'objectif de l'enseignement est encore l'acquisition de connaissances théoriques, la démarche d'investigation n'est pas nécessaire.

Pour l'Enseignant 5, le besoin des apprenants c'est la réussite à l'examen, « Enseigner ! c'est transmettre ce que je sais aux élèves. Les préparer aux examens. » C'est le mode d'évaluation qui déterminera le type de connaissance à transmettre. Il faudrait donc une évaluation des connaissances relatives à l'expérience pour que la démarche d'investigation lui paraisse importante.

Deuxièmement, comme il a été indiqué auparavant, la démarche d'investigation vise l'apprentissage de concepts théoriques, de la démarche et de la relation entre les sciences et la société (Calmette et Mathéron, 2015), elle risque d'être jugée très compliquée ou trop ambitieuse par les enseignants qui ont l'habitude de ne transmettre que de savoirs théoriques.

En effet, les propos des enseignants montrent une limitation du type de savoir qu'ils transmettent aux apprenants aux savoirs théoriques. Les termes utilisés par les enseignants sont des « savoirs » (Enseignant 5, Enseignant 7), des « connaissances » (Enseignant 1, Enseignant 6, Enseignant 8, Enseignant 10, Enseignant 12), des « leçons » (Enseignant 6, Enseignant 9) et des « cours » (Enseignant 2).

Troisièmement, la démarche d'investigation est en contradiction avec les conceptions des enseignants pour une autre raison. L'approche transmissive que les enseignants ont adoptée est aussi basée sur la non-modification des informations transmises alors que la démarche d'investigation exploite les conceptions des apprenants afin de pousser ces derniers à formuler des interrogations sur une situation qui lui est présentée.

Des enseignants ont évoqué l'importance de bien exposer le contenu d'enseignement afin de provoquer l'apprentissage. « La fiche de préparation est importante, si ce n'est pas bien préparé, il est possible que la leçon ne soit pas transmise aux élèves. » (Enseignant 9), « ... C'est clair et bien planifié. Les élèves voient bien ce qu'ils ont à copier... » (Enseignant 2), « ... il faut que j'écrive au tableau ». « J'utilise des phrases simples, il ne faut pas compliquer » (Enseignant 11).

Les connaissances sont présentées sous forme d'information écrite ou orale « Je fais des schémas au tableau. Je dicte tous, il y a de moment, où j'écrivais au tableau, surtout avec les classes de sixième » (Enseignant 3).

Il semble que les enseignants ont uniformisé leurs façons de concevoir et d'utiliser les fiches pédagogiques. Ils ne prennent pas en considération les apprenants.

Six enseignants ont évoqué l'importance de la fiche de préparation, il s'agit de l'Enseignant 2, l'Enseignant 6, l'Enseignant 7, l'Enseignant 8, l'Enseignant 9 et l'Enseignant 11. Ils font leurs fiches de préparation sans considération des apprenants, à l'instar de l'enseignant 2 : « Non, j'ai déjà mon cahier de cours, si je ne peux pas réaliser l'expérience j'utilise mon cahier. »

L'Enseignant 9 se réfère à la répartition trimestrielle fixée par l'EPE « Je prépare mes leçons quand la répartition trimestrielle est fixée par l'EPE... ».

Dès que la répartition est fixée, ils passent à la conception des fiches pédagogiques. Il donne une importance particulière au facteur temps. Cette répartition trimestrielle du programme oblige l'uniformisation des rythmes d'apprentissages des apprenants. Elle fait disparaître la particularité de chaque apprenant.

L'Enseignant 1 et l'Enseignant 8 utilisent des livres comme ressources lors de la conception de fiches pédagogiques « ... j'utilise des livres... » (Enseignant 8)

D'autres utilisent leurs anciens cahiers d'universitaires « Oui, je prépare bien la leçon, je lis des livres, je regarde mes anciens cahiers. » (Enseignant 1), « Des manuels et mes cahiers à l'université. Je me réfère aux leçons que j'ai étudiées à l'université pour savoir si c'est vrai ou faux » (Enseignant 7).

Des enseignants gardent la même fiche pendant des années. Ils font des efforts pour améliorer leurs pratiques. Ils prennent en considération des faits observés lors de leurs enseignements afin de modifier les prochains cours. C'est le cas de l'Enseignant 2, l'Enseignant 6, l'Enseignant 7 et l'Enseignant 9. Il s'agit de questions, de réponses ou de remarques des apprenants.

Trois autres conceptions relatives à « enseigner » se trouvent dans les réponses des enseignants.

La première est la considération d'« enseigner » comme synonyme d'« habituer ». Cette conception est à l'origine d'une quatrième contradiction.

La démarche d'investigation propose que la construction de connaissance se fait suivant d'innombrables parcours tortueux avec des aller-retour entre plusieurs étapes, mais cette conception d'« enseigner » comme synonyme « habituer », surtout à résoudre des exercices, suppose l'existence d'un nombre limité de parcours linéaires à retenir par cœur et à utiliser le moment venu.

Cette conception d'« enseigner » comme synonyme d'« habituer » se trouve dans les réponses de l'Enseignant 1, de l'Enseignant 2 et de l'Enseignant 12.

Des enseignants précisent qu'ils donnent des exercices aux apprenants et il semble que, pour eux, les exercices ne constituent pas des sources connaissances, mais un moyen de les stabiliser ou de les exploiter. « Je donne des exercices, puis je corrige. Pour la classe de troisième, nous faisons beaucoup d'exercices, des sujets types de BEPC. » (Enseignant 1)

La considération d'« enseigner » comme synonyme d'« habituer » est rencontrée dans les réponses de l'Enseignant 1, l'Enseignant 2, l'Enseignant 3, l'Enseignant 9, l'Enseignant 11 et l'Enseignant 12.

L'Enseignant 2 et l'Enseignant 3 relatent seulement leurs pratiques « Nous faisons beaucoup d'exercices. » (Enseignant 3) Les autres précisent la raison de leur pratique. Pour les autres enseignants, il s'agit de préparer les apprenants aux examens « C'est ... faire faire des exercices après pour les préparer aux examens » (Enseignant 12) que ce soit l'examen officiel « Je donne des exercices, puis je corrige. Pour la classe de troisième, nous faisons beaucoup d'exercices, des sujets types de BEPC. » (Enseignant 1) ou l'évaluation commune organisée au sein de l'établissement à la fin de trimestre, « ... il faut bien préparer l'examen BEPC et les devoirs surveillés communs de fin de trimestre. » (Enseignant 9)

Une cinquième contradiction entre la démarche d'investigation est née de la considération d'« enseigner » comme « expliquer ». Le fait d'expliquer signifie empêcher l'apprenant de mener jusqu'à la fin son propre raisonnement ou son propre apprentissage (Meirieu, 1987), alors que la démarche d'investigation laisse à l'apprenant « une part de responsabilité conceptuelle. » (Cariou, 2015)

Des enseignants donnent de l'importance à l'explication, « je possède les connaissances, je les explique aux élèves. » (Enseignant 1), « ... des exercices et des corrections. Je donne des exercices, puis je corrige. » (Enseignant 2) Ils agissent de cette manière dans le but d'économiser du temps. L'explication en est un moyen adéquat, « Quelquefois, j'envoie des élèves faire la correction, mais ça me fait perdre du temps. » (Enseignant 2)

La troisième conception qui nous intéresse est la considération d'« enseigner » comme synonyme de « convaincre ». Elle crée une sixième contradiction des pratiques des enseignants avec la démarche d'investigation.

Dans la démarche d'investigation, le débat se fait entre les pairs qui sont supposés capables de raisonner alors que les enseignants enquêtés ont l'habitude d'intervenir afin de mater les idées des apprenants. L'expérience est considérée par des enseignants comme un moyen de persuasion. « Les élèves ne sont pas convaincus s'ils ne voient pas les choses, ils pensent que l'enseignant modifie la théorie » (Enseignant 9). Cette conception réduit le rôle de l'expérience.

Un changement des conceptions des enseignants concernant l'approche de l'apprentissage est nécessaire pour que la démarche d'investigation soit adoptée. Comme les conceptions ont des caractères résistants (Joshua et Dupin, 1993), une simple présentation de cette

démarche ou de ces apports ne suffira pas. Il faut bien déterminer la méthode à pratiquer pour former les enseignants.

5.3. L'expérience dans les formations des enseignants enquêtés

L'existence de l'expérience dans les formations diffère d'un enseignant à un autre.

Ceux qui sont allés à l'université ont affirmé qu'ils ont réalisé des expériences pendant leurs études universitaires. Il semble qu'à l'université, les TP sont mis en valeur.

Les thèmes cités par les enseignants sont l'optique, l'électricité et l'électronique, « ... à l'université, nous avons fait des TP d'électricité et d'optique. Avec des générateurs, fils, résistor, des miroirs et d'autres. » (Enseignant 1¹⁴) Selon cet enseignant, l'expérience lui a seulement servi pour voir des phénomènes, « Oui, l'expérience permet de voir beaucoup de choses. » L'Enseignant 4 et l'Enseignant 5 citent l'électronique, en plus. « Oui (nous avons fait des TP sur l'optique : miroir dioptrique, lentille, c'était la focométrie. Puis électronique. » (Enseignant 4)

Ces trois enseignants ont suivi des formations académiques dans une même université, la différence entre les thèmes cités montre qu'il est possible qu'ils aient fait d'autres TP sur d'autres thèmes, mais ne les ont pas cités pas lors de l'entretien.

L'Enseignant 4 a suivi trois années d'étude dans une autre université, il a cité des expériences plus ou moins identiques à celles citées par les autres « Des TP d'optique, Miroir, dioptrique, électronique aussi. Mais ils ne correspondent pas aux leçons des sixième et cinquième. »

Ceux qui ont suivi des formations professionnelles ont réalisé des expériences pendant leurs formations. Ils sont six, l'Enseignant 2 et l'Enseignant 8 ; l'Enseignant 9, l'enseignant 10 et l'Enseignant 11 ont étudié à l'INFP ou au CRINFP ; l'Enseignant 12 à l'ENS. Ils ont cité les expériences qu'ils ont réalisées pendant les formations pédagogiques initiales.

Ceux qui se sont arrêtés au niveau du baccalauréat n'ont pas suffisamment utilisé l'expérience dans leurs formations.

L'Enseignant 6 a vu son professeur réalisé des expériences, mais il n'a pas participé à la manipulation. L'expérience de cours réalisée par l'enseignant est toujours pratiquée dans l'enseignement des sciences physiques au lycée. Elle est faite sans la participation de

¹⁴ L'Enseignant 1 a abandonné l'université après une année d'étude

l'apprenant. « Quand j'ai étudié au Lycée J.J. Rabearivelo¹⁵, notre professeur était italien, il faisait de l'expérience, il nous demandait de l'aide quelquefois, nous faisions ce qu'il dit, mais à propos de la manipulation nous n'avons pas fait. »

Certains enseignants n'ont jamais vu leurs enseignants réaliser de l'expérience. « ... Il n'y a pas eu de matériel, quand nous étions au collège et au lycée. » (Enseignant 3) L'enseignant 11 parle des cas des collègues « Il y a des enseignants qui ne savent pas utiliser un microscope ou d'autres appareils, ils ne l'ont jamais vu de leur vie. Comment ils vont demander à ces apprenants de les manipuler ? Impossible. »

L'Enseignant 3 et l'Enseignant 7 ont eu le baccalauréat, mais n'ont suivi aucune formation pédagogique initiale. Ils n'ont jamais réalisé de l'expérience, pendant leurs formations. « Je n'ai jamais appris (de l'expérience). » (Enseignant 7)

En conclusion, les enseignants ont donc besoin de formation continue sur les manipulations et les démarches dans l'enseignement de sciences physiques.

5.4. L'expérience dans la pratique des enseignants enquêtés

L'expérience est rare dans la pratique des enseignants, certains affirment ne jamais réaliser, d'autres réalisent, mais rarement. Si les conceptions des enseignants concernant le processus d'enseignement-apprentissage sont plus ou moins uniformes, ce n'est pas le cas de leurs pratiques de l'expérience.

5.4.1. Des contraintes influençant la réalisation d'expérience

Cinq types de contraintes pouvant provoquer la rareté de l'expérience dans les pratiques pédagogiques des enseignants sont évoquées par les 12 enseignants enquêtés. Il s'agit des matériels d'expérimentation, d'insuffisance de compétence des enseignants en matière d'expérience, du temps didactique, du programme scolaire, du mode d'évaluation et de l'effectif des apprenants.

a. Les matériels d'expérimentation

Le matériel d'expérimentation est la première contrainte citée par les enseignants comme cause principale de l'inexistence ou de la rareté de l'expérience dans leurs pratiques. 11 des 12 enseignants enquêtés ont évoqué ce facteur.

¹⁵ Un lycée qui se trouve au centre de la capitale ANTANANARIVO

Le dernier équipement de collèges en matière d'expérimentation a eu lieu en 1998, avec le projet CRESED II. Les collèges ouverts après ce projet n'en possèdent pas. La réalisation d'expérience y est donc impossible, à moins que les enseignants en achètent ou en fabriquent.

L'Enseignant 1, l'Enseignant 3 et l'Enseignant 7 travaillent dans des collèges où il n'y a pas de matériels d'expérimentation.

Pour l'Enseignant 1, l'inexistence de matériels est liée à la taille de l'établissement. « Non, il n'y a pas eu de matériel, c'est un petit collège. Il n'y a pas de matériel. » Il semble par contre que cette taille est plutôt due au fait que son ouverture est récente, postérieure au projet CRESED II.

Pour les deux autres enseignants, l'inexistence de matériels sert de prétexte pour ne pas faire une expérience. Ils n'attachent pas une importance particulière à ce genre d'activité.

Pour l'Enseignant 3, cette situation lui facilite la gestion de la contrainte temps didactique. « À quoi ça sert l'expérience ? il n'y a pas de matériel à l'école. D'ailleurs ça va me faire perdre du temps. » (Enseignant 3)

Pour l'Enseignant 7, l'expérience n'est pas nécessaire à l'obtention de bon résultat, « Avec ma méthode, les enfants réussissent. Je viens de rencontrer un de mes anciens élèves, il m'a dit « ... merci monsieur, avec vous, j'ai aimé la physique... ».

Dans les deux cas, les enseignants pensent qu'il est possible de se passer de l'expérience, donc de l'approche comme la démarche d'investigation.

D'autres collèges possèdent des matériels dont l'utilisation risque de compliquer l'enseignement à cause de leurs mauvais états. Cette situation pourrait peut-être interpréter par l'utilisation de ces matériels auparavant quand ces matériels étaient encore en bon état.

L'Enseignant 5 et l'Enseignant 8 sont sûrs des mauvais états des matériels disponibles, et évitent de les utiliser de crainte de ne pas réussir à réaliser des expériences. « Le problème ? Les matériels ne sont pas obligatoirement en bon état, l'expérience ne marche pas obligatoirement... » (Enseignant 8)

L'Enseignant 11 et l'Enseignant 12, par contre, ne savent pas les états des matériels disponibles dans leurs collèges. Leurs propos montrent que ces deux enseignants n'ont pas

utilisé ces matériels depuis longtemps. « ... je n'ai pas l'habitude d'utiliser les matériels de l'établissement, je ne sais pas leurs états, je m'efforce d'utiliser le peu que je possède. » (Enseignant 11)

Il faudrait donc équiper en matériels les collèges pour que les enseignants puissent réaliser des expériences. Si ce n'est pas possible faute de budget, il faut que les enseignants sachent fabriquer certains matériels.

Les modes de gestion des matériels d'expérimentation adéquats disponibles constituent aussi une contrainte à la réalisation d'expérience.

Il n'y a pas de texte officiel organisant la gestion et l'utilisation des matériels d'expérimentation mis à la disposition des établissements scolaires. Le Directeur Régional de l'Éducation Nationale (DREN) d'ANALAMANGA¹⁶ l'a affirmé. « Non, il n'y a aucune instruction donnée aux chefs d'établissement à propos de la gestion de matériels d'expérimentation. Normalement, le directeur doit laisser les enseignants utiliser les matériels d'expérimentation ».

Cette inexistence de texte administratif est à l'origine de gestions différentes des matériels d'expérimentation. En effet, il revient au chef d'établissement de décider de la disposition à prendre.

Dans certains collèges, l'accès aux matériels est facilité, « Oui, il y a un système de pointage, il s'agit de matériels de laboratoire, on y note le nom de l'enseignant quand il emprunte de matériels puis quand il les retourne. » (Enseignant 6) Les enseignants peuvent accéder facilement aux matériels d'expérimentation et l'utiliser selon leurs besoins.

Dans d'autres cas, le chef d'établissement, par son mode de gestion, limite l'accès des enseignants aux matériels. C'est le cas de l'Enseignant 2 « Oui, dans la salle à côté du bureau (du directeur). Ils (les matériels) sont enfermés dans une armoire ».

La réduction de l'accès au matériel est due quelquefois à l'insuffisance de ressources humaines, « Il n'y a pas de personne pour les (les matériels de laboratoire) gérer. » (Enseignant 2), alors le chef d'établissement s'en charge lui-même. Il pourrait être retenu par d'autres activités administratives à l'extérieur de l'établissement et l'enseignant ne peut pas utiliser régulièrement les matériels, « Mais il (le directeur) n'est pas forcément au collège. Il peut être

¹⁶ Madagascar compte 22 régions, la capitale se trouve dans la région d'ANALAMANGA

convoqué à des réunions au bureau de la CISCO ou ailleurs. Alors les matériels sont bloqués là. » (Enseignant 2)

Le changement de méthode est obligatoire et la solution adoptée par l'enseignant est le cours théorique. Toutefois, les réactions des enseignants face à cette situation ne sont pas les mêmes.

L'Enseignant 5 et l'Enseignant 2 se contentent de dire qu'ils changent de méthodes. La situation leur paraît normale, c'est prévisible, ils s'y sont préparés, ils arrivent en classe avec des cours théoriques préparés au préalable. Les deux enseignants ne font donc pas la différence entre l'enseignement avec l'expérience et l'enseignement théorique. Il n'y a donc pas une raison particulière qui les pousse à faire une expérience, surtout si celle-ci demande beaucoup plus de compétence que ce que le curriculum prescrit actuellement.

L'Enseignant 5 dit vouloir réaliser des TP. « ... Et chez nous les matériels sont enfermés au bureau du directeur. Je veux l'utiliser, mais le directeur n'est pas là. Je dois changer ta leçon, ma méthode. » Selon l'Enseignant 2, « Il faut changer de stratégie, faire un cours théorique. »

Pour l'Enseignant 12, le non-accès aux matériels au dernier moment, provoque une perturbation de l'organisation didactique qu'il a prévue, « ... Et, il est possible que quand j'ai besoin des matériels le directeur ne soit pas là. Ça va chambouler mon organisation. » Sans une organisation convenable de gestion des matériels d'expérimentation, l'Enseignant risque d'éviter cette perturbation donc de l'expérience aussi.

Des cas extrêmes où le chef d'établissement interdit l'utilisation des matériels sont possibles. Cette situation est évoquée par l'Enseignant 11 « Oui, mais le directeur lui-même interdit l'utilisation des matériels pour éviter la casse. »

Il faut donc mettre en place un mode de gestion et d'utilisation des matériels mis à la disposition des collègues, si nécessaire un responsable dans chaque établissement afin que l'accès à ces matériels ne soit pas limité.

b. Insuffisance des compétences des enseignants en matière d'expérience

L'autre contrainte observée dans les réponses des enseignants est les insuffisances de leurs compétences en matière d'expérience

L'Enseignant 2 avoue l'insuffisance de sa compétence et son besoin en formation ou d'être assisté par une personne ressource.

Ces matériels me poseront du problème. Je montrerai de la maladresse, c'est Mme qui a suivi des formations avec ça. C'est ça, si j'ai à utiliser ces matériels je ferai n'importe quoi. ... j'ai besoin de quelqu'un plus expérimenté qui pourrait m'aider, me montrer...

L'Enseignant 3, trouve que la réalisation d'expérience devant les apprenants risque de faire apparaître l'insuffisance de sa compétence et de ternir son image. Il a évoqué aussi son besoin en formation. « Vous voulez m'humilier devant mes élèves ? Impossible. Il faut me former d'abord. Il n'y a pas de matériel à l'école. »

Cette insuffisance de compétence est liée à la formation de l'enseignant selon l'Enseignant 11. « ... mais si l'enseignant n'a pas assez de formation, parce que dans les écoles publiques, lorsqu'il était élève, il n'y avait pas d'expérience. » En effet, l'inexistence de matériel d'expérimentation a apparemment touché certains centres de formation d'enseignants selon ce même enseignant. « ... Dans les établissements de formation professionnelle, il n'y avait non plus de matériels. »

L'insuffisance de compétence pourrait être, à notre avis, due à l'inexistence de matériels ou à leur mode de gestion. L'Enseignant 2 a suivi des formations pédagogiques dans un établissement où il y a de matériels d'expérimentation. Il y avait pratiqué des TP-apprenants, mais ça fait plus de 30 ans qu'il sert dans un collège où les matériels existants sont emmagasinés dans le bureau du chef d'établissement.

En tout cas, il faut reconsidérer la formation des enseignants, renforcer les compétences des enseignants en matière d'expérience. Pour la formation initiale, augmenter, peut-être le volume horaire alloué à l'expérience et modifier la méthode d'enseignement. Pour les enseignants déjà en service, des formations continues s'avèrent nécessaires et des personnes ressources sont à mobiliser.

c. Le temps didactique

Neuf des 12 enseignants enquêtés ont évoqué le temps didactique comme contraintes à la réalisation d'expérience en classe.

Selon l'Enseignant 4 et l'Enseignant 7, l'expérience retarde la réalisation du programme, cette activité demande plus de temps que les autres, l'exercice par exemple, « Faire de l'expérience dépense plus de temps que faire des exercices... » (Enseignant 7)

Des enseignants comparent sa progression à celles des collègues et se sentent désavantageux s'ils réalisent de l'expérience. Les enseignants privilégient plutôt les exercices, c'est plus rapide.

... Les enseignants qui réalisent de l'expérience avancent plus lentement que les autres, ils sont en retard par rapport au programme et à celui qui ne fait pas (de l'expérience) alors on est en retard. C'est pourquoi celui qui est en retard ne fait plus désormais de l'expérience, il se réfère aux collègues, il n'aura pas le temps pour faire de l'exercice. (Enseignant 4)

Alors les enseignants considèrent les temps utilisés pour l'expérience comme du temps perdu. « ... À quoi ça sert (de réaliser de l'expérience) ? il n'y a pas de matériel à l'école. D'ailleurs, ça va me faire perdre du temps. » (Enseignant 3) L'Enseignant 9 et l'Enseignant 12 considèrent aussi la pratique de l'expérience comme une perte de temps.

Certains enseignants aiment, peut-être, réaliser de l'expérience, mais le temps est toujours considéré comme une contrainte. « J'aime réaliser de l'expérience, mais j'ai du mal à gérer pas le temps... ça dépense du temps, je ne maîtrise pas la gestion du temps. » (Enseignant 5) En effet, l'expérience est considérée comme une activité supplémentaire et sa réalisation s'ajoute à la réalisation de cours théorique et non pas en remplacement de celui-ci.

Il est à remarquer que le facteur temps ne contribue pas seulement à la raréfaction de l'expérience, il conduit aussi à la réduction des rôles des apprenants. L'Enseignant 2 préfère tout faire, même la correction des exercices. Pour lui, l'apprenant n'a à faire que regarder ce qu'il fait et écouter des explications. « Je donne des exercices, puis je corrige. Des fois, j'envoie des élèves faire la correction, mais ça me fait perdre du temps. »

Le fait de préciser que les sciences sont des « sciences expérimentales » n'est pas suffisant pour que les enseignants prennent en considération le TP-apprenants dans leurs pratiques. Il faut allouer des temps réguliers au TP-apprenants et rendre obligatoire sa réalisation.

d. Le programme scolaire

Les propos des enseignants montrent que la plupart d'entre eux ne considèrent pas le curriculum dans sa totalité, ou du moins ne traitent pas ses différents éléments de la même manière. Les enseignants font tout pour terminer le programme à temps, mais ne respectent pas les instructions précisant le caractère expérimental des sciences physiques.

Des enseignants considèrent qu'ils doivent terminer le programme.

Pour l'Enseignant 4, l'apprentissage est automatique. Il identifie l'apprentissage à l'enseignement. Pour lui, le fait que l'enseignement a lieu est suffisant pour que l'apprentissage existe aussi. « Le programme doit être terminé... Le programme est terminé et les élèves obtiennent quelques connaissances par chapitre. C'est l'important. »

L'Enseignant 8 est du même avis, « En plus, je dois terminer le programme, c'est encore un autre problème. C'est fixé par l'EPE. Je risque d'avoir un mauvais résultat. Je ne mets pas en jeu ma réputation. »

Des enseignants mettent en exergue la continuité des programmes scolaires. Ce que l'enseignant enseigne à un niveau d'enseignement donné est utile pour la classe pour la classe supérieure comme prérequis. Il pense que, s'il ne termine pas le programme, l'enseignant de la classe immédiatement supérieure lui blâmera. « Oui, c'est obligatoire, sinon quand mes élèves arrivent en classe de cinquième, monsieur ... va se fâcher, il va me dire que j'ai mal travaillé. » (Enseignant 5) Dans le propos de cet enseignant se trouve aussi l'existence automatique de l'apprentissage. Le fait d'avoir enseigné est considéré comme assurance de l'existence d'apprentissage pouvant satisfaire l'autre enseignant.

La répartition de programme par l'EPE oblige l'enseignant à terminer le programme dans le temps impartis.

Seul l'Enseignant 1 utilise le terme curriculum, « Oui, Il faut respecter le curriculum, c'est en quelque sorte, une feuille de route. », il affirme même le caractère formel du curriculum. Il ne réalise pourtant pas d'expérience faute de matériels.

Un changement de programme scolaire est donc obligatoire, il faut tenir compte des séances de TP-apprenants que les enseignants auront à organiser. Il ne s'agit pas obligatoirement de réduire les contenus d'enseignement mais plutôt de considérer des contenus qui s'appuient beaucoup plus sur l'expérience.

e. Le mode d'évaluation

Les épreuves de sciences physiques à l'examen officiel BEPC ne comportent pas de question se rapportant aux expériences, des enseignants les ont confirmés « Et l'examen BEPC ne demande pas d'expérience. » (Enseignant1), « ... Mais, au BEPC, il n'y a pas d'expérience, il s'agit d'exercice. » (Enseignant 7), « ... Et l'examen BEPC ne demande pas de l'expérience. » (Enseignant 3)

Des enseignants adaptent plutôt leurs méthodes à la forme et au contenu de l'évaluation qu'aux méthodes prescrites dans les rubriques « Observation » des « Livres de programme » ou les caractères expérimentaux des sciences physiques notés dans la rubrique « Instruction » des « Livres de programme ». Les actions des enseignants sont orientées plutôt vers la préparation des examens, plus précisément, l'achat de livres d'exercices « J'utilise des livres que j'ai achetés. Surtout les livres d'exercices, il faut bien préparer l'examen BEPC et les devoirs surveillés communs de fin de trimestre » (Enseignant 9) et au traitement de beaucoup d'exercices, « Oui, mais pour réussir à l'examen, on n'a pas besoin de TP, il faut faire beaucoup d'exercices. C'est ce qu'il faut. » (Enseignant 4)

Cette contrainte évaluation peut avoir des sources sociales.

Une confusion entre apprentissage et enseignement est aussi observée à travers des avis des enseignants concernant les résultats de l'évaluation officielle. Des enseignants pensent qu'ils sont évalués en fonction des résultats des apprenants à l'examen officiel. Il faudrait donc qu'ils soignent leurs images. « Pour les collègues, si ton résultat est inférieur à celui des autres enseignants, tu seras pointé du doigt. » (Enseignant 9) Un mauvais résultat à l'examen serait mal vu, pourrait même être interprété comme une incompétence ou un manque de sérieux de l'enseignant.

Il faut aussi satisfaire l'attente des parents d'élèves, « Les parents n'aiment pas que leurs enfants échouent. Moi je fais beaucoup d'exercice. » (Enseignant 3) ou « Quand les élèves réussissent, tout le monde est content. Les parents te félicitent. Pourquoi faire de l'expérience. » (Enseignant 4)

Tant que l'évaluation ne met pas en valeur les connaissances liées à l'expérience, des enseignants ne trouveraient pas son intérêt. Ces derniers ne prennent pas en considération les connaissances se rapportant à l'expérience, les enseignants trouveraient un prétexte pour éviter ce genre d'activité. Il faut donc pencher sur le problème d'évaluation.

f. L'effectif élevé des apprenants par classe

Des enseignants ne réalisent pas d'expériences parce que les classes sont à effectifs élevés. « Avec cet effectif, plus de 50 apprenants dans une classe, nous perdons du temps, c'est ça le problème avec le T.P-apprenants. » (Enseignant 11) L'enseignant 8 est du même avis. « L'expérience ne peut pas être réalisée avec mes classes composées de 75 élèves, je ne peux pas, c'est bruyant, impossible à contrôler ... »

Le problème d'effectif est crucial, il est impossible de réduire momentanément l'effectif par classe. Il faut trouver un moyen pour aider les enseignants à voir la taille de classe comme un potentiel et non pas une contrainte. Une mise en valeur de la pédagogie de grand groupe que nous avons développé dans la première partie de notre recherche (p.59) est donc nécessaire.

5.4.2. Rapport des enseignants avec l'expérience

Les rapports des enseignants avec l'expérience sont différents. Il y a ceux qui aiment l'expérience et font un effort pour la réaliser en classe malgré l'inexistence de matériels, il y a aussi ceux qui en ont peur et l'évitent dans leurs pratiques.

Les enseignants qui ont suivi des formations académiques de niveau universitaire ont pratiqué des TP pendant leurs études universitaires. Ils aiment réaliser des expériences devant les apprenants. Ils ont montré leur affinité pour les expériences par l'achat ou la fabrication de matériels ou par le récit des expériences qu'ils réalisent.

L'Enseignant 2 a reconnu explicitement l'importance de l'expérience.

En sciences physiques, on a besoin d'expérience parce qu'elle rend intéressante la matière aux yeux des élèves, leurs esprits s'ouvrent. Ils voient, puis ils peuvent penser, l'expérience peut mener à autre chose, les apprenants peuvent devenir curieux. La réalisation d'expérience facilite la tâche de l'enseignant, parce que quand l'enseignant manipule, les apprenants observent, c'est plus facile de transmettre.

L'enseignant 10 a déclaré avoir fait de son mieux pour réaliser des expériences avec ses matériels. « Je m'efforce (de réaliser de l'expérience) même si ce n'est pas fréquent, je n'ai pas l'habitude d'utiliser les matériels de l'établissement, je ne sais pas leurs états, j'utilise le peu que je possède. »

L'Enseignant 5 a affirmé qu'il aime réaliser de l'expérience, mais qu'il a des soucis concernant la gestion de temps, « J'aime réaliser de l'expérience, mais j'ai du mal à gérer le temps... ça dépense du temps, je ne maîtrise pas la gestion du temps ».

L'Enseignant 9 demande à ses apprenants d'apporter des matériels afin de réaliser de l'expérience. « Je réalise l'expérience, eux ils amènent les matériels, par exemple, en classe de quatrième, j'explique d'abord la leçon, eux, ils réalisent la chambre noire. » Son problème ce n'est pas l'expérience.

L'Enseignant 6 a déclaré qu'il a acheté des matériels afin de pouvoir réaliser une expérience, « Je réalise de l'expérience, par exemple, pour les circuits électriques je me renseigne à propos du prix des matériels. Si je peux, je les achète. ... le thermomètre, j'amène de chez moi... »

Des enseignants qui ont reçu des formations sur l'expérience et sur la fabrication de matériel ont pourtant du mal à adapter leurs connaissances au niveau d'enseignement auquel ils sont appelés à enseigner. Ils ne font que mettre en pratique ce qu'ils ont pratiqué pendant leurs formations. Ils montrent une incapacité à créer de nouveaux TP.

L'enseignant 4 a eu des séances de TP à l'université, mais ne les pratique pas actuellement. « ... Des TP d'optique. : miroir, dioptré, électronique aussi. Mais ils ne correspondent pas aux leçons des sixième et cinquième. » (Enseignant 4) ou à trouver une solution de remplacement.

Les enseignants qui ont suivi des formations initiales après le baccalauréat ont pratiqué des TP et appris à fabriquer des matériels. Ils utilisent leurs acquis.

Je prends de l'eau et du sel, très concentré, on utilise une flamme de bougie, on prend une seringue puis on la pulvérise vers la flamme et il y a une coloration ... nous l'avons étudié à l'INFP à l'époque... Nous l'avons fait à l'INFP (Enseignant 8)

L'Enseignant 12 cite des expériences qu'il réalise à propos de la pression d'un liquide, la pression, la compressibilité et l'extensibilité des gaz.

Une limite des formations qu'ils ont suivies est observée dans leurs pratiques. L'Enseignant 11, a appris à fabriquer de l'indicateur avec des choux rouges et de bougainvillée,

Oui, des expériences sur la chambre noire, le miroir, le dioptré, l'électricité, le circuit simple par exemple. Et puis en chimie, il y a l'acide base. Nous avons fabriqué des indicateurs colorés avec des fleurs de bougainvillée et des choux rouges...

Il a déclaré pourtant qu'il ne réalise pas le test de caractère acide ou basique de solution parce qu'au moment où il traite le chapitre, il ne dispose pas de ces plantes, « ... au moment où je fais la leçon d'acide et de base, il n'y a pas de choux rouges. Des bougainvillées, je ne sais pas où trouver... » Il n'arrivait pas à élargir ses connaissances malgré le fait il pourrait pourtant avoir recours à une large gamme de plantes (Tableau 14).

Tableau 14 : Des indicateurs colorés utilisables au collège

Indicateur	Couleur acide	Zone de virage	Couleur base
Raisin rouge (acide - 1 ^{ère} transition)	rose fuchsia	0,0-2,0	rose saumon

Betterave rouge (acide - 1 ^{ère} transition)	bordeaux	1,0-2,0	rouge
Thé (acide - 1 ^{ère} transition)	jaune	3,0-4,0	jaune foncé
Thé (base - 2 ^{ème} transition)	jaune foncé	8,0-10,0	brun clair
Curry	jaune	10,0-11,0	brun-orangé
Curcuma	jaune	10,0-11,0	brun-orangé
Raisin rouge (base - 2 ^{ème} transition)	rose saumon	11,0-12,0	vert
Betterave rouge (base - 2 ^{ème} transition)	rouge	11,0-12,0	jaune
Oignon blanc	vert pâle	11,0-12,0	jaune
Raisin rouge (base - 3 ^e transition)	vert	12,0-13,0	jaune doré
Thé (base - 3 ^{ème} transition)	brun clair	13,0-14,0	brun foncé

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Indicateur_de_pH?uselang=fr

L'Enseignant 2 et l'Enseignant 3 ont affiché ouvertement leurs besoins de formation. Leurs propos concernant la réalisation d'expérience en classe sont respectivement « j'ai besoin de quelqu'un plus expérimenté qui pourrait m'aider... » et « Impossible (de me demander de réaliser des TP devant les apprenants). Il faut me former d'abord. Il n'y a pas de matériel à l'école. »

Les autres enseignants ont affiché leurs peurs de l'expérience. Le dire de l'Enseignant 7 faisait apparaître qu'il évite l'expérience parce qu'il n'a jamais eu l'occasion d'en pratiquer pendant sa formation. L'Enseignant 3 ne réalise jamais de l'expérience, il se juge incapable et évite de ternir son image. « Non, non, non. Je ne sais pas manipuler. Je n'ai jamais fait... ».

La formation continue des enseignants doit tenir compte des différences entre les rapports des enseignants avec l'expérience.

5.4.3. Conceptions des enseignants enquêtés concernant l'expérience

Les propos des enseignants qui réalisent de l'expérience font apparaître leurs conceptions concernant ce genre d'activité. Ces conceptions négligent les rôles de l'expérience dans l'apprentissage des sciences physiques.

L'écart entre les expériences réalisées et citées par les enseignants et celles proposées par la démarche d'investigation, par exemple, est important.

Deux contradictions entre la démarche d'investigation et la conception des enseignants concernant l'expérience s'ajoutent aux six contradictions entre la démarche d'investigation

et la conception des enseignants concernant le processus d'enseignement apprentissage. Elles peuvent constituer un obstacle à l'intégration de la démarche d'investigation.

Premièrement, la démarche d'investigation met en exergue la complexité d'une démarche alors que les enseignants ne réalisent que des expériences simplifiées ayant des rôles réduits.

Les enseignants enquêtés réduisent, par contre, l'expérience à la seule activité de manipulation. Ils pensent que lorsque l'effectif augmente, le temps de la réalisation de l'expérience augmente aussi. « Oui, peut-être, mais ils sont nombreux, il n'y a pas assez de temps pour eux. Et s'ils détruisent les matériels ? Ils vont nous faire perdre du temps. » (Enseignant 1) L'Enseignant 11 est du même avis, « Avec cet effectif, plus de 50 apprenants dans une classe, nous perdons du temps, c'est ça, le problème avec le T.P-apprenants. »

L'Enseignant 1 pense même que la manipulation ne fait pas partie des connaissances que l'apprenant doit acquérir pendant la réalisation de l'expérience. Pour lui, il faut déjà savoir manipuler pour pouvoir faire une expérience. Il ne pense pas organiser un TP-apprenants parce que ses apprenants ne savent pas manipuler, « Je crois que non. Ils ne savent pas manipuler. » Une expérience réalisée entièrement pas les apprenants lui paraîtra peut-être inimaginable, voire impossible.

Aucun des 12 enseignants enquêtés n'évoque la démarche expérimentale. Les différentes démarches expérimentales sont inconnues des enseignants, l'Enseignant 5 sait seulement l'existence de la méthode OHERIC, mais il ne sait pas ce qu'elle est exactement. « Je ne sais pas ça. On m'a parlé de la méthode OHERIC, mais je ne sais pas ce que c'est. Nous ne l'avons pas étudiée à l'université. »

Deuxièmement, la démarche d'investigation utilise l'expérience pour l'apprentissage de concept, de démarche et de la relation des sciences avec la société (Calmette et Mathéron, 2015), tandis que les enseignants enquêtés n'accordent à l'expérience que des rôles limités, à savoir, montrer des phénomènes, montrer l'utilisation des sciences physiques dans la vie quotidienne, motiver les apprenants et attiser leurs curiosités et vérifier des théories.

Pour l'Enseignant 1, l'Enseignant 6, l'Enseignant 9 et l'Enseignant 12, l'expérience sert seulement à montrer des phénomènes naturels aux apprenants. Les activités intellectuelles nécessaires à l'exécution d'une démarche expérimentale sont ignorées.

Pour l'Enseignant 1, son propos manque de précision, « Oui, l'expérience permet de voir beaucoup de choses ». Il ne détermine pas assez ce que les apprenants pourraient observer lors de l'expérience.

Pour l'Enseignant 6, il s'agit d'observation de la réalité, « Je réalise de l'expérience, je montre aux apprenants la réalité ». Il y a un risque d'association des sciences physiques à l'étude de phénomènes observables comme ce qui se trouve aussi dans le curriculum formel (p.103).

L'expérience citée par l'Enseignant 12 montre que pour cet enseignant, le fait d'observer suffit pour comprendre. Il n'est pas question ni d'établir une relation mathématique ni de modifier une variable. L'objectif est seulement de montrer l'existence de la pression exercée par le liquide.

... montrer en évidence **l'existence de la pression d'un liquide**, j'ai pris une bouteille en plastique, j'ai percé deux trous sur les parois verticales de la bouteille, **l'un en haut l'autre en bas** et les pressions de l'eau ne sont pas identiques, **en bas l'eau coule vite, en haut elle coule plus lentement.**

Le raisonnement que l'enseignant utilise est le mode inductif, l'interprétation du phénomène observée n'est pas évidente, mais l'enseignant pense que les apprenants peuvent apprendre avec. Il n'est pas question de problème scientifique à résoudre, ni d'hypothèse, ni de protocole pour corroborer l'hypothèse. Sa pratique et son mode de raisonnement sont largement différents de la démarche d'investigation (p. 50), ils montrent l'influence du curriculum formel.

- l'enseignant réalise l'expérience avec l'eau et passe directement à une généralisation sur tous les liquides,
- la fuite d'eau est associée directement à la pression exercée par l'eau sur les parois de la bouteille,
- la différence de débits des fuites est associée gratuitement à la différence de pression sans aucune modification volontaire du volume de l'eau, ni différence des hauteurs des deux points

- le fait observé avec des parois verticales est utilisé pour généraliser la relation entre la surface et l'orientation de la pression.

Les variables telles que la taille et la forme des trous sont ignorées. Pourtant, les apprenants sont pourtant tenus à ne faire qu'accepter ce que l'enseignant leur propose.

Pour l'Enseignant 6, l'expérience est utilisée pour montrer la relation entre les sciences physiques et leurs utilités dans la vie quotidienne. Il s'agit seulement d'élargir les référents empiriques des apprenants.

Les élèves, d'aujourd'hui, sont comme ça, par exemple je fais l'électricité, de quoi nous avons besoin si nous réalisons une installation électrique si nous changeons de maison, premier besoin : poteau (électrique), puis fil et interrupteur, je veux qu'ils sachent les objets visibles.

Selon l'Enseignant 2, l'expérience facilite la transmission de connaissance, elle est seulement utilisée pour transmettre une théorie. « ... la réalisation d'expérience facilite la tâche de l'enseignant, parce que quand ils manipulent, les élèves observent, c'est plus facile de transmettre » et pour attiser la curiosité des apprenants selon l'Enseignant 2 « En sciences physiques, on a besoin (d'expérience) parce qu'elle rend intéressante la matière aux yeux des élèves, leurs esprits s'ouvrent. Ils voient, puis ils peuvent penser, l'expérience peut mener à autre chose, ils peuvent devenir curieux. »

Chapitre 6 : Expérimentation de la démarche d'investigation en grands sous-groupes

La dernière partie de notre recherche consiste à la réalisation de séances de TP-apprenants selon la démarche d'investigation dans deux classes dont les effectifs des apprenants avoisinent l'effectif moyen actuel de toute l'Ile.

Nous avons réalisé des TP-apprenants sur l'apprentissage de la relation entre la densité d'un liquide et la position d'un solide qui est lâché au-dessus, dans deux CEG publics de la capitale. Dans la suite de notre travail, nous les appelons respectivement « première expérimentation » et « deuxième expérimentation ».

L'objectif est de (d') :

- étudier la possibilité de réalisation d'une telle activité dans les conditions qui prévalent actuellement ;
- déterminer les obstacles susceptibles d'être rencontrés et l'apprentissage qui pourrait avoir lieu dans ces conditions.

Une grève syndicale des enseignants qui a eu lieu juste quelques semaines après l'expérimentation et a duré plusieurs semaines nous empêchait de réaliser un entretien auprès des apprenants pour apporter des précisions sur quelques situations douteuses. Toutes les classes ont été évacuées, les enseignants ont repris les cours après plusieurs semaines, mais les apprenants étaient préoccupés par la préparation de l'examen officiel BEPC, il était impossible de les avoir.

6.1. Méthodologie du chapitre 6

Pour cette partie de notre recherche, nous voulions montrer la possibilité de l'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences physiques avec des classes d'effectifs compris entre 40 et 50 apprenants. Nous avons développé, par la même occasion, les difficultés susceptibles d'être rencontrées et les apports éventuels de telles pratiques.

6.1.1. Problème de réalisation de la démarche d'investigation en grands groupes

L'organisation de la démarche d'investigation en grands groupes rencontre plusieurs facteurs relevant des enseignants et de leurs pratiques pédagogiques, des matériels d'expérimentation disponibles, des effectifs des classes et même de l'administration scolaire. Le principal problème est de réunir toutes les conditions nécessaires dans une même classe.

Nous avons sélectionné dix collèges d'enseignement général public de la capitale dans lesquels il pourrait être possible d'organiser des TP-apprenants en grands groupes. Six d'entre ces collèges coopèrent avec l'ENS d'Antananarivo dans l'encadrement des stages en responsabilité de la troisième année de licence. Nous avons choisi ces collèges pour leurs proximités géographiques par rapport à l'ENS où nous travaillons, car nous avons à nous déplacer souvent dans ces collèges pour organiser les TP-apprenants tout en assurant nos obligations de service en tant qu'enseignant-chercheur.

6.1.2. Choix de l'enseignant

Nous avons étudié les profils de 15 enseignants, des dix collèges, dont 12 ont déjà participé à l'encadrement de stage en responsabilité des étudiants de l'ENS. Le critère principal est le cursus de formation. Il faudrait que l'enseignant ait suivi une formation pédagogique dans l'Institut National de Formation Pédagogique (INFP) ou l'École Normale Supérieure d'Antananarivo (ENS). La pratique d'activité expérimentale fait partie de programme de formation dans ces deux établissements.

Quatre d'entre eux nous paraissent convenables : les trois premiers ont suivi une formation pédagogique à l'Institut national de formation pédagogique (INFP) et le quatrième à l'ENS d'Antananarivo. Ils possèdent tous plus de cinq ans d'expérience dans l'enseignement. Nous leur avons exposé notre projet de réalisation de démarche d'investigation en grands groupes dans leurs classes et la raison de notre choix, puis nous leur avons demandé leur coopération.

Trois enseignants ont décliné notre proposition, ils disent être obligés de respecter la répartition trimestrielle déjà établie par l'Équipe pédagogique de l'établissement (EPE) et ne peuvent pas participer à notre projet. Il n'y a pas de texte officiel obligeant l'enseignant

à réaliser des TP-apprenants. Ces enseignants n'ont pas l'habitude de réaliser ce type d'activité et ne sont pas convaincus de leur importance.

Un enseignant seulement a montré des intérêts pour notre projet. Il est titulaire de baccalauréat série scientifique. Il a déjà fait 4 années d'étude à l'ENS d'Antananarivo, mais n'a pas terminé son mémoire de fin d'études de la cinquième année. Il a déjà enseigné les sciences physiques pendant sept ans. Nous savons qu'il a réalisé plusieurs expériences pendant son étude à l'ENS même s'il ne s'agit pas de démarche d'investigation. Il n'a pas appris non plus la pédagogie de grands groupes. Les deux théories ne font pas partie du programme de formation de l'ENS à l'époque. Nous l'appelons enseignant (A) dans la suite de notre recherche. Il travaille dans le CEG d'Antanimbarinandriana qui se trouve au centre de la capitale.

Cet enseignant (A) a été chargé de quatre classes de troisième (classe d'âge 13¹⁷ ans). Cette situation a créé une nouvelle contrainte. L'examen officiel Brevet d'étude du premier cycle (BEPC) se fait à la fin de la classe de troisième. Cet examen ne comporte pas d'épreuve expérimentale et les questions sont axées sur des définitions de concepts, des calculs de valeurs de certaines grandeurs théoriques. Le chef de l'établissement de l'enseignant a peur que notre projet ait un « impact » négatif sur le résultat. Il a limité à un le nombre de TP-apprenants et le nombre de classes concernées. L'enseignant (A) a décidé de réaliser une séance de démarche d'investigation en grands groupes, pendant une séance ordinaire, avec une des classes où il enseigne. Le choix de la classe est basé sur l'emploi du temps. Nous avons décidé de lui donner des séances de formation sur la démarche d'investigation et la pédagogie de grands groupes et de lui fournir des documents supplémentaires.

Comme notre recherche vise à tenir compte de la situation réelle du pays, nous avons décidé de réaliser une démarche d'investigation en grands sous-groupes, dans des salles de classe ordinaires qui servent d'habitude à des enseignements théoriques pour toutes les disciplines scolaires. Elles comprenaient seulement des tables bancs, bureaux et chaises pour l'enseignant et tableaux noirs.

Conscient de l'insuffisance d'une seule séance de TP-apprenants en grands groupes, nous avons décidé de faire une autre expérimentation avec un autre enseignant et dans un autre

¹⁷ Nous nous servons des classes d'âge défini par l'UNESCO. En réalité, dans cette classe l'âge des apprenants varie entre 13 et 15 ans.

établissement. Nous avons eu recours à un étudiant en troisième année de licence à l'ENS d'Antananarivo. Cet étudiant a déjà terminé son stage en responsabilité pour l'obtention de son diplôme de licence. Il a accepté de participer à notre projet après une discussion et la lecture de certains documents que nous lui avons proposé de lire. Nous l'avons amené avec nous pour observer la séance de démarche d'investigation en grands groupes dans la première classe pour voir la réalité. Nous l'appelons enseignant (B) dans la suite de notre recherche. Il a choisi de traiter le même sujet du TP-apprenants proposé par l'enseignant (A).

Le nouveau problème est, cette fois, de trouver un établissement où la classe a un effectif moyen relativement égal au celui national. La deuxième séance de TP-apprenants a eu lieu dans le CEG d'Andranonahoatra ; un collège se trouve dans la banlieue de la capitale. La classe concernée comprend 47 apprenants. Cet établissement ne possède pas de salle de laboratoire. Ses matériels de laboratoire sont enfermés dans le bureau du chef de l'établissement, les enseignants ne savent ni leur nombre ni leur spécificité.

L'enseignant titulaire de la classe nous a laissé faire des séances de démarche d'investigation en grands groupes avec une de ses classes, après l'obtention de l'accord du chef d'établissement. Il nous a demandé toutefois de les faire en dehors des quatre heures hebdomadaires prescrites par le curriculum, pour éviter de perturber la répartition établie par l'Équipe pédagogique de l'établissement. Le TP-apprenants se déroulait pendant deux mercredis après-midi.

Les deux établissements d'expérimentation ne possèdent que peu de matériels (générateur de tension continue, fils de connexion, résistors, ampèremètres et voltmètres), leurs nombres sont insuffisants pour des TP-apprenants même en grands groupes, alors que la séance que nous voulons réaliser nécessite six éprouvettes graduées et six densimètres. Nous avons emprunté les éprouvettes graduées nécessaires au laboratoire de l'ENS d'Antananarivo et acheté les six densimètres nécessaires.

6.1.3. Sujet de l'expérience

Les sujets ne se prêtent pas tous à une démarche d'investigation (Larcher et Peterfalvi, 2006 ; Anguenot, 2012). Toutefois, plusieurs sujets dans le curriculum formel de collège de Madagascar peuvent être traités selon elle.

Le sujet de notre expérimentation est le fruit de la discussion avec l'enseignant (A). Nous avons discuté avec lui de sa pratique enseignante et des expériences qu'il réalise en classe. Il a proposé une expérience concernant le chapitre « Poussée d'Archimède » de la mécanique de la classe de troisième. Il a dit qu'il s'agit de la relation entre la nature d'un liquide et la poussée d'Archimède prescrite par le curriculum officiel. Il a l'habitude de la réaliser en classe de troisième sous forme d'expérience de cours. « ... chaque année, je la réalise pour enseigner la relation de la poussée d'Archimède avec la densité du liquide » (Enseignant A)

Il plonge un œuf de caille cru (de densité $d_{\text{œuf}} = 1,06$) dans une éprouvette, remplie à un quart, d'eau salée saturée (de densité $d_{\text{es}} = 1,14$), puis il verse peu à peu de l'eau de robinet jusqu'à ce que l'œuf de caille finisse au fond de l'éprouvette. Il explique aux apprenants l'état initial où l'œuf flotte et l'état final où l'œuf se trouve au fond de l'éprouvette par la comparaison de la densité de l'œuf avec celle de l'eau salée. Il réalise seul la manipulation et n'effectue aucune mesure pour appuyer ses démarches ou ces résultats.

L'influence de la densité du liquide sur la poussée d'Archimède est prescrite en classe de troisième. « L'influence de la nature du liquide (sur la poussée d'Archimède) sera montrée en plongeant un même objet dans deux liquides différents » (Classe : Troisième, Thème : Mécanique, Chapitre : Poussée d'Archimède).

Une confusion dans le sens des mots « liquides différents » apparaît dans cette prescription.

En effet, d'une part, deux liquides de natures différentes peuvent avoir la même densité et exercer la même poussée d'Archimède sur un même solide qui est plongé dedans. C'est le cas d'une eau salée et d'une eau sucrée de même concentration massique¹⁸. D'autre part, deux liquides de même nature (deux solutions de concentrations différentes par exemple) de densités différentes exercent deux poussées d'Archimède différentes sur un même solide.

L'enseignant (A) s'est efforcé dans ses pratiques de respecter cette prescription. Il choisit l'eau salée pour représenter le « liquide » et un œuf de caille pour l'« objet ». Il plonge l'œuf

¹⁸ Une solution est obtenue à partir de la dissolution d'un soluté dans un solvant. Sa concentration massique est le quotient de la masse de soluté sur le volume de la solution, son unité est le g. L⁻¹.

de caille (cru) dans de l'eau salée saturée puis dilue la solution avec de l'eau de robinet. Au début, l'œuf flotte et après il coule de plus en plus et finit au fond de l'éprouvette.

Avec cette dilution d'eau salée saturée contenant un œuf de caille, l'enseignant (A) effectue deux enrichissements différents :

- il considère des liquides de même nature (eau salée), mais de densités différentes car concentrations variées ;
- il peut montrer à la classe trois positions différentes de l'œuf, par rapport à l'eau salée : une partie de l'œuf seulement immerge ; l'œuf se trouve entièrement dans l'eau salée, mais ne touche pas le fond de l'éprouvette (il est en équilibre entre deux liquides)¹⁹ et l'œuf au fond de l'éprouvette.

Cette manipulation réalisée par l'enseignant (A), chaque année, rend compte plutôt de la relation de la densité d'un liquide avec la position d'un solide qui est abandonné à sa surface.

Elle nous est utile comme situation de départ pour l'enseignement-apprentissage de cette relation. En effet, l'utilisation du densimètre ne demande pas beaucoup de compétence en matière de manipulation et la relation entre la position de l'œuf et la densité du liquide ne nécessite aucun calcul mathématique.

Cette situation de départ est très ouverte, elle peut servir à l'étude des relations entre sept variables (volume d'eau salée initiale, volume d'eau de robinet ajouté, volume d'eau salée obtenu, masse volumique de l'eau salée, densité de l'eau salée, poussée d'Archimède exercée par l'eau salée, position de l'œuf de caille par rapport à l'eau salée). Elle peut concerner trois niveaux d'enseignement de collège (sixième, cinquième et troisième) et deux thèmes des programmes formels (Propriétés physiques de la matière et Mécanique).

La dilution de l'eau salée modifie directement son volume, sa masse volumique et sa densité. Quand le volume d'eau de robinet ajoutée augmente, l'eau salée ressemble de plus en plus à l'eau de robinet ; sa masse volumique et sa densité tendent vers l'unité.

¹⁹ Il s'agit d'une expression pour parler de la partie du liquide se trouvant au-dessus et de l'autre partie du liquide se trouvant en dessous de l'œuf. Cela ne veut pas dire que les deux liquides sont différents.

Elle modifie indirectement la poussée d'Archimède que l'eau salée exerce sur l'œuf de caille ainsi que leurs positions relatives. Trois états différents méritent d'être étudiés :

- Etat 1 : Avec l'eau salée en saturation, l'œuf de caille flotte (une partie émerge et le reste immerge), la densité de l'eau salée saturée $d_{es} = 1,14$ est suffisamment supérieure à celle de l'œuf de caille qui est de $d_{œuf} = 1,06$;
- Etat 2 : Lors de la dilution, l'œuf de caille se trouve, pendant un moment plus ou moins long, entre deux liquides ;
- Etat 3 : l'œuf reste immobile au fond de l'éprouvette²⁰.

Deux cas de situation finale peuvent être rencontrés avec cette même dilution.

Si l'enseignant arrête prématurément l'ajout d'eau de robinet ou le volume initial d'eau salée est relativement important et que l'éprouvette est remplie trop tôt, l'œuf de caille s'arrête à quelques centimètres au-dessus du fond de l'éprouvette. L'enseignant peut aussi arrêter volontairement la dilution avant que l'œuf ne touche le fond selon qu'il ne s'intéresse pas à l'état 3, où l'œuf est au fond de l'éprouvette.

Si l'enseignant considère un petit volume initial d'eau salée et ajoute suffisamment d'eau de robinet, l'œuf de caille arrive au fond de l'éprouvette.

La variation du volume de l'eau salée est prouvée par la montée de la surface libre de la solution. Celle de la position de l'œuf de caille est visible aussi. Par contre, celles de la masse volumique, de la densité de l'eau salée ainsi que celle de la poussée d'Archimède ne le sont pas, c'est la variation de la position de l'œuf par rapport à l'eau salée qui en rend compte. L'œuf ne subit aucune modification, ses caractéristiques (masse, volume, densité et masse volumique) restent constantes.

À deux, nous et l'enseignant (A) avons convenu de traiter l'influence de la densité de l'eau salée sur la position relative de l'œuf et fixé les objectifs de la séance :

À la fin de la séance, l'apprenant doit être capable de :

- OS1 : prévoir la position de l'œuf abandonné à la surface d'une solution d'eau salée, connaissant les densités des deux corps ;

²⁰ Le fond de l'éprouvette est assez dur et capable d'exercer une réaction égale à l'opposé du poids de l'œuf et ce dernier maintenir en équilibre.

- OS2 : donner la relation entre la densité et la masse volumique d'un liquide ;
- OS3 : dire comment varie la densité et la masse volumique de l'eau salée lors d'une dilution ;
- OS4 : décrire une opération permettant de faire couler un œuf flottant à la surface d'une eau salée ou inversement faire flotter un œuf couler au fond d'une eau salée).

Les matériels d'expérimentation nécessaires sont : 6 éprouvettes graduées, 6 œufs de caille, 6 densimètres, 6 bouteilles eau salée saturée, 6 bouteilles d'eau de robinet.

Nous pouvons nous en procurer de densimètre dans un magasin spécialisé se trouvant dans la capitale. Le prix est environ de 15 euros l'unité. Nous pouvons emprunter des éprouvettes au laboratoire de l'ENS d'Antananarivo.

Nous avons évité de parler de poussée d'Archimède. En effet, pour l'enseignement-apprentissage de la relation entre la poussée d'Archimède et la densité du liquide, il y a deux options qui demandent des opérations mathématiques :

- soit exploiter la relation mathématique entre la poussée d'Archimède et la densité du liquide ($F = d_l \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V \cdot g$). Cette relation fait partie du prérequis à cette expérience. Elle précède cette expérience dans le curriculum formel
- soit utiliser des dynamomètres. Ce dernier est moins cher que le densimètre, mais plus compliqué à utiliser. Il ne donne pas directement l'intensité de la poussée d'Archimède. Il affiche plutôt la différence entre l'intensité du poids de l'œuf et la poussée d'Archimède. Il faudrait, en plus, un support pour le maintenir.

Nous et l'enseignant (A) avons convenu de traiter l'influence de la densité et/ou la masse volumique de l'eau salée sur la position relative de l'œuf de caille. Elle est très proche de la prescription curriculaire dans le chapitre « Poussée d'Archimède » de la classe de troisième. Elle est assez riche, elle permet l'apprentissage de l'état 1 où une partie de l'œuf émerge, de l'état 2 où l'œuf flotte entre deux liquides, de l'état 3 où l'œuf touche le fond de l'éprouvette, en relation avec la variation de la masse volumique, la variation de la densité et les positions de l'œuf lors de la dilution.

6.1.4. Organisation des grands groupes

L'effectif moyen dans les collèges reste stable et compris entre 40 et 50 apprenants par classe. La littérature évoque le mérite du travail en groupe des apprenants.

Alwynn (1994) mentionne que le travail en groupe permet de motiver l'apprenant, centrer l'activité sur lui, le préparer à la vie professionnelle, lui proposer un apprentissage en profondeur, tout en respectant la différence entre les individus.

Barlow (1993) explique suffisamment l'avantage du travail en groupe des apprenants, au point de vue pédagogique, sans trop s'occuper de la taille du sous-groupe en question, par l'institution d'une relation triangulaire entre l'apprenant, ses coéquipiers et la tâche proposée. Il met en valeur l'interaction des coéquipiers avec le travail proposé, l'interaction de l'apprenant avec la tâche proposée et l'échange direct entre l'apprenant et ses coéquipiers. Ces derniers, devant la tâche proposée, jouent le rôle de répétiteur ou de moniteur en remplacement de l'enseignant. Ils lui montrent un fait ou l'incitent directement à agir.

Pour exploiter ces potentiels du travail en sous-groupe, nous et les deux enseignants (A) et (B) avons décidé de répartir les apprenants d'une classe dans des sous-groupes hétérogènes de sept, huit ou neuf apprenants. Les paramètres considérés sont les préacquis des apprenants, leurs niveaux et les sexes. Nous avons chargé l'enseignant titulaire de chaque classe de l'organisation des sous-groupes. Un prétest est effectué une semaine avant la séance d'expérimentation pour détecter leurs niveaux. Nous lui avons fourni le questionnaire nécessaire.

Deux paramètres sont pris en considération pour organiser les sous-groupes : le niveau et le genre. Comme c'est l'enseignant titulaire de la classe qui possède la liste des apprenants et connaît les niveaux de ces derniers, nous lui chargeons d'établir les sous-groupes. Chaque sous-groupe est composé d'apprenants forts, moyens et faibles. Cette classification est basée sur les résultats des apprenants aux évaluations continues organisées par l'enseignant pendant les deux premiers trimestres. En effet, la séance de TP-apprenants a eu lieu vers la fin du deuxième trimestre. Chaque sous-groupe comprend à peu près le même nombre de garçons et de filles.

Pendant la séance précédant la séance de démarche d'investigation en grands groupes, l'enseignant titulaire a communiqué à sa classe la composition de chaque sous-groupe et le rôle de chaque membre. Il lui a expliqué, en plus, la discipline à observer.

En effet, un rôle bien déterminé est attribué à chaque membre du sous-groupe.

- Chef de sous-groupe (01) : diriger l'activité et partager les paroles entre les membres
- Secrétaire (02) : noter les propos de chaque membre et la décision prise par le sous-groupe
- Manipulateur (02) : manipuler effectivement ; les densimètres et les éprouvettes sont en verre, le risque de casse existe, il ne faut pas que les membres se bousculent pour manipuler. D'ailleurs, l'apprentissage de la manipulation de densimètre est déjà fait pendant une séance préalable et ne constitue plus l'objectif de l'expérience. Ces rôles demandent aux apprenants qui les assument des interventions fréquentes et/ou continues pendant la séance
- Rapporteur (02) : lire à haute voix la conclusion du sous-groupe lors des mises en commun pour la classe entière.
- Chargé de relation avec l'enseignant (01 ou 02) : Communiquer avec l'enseignant en cas de nécessité, lui demander de l'aide par exemple.

Ces deux derniers rôles ne demandent aux apprenants qui les assument que des interventions ponctuelles. Il n'y a donc que cinq rôles pour huit élèves, c'est pourquoi nous avons choisi de désigner deux secrétaires, deux manipulateurs et deux rapporteurs.

6.1.5. Organisation des séances de démarche d'investigation en grands sous-groupes

Quatre heures hebdomadaires sont allouées à l'enseignement des sciences physiques en classe de troisième (Figure 4).

Pour une raison d'organisation, elles sont souvent divisées en deux séances de deux heures chacune. Les enseignants (A) et (B) et nous-même avons adopté la démarche d'investigation à sept étapes décrites par le canevas français.

Le canevas français prescrit sept étapes dont la proposition de situation-problème, l'appropriation du problème, la formulation d'hypothèse, de conjecture et de protocole, l'investigation ou la résolution de problème, l'échange argumenter autour des

propositions, l'acquisition et la structuration des connaissances et l'opérationnalisation des connaissances (Calmette, 2009).

L'enseignant (A) a décidé d'effectuer une séance de TP-apprenant d'une heure, pour familiariser les apprenants à l'utilisation des éprouvettes et dynamomètres pendant la séance précédant celle de démarche d'investigation en grands groupes. Il a organisé une mise en commun à la fin de chaque étape pour se rendre compte de l'avancement des travaux des sous-groupes et uniformiser leurs points de vue.

Tableau des horaires

Disciplines	6 ^{ème}			5 ^{ème}			4 ^{ème}			3 ^{ème}		
	P	CL	TD	P	CL	TD	P	CL	TD	P	CL	TD
Malagasy	4	4	-	4	4	-	4	4	-	4	4	-
Français	6	6	-	6	6	-	6	6	-	6	6	-
Anglais	3	3	-	3	3	-	3	3	-	3	3	-
Education Civique	2	2	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-
Histoire	2	2	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-
Géographie	2	2	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-
Mathématiques	5	5	-	5	5	-	5	5	-	5	5	-
Sciences Physiques	3	3	-	3	3	-	4	4	-	4	4	-
Sciences Naturelles	3	3	-	3	3	-	3	3	-	3	3	-
E.P.S.	2	2	-	2	2	-	2	2	-	2	2	-
Total	32	32	-	32	32	-	32	32	-	33	33	-

P = Professeur CL : Classe (Cours) TD : Travaux Dirigés

L'organisation des travaux dirigés, si possible en groupes, est laissée à l'appréciation de chaque professeur.

Figure 4 : Horaires hebdomadaires des disciplines enseignées aux collèges²¹

L'enseignant (B) a observé le déroulement de la séance faite par l'enseignant (A). Il a pensé que les mises en commun font perdre du temps et que quelquefois l'enseignant (A) a coupé court les activités de certains sous-groupes pour passer à la mise en commun. Comme l'enseignant (B) qui a fait la deuxième séance de TP-apprenants en grands groupes, n'est pas titulaire de la classe, cette dernière a été organisée pour deux séances extraordinaires d'une heure et demie chacune pendant deux mercredis après-midi consécutifs. La

²¹ Livre de programme (sixième, cinquième, quatrième et troisième)

familiarisation avec les éprouvettes et les dynamomètres est faite pendant la première partie de la première séance. La seule mise en commun qu'il a réalisée a eu lieu au début de la deuxième séance.

6.1.6. Langue de travail

Dans ce projet, nous avons décidé de ne pas imposer aux apprenants la langue de travail une barrière linguistique pourrait empêcher le bon déroulement des activités des apprenants. En effet,

- la langue malgache est la langue maternelle de la plupart des apprenants ;
- la langue d'enseignement est le français et les termes utilisés (densité, poussée d'Archimède...) sont tous en français ;
- nous n'avons pas de données sur les niveaux de français des apprenants ;
- nous voulions limiter les travaux intellectuels des apprenants à la recherche de la relation entre la masse volumique du liquide et la position du solide qui est plongé dedans.

Stubby (2014) a analysé l'usage du français dans l'enseignement à Madagascar. Il a effectué un entretien auprès de 12 enseignants en service à des niveaux d'enseignement différents (préscolaire, primaire, collège et lycée), deux chefs d'établissement, cinq responsables pédagogiques et six lycéens. Le résultat de son étude montre l'existence d'une différence importante entre les niveaux des lycéens selon qu'ils apprécient le français ou pas. Les apprenants ont beaucoup plus de problème surtout en expression orale. Quant aux enseignants, ceux qui ont étudié pendant la période de malgachisation montrent des lacunes importantes dans l'usage du français, c'est le cas des maîtres FRAM. Les enseignants du lycée n'ont pas de problème. Ils ont, en général, suivi des formations universitaires. Ceux du primaire éprouvent, en revanche, des difficultés dans l'usage du français.

Randriamampiory (2014) a réalisé une étude de la relation entre les compétences des apprenants en français et leurs réussites en sciences physiques. Il a réalisé une enquête dans un lycée se trouvant dans la périphérie de la capitale. Il y a eu 376 apprenants dans les classes de seconde, 363 d'entre eux ont participé à l'enquête.

Une des questions posées est : Comprenez-vous ce que le professeur dit lorsqu'il s'exprime en français ? Quatre options leurs sont accordées : toujours, souvent, quelquefois et jamais.

Les réponses obtenues montrent une difficulté des apprenants à comprendre quand l'enseignement est entièrement en français. 4 % des apprenants seulement affirment être capables de toujours comprendre quand la langue d'enseignement est le français. 28 % s'estiment pouvoir comprendre souvent.

Nous avons autorisé aussi les deux enseignants (A) et (B) à utiliser les deux langues selon leur volonté et leur choix.

6.1.7. Collecte de données et corpus de la réalisation d'expérience selon la démarche d'investigation en grands groupes

Trois moyens de récolte de données ont été utilisés :

- les secrétaires de sous-groupe sont chargés de noter tout ; l'un se charge du compte rendu (texte, dessins ...) tandis que l'autre de toutes les discussions. Les brouillons sont ramassés à la fin de la séance ;
- une caméra enregistre les interventions de l'enseignant auprès de chaque sous-groupe ;
- un dictaphone est placé au milieu de chaque sous-groupe pour l'enregistrement sonore.

Le corpus de cette partie de la recherche est constitué des brouillons des sous-groupes, des enregistrements vidéo et audio de chaque sous-groupe. Les enregistrements feront l'objet d'une transcription, d'un codage et d'une analyse qualitative.

6.1.8. Evaluation

Deux tests sont effectués, afin d'évaluer l'apprentissage ayant lieu pendant la séance de démarche d'investigation en grands groupes.

Un pré-test est effectué une semaine avant la séance de démarche d'investigation ; il sert à identifier les avis des apprenants sur la densité du liquide et la position d'un solide lâché à sa surface libre. Le questionnaire leur est administré par l'enseignant titulaire de la classe.

Le post-test est effectué à la fin de la séance d'expérimentation, son objectif est d'évaluer ce que les apprenants ont appris pendant la séance. C'est à l'enseignant (A) et l'enseignant (B) de faire passer le post-test aux apprenants, à la fin de la séance d'expérimentation. Ces derniers ne sont informés de l'existence du post-test qu'à la fin de la séance d'expérimentation. La connaissance, avant les activités, de l'existence de post-test pourrait constituer un facteur extrinsèque modifiant leur apprentissage.

Les questionnaires des deux tests sont identiques, ils comportent six questions.

Tableau 15 : Questionnaire pour les tests (Prétest et post test)

<p>Q1 : Quand on dilue de l'eau salée avec de l'eau de robinet sa masse volumique reste constante : vrai <input type="checkbox"/> faux <input type="checkbox"/> je ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Q2 : Quand on dilue de l'eau salée avec de l'eau de robinet sa densité augmente : vrai <input type="checkbox"/> faux <input type="checkbox"/> je ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Q3 : La densité d'un solide plongé dans un liquide reste constante même si on dilue la solution : vrai <input type="checkbox"/> faux <input type="checkbox"/> je ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Lorsqu'un solide est plongé dans un liquide,</p> <p>Q4 : Si la densité du solide est inférieure à la densité du liquide, le solide flotte : vrai <input type="checkbox"/> faux <input type="checkbox"/> je ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Q5 : Si la densité du solide est supérieure à la densité du liquide, le solide flotte : vrai <input type="checkbox"/> faux <input type="checkbox"/> je ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Q6 : Si la densité du solide est inférieure à la densité du liquide, le solide coule : vrai <input type="checkbox"/> faux <input type="checkbox"/> je ne sais pas <input type="checkbox"/></p>

Question Q1 : Quand on dilue l'eau salée, sa masse volumique reste constante :

vrai ☐ faux ☐ je ne sais pas ☐

La question Q1 concerne le concept « masse volumique » et la variation de la masse volumique de la solution d'eau salée au cours de la dilution.

L'appareil de mesure utilisé pendant l'expérimentation est connu par les enseignants et les apprenants par le nom densimètre. Il sert logiquement à mesurer la densité d'un liquide. Il porte quand même une indication (g/cm^3) ; il peut donc servir à mesurer aussi la masse volumique d'un liquide. Les deux grandeurs ont la même valeur, c'est leurs unités qui les

distinguent ; en effet, la densité d d'un liquide est égale au quotient de la masse volumique ρ de ce liquide par la masse volumique ρ_e de l'eau, cette dernière valant l'unité ($d = \rho/\rho_e$).

L'étude de la variation d'une grandeur quelconque ne fait pas partie du curriculum formel de sciences physiques de collège.

Le concept « masse volumique » est programmé pour la classe de cinquième dans le thème « Propriété physique de la matière ». Le curriculum se limite à la mesure expérimentale de la masse volumique de liquide et de solide, sa définition, son unité et les valeurs de la masse volumique de quelques substances courantes. Il n'est pas du tout question de sa variation.

La solution est programmée en chimie de la classe de troisième. L'enseignement-apprentissage de la solution est plutôt orienté vers sa nature (ionique ou moléculaire), sa propriété (conductrice ou non d'électricité, acide ou basique), la concentration d'une solution et son unité.

Question Q2 : Quand on dilue de l'eau salée avec de l'eau du robinet sa densité augmente : vrai ☐ faux ☐ je ne sais pas ☐

Le concept « densité » est programmé en mécanique de la classe de troisième. Les prescriptions curriculaires le confondent avec la masse volumique.

L'élève doit être capable de : l'exprimer (la poussée d'Archimède) en fonction du volume du liquide déplacé, de la masse volumique (densité) de celui-ci et de l'intensité de la pesanteur ; (Rubrique : objectif spécifique, Classe : Troisième, Thème : Mécanique, Chapitre : Poussée d'Archimède)

L'étude est limitée à la définition de la densité d'un solide et d'un liquide, la relation entre la densité d'un liquide et la poussée d'Archimède qu'il exerce sur un solide qui y est plongé et la comparaison de la densité du liquide et du solide pour déterminer la position de ce dernier par rapport à celle du liquide.

Question Q3 : La densité d'un solide plongé dans le liquide reste constante même si on dilue le liquide : vrai ☐ faux ☐ je ne sais pas ☐

L'œuf de caille ne subit aucune modification au cours de l'expérience. La particularité de cette question Q3 c'est qu'il concerne le solide.

Trois dernières questions (Q4, Q5 et Q6)

Question Q4 : Si la densité du solide est inférieure à la densité du liquide, le solide flotte :

vrai ☐ **faux** ☐ **je ne sais pas** ☐

Question Q5 : Si la densité du solide est supérieure à la densité du liquide, le solide flotte :

vrai ☐ **faux** ☐ **je ne sais pas** ☐

Question Q6 : Si la densité du solide est inférieure à la densité du liquide,

le solide coule : **vrai** ☐ **faux** ☐ **je ne sais pas** ☐

La position d'un solide plongé dans un liquide dépend de sa densité et celle de ce liquide. Un solide en équilibre dans un liquide est soumis à deux forces verticales opposées : son poids qui l'attire vers le bas et la poussée d'Archimède exercée par le liquide qui le pousse vers le haut. Si la densité du solide est supérieure à celle de liquide le poids l'emporte et le solide coule, dans le cas contraire le solide flotte. Le paragraphe suivant se trouvant dans la rubrique « Observation » donne une précision en guise de complément documentaire.

L'échec à l'une de ces trois dernières questions signifie une non-compréhension du phénomène. Les questions Q4 et Q6 ne diffèrent que par leurs formulations.

La comparaison de la production des apprenants au post-test avec celui du pré test montre les effets éventuels des activités des apprenants et de l'intervention de l'enseignant. Il y a des apprenants qui gagnent en matière d'apprentissage, et ceux qui n'en bénéficient pas.

Il y a trois différents cas de gains :

- des apprenants donnent la bonne réponse dans les deux tests, la réponse du post-test soit vérifié soit par les débats au sein du sous-groupe, soit par les activités manipulatoires effectuées, soit par l'intervention de l'enseignant
- des apprenants ont répondu par « je ne sais pas » ou donnent la mauvaise réponse au pré test et donnent la bonne réponse au post-test et que cette nouvelle réponse puisse être expliquée par les discussions entre les membres du sous-groupe, l'activité manipulatoire effectuée ou l'intervention de l'enseignant
- des apprenants cochent « vrai » ou « faux » au pré test et cochent « je ne sais pas » au post-test ; il s'agit d'une remise en question de sa conception initiale. En fait, au prétest, ils ont donné des réponses en fonction de leurs conceptions initiales, sans être sûrs de leur véracité. Les différentes phases des activités provoquent un

conflit cognitif et les obligent à remettre en question leurs réponses initiales. Mais ils n'ont pas encore réussi à reconstruire une nouvelle conception meilleure.

Il y a quatre types d'absence d'apprentissage :

- des apprenants ont donné la mauvaise réponse dans les deux tests ; les activités ne provoquent ni déstabilisation ni changement de conception
- des apprenants ont coché « je ne sais pas » aux deux tests, les activités réalisées ne les ont pas aidés à comprendre
- des apprenants donnent la bonne réponse au pré test, mais la mauvaise réponse au post-test. Cela signifie que la bonne réponse au pré test ne possède aucune base cognitive et que la séance ne lui a pas été utile
- des apprenants cochent « je ne sais pas » au prétest, mais donnent la mauvaise réponse au post-test. L'apprenant pense avoir appris quelque chose, mais non.

6.2. Première expérimentation

La première expérimentation a eu lieu dans le CEG d'Antanimbarinandriana avec une classe composée de 41 apprenants. Il a été assuré par l'enseignant titulaire de la classe. Nous l'appelons par la suite enseignant (A). La séance d'expérimentation est précédée par une autre séance de familiarisation des apprenants avec l'éprouvette graduée et le densimètre, deux appareils de mesure dont les apprenants ont besoin.

Les 41 apprenants sont répartis dans quatre sous-groupes de huit individus chacun et un groupe de neuf individus. Les sous-groupes sont appelés E1Gi, ($1 < i < 6$).

6.2.1. Déroulement de la démarche d'investigation

Après la formation que nous avons donnée à l'enseignant (A) à propos de la démarche d'investigation et après que cet enseignant a lu les documents que nous lui avons fournis, de réaliser une démarche d'investigation avec les sept étapes décrites par le canevas français : situation initiale, problématisation, émission d'hypothèse, proposition de protocole, activité d'investigation, acquisition et structuration de connaissances et opérationnalisation de connaissance.

Toutefois, l'enseignant (A) a pris une initiative personnelle d'effectuer :

- une séance de TP-apprenants qui dure une heure la semaine précédant l'expérimentation. Cette séance a pour objectif de familiariser les apprenants à la manipulation de l'éprouvette graduée et du densimètre ;
- une mise en commun à la fin de chaque étape pour se rendre compte de l'avancement des travaux des sous-groupes et uniformiser les points de vue des différents sous-groupes.

Par ailleurs, nous lui avons laissé la liberté de préparer ses fiches de préparation afin d'observer une séance plus proche de la réalité.

La séance est réalisée dans une salle de classe ordinaire qui sert habituellement à des enseignements théoriques.

L'enseignant (A) arrivait tôt et modifiait la géométrie de la salle afin de permettre à huit apprenants de travailler ensemble. Il a placé au préalable les matériels d'expérimentation sur chaque table (une bouteille en plastique contenant de l'eau salée saturée, une bouteille d'eau de robinet, un œuf de caille et une éprouvette graduée). Les densimètres ne sont donnés aux apprenants qu'au moment des mesures afin que les apprenants ne pensent pas à les utiliser plut tôt que prévu. Ils pourraient détourner leurs attentions et le risque de casse ne serait pas géré.

À la fin de la séance, un bilan provisoire suivant a pu être dressé :

- la séance a duré 2 heures et se déroulait dans un calme absolu
- les apprenants ont suivi respectueusement les instructions, chaque apprenant a assumé le rôle qui lui était attribué
- les apprenants ont tous parlé en français
- les dix secrétaires ont rendu leurs brouillons, ceux-ci sont rédigés en français et ne comportaient aucun schéma. Par souci de clarté, nous avons décidé de reformuler les phrases des secrétaires. En plus, l'étude de leurs rédactions en français ne fait pas partie de notre sujet d'étude
- les éprouvettes, les bouteilles, les œufs et les densimètres ont été bien rangés sur les tables, il n'y avait pas de casse
- tous les apprenants ont participé au post-test et ont rendu le questionnaire rempli
- les apprenants ont tous répondu à l'intégralité du questionnaire.

a- Présentation de la situation de départ

L'enseignant présentait à la classe les matériels : l'eau salée saturée (dans une bouteille plastique), l'œuf de caille, l'eau de robinet (dans une autre bouteille plastique), une balance, un densimètre et une éprouvette.

Puis il montre à la classe la situation de départ. Il a rempli, à environ trois quarts, l'éprouvette avec de l'eau salée, puis inclinait légèrement l'éprouvette, plaçait l'œuf à sa surface et la lâchait. Il enlevait ensuite l'œuf et versait une grande partie de l'eau salée dans la bouteille qui le contenait auparavant. Il laissait seulement 20 mL d'eau salée dans l'éprouvette. Il replaçait doucement l'œuf dans la solution en inclinant l'éprouvette. Il diluait lentement la solution jusqu'à ce que l'œuf touchait le fond de l'éprouvette. La dilution n'était pas faite de manière continue, l'enseignant s'arrêtait à deux reprises puis la reprends encore. À chaque arrêt, il lève les yeux pour voir la réaction des apprenants. Son geste constitue, en plus, une communication non verbale que chaque apprenant aurait interprétée à sa manière.

Il s'agissait d'une situation fonctionnelle (Drouard, 2008), l'enseignant l'a conçue pour que les apprenants se posent des questions à propos de la relation entre la densité d'un liquide (ou sa masse volumique) et la position d'un solide qui est abandonné à sa surface.

L'appréhension de cette situation mobilise six variables, à savoir, la position de l'œuf, la poussée d'Archimède exercée par l'eau salée sur l'œuf, la densité de l'eau salée, la masse volumique de l'eau salée, le poids de l'œuf et le volume d'eau de robinet ajouté.

Le volume d'eau de robinet ajouté est la variable indépendante et les autres sont les variables dépendantes. La dilution c'est-à-dire la modification de la valeur du volume d'eau de robinet ajouté influence sur les valeurs des autres variables.

Les concepts correspondant à ces cinq variables dépendantes sont numérotés j ($1 < j < 5$) selon leur succession dans cette liste.

Trois moments intéressants méritaient d'être distingués : avant, pendant et fin de la dilution. Les trois moments sont numérotés k ($1 < k < 3$).

Le résultat de l'analyse de chaque étape est représenté dans un tableau à 20 lignes et 8 colonnes. Les deux premières colonnes et les deux premières lignes sont réservées aux titres.

- la colonne ($m = 2 + i$) correspond au sous-groupe $E1G_i = E1G_{(m-2)}$. Par exemple la colonne 7 correspond au sous-groupe $E1G_5$;
- la ligne $3.j + (k - 1)$ correspond au concept j ($1 < j < 6$) au moment k ($1 < k < 3$). Par exemple, la ligne $3.2 + (3 - 1) = 8$ correspond au concept 2 (poussée d'Archimède) au moment 3 (final).

L'intersection de la ligne $[3.j + (k-1)]$ et la colonne ($m = 2 + i$) représente la prise en considération du concept j , au moment k par le sous-groupe $E1G_i$.

Si la prise en considération avait lieu, la cellule contient le nombre 1. Dans le cas contraire, elle contient le nombre 0.

Par exemple : la cellule intersection de la colonne $m = 7 = 2 + 5$ et la ligne $n = 8 = 3.2 + (3 - 1)$ considérée ci-dessus représente la prise en considération du concept 2 (poussé d'Archimède) au moment 3 (final) par le sous-groupe $E1G_5$.

L'enseignant (A) a montré aux apprenants la situation de départ une fois seulement et passait directement à la problématisation. Il ne demandait pas aux apprenants de le refaire pour la bien saisir.

Aucun sous-groupe n'a évoqué la totalité des phénomènes présentés pendant la mise en situation. L'enseignant aurait eu mieux fait de :

- demander aux apprenants de discuter, au sein de chaque sous-groupe, ce qu'ils ont pu observer puis de le décrire pour savoir si les apprenants l'ont bien saisi
- montrer une deuxième fois cette situation de départ ou demander aux apprenants de la refaire au cas où certains faits ne sont pas cités
- organiser une mise en commun, comme il proposait.

b- Problématisation

L'enseignant a donné, à la classe, l'ordre de discuter au sein de chaque sous-groupe du problème qui les intéresse : « Vous avez vu ce que j'ai fait, discutez entre vous au sein de vos sous-groupes des problèmes que vous voulez résoudre à propos de ce que vous avez observé tout à l'heure. Les rapporteurs me les disent après. »

Les cinq sous-groupes ont tous réussi à formuler une ou quelques interrogations, ils se sont tous intéressés aux positions initiales et finales de l'œuf.

En résumé, les apprenants limitaient leur intérêt aux phénomènes observables à savoir augmentation de volume de l'eau salée et changement de position de l'œuf. Ils n'évoquaient pas la relation de la dilution avec la masse volumique, la densité du liquide ou la poussée d'Archimède. La cause probable pouvant être évoquée est le manque de préacquis. La variation de densité (ou de masse volumique) d'une solution n'est programmée ni pendant l'étude de la masse volumique en classe de cinquième ni pendant l'étude de la solution en classe de troisième ni pendant l'étude de la densité à cette même classe

Sous-groupe E1G1, E1G3, E1G4 :

Les sous-groupe E1G1, E1G3, E1G4 s'intéressent à la variable position de l'œuf, au début et à la fin de la dilution. « Pourquoi l'œuf de caille flotte dans l'eau salée et coule dans l'eau salée diluée ? » (Annexe 18)

Sous-groupes E1G2 et E1G5 :

Les deux autres sous-groupes considéraient aussi les positions de l'œuf au début et à la fin de la dilution, mais ces derniers ont effectué une décontextualisation. Dans la deuxième partie de leurs problématiques, il remplace le mot « œuf » par les mots « objet » ou « corps ». « Pourquoi l'œuf de caille flotte dans l'eau salée ? Et pourquoi l'objet coule dans l'eau salée diluée ? » (Annexe 19, Annexe 20, Annexe 21, Annexe 22)

Mise en commun concernant la problématisation

Après avoir entendu les interrogations des cinq sous-groupes, l'enseignant formule l'interrogation à prendre en considération par la suite.

Interrogation retenue : « Pourquoi l'objet coule quand on verse de plus en plus de l'eau ? »

Tableau 16 : Problématiques formulées par les différents sous-groupes et celle adoptée lors de la mise en commun

Concept	Moment	Sous-groupe					MC
		E1G1	E1G2	E1G3	E1G4	E1G5	
Position	Initial	1	1	1	1	1	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0	1
	Final	1	1	1	1	1	0

L'enseignant ne considérait pas les propositions des sous-groupes. Ceux-ci évoquaient, deux moments final et initial. L'interrogation, qu'il a adoptée, concerne seulement la variation de la position de l'œuf pendant la dilution, elle demande une relation entre la variable position de l'œuf et une des autres variables. Il s'agissait d'une interrogation explicative (Cariou, 2015). L'enseignant effectuait, en plus, une décontextualisation, il remplaçait le terme « œuf de caille » par le terme « objet ».

c- Émission d'hypothèse

Les sous-groupes E1G2, E1G3, E1G4 et E1G5 ont formulé des hypothèses, ils les ont notés dans leurs brouillons. C'est à cette étape qu'ils commençaient à faire appel à des concepts théoriques autres que la position de l'œuf (poussée d'Archimède, poids, densité, masse volumique).

Tableau 17 : Hypothèses émises par les différents sous-groupes et celle adoptée lors de la mise en commun

Concept	Moment	Sous-groupe					MC
		E1G1	E1G2	E1G3	E1G4	E1G5	
Position	Initial	0	0	0	1	0	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	1	0
	Final	0	0	1	1	0	1
Poussée d'Archimède	Initial	0	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0	0
	Final	0	0	1	0	0	0
Densité	Initial	0	0	0	1	0	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	1	1
	Final	0	0	0	1	0	0
Masse volumique	Initial	0	0	0	0	0	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	0	0
	Final	0	0	1	0	0	0
Poids	Initial	0	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0	0
	Final	0	0	1	0	0	0

Sous-groupe E1G1 :

La proposition du sous-groupe E1G1 ne peut pas être considérée comme une hypothèse. Elle concernait l'activité réalisée par l'enseignant avant la dilution. « Quand on a diminué l'eau salée, il reste un peu d'eau salée dans l'éprouvette. » (Annexe 18)

Sous-groupe E1G2 :

La proposition du sous-groupe E1G2 a mis en relation la variable poussée d'Archimède et la position de l'œuf pendant la dilution (deux variables dépendantes). Cette proposition reflétait une influence de la problématique adoptée par l'enseignant. Elle considère l'instant intermédiaire. Le sous-groupe abandonne les instants initial et final considérés lors de la problématisation. « L'objet coule de plus en plus quand on verse de l'eau parce que la poussée d'Archimède exercée par de l'eau salée devient inférieure au poids du corps. » (Annexe 19)

Sous-groupe E1G3 :

Le sous-groupe E1G3 a émis deux propositions.

- la première met en relation l'intensité de la poussée d'Archimède exercée par le liquide et le poids de l'œuf, « L'objet coule si le poids du corps est supérieur à la poussée d'Archimède ». Elle ne prend en compte que le moment final.
- la deuxième met en relation la position de l'œuf avec la masse volumique de l'eau salée et celle de l'œuf. « L'objet coule si la masse volumique du corps est supérieure à la masse volumique de l'eau salée. » (Annexe 20)

Le sous-groupe E1G3 a proposé une problématique concernant les moments initial et final, mais a émis deux hypothèses concernant le moment final. Le sous-groupe ne prenait en considération ni la totalité des problématiques qu'il a proposée lui-même ni la problématique proposée par l'enseignant. Il utilisait les mots « corps » et « objet » à la place des mots « œuf de caille ».

Sous-groupe E1G4 :

La proposition du sous-groupe E1G4 évoque les variables densité et position, au début et à la fin de la dilution. Il explique la position de l'œuf par la comparaison de la densité de l'eau salée avec celle de l'œuf au début et à la fin de la dilution, ce qui sous-entend que la densité de l'eau salée n'est pas la même au début et à la fin de la dilution. « La densité de l'eau salée saturée est supérieure à la densité du corps alors le corps flotte et lorsque la densité de l'eau est inférieure à la densité du corps alors le corps coule. » (Annexe 21)

Le sous-groupe ne prend pas en considération la problématique de l'enseignant et garde la sienne. Ce groupe effectue aussi une décontextualisation et a utilisé le mot « corps » à la place de l'« œuf ».

Sous-groupe E1G5 :

La proposition du sous-groupe E1G5 concerne le moment intermédiaire. Elle tente d'expliquer le changement de la position de l'œuf par la diminution de la densité de l'eau salée.

L'objet a coulé lorsqu'on a versé de plus en plus d'eau dans l'eau salée parce que l'eau a une densité très faible et l'eau salée a une densité très élevée. Alors lorsqu'on a versé de l'eau de

robinet dans l'eau salée la densité de l'eau salée a diminué ce qui a fait couler le corps. (E1G5)
(Annexe 22)

Mise en commun concernant l'émission d'hypothèse

Les hypothèses adoptées par l'enseignant mettent respectivement en relation les positions initiale et finale de l'œuf avec les densités de l'eau aux mêmes moments.

Hypothèses retenues : « Au début, la densité de l'eau salée est supérieure à celle de l'œuf alors l'œuf flotte. La densité du liquide diminue quand on verse de l'eau. À la fin la densité de l'œuf est supérieure à celle de l'eau salée et l'œuf coule. »

La proposition de l'enseignant constitue trois hypothèses qu'il n'a pas distinguées et qu'il a alors mal formulées.

- La première hypothèse concerne l'état initial, elle met en relation les densités de l'eau salée saturée et la position initiale de l'œuf.
- La deuxième hypothèse met en relation la dilution, la variation de la densité du l'eau salée et la variation de la position de l'œuf.
- La troisième hypothèse concerne l'état final, elle met en relation les densités de l'eau salée diluée et la position finale de l'œuf.

L'enseignant ne prenait en considération ni l'hypothèse du sous-groupe E1G2 considérant la poussée d'Archimède, ni l'hypothèse du sous-groupe E1G3 considérant la masse volumique, ni celle des sous-groupes E1G2 et E1G4 concernant le moment intermédiaire. Pourtant, sur le densimètre, il y a une indication g/cm^3 qui n'est autre qu'une unité de masse volumique, ce qui montre que l'appareil pourrait servir à mesurer cette grandeur.

L'enseignant n'a pas profité la richesse de la situation et n'a pas expliqué aux apprenants la raison de son choix.

d- Proposition de protocole

Tous les sous-groupes ont réussi à donner les matériels nécessaires pour corroborer les hypothèses. Ils intégraient tous des résultats escomptés dans leurs propositions de protocoles. Seul le sous-groupe E1G5 proposait l'utilisation de densimètre.

Tableau 18 : Protocoles proposés par les différents sous-groupes et celui adopté lors de la mise en commun

Concept	Moment	Sous-groupe					MC
		E1G1	E1G2	E1G3	E1G4	E1G5	
Position	Initial	0	0	0	1	0	1
	Intermédiaire	0	1	0	0	1	0
	Final	0	0	1	1	0	1
Poussée d'Archimède	Initial	0	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	1	0	0	0	0
	Final	0	0	0	0	0	0
Densité	Initial	0	0	0	1	0	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	1	0
	Final	0	0	0	1	0	1
Masse volumique	Initial	0	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0	0
	Final	0	0	1	0	0	0
Poids	Initial	0	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0	0
	Final	0	0	1	0	0	0

Le sous-groupe E1G1 n'a pas réussi à formuler une activité. Les trois sous-groupes suivants (E1G2, E1G3, E1G4) n'ont pas encore terminé leurs propositions de protocoles quand l'enseignant commence la mise en commun. E1G5 est le seul sous-groupe qui a proposé une explication de la position de l'œuf par une comparaison de densités de l'œuf avec celle de l'eau salée.

La relation entre matériels et activités n'était pas évidente dans les propositions de protocole. Si aucune proposition concernant les concepts poussée d'Archimède, poids ou masse volumique n'est avancée, c'est peut-être parce qu'il n'y avait pas de dynamomètre parmi les matériels mis à la disposition des apprenants.

Sous-groupe E1G1 :

Le groupe E1G1 n'a pas réussi à proposer un protocole, ni même une liste de matériel.

Sous-groupe E1G2 :

La proposition du sous-groupe E1G2 ne peut pas être considérée comme protocole. Elle ne permet pas à corroborer une hypothèse ni celle du sous-groupe ni celle adoptée lors de la mise en commun. C'est seulement un récit de ce que l'enseignant a fait lors de la présentation de la situation de départ. Le sous-groupe effectuait une recontextualisation et remplace le terme « œuf » par le terme « objet ».

Matériel : Les matériels nécessaires pour faire l'activité sont : corps (objet), éprouvette graduée, l'eau de robinet, l'eau salée

Activité : On verse de l'eau salée dans l'éprouvette graduée puis on plonge l'objet dans l'eau salée, l'objet va flotter. On diminue l'eau salée et on dilue par l'eau de robinet, l'objet va couler. (Annexe 19)

Sous-groupe E1G3 :

Le sous-groupe E1G3 proposait une activité, mais celle-ci ne constituait pas de tentative d'explication de la position de l'œuf. Il s'agit plutôt de prévision de phénomène. Il ne proposait pas de mesure de densité et utilisait le terme « objet » à la place du terme « œuf ».

Matériels : Les matériels nécessaires sont : éprouvette graduée, densimètre, objet, l'eau salée et eau de robinet.

Activité : On prend une éprouvette graduée, ensuite on y verse de l'eau salée puis on met l'objet dans l'eau salée, l'objet flotte. On diminue le volume de l'eau salée et on verse de l'eau pure dans l'eau salée, le corps va couler. (Annexe 20)

Sous-groupe E1G4 :

Le sous-groupe E1G4, comme les autres sous-groupes, n'a réussi à proposer un protocole approprié.

Matériel : cuvette, eau salée bien saturée, eau de robinet, objet (œuf), densimètre

Activité : On met de l'eau salée saturée dans l'éprouvette graduée. Ensuite on met l'œuf dans l'eau salée. L'œuf flotte. Puis on diminue le volume de l'eau salée et on ajoute de l'eau de robinet on trouve que l'œuf coule. Enfin on enlève. (Annexe 21)

Sous-groupe E1G5 :

Le sous-groupe E1G5 a réussi à rédiger un protocole.

- la première partie montre une influence probable de l'hypothèse de l'enseignant. Elle sert à comparer les densités de l'eau salée et de l'œuf pour expliquer la position initiale de l'œuf trouver ;
- la deuxième partie correspond à une hypothèse du sous-groupe, il consiste à observer la variation en même temps de la densité de l'eau salée et de la position de l'œuf pendant la dilution.

Matériels : On a besoin d'éprouvette graduée, d'eau salée, d'eau de robinet, de corps (œuf) et de densimètre

Activité : On verse l'eau salée saturée dans l'éprouvette graduée, ensuite on mesure sa densité avec le densimètre. Ensuite on enlève le densimètre et on met l'œuf dans la solution et on voit que le corps flotte. Puis on diminue le volume de l'eau salée. On remet le corps dans l'éprouvette et on mesure la densité de l'eau salée pendant la dilution. On voit que la densité diminue et que le l'œuf coule. (Annexe 22)

Le sous-groupe utilise à la fois, sans distinction, les mots « œuf » et « corps ».

Mise en commun concernant la proposition de protocole

Lors de la mise en commun, l'enseignant proposait des activités qui servent à montrer les relations entre la position de l'œuf et la densité de l'eau salée aux moments initial et final. Il n'a pas proposé une activité correspondant à la diminution de la densité.

Matériels : éprouvette graduée, eau salée saturée, eau de robinet, œuf, densimètre

Activité : On verse de l'eau salée saturée dans l'éprouvette graduée. Après on met l'œuf dans l'eau salée. Après on enlève l'œuf et on mesure la densité de l'eau salée à l'aide du densimètre. Ensuite on diminue le volume de l'eau salée, et on ajoute l'eau de robinet. On met l'œuf dans l'eau salée. Enfin on mesure la densité de l'eau salée diluée à l'aide du densimètre.

e- Activité d'investigation

C'est pendant cette phase qu'on observait un peu de désordre dans la salle. Les apprenants effectuaient des va-et-vient entre leurs tables et la porte de sortie pour verser le contenu de l'éprouvette (eau salée diluée) dont ils n'avaient plus besoin.

Aucun sous-groupe n'a effectué ni une activité concernant la poussée d'Archimède ni concernant le poids. Le sous-groupe E1G1 a bénéficié de la mise en commun.

Tableau 19 : Activités d'investigation effectuées par les sous-groupes

Concept	Moment	Sous-groupe				
		E1G1	E1G2	E1G3	E1G4	E1G5
Position	Initial	1	1	1	1	1
	Intermédiaire	0	0	1	0	1
	Final	1	1	1	1	1
Densité	Initial	1	1	1	1	1
	Intermédiaire	0	0	1	0	1
	Final	1	1	1	1	1
Masse volumique	Initial	0	0	0	0	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	1
	Final	0	0	0	0	1

Tous les sous-groupes ont terminé les activités correspondant à la mise en relation de la densité de l'eau salée saturée avec la position initiale de l'œuf, les ordres d'exécution de différentes activités ne sont pourtant pas identiques, il s'agissait de :

- mettre assez d'eau salée saturée dans l'éprouvette ;
- mesurer la densité de l'eau salée saturée ;
- plonger l'œuf dans l'eau salée saturée ;
- observer sa position ;
- comparer la densité de l'eau salée saturée avec celle de l'œuf ;
- et finalement mettre en relation la position de l'œuf , sa densité et celle de l'eau salée.

Une différence s'observait à partir du moment où il faut verser une partie de l'eau salée, avant la dilution. Si le volume d'eau salée saturée enlevée est insuffisant, l'éprouvette est remplie avant que l'œuf touche le fond.

Sous-groupe E1G1

Pour le sous-groupe E1G1, l'œuf n'a coulé jusqu'au fond de l'éprouvette qu'au troisième essai. Le sous-groupe a laissé beaucoup d'eau salée dans l'éprouvette avant la dilution.

Nomena : Jetez une partie de l'eau salée.

Amudah : Pourquoi ?

Todisoa : Pour ajouter de l'eau de robinet. C'est ce que Monsieur a fait,

Nomena : L'œuf n'arrive pas encore au fond, ajoutez plus d'eau.

Miharisoa : Ça va déborder. Impossible.

Maminiaina : Il faut répéter, jeter tout ce liquide et nous allons refaire. (Annexe 18)

Après avoir jeté une partie de l'eau salée, le manipulateur montre le reste aux autres

Nomena : Ceci est-il convenable ?

Fitiavana : Nous essayons d'abord

Benja : Non, ça n'arrive pas au fond, mettez juste, disons 25 mL

Todisoa : Ça pourrait aller

Todisoa : Voilà, avec 25 mL, l'œuf arrive au fond. Quelle est la densité de l'eau salée maintenant ?

Andrianina : 1,02.

Nomena : Laissez-moi voir. ... Oui, 1,02.

Miharisoa : Il faut très peu d'eau salée pour avoir 1,02 (Annexe 18)

Le sous-groupe E1G1 a réussi à montrer la relation entre la position finale de l'œuf et la densité finale de l'eau salée.

Sous-groupe E1G2

Le sous-groupe E1G2 a laissé beaucoup d'eau salée dans l'éprouvette avant la dilution. Il lui a fallu trois essais aussi pour que l'œuf arrive au fond de l'éprouvette. Lors de la deuxième dilution, il n'a jeté qu'une partie de l'eau salée diluée au premier essai. Au troisième essai, le manipulateur changeait complètement de solution et recommençait avec de l'eau salée saturée d'environ 25 mL.

Adolphe : Qu'est-ce que je fais ?

Orlando : Diminue encore le volume de cette eau salée. Verse une partie.

Diamondra : Tu n'as jeté que très peu,

Adolphe : Nous allons essayer, ça va aller

Lovasoa : Tu vois, ce n'est pas suffisant ce que tu as jeté, jette encore une partie, jette tout et nous allons refaire avec, 20 mL d'eau salée saturée. (Annexe 19)

Un manipulateur a jeté tout puis a versé 20 mL d'eau salée saturée dans l'éprouvette. Il avait mis du temps à ajuster le volume proposé par son collègue. « Ordea : Comme ça, c'est ça qu'il faut ? » (Annexe 19)

Le sous-groupe E1G2 arrive à mettre en relation la densité finale de l'eau salée et la position de l'œuf. Il a trouvé aussi qu'il y a une quantité limite de solution initiale pour que l'œuf arrive au fond de l'éprouvette. Cette quantité n'étant pas respectée, l'expérience échoue. « Orlando : Laissez-moi mesurer la densité de cette eau salée. C'est 1,03. » (Annexe 19)

Sous-groupe E1G3

Avec la dilution, le sous-groupe E1G3 arrivait tout de suite à faire couler l'œuf au fond de l'éprouvette. Il comparait la densité de l'œuf avec la densité finale de l'eau salée.

Totti : Voilà, il faut mesurer la densité de l'eau salée.

Tsanta : Tu trouves combien ?

Tsitohaina : 1,02, vérifiez

Totti : Oui, c'est ça

Nandrianina : C'est inférieur à celui de l'œuf, celle de l'œuf est 1,06. (Annexe 20)

Le sous-groupe terminait tôt l'activité correspondant à la détermination de la relation entre densité finale de l'eau salée et position finale de l'œuf. Il lui reste du temps en attendant la mise en commun concernant l'activité d'investigation. Le débat continue, le sous-groupe passait à la comparaison de la densité initiale de l'eau salée avec la densité finale.

Totti : Au début, c'était combien ?

Rivosoa : Quoi ?

Tsanta : La densité de l'eau salée ? C'était 1,14, n'est-ce pas ?

Totti : Oui, elle a diminué.

Gabrielle : Mais la densité de l'œuf reste la même, 1,06.

Tsanta : Au début, la densité de l'eau salée est 1,14 maintenant c'est 1,03, non 1,02, il a diminué

Jean : Oui, il a diminué. (Annexe 20)

Le sous-groupe E1G3 a réussi, en plus, à montrer la variation de la densité de l'eau salée lors de la dilution.

Sous-groupe E1G4

Le sous-groupe E1G4 a laissé beaucoup plus d'eau salée dans l'éprouvette avant la dilution. L'éprouvette est remplie sans que l'œuf touche le fond de l'éprouvette. Les membres du sous-groupe ont conclu après débat entre eux qu'il fallait moins d'eau salée avant la dilution. Le sous-groupe E1G4 est arrivé à utiliser un volume convenable au deuxième essai. Il a conclu que l'œuf coule quand la densité de l'eau salée est inférieure à celle de l'œuf.

Sous-groupe E1G5

Le sous-groupe E1G5 arrivait tout de suite à faire couler l'œuf au fond de l'éprouvette. Il a mesuré la densité de l'eau salée diluée et l'a comparé avec celle de l'œuf. Il lui restait beaucoup de temps pour faire d'autres activités et discuter d'autres sujets.

Le sous-groupe a comparé les deux valeurs de densités qu'ils ont mesurées, l'une avant la dilution et l'autre après. Il a conclu que la densité de l'eau salée diminuait. Il a vérifié, en plus, cette conclusion par une expérience. Il a versé exactement 25 mL d'eau salée saturée dans l'éprouvette, puis il a placé le densimètre dans l'éprouvette et commençait la dilution, l'œuf étant laissé à l'extérieur. L'indication du densimètre diminuait très vite et les membres du sous-groupe en sont intrigués. Ils ont constaté que le densimètre était oblique et qu'il touchait encore le fond de l'éprouvette. Ils ont conclu qu'il faut suffisamment de liquide pour que le densimètre puisse mesurer la densité.

Viviane : Et si nous mesurons la densité de l'eau salée pendant la dilution

Tahiana : Est-ce possible ? Comment ? (Annexe 22)

Le manipulateur remplaçait le contenu de l'éprouvette par de l'eau salée saturée, il y mettait le densimètre et commençait la dilution.

Mihaja : Le volume d'eau monte rapidement, qu'est-ce que le densimètre indique ?

1,2.

Tahiana : C'est supérieur à la densité initiale de l'eau salée.

Mino : La densité a augmenté. Non, qu'est-ce que nous avons vu tout à l'heure ?

Fara : La densité a diminué. Alors,

Mihaja : Si, tu vois le densimètre est incliné, il doit être vertical, il touche encore le fond.

Viviane : Oui, verse encore de l'eau.

Fara : Ça commence à flotter, c'est 1,10, verse encore de l'eau

Tahiana : 1,09.

Tahiana : 1,08.

Mihaja : Maintenant 1,04.

Mino : Donc c'est vrai la densité de l'eau salée diminuait pendant la dilution. (Annexe 22)

Le sous-groupe E1G5 avait aussi du temps pour observer de près le densimètre : sa forme, les indications et les contenus. Les membres du sous-groupe ont constaté l'indication g/cm^3 sur le densimètre et ont conclu que ce dernier peut être utilisé comme appareil de mesure de la masse volumique du liquide.

Tahiana : Regarde, c'est écrit g/cm^3 ,

Mino : C'est quoi ?

Joro : Unité, de masse volumique

Viviane : Ça mesure la masse volumique alors, essayons

Mihaja : La même valeur que tout à l'heure.

Fara : C'est la densité ? Oui, la densité et la masse volumique ont la même valeur.

Tahiana : La graduation varie entre 1,20 et 1,00, les distances entre les graduations sont plus grandes en bas qu'en haut. (Annexe 22)

Le sous-groupe E1G5 a fini par trouver que, pour la solution salée, la densité et la masse volumique ont la même valeur.

f- Acquisition et structuration des connaissances

L'acquisition et la structuration de connaissance montrant des enrichissements, les sous-groupes ont trouvé des résultats qui ne correspondaient pas à leurs propositions dans les étapes précédentes.

Il y a toutefois des appauvrissements. Des résultats obtenus ne figuraient pas dans les conclusions des sous-groupes.

Tableau 20 : Acquisition et structuration de connaissance

Concept	Moment	Sous-groupe					MC
		E1G1	E1G2	E1G3	E1G4	E1G5	
Position	Initial	0	1	1	1	1	1
	Intermédiaire	0	0	1	1	1	1
	Final	1	1	0	0	1	1
Densité	Initial	0	1	1	1	1	1
	Intermédiaire	0	0	1	1	1	1
	Final	1	1	0	0	1	1
Masse volumique	Initial	0	0	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	0	0
	Final	0	0	0	0	1	1

Sous-groupe E1G1 :

Le sous-groupe E1G1 n'a pas fini l'activité que l'enseignant a proposée, mais le secrétaire a bien assumé son rôle avec une feuille de brouillon bien soigné et écrit avec des stylos de couleur. Le sous-groupe a formulé une conclusion. « Conclusion : D'après l'expérience, on a appris que si la densité de l'eau salée est supérieure à la densité de l'œuf, l'œuf flotte. Et lorsqu'on a diminué le volume d'eau salée et qu'on a versé là-dedans l'eau de robinet, on a vu que la densité de l'eau salée a diminué. » (Annexe 18)

Sous-groupe E1G2 :

Le sous-groupe E1G2 n'est pas arrivé au terme de l'activité demandée, il continuait encore le débat pendant la mise en commun. Il évoquait pourtant les concepts densité et positions de l'œuf et les mettait en relation au début et à la fin de la dilution. « Conclusion : Lors qu'on a dilué l'eau salée, l'œuf a coulé parce que la densité. La densité de l'objet devient supérieure à la densité de l'eau salée. La densité de l'œuf reste constante ». (Annexe 19)

Sous-groupe E1G3 :

Le sous-groupe a terminé son activité. Il a noté des résultats de mesure de densité. Il n'y avait aucun moyen de savoir s'il a fait une mesure ou non. Le sous-groupe évoquait les concepts densité et positions et reliait la densité et la position de l'œuf au début et à la fin

de la dilution. « Conclusion : Densité de l'eau salée supérieure de densité de l'œuf alors l'objet flotte. Densité de l'eau salée + eau pure inférieure à la densité de l'œuf alors l'objet coule. La densité de l'œuf reste constante. »

Sous-groupe E1G4 :

Le sous-groupe E1G4 a terminé son activité, il a effectué des mesures de densité. Le secrétaire a rédigé la conclusion. Des valeurs numériques se trouvaient dans leur brouillon. Il évoquait la comparaison de la valeur initiale et de la valeur finale de la densité de l'eau salée et mettait en relation avec les positions initiale et finale de l'œuf. « Conclusion : La densité de l'eau salée saturée $d = 1,14$ est supérieure à la densité de l'eau salée diluée $d = 1,02$ On trouve que dans l'eau salée saturée l'objet a flotté. Et dans l'eau salée diluée, l'objet a coulé. » (Annexe 21)

Au vu de leurs brouillons, ces conclusions ont été pourtant tirées d'un calcul mathématique et non pas d'activité manipulatoire. Et le calcul effectué montrait que les membres du sous-groupe ne maîtrisaient pas les propriétés de la densité. Ils effectuaient la soustraction de deux densités.

Mesure de d de l'eau salée 1,14, On mesure la densité de l'œuf et il flotte 1,12,

Densité de l'eau de robinet = 0,02 ($1,14 - 1,12$)

Sous-groupe E1G5 :

Le sous-groupe E1G5 a fini son activité. Le secrétaire a bien noté ce qui est fait par le sous-groupe, la logique y est. Le sous-groupe évoquait les concepts densité et positions et utilisait la densité pour expliquer la position de l'œuf.

L'eau salée à une densité supérieure à celle de l'œuf $d = 1,14$, ce qui permet à l'œuf de flotter.

Lorsqu'on a dilué l'eau salée, la densité de l'eau a diminué, alors la densité de l'eau salée diluée est inférieure à la densité du corps ce qui fait couler le corps.

La densité de l'œuf reste constante $d_{\text{œuf}} = 1,06$.

La densité de l'eau salée a diminué.

Si la densité de l'œuf est supérieure à celle de l'eau salée, l'œuf coule.

$d_o < d_{es}$: flotte

$d_o > d_{es}$: coule (Annexe 22)

Mise en commun concernant l'acquisition et la structuration de connaissances

Lors de la phase d'acquisition et structuration de connaissances, l'enseignant évoquait l'état initial et l'état final, la densité de l'eau salée et celle de l'œuf. Il comparait les valeurs de ces deux derniers concepts pour déterminer la position de l'œuf.

Il a laissé de côté la variation de la densité de l'eau salée lors de la dilution et la situation où l'œuf est en équilibre entre deux fluides. Il ne prenait pas en considération le compte-rendu du sous-groupe E1G5. Le tableau qu'il utilisait est déjà conçu sur un papier d'emballage. Il l'affichait directement sur le tableau noir.

Tableau 21 : Structuration de connaissance effectuée par l'enseignant

	densité de l'œuf	densité de l'eau salée	comparaison	conclusion
État initial	$d_o = 1,06$	$d_{es} = 1,14$	$d_o < d_{es}$	L'œuf flotte
État final	$d_o = 1,06$	$d_{es} = 1,02$	$d_o > d_{es}$	L'œuf coule

g- Opérationnalisation des connaissances

Il ne restait que très peu de temps alors qu'il reste encore le post-test. L'enseignant proposait une situation de défi aux apprenants. « Comment faire pour que l'œuf flotte à nouveau ? »

Une réponse collective ne se fait pas attendre : « Enlever l'eau salée diluée et ajouter de l'eau salée saturée. »

L'enseignant accepte, mais propose un autre moyen. « C'est un peu lent, mieux vaut ajouter directement du sel »

6.2.2. Caractéristiques des activités de l'ensemble enseignant-apprenant

Les démarches des différents sous-groupes n'étaient pas linéaires. Aucun sous-groupe ne s'intéressait à la même interrogation pendant l'activité d'investigation. Ils se référaient souvent à d'autres étapes précédentes ou à la mise en commun. Les observations, les débats et les mises en commun influençaient les activités des sous-groupes.

Comme nous avons indiqué auparavant, tous les cinq sous-groupes ont posé des interrogations sur les positions initiale et finale de l'œuf. Leurs différences commencent à partir de l'étape « émission d'hypothèse ».

Sous-groupe E1G1

Le sous-groupe E1G1 a rencontré une difficulté tout au long de la démarche d'investigation. Il a échoué lors de l'émission d'hypothèse et la proposition de protocole. Il n'a parlé ni de la poussée d'la masse volumique ni du poids.

L'enseignant a proposé une interrogation sur la variation de la position de l'œuf lors de la mise en commun concernant la problématisation. Après, le sous-groupe E1G1 a réalisé une activité permettant de déterminer la relation entre la variation de la position de l'œuf et la dilution. Il l'a même noté dans son brouillon. Il se serait référé soit à la mise en commun soit à la situation de départ.

Tableau 22 : Parcours du sous-groupe E1G1

Concept	Moment	Problématisation	Émission d'hypothèse	Proposition de protocole	Activité d'investigation	Acquisition et Structuration de connaissance
Position	Initial	1	0	0	1	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0
	Final	1	0	0	1	1
Densité	Initial	0	0	0	1	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0
	Final	0	0	0	1	1

Sous-groupe E1G2

Le sous-groupe E1G2 a échoué lors de l'« émission d'hypothèse », mais proposait une activité pour étudier la relation entre la variation de position de l'œuf et la densité pendant la dilution. Comme avec le sous-groupe E1G1, une influence de la mise en commun concernant la problématisation ou un retour à la situation de départ aurait eu lieu.

Après, il a réalisé une manipulation concernant les positions initiale et finale de l'œuf. Donc, il a abandonné sa proposition d'activité et reprenait sa problématique. Il a réussi les activités manipulatoires et arrivait même à noter la conclusion correspondante dans son brouillon. Il n'a parlé ni de la masse volumique ni du poids.

Tableau 23 : Parcours du sous-groupe E1G2

Concept	Moment	Problématisation	Émission d'hypothèse	Proposition de protocole	Activité d'investigation	Acquisition et structuration de connaissance
Position	Initial	1	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	0	1	0	0
	Final	1	0	0	1	1
Poussée d'Archimède	Initial	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	0	1	0	0
	Final	0	0	0	0	0
Densité	Initial	0	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	0
	Final	0	0	0	1	1

Sous-groupe E1G3

Le sous-groupe E1G3 émettait une hypothèse concernant la position finale de l'œuf, c'est-à-dire qu'il se référait à sa propre problématique, mais ne s'est soustrait pas à l'ordre chronologique d'apparition de phénomènes lors de la situation de départ. Ensuite, il proposait des activités concernant la position initiale de l'œuf et sa variation. Il abandonnait donc sa propre hypothèse. Un retour à la situation de départ ou une influence de la mise en commun est encore observé.

Tableau 24 : Parcours du sous-groupe E1G3

Concept	Moment	Problématisation	Émission d'hypothèse	Proposition de protocole	Activité d'investigation	Acquisition et structuration de connaissance
Position	Initial	1	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	0	0	1	1
	Final	1	1	1	1	0
Densité	Initial	0	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	0	0	1	1
	Final	0	0	0	1	0
Masse volumique	Initial	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0
	Final	0	1	1	0	0
Poids	Initial	0	0	0	0	0
	Intermédiaire	0	0	0	0	0
	Final	0	1	1	0	0

Il a évoqué les concepts masse volumique, poids et poussée d'Archimède dans ses hypothèses, mais ne l'a plus considéré par la suite. Peut-être parce que l'enseignant ne les a pas retenus ou c'est parce que les matériels appropriés aux activités correspondantes n'étaient pas disponibles.

Sous-groupe E1G4

Le parcours du sous-groupe E1G4 est linéaire jusqu'à la proposition de protocole. Après, pendant l'activité d'investigation et l'acquisition et structure de connaissance, le sous-groupe E1G4 s'intéressait à la position initiale de l'œuf et à sa variation lors de la dilution. Une influence probable de la mise en commun concernant la problématisation ou un retour à la situation de départ est encore constaté. Le sous-groupe a abandonné son intérêt sur la position finale de l'œuf. Il n'a parlé ni de la masse volumique ni du poids.

Tableau 25 : Parcours du sous-groupe E1G4

Concept	Moment	Problématisation	Émission d'hypothèse	Proposition de protocole	Activité d'investigation	Acquisition et structuration de connaissance
Position	Initial	1	1	1	1	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	1
	Final	1	1	1	1	0
Densité	Initial	0	1	1	1	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	1
	Final	0	1	1	1	0

Sous-groupe E1G5

E1G5 est le sous-groupe qui a le plus réussi. Son hypothèse et sa proposition de protocole montrent aussi l'influence de la mise en commun ou un retour à la situation de départ.

Malgré ça, il a gardé son intérêt pour la position finale de l'œuf. Lors de l'activité d'investigation, il a réussi facilement à réaliser les activités qu'il se proposait de faire, alors il a eu assez de temps pour se construire d'autres connaissances. Il a prouvé par une activité manipulative la variation de la densité de la solution lors de la dilution. Il a découvert aussi que la densité et la masse volumique ont la même valeur et que la densité de l'œuf n'est pas modifiée par la dilution. Il n'a pas évoqué la variable poids.

Tableau 26 : Parcours du sous-groupe E1G5

Concept	Moment	Problématisation	Émission d'hypothèse	Proposition de protocole	Activité d'investigation	Acquisition et structuration de connaissance
Position	Initial	1	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	1	1	1	1
	Final	1	0	0	1	1
Densité	Initial	0	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	1	1	1	1
	Final	0	0	0	1	1
Masse volumique	Initial	0	0	0	1	1
	Intermédiaire	0	0	0	0	1
	Final	0	0	0	1	1

Parcours proposé par l'enseignant par les mises en commun

Nous avons eu un entretien auprès de l'enseignant A pour parler du déroulement de la première expérimentation. Ses réponses montrent qu'il n'a pas pu cerner la totalité des difficultés relatives au sujet d'expérimentation. Alors, il n'a pas pu tirer profit de la richesse de la situation de départ.

Lors de la problématisation, il n'évoquait que le changement de position de l'œuf pendant la dilution. Il n'a pas pris en considération les problématiques des sous-groupes. Ces derniers s'intéressaient tous aux positions initiale et finale de l'œuf. Il n'a pas expliqué aux apprenants la non-considération de leur problématique.

Puis, lors de l'émission d'hypothèse, il ne considérait pas :

- l'hypothèse du sous-groupe E1G2 concernant la relation entre la poussée d'Archimède et la position de l'œuf
- l'hypothèse du sous-groupe E1G3 concernant la relation de la masse volumique de l'eau salée, le poids de l'œuf sur sa position
- l'intérêt porté par les sous-groupes E1G2 et E1G5 sur le moment intermédiaire.

Il ne se référait pas à sa propre problématique. Il émettait des hypothèses sur les positions initiale et finale de l'œuf alors que la problématique, qu'il a annoncée, concerne la variation de la position.

Il n'a pas assez exploité la séance de familiarisation avec les éprouvettes et densimètre. Il a avoué qu'il n'a pas remarqué l'indication (g/cm^3) inscrite sur cet appareil de mesure. Peut-être que, pour lui, se familiariser avec un appareil pourrait signifier seulement apprendre à le manipuler. Il n'a pas évoqué les variables masse volumique et poids.

Tableau 27 : Mise en commun effectuée par l'enseignant (A)

Concept	Moment	Problématisation	Émission d'hypothèse	Proposition de protocole
Position	Initial	0	1	1
	Intermédiaire	1	0	0
	Finale	0	1	1
Densité	Initial	0	1	1
	Intermédiaire	0	0	0
	Finale	0	1	1

6.3. Deuxième expérimentation

Le deuxième TP-apprenants a eu lieu dans le CEG d'Andranonahoatra avec une classe composée de 47 apprenants. Il a été assuré par un étudiant en troisième année de licence de l'ENS d'Antananarivo, que nous appelons par la suite enseignant (B). En fait, aucun autre enseignant n'acceptait de participer à notre projet de réalisation des TP-apprenants avec la démarche d'investigation.

Les 47 apprenants sont répartis dans cinq sous-groupes de huit individus chacun et un sous-groupe de 7 apprenants. Les sous-groupes sont appelés respectivement E2G1, E2G2, E2G3, E2G4, E2G5 et E2G6.

Le TP-apprenants a été organisé pendant deux séances extraordinaires d'une heure et demie chacune :

- la première séance est divisée en deux parties ; la première demi-heure est utilisée par l'enseignant pour familiariser les apprenants à l'utilisation de l'éprouvette graduée et le densimètre. Le reste de la séance est utilisée pour les trois premières étapes de la démarche d'investigation, à savoir la présentation de la situation de départ, la problématisation et l'émission d'hypothèse ;
- la deuxième séance a servi à la suite de la démarche d'investigation : proposition de protocole, activité d'investigation, acquisition et structuration de connaissance et opérationnalisation de connaissance ainsi qu'à l'évaluation.

L'enseignant (B) a décidé de ne faire de mise en commun qu'à la fin de la première séance, plus précisément à la fin de l'émission d'hypothèse (puis reprendre les avis des apprenants au début de la deuxième séance) et après l'acquisition et la structuration de connaissance.

Les deux séances se déroulaient dans avec des débats à haute voix à la limite du tolérable. Les apprenants suivaient les instructions de l'enseignant à propos des activités, mais parlaient souvent à voix haute. Ils mélangeaient le français et le malgache lors des débats et pendant la rédaction des brouillons.

6.3.1. Présentation de la situation de départ

L'enseignant présentait à la classe les matériels : l'eau salée saturée (dans une bouteille plastique), l'œuf de caille, l'eau de robinet (dans une autre bouteille plastique), une balance, un densimètre et une éprouvette.

Ensuite, il présentait aux apprenants une éprouvette contenant 100 mL d'eau salée saturée avec un œuf de caille qui flottait à la surface. Il enlevait ensuite l'œuf et versait une grande partie de l'eau salée dans la bouteille qui le contenait auparavant. Il laissait seulement 40 mL d'eau salée dans l'éprouvette (500 mL). Il remplaçait doucement l'œuf dans la solution en inclinant l'éprouvette. Ensuite, il diluait lentement la solution jusqu'à ce que l'œuf arrivait à mi-hauteur de l'eau salée. Lors d'une discussion que nous avons eue avec lui, il disait qu'il n'a attaché plus d'importance au changement de position de l'œuf qu'à la position finale. Il n'a pas imaginé que cette décision influence les activités des sous-groupes.

6.3.2. Problématisation

Chaque sous-groupe a réussi à formuler au moins deux interrogations. C'était, en général, des interrogations explicatives concernant la position initiale de l'œuf, sa position finale ainsi que sa variation de position pendant la dilution. Les apprenants envisageaient deux variables autres que la position de l'œuf, la nature du solide et celle du liquide dans lequel l'œuf est plongé.

L'ensemble de la classe a proposé des interrogations explicatives concernant surtout la variation de la position de l'œuf ainsi que sa position finale.

Cinq sous-groupes (E2G1, E2G2, E2G3, E2G4, E2G5) s'interrogeaient sur la relation entre la variation de la position de l'œuf et la dilution. Cette variation de la position de l'œuf était facilement observable. « Pourquoi l'œuf descend-il quand on dilue la solution ? » (E2G1).

E2G1, E2G3 et E2G6 s'interrogeaient aussi sur un fait qui était contre leur attente ; l'œuf s'arrêtait avant de toucher le fond de l'éprouvette alors qu'ils ont pensé qu'il arrivera au fond. « Pourquoi l'œuf arrête de descendre » (E2G6).

L'influence des propriétés de l'œuf et de l'eau salée sur leurs positions relatives était ce qui interpellait le moins les apprenants. Les sous-groupes E2G2 et E2G5 s'intéressaient à une éventuelle influence de la nature de l'œuf ou celle du liquide sur la position de l'œuf. Leurs interrogations sont respectivement « Est-ce que le solide a à avoir dans le fait qu'il flotte dans l'eau salée ? » (E2G2) et « Est-ce que l'eau salée est le seul qui fait flotter le corps ou il y a d'autres liquides ? » (E2G5)

La conception des apprenants de la situation de départ était à l'origine de l'absence de la question sur la position initiale de l'œuf. Les apprenants pensaient que ce que l'enseignant veut qu'ils observent est à partir du début de la dilution : « ... l'enseignant n'a pas encore versé de l'eau, il n'a pas encore commencé donc ce n'est pas à étudier ».

L'œuf de caille, l'eau salée et l'éprouvette étaient les outils pour réaliser cette variation.

Personne ne songeait à faire couler l'œuf jusqu'au fond de l'éprouvette. Ce qui entraînait à une interrogation pragmatique. Ils limitaient aussi leur intérêt à cause de leur conception de l'attente de l'enseignant, « ... monsieur a arrêté donc ça suffit, on n'a pas à penser à la suite ». (E2G4)

6.3.3. Émission d'hypothèse

Cinq sous-groupes (E2G1, E2G2, E2G3, E2G4, E2G5) émettaient des hypothèses expliquant la position finale, en équilibre entre deux liquides, de l'œuf. L'hypothèse de E2G4 était vraie, elle comparait la densité de l'eau salée avec celle de l'œuf. « Le solide reste entre deux liquides après avoir été immergé dans l'eau salée, car la densité du solide est égale à la densité de l'eau salée » (E2G3)

Les hypothèses des autres sous-groupes (E2G1, E2G2, E2G4, E2G5, E2G6) étaient fausses ; elles supposaient que l'eau et l'eau salée ne sont pas miscibles et montrent des conceptions erronées de la poussée d'Archimède. D'après leurs hypothèses, les liquides se comportent différemment par rapport à la poussée d'Archimède. Des liquides exercent des poussées verticales ascendantes, l'eau salée en fait partie ; d'autres exercent des poussées verticales descendantes, c'est le cas de l'eau : « Parce que les deux solutions différentes se mélangent, l'eau salée pousse vers le haut, l'eau du robinet pousse vers le bas ». (E2G4)

Si l'œuf restait en équilibre entre deux liquides c'est qu'il est bloqué entre l'eau salée qui était déjà dans l'éprouvette au début de la situation de départ et l'eau qui est versée après. La concentration du liquide est à l'origine de leurs différents comportements : « Le solide se trouvent entre les deux liquides, quand il y a deux liquides à deux concentrations : le solide ne coule pas ». Cette hypothèse sous-entend la non-miscibilité de l'eau salée et de l'eau de robinet.

Trois sous-groupes (E2G2, E2G5, E2G6) émettaient des hypothèses expliquant la position initiale de l'œuf, ils se servaient de la comparaison de la densité de l'eau salée avec celle de l'œuf. L'hypothèse de E2G2 et E2G5 était vraie (la densité de l'eau salée était supérieure à celle de l'œuf), mais E2G6 supposait que l'œuf flotte parce que les deux densités sont égales.

Deux sous-groupes (E2G4, E2G5) émettaient des hypothèses expliquant la variation de la position de l'œuf par rapport à l'eau salée. Les deux sous-groupes utilisaient la variation de deux variables différentes dans leurs hypothèses. Si le sous-groupe E2G4 s'est servi seulement de la variation de la densité de l'eau salée, « Puis dans la deuxième expérience le solide coule quand on ajoute de l'eau pure dans l'eau salée la densité de l'eau devient inférieure à la densité du solide ». L'utilisation du mot « eau » à la place du mot « eau salée » dans cette hypothèse pourrait être due soit parce que le sous-groupe pense que le contenu final de

l'éprouvette est de l'eau, soit il ne pensait pas qu'il est nécessaire de faire la distinction, soit il ne l'a même pas remarqué.

Le sous-groupe E2G5 s'est servi des variations de la densité de l'eau salée et de la poussée d'Archimède qu'elle exerçait sur l'œuf dans son hypothèse :

Parce que la poussée d'Archimède qui pousse le solide vers le haut devient plus petite que le poids du solide... mais quand on dilue l'eau salée, sa densité diminue alors la densité du solide devient supérieure à la densité de l'eau salée, le solide doit couler.

Le sous-groupe n'évoquait toutefois pas explicitement une relation entre la densité de l'eau salée et de la poussée d'Archimède qu'elle exerce.

6.3.4. Le reste de la démarche

Les dernières parties du TP-apprenants se déroulaient avec beaucoup de mouvement qui rendait impossible les suivis des travaux des sous-groupes. Les secrétaires n'ont plus pu noter ni les paroles de pairs ni les décisions prises par les sous-groupes.

Conclusion de la troisième partie

Les conceptions des enseignants relatives à l'approche de l'apprentissage sont plus ou moins identiques et montrent une influence importante de l'actuel curriculum formel. Les enseignants enquêtés assimilent enseigner à transmettre des connaissances théoriques, expliquer, habituer et convaincre.

Les enseignants n'accordent donc à leurs apprenants qu'un rôle limité à la réception des connaissances transmises. Ils citent cinq types de contraintes qui raréfient les expériences dans leurs pratiques.

Le premier type de contraintes, et le plus cité aussi, est lié aux matériels d'expérimentation. Certains collèges ne possèdent aucun matériel d'expérimentation, dans d'autres collèges, les matériels existent, mais en mauvais état. Dans d'autres cas, c'est l'accès aux matériels d'expérimentation qui fait défaut.

Les autres contraintes citées sont le temps didactique, le mode d'évaluation, le programme scolaire et l'effectif des apprenants par classe.

Les conceptions des enseignants pourraient constituer un obstacle à l'intégration d'une nouvelle pratique de l'expérience à l'instar de la démarche d'investigation. Pour les enseignants, cette nouvelle pratique risque d'accentuer ces contraintes. En plus, les enseignants pratiquent des expériences très simplifiées.

Les différentes étapes décrites dans les canevas de démarche d'investigation (proposition de situation problème, appropriation du problème, émission d'hypothèse, proposition de protocole, activité d'investigation, acquisition et structuration de connaissances, mobilisation de connaissances) sont toutes ignorées par les pratiques actuelles des enseignants.

Si les conceptions des enseignants concernant l'approche de l'apprentissage sont presque uniformes, les rapports des enseignants avec l'expérience, leurs pratiques et leurs conceptions relatives à cette activité sont très variés.

Des enseignants n'ont jamais eu l'occasion de réaliser une expérience, ni même voir leurs enseignants le faire pendant qu'ils étaient aux collèges ou aux lycées. Ils se sentent incapables de réaliser une expérience devant leurs apprenants.

Par contre, des enseignants qui ont suivi des formations académiques ou professionnelles après le baccalauréat ont pratiqué des TP-apprenants. Ils aiment faire des expériences, mais le rôle qu'ils accordent à cette activité est limité. Pour eux, l'expérience sert seulement à montrer un phénomène ou de vérifier une théorie.

Des enseignants n'accordent pas d'importance à l'expérience. Ils pensent qu'ils produisent toujours le résultat escompté avec ou sans expérience. D'autres réalisent de l'expérience, mais seulement pour montrer un phénomène ou vérifier une théorie. Des enseignants ne font pas manipuler les apprenants à cause de l'effectif par classe ou parce qu'ils pensent que la manipulation ne fait pas partie des connaissances à acquérir.

L'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences physiques au collège de Madagascar ne peut donc pas se faire sans un changement de curriculum. Ce changement de curriculum doit comprendre des changements de mode d'évaluation, de méthode d'enseignement, de mode d'évaluation et de contenus d'enseignement.

Il faut institutionnaliser la réalisation régulière de TP-apprenant pour valoriser le caractère expérimental des sciences physiques, augmenter le temps alloué à l'expérience, inclure dans la formation des enseignants les différentes démarches dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques et la pratique de la pédagogie de grand groupe.

Une revalorisation des formations continues qui prennent en considération les compétences et les pratiques actuelles des enseignants s'avère nécessaire.

Concernant l'expérimentation de la démarche d'investigation en grands groupes, il est confirmé que la démarche d'investigation peut avoir lieu dans une classe à effectif compris entre 40 et 50 apprenants.

La situation initiale choisie par l'enseignant A est très riche, elle peut même servir à l'enseignement-apprentissage de plusieurs chapitres de l'actuel curriculum. L'enseignant n'a pourtant pas réussi à effectuer son analyse approfondie alors les décisions qu'il a prises provoquaient un appauvrissement de cette situation.

La démarche de chaque sous-groupe peut être qualifiée de démarche d'investigation, elle comporte les caractéristiques décrites par le modèle de Cariou (2015), à savoir, l'initiation de l'activité par une interrogation initiative qui débouche par une interrogation pragmatique, l'intervention de l'esprit créatif lors de l'émission de l'hypothèse et de la proposition de protocole, l'intervention de l'esprit de contrôle lors de l'activité d'investigation, l'aller-retour entre les deux esprits, les débats et échange argumenté et la production et la réalisation par les apprenants.

Le fait d'instaurer une mise en commun après chaque étape ne suffit pas à rendre linéaire la démarche d'un sous-groupe. Un sous-groupe ne se réfère pas obligatoirement à la mise en commun proposée par l'enseignant pour passer à l'étape suivante.

L'ensemble des activités réalisées ont permis l'apprentissage de concepts théoriques, des relations entre ces concepts, des connaissances relatives à la manipulation et à la mesure ainsi que de la démarche.

La répartition des apprenants en sous-groupes hétérogènes de sept, huit ou neuf apprenants et l'attribution d'un rôle à chaque apprenant a permis, en plus, la

responsabilisation et la socialisation des apprenants. Les apprenants ont assuré leurs rôles et respecté leurs pairs, les consignes et les matériels mis à leurs dispositions.

L'incapacité de l'enseignant à prendre en considération tous les détails des rapports effectués par chaque sous-groupe, sa non-maîtrise des différents concepts en relation avec la situation de départ ainsi que le cloisonnement des différents thèmes du programme scolaire par les apprenants risquent de provoquer un appauvrissement de l'activité.

Concernant la deuxième expérimentation particulièrement, malgré les bruits, les activités recommandées sont réalisées à temps. Il y a aussi des apprentissages, ce qui signifie que les bruits n'excluent pas l'apprentissage. Il ne faut pas les considérer comme contraintes, ce qu'il faut faire, c'est trouver une solution pour les réduire.

Conclusion générale et perspective

Ce travail issu d'un fait particulier, spécifique à l'enseignement des sciences physiques, constaté en classe de seconde, durant une vingtaine d'années d'expérience, se focalise sur une interrogation principale : Pourquoi le désintérêt des élèves et leur manque de curiosité pour chercher à expliquer, à comprendre les phénomènes de leur vie quotidienne. Cette explication de leur environnement constitue pourtant un des apports des sciences physiques que les enseignants s'efforcent de faire passer dans leur enseignement de cette discipline, car c'est supposé être source de motivation. Faut-il pointer du doigt les enseignants à travers leur pratique ? D'où tirent-ils cette pratique ? De leur formation ? Des recommandations qui leur sont prescrites ? Dans ce dernier cas, le curriculum est, sans conteste, un premier objet d'intérêt, ce qui conduit à faire une analyse, voire une évaluation du curriculum en cours actuellement au collège (pendant la durée de notre travail dans le cadre de cette thèse).

En voulant donner la place qui revient aux pratiques expérimentales dans l'enseignement des sciences expérimentales, ce travail s'est attaché à identifier les obstacles potentiels à leur mise en œuvre et propose la mise en place d'une démarche innovante qui prend à la fois compte de la réalité du contexte malgache, à savoir le grand effectif des classes. C'est dans cette optique que l'intégration de la démarche d'investigation en grand groupe a fait l'objet de cette recherche et constitue son originalité.

La première partie intitulée « Les tenants de la recherche », explicite dans son premier chapitre la problématique à travers l'étude de trois lois qui ont régi le système éducatif puis donne les informations utiles sur la réalité du collège malgache : l'évolution de l'effectif moyen, la formation des enseignants, les manuels scolaires) et pour ce qui concerne l'enseignement-apprentissage des sciences physiques, les salles de laboratoire et matériels d'expérimentation, entre autres.

Ce chapitre permettait donc un état des lieux du collège, cette donnée étant intéressante pour pouvoir mener une comparaison de la réalité en classe avec la prescription du curriculum.

Le **chapitre 2** consiste à analyser la littérature concernant l'enseignement-apprentissage lié au sujet de notre thèse et utile à la compréhension de la méthodologie (concepts, curriculum, transposition didactique), concernant l'enseignement-apprentissage des sciences physiques en particulier (les démarches dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques) et concernant la gestion pédagogique d'une classe à effectif élevé (pédagogie de grands groupes).

L'objectif est de s'informer sur les concepts nécessaires à la construction d'un curriculum de bonne qualité, leurs définitions et leurs propriétés d'une part, et des relations possibles entre démarches d'investigation et pédagogie de grands-groupes d'autre part.

La littérature montre l'existence de points communs entre la pédagogie de grands groupes et la démarche d'investigation. Toutes les deux, elles mettent en valeur le débat entre pairs et la programmation de différentes activités pendant la même séance.

Le curriculum est construit afin d'organiser le processus d'enseignement-apprentissage. Miled (2015) revendique la prise en considération de l'existant lors de la construction de nouveau curriculum. Notre proposition d'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences au collège s'oriente vers un changement de curriculum, il s'avère donc nécessaire d'évaluer l'actuel curriculum formel. C'est pourquoi nous avons réalisé une analyse du curriculum fonctionnant actuellement dans la deuxième partie de notre thèse.

La deuxième partie pourtant sur l'« Analyse du curriculum formel des sciences physiques de collège de Madagascar » s'est référée aux neuf qualités transversales de curriculum, définies par Bouchard et Plante cités par Demeuse (2013). Il s'agit de l'« à-propos », l'efficacité, l'efficience, l'impact, la cohérence, la synergie, la flexibilité et la durabilité.

Le **chapitre 3** analyse la « pertinence » et l'« à-propos ».

La « pertinence » correspond à la prise en considération des liens entre objectifs et besoins clairement identifiés. Elle impose une opérationnalisation et une précision des objectifs pédagogiques.

L'« à-propos » se rapporte aux contraintes liées au contexte et au terrain.

Le corpus du chapitre 3 est constitué des trois lois citées précédemment et des quatre « Livres de curriculum » de collège de Madagascar. Les besoins de la société malgache sont

écrits dans les trois lois et détaillés dans la rubrique « Finalité » des « Livres de programme ». Les « Livres de programme » contiennent des prescriptions concernant toutes les disciplines scolaires enseignées au collège, mais nous avons sélectionné ceux qui se rapportent aux sciences physiques.

Une grille est conçue spécialement pour analyser les contenus des « Livres de programme ». L'objectif de l'analyse est de faire émerger les prescriptions curriculaires qui sont en relation avec la « pertinence » et l'« à-propos ».

Nous avons constaté que le curriculum est orienté vers la formation des citoyens plutôt capables de réaliser des tâches bien déterminées à l'avance alors que la société a besoin d'individus intellectuellement épanouis capables de se développer et de développer la société.

L'enseignement préconisé exclut la de simulation et de modélisation sont exclues. Les méthodes prescrites sont basées exclusivement sur le mode de raisonnement inductif, les modes de raisonnement déductif et hypothético-déductif sont négligés. Ces démarches et modes de raisonnement devraient pourtant être fréquents dans l'enseignement-apprentissage des sciences expérimentales, dont les sciences physiques.

La liberté de choix, en matière de démarche et de mode de raisonnement, des citoyens ainsi formés serait donc limitée.

Le chapitre 4 analyse de l'« efficacité » et l'« impact »

L'« efficacité », l'« efficience » et l'« impact » sont reliés aux résultats. L'efficacité est déterminée par le rapport entre le résultat effectivement obtenu et l'objectif visé. Faute de données sur les résultats effectifs, nous avons utilisé les résultats susceptibles d'être obtenus avec les méthodes prescrites.

L'« efficience » est relative à l'optimisation du résultat.

Quant à l'« impact », il est considéré comme « le lien ... entre les résultats attribuables [au curriculum], mais non voulus ou non visés de façon explicite à travers ses objectifs ... » (Bouchard et Plante cités par Demeuse 2013).

La même grille d'analyse est utilisée pour ce chapitre 4, mais le corpus de ce chapitre est constitué seulement des quatre « Livres de programme ». L'analyse a montré les faits suivants.

Concernant l'« impact » du curriculum :

- des méthodes prescrites sont imprécises et pourraient être des sources de confusions entre des concepts scientifiques
- des contenus sont réservés à une petite frange de population scolaire à cause d'une insuffisance de prise en considération de la vie quotidienne des apprenants, pour ne citer que le taux d'électrification très bas à Madagascar
- certains contenus d'enseignement risquent de perdre leurs utilités
- des expériences prescrites sont irréalisables à cause d'une prise en considération insuffisante de la réalité de classe. En effet, l'enseignement des sciences physiques se fait dans des salles de classe ordinaires et les matériels d'expérimentation disponibles sont de mauvaises qualités.

Concernant l'efficacité, analysée à travers la comparaison de ce qui est prescrit et ce qui est susceptible d'être obtenu effectivement.

- de nombreuses prescriptions qui négligent l'interprétation de phénomènes physiques
- une prise en considération insuffisante des relations entre concepts scientifiques, ce qui fait disparaître le fait qu'un concept scientifique constitue un nœud d'un réseau conceptuel et que les autres concepts scientifiques expliquent sa validité.
- Une exploitation insuffisante des chapitres. Certains chapitres sont réduits à la constitution de prérequis pour d'autres.

Pour compléter l'analyse du curriculum dans un objectif d'évaluation, nous avons traité aussi la « flexibilité » qui correspondrait à la capacité du curriculum de résister aux changements possibles pendant une longue durée. Dans notre recherche, nous avons plutôt étudié la « flexibilité » des prescriptions curriculaires.

Nous avons observé plusieurs types de formulations de ces prescriptions : des injonctions, des suggestions, une utilisation abusive du pronom personnel « on » et de la forme passive.

Ces différents types de formulations compliquent la mise en application du curriculum et limitent les utilisations potentielles.

Une tentative de prise en compte de la « synergie » est rattachée à la mobilisation et la coordination de ressources humaines et/ou matérielles. Néanmoins, le dernier approvisionnement des collèges en matériels d'expérimentation a eu lieu en 1998 lors du projet CRESED II²² et dès la fin du projet, le local est utilisé par d'autres services, les documents correspondants ont disparu et les collèges ouverts après ce projet ne possèdent donc pas de matériels d'expérimentation. En d'autres termes, il n'y a plus rien à mobiliser ni à coordonner.

Quant à la « synergie » des sources humaines, il y a bien des équipes pédagogiques qui sont mises en places. Elles sont censées organiser et uniformiser les pratiques pédagogiques de ses membres, mais l'absence des textes y afférents dans la plupart des collèges réduit leurs rôles à l'organisation d'évaluation commune.

L'étude de l'« efficience », la « cohérence » et la « durabilité » n'a pas pu être menée.

La « durabilité » n'a pas pu être évaluée. Quant à la « flexibilité », en revanche, dans notre thèse, nous avons pu soulever les problèmes suivants.

Deux manières contradictoires sont utilisées pour formuler les méthodes et aucune explication ne permet de justifier le choix de l'une d'entre elles. Les méthodes sont décrites sous forme d'injonction ou de suggestion.

Les injonctions prescrivent les matériels à utiliser, les activités, les tâches de l'enseignant et de l'élève et/ou le résultat à obtenir. Elles sont formulées avec un verbe à l'infinitif, ou avec le verbe « devoir » conjugué au futur de l'indicatif. Avec ces injonctions, le curriculum définit même les tâches des enseignants et des apprenants, les activités des apprenants sont très limitées. Parmi les 621 phrases composant la rubrique « Observation », 61 sont des phrases injonctives formulées avec des verbes « faire faire une activité mentale ou manuelle » (observer, calculer, manipuler...)

²²<http://documents.worldbank.org/curated/en/680281468756997433/Madagascar-Education-Sector-Development-Project-CRESED-II>

Les injonctions confèrent une rigidité à ce curriculum formel, elles prescrivent les matériels à utiliser, les activités, les tâches de l'enseignant et de l'élève et/ou le résultat à obtenir. Elles sont formulées avec l'infinitif du présent.

Électrifier l'extrémité d'une tige de verre et la suspendre en son milieu au bout d'un fil isolant et sans torsion. Approcher successivement de cette extrémité la partie électrisée de chacun des objets suivants : une règle en P.V.C. (polychlorure de vinyle), une règle en plexiglas et une autre tige de verre. (Classe : Quatrième, Thème : Électricité, Chapitre : Électrification par frottement)

ou avec le verbe « devoir » conjugué au futur de l'indicatif : « Le professeur devra trouver la règle simple permettant de déterminer la tension de l'association de ces piles : ... » (Classe : Sixième, Thème : Électricité, Chapitre : Montage en série et en dérivation)

L'injonction suppose que les apprenants ne possèdent aucune conception au début du processus d'enseignement-apprentissage. Ils alignent facilement leurs projets d'apprentissage et leurs modes de raisonnement avec ceux du projet d'enseignement dicté par le curriculum formel.

D'autres méthodes sont par contre rédigées sous forme de suggestions avec des phrases déclaratives utilisant des verbes conjugués au futur de l'indicatif. Cette formulation confère par contre une « flexibilité » au curriculum.

Les suggestions sont formulées avec des phrases déclaratives utilisant des verbes conjugués au futur de l'indicatif. Comme aucune justification ne peut donner à la prescription de l'injonction ou de la suggestion, les enseignants ont des difficultés à déterminer les marges de manœuvre que le curriculum leur accorde.

On utilisera la soude pour tester dans une solution aqueuse, la présence des ions Fe^{2+} (précipité vert foncé d'hydroxyde de fer II) et Fe^{3+} (précipité rouille d'hydroxyde de fer III). Pour Na^+ , on pulvérisera une solution concentrée de sodium sur une flamme d'un briquet à gaz, à défaut de bec Bunsen : la coloration jaune prouvera la présence de l'ion sodium dans la solution pulvérisée. (Classe : Quatrième, Thème : Chimie, Chapitre : Ions)

Certaines recommandations combinent même injonctions et suggestions

Décrire comment se groupent les atomes de ces métaux. On pourra alors procéder comme suit :

- faire connaître ce qu'est un cube à faces centrées : visualiser en montrant un objet cubique avec un point au centre de chaque face (confectionner, au besoin, un cube en carton) ...
(Classe : Quatrième, Thème : Chimie, Chapitre : Atomes et molécules)

Deux autres types de formulation compliquent, par contre, la détermination du partage des tâches entre l'enseignant et l'élève ainsi que la méthode.

Le premier type est l'utilisation de la voie passive, elle attache plutôt de l'importance au résultat. « La maîtrise de l'idée de continuité du circuit et de circulation du courant électrique sera acquise par l'expérience ». (Classe : Sixième, Thème : Électricité, Chapitre : Circuit électrique)

Le deuxième type est l'utilisation du pronom personnel indéfini « on ». Ce pronom est très utilisé dans le curriculum. Tantôt, il représente l'enseignant, « À l'aide de maquettes (balle de tennis, ballon de foot ...), on illustre expérimentalement les éclipses de lune et de soleil ». (Classe : Quatrième, Thème : Optique, Chapitre : Ombre)

tantôt, il représente l'élève ou d'autres personnes.

En utilisant une pompe à bicyclette ou une seringue, on s'aperçoit que, pour une masse déterminée de gaz (l'air), le volume qu'il occupe est lié à une nouvelle notion qui est la pression. (Classe : Sixième, Thème : Propriétés physiques de la matière, Chapitre : Manipulation avec les gaz)

Dans certaines recommandations, le nom « professeur » et le pronom personnel « on » sont utilisés simultanément.

L'étude se fera avec un ampèremètre monocalibre. Si l'appareil utilisé comporte plusieurs calibres, le professeur choisira le calibre le mieux adapté à la mesure qui permet de faire une lecture directe. On évitera notamment de calculer la valeur d'une intensité passant par la valeur correspondant à une division. On fera observer à cet effet qu'à un calibre correspond une graduation appropriée qui permet la lecture directe. (Classe : Cinquième, Thème : Électricité, Chapitre : Circuit électrique)

Pour compléter l'analyse du curriculum formel et préparer notre proposition d'expérimentation, nous avons décidé, dans la troisième partie, de nous pencher sur le curriculum réel autrement dit sur l'enseignement des sciences physiques effectivement mis en œuvre par les enseignants, et c'est après que nous avons réalisé des TP-apprenants

selon la démarche d'investigation dans des classes où l'effectif avoisine l'effectif moyen national qui est toujours compris entre 40 et 50 apprenants par classe.

En conclusion, nous avons pu identifier des éléments qui montraient des lacunes à six des neuf qualités transversales précédemment référencées par Bouchard et Plante cités par Demeuse (2013).

La troisième partie de notre thèse est axée sur l'intégration de la démarche d'investigation dans l'enseignement de sciences physiques au collège.

Le **chapitre 5** détermine les contraintes et obstacles à l'intégration d'une nouvelle pratique de l'expérience

Pour nous informer de la réalité dans les collèges à propos des pratiques pédagogiques des enseignants, nous avons effectué des entretiens semi-directifs auprès de 12 enseignants de sciences physiques de collège de Madagascar de profils différents.

L'objectif était de déterminer les conceptions des enseignants de collège de Madagascar concernant le processus d'enseignement-apprentissage en général, et leurs conceptions de l'expérience et d'identifier leurs compétences en matière d'expérience. Nous espérons y trouver une relation entre ces conceptions et une proposition d'intégration d'une nouvelle pratique d'expérience.

Les entretiens enregistrés puis transcrits sont analysée grâce à une que nous avons conçue spécialement.

Nous avons pu conclure que dans le contexte actuel, la réalisation d'expérience en classe rencontre des contraintes d'ordre administratif, matériel et financier, en plus des obstacles dus aux conceptions des enseignants eux-mêmes. Pour ces derniers, la pratique des enseignants est grandement influencée par le curriculum, « enseigner » est synonyme de transmettre des connaissances théoriques, habituer à répondre à des questions standards. Les expériences servent seulement à montrer des phénomènes physiques et à convaincre les apprenants qu'il s'agit d'une réalité observable.

Les expériences que les enseignants ont citées sont simples, elles visent chacune un seul objectif spécifique. Elles ne possèdent pas d'importance particulière donc elles peuvent être évitées.

Le **chapitre 6** décrit l'expérimentation d'une démarche d'investigation en grands sous-groupes.

L'objectif est de s'informer de la possibilité de TP-apprenants selon la démarche d'investigation dans les conditions qui prévalent dans le collège de Madagascar et de l'influence de cette méthode sur le processus d'enseignement-apprentissage des sciences physiques.

Les expérimentations ont été réalisées dans deux classes de troisième de deux collèges différents, une classe dans chaque collège.

Deux séquences TP-apprenants selon la démarche d'investigation et en sous-groupes hétérogènes de sept, huit ou neuf individus ont été réalisées dans chaque classe. À chaque apprenant est attribué un rôle bien déterminé, à savoir, chef de groupe, secrétaire, manipulateur, rapporteur et chargé de relation avec l'enseignant. Comme il y a plus de membres que de rôles, un rôle a été assuré par un ou deux apprenants.

Le sujet d'expérimentation est la relation entre la densité d'un liquide et la position d'un solide qui est lâché à sa surface.

Le déroulement des expérimentations est enregistré, avec une caméra. Un dictaphone placé sur table de chaque groupe, le brouillon de chaque sous-groupe est à la fin de la séance. Nous avons observé la classe pendant l'expérimentation et noté les faits et les discussions intéressantes.

À l'issue de deux expérimentations, nous avons pu conclure que :

Des séances de TP-apprenants selon la démarche d'investigation en sous-groupes hétérogènes de sept, huit ou neuf apprenants sont réalisables. En effet, aucun sous-groupe n'a suivi un parcours linéaire, il y a va-et-vient entre esprit créatif et esprit de contrôle. La démarche débute par une interrogation explicative qui débouche ensuite sur une interrogation pragmatique. Il y a eu débats entre apprenants lors de la mobilisation de l'esprit créatif en vue de l'émission d'hypothèse et de protocole pour la corroborer.

Pendant les expérimentations, il y a eu aussi acquisition de connaissances à la manipulation, des connaissances relatives à la mesure, des connaissances théoriques et des connaissances relatives à la démarche.

Il y a eu, en plus, une socialisation des apprenants. Ils demandent la parole avant de parler et quand un apprenant parle les autres le respectent. Il y a aussi responsabilisation des apprenants, chacun a effectivement assuré son rôle de manière effective.

Les actions menées actuellement par l'État à travers ses différents départements ministériels vont bien dans le sens de notre préoccupation dans le cadre de notre thèse.

Nous citerons parmi celles-ci, le projet Amélioration de la qualité de l'éducation à Madagascar (AQUEM)²³ qui a vu le jour au milieu de l'année 2015 et le Plan sectoriel de l'Éducation PSE (2018-2022) élaboré pendant l'année 2016.

À la fin de l'année 2014, le ministère de l'Éducation nationale développait le projet AQUEM. Ce projet valant 12 millions d'euros est financé par l'État malgache à hauteur de 16,67 % et l'Agence française de développement (AFD) à travers l'Unité d'appui technique de l'éducation (UAT).

Ce projet comprend trois composantes, dont l'amélioration de la qualité de l'enseignement dans l'enseignement primaire, le développement et le renforcement des filières scientifiques dans l'enseignement secondaire public et privé et le renforcement des capacités de planification, pilotage et gestion du MEN.

Le développement et le renforcement des filières scientifiques dans l'enseignement secondaire public et privé prouvent une prise de conscience par l'État de manque de qualité de l'actuel curriculum.

Dans ce volet, il y a la formation continue des enseignants et de personnel accompagnant (chef d'établissement, gestionnaire de salle informatique, laborantins) dans 220 établissements scolaires, un approvisionnement de 220 établissements en ressource numérique et scientifique, une contractualisation des aides aux établissements et une animation de réseau national pour moderniser les contenus et mutualiser les ressources. Ces actions prendront en charge la « cohérence » et la « synergie », plus précisément la

²³www.education.gov.mg/wp.../11/FICHE-TECHNIQUE-DU-PROJET-AQUEM.pdf

mobilisation et la coordination des ressources dont la carence est constatée par l'État. Ces deux critères transversaux de curriculum sont peu analysés dans notre thèse faute de documents.

L'INFP, la fondation LAMAP-France et l'ONG-Défi sont partenaires pour la formation des enseignants des sciences et mathématiques des collèges. Parmi les contenus de formation, il y a la pratique de la démarche d'investigation selon les sept étapes du canevas français. Le choix de cette démarche justifie celui de notre sujet de thèse.

Deux différences majeures se trouvent pourtant entre les pratiques proposées par les trois organismes formateurs de l'AQUEM et les nôtres. Tandis qu'ils forment les enseignants à la fabrication de matériels d'expérimentation, et à la réalisation de TP-apprenants qui se fera avec des binômes. Nous, de notre côté, avons acheté des densimètres et réparti les apprenants en sous-groupes hétérogènes de sept, huit ou neuf individus. Nous avons basé notre méthodologie sur les contraintes que pose l'effectif moyen actuel national de 40 à 50 apprenants par classe. Nous signalons qu'il n'était pas question pour nous d'apprendre à fabriquer des matériels d'expérimentation.

Cette action a certes son avantage compte tenu des contraintes financières qui prévalent actuellement et depuis plus d'une décennie. L'aptitude des enseignants à fabriquer des matériels d'expérimentation permettra au pays de se libérer, au moins en partie de ces contraintes. Mais, le fait d'organiser le TP-apprenants en binôme demandera un nombre conséquent de matériels d'expérimentation. Premièrement, l'établissement ou l'enseignant n'aurait pas suffisamment de budgets pour l'assurer.

Deuxièmement, les matériels que les enseignants auraient fabriqués ne permettraient pas à des études quantitatives nécessitant une précision. Leur utilisation serait donc limitée à des études des phénomènes physiques et à l'apprentissage de la démarche d'investigation.

En 2016, l'État malgache développait le plan sectoriel de l'éducation PSE 2018-2022. Ce plan préconise la conservation de la durée de l'enseignement fondamental de 9 ans et celle de l'enseignement secondaire de 3 ans définies par la loi 2004-004 du 26 juillet 2004. L'enseignement fondamental de 9 ans est et reste obligatoire et gratuit pour tous les enfants à partir de l'âge de 6 ans.

L'enseignement fondamental est divisé en trois sous-cycles de trois ans. L'actuel enseignement au collège correspond donc à la dernière année du sous-cycle 2 et au sous-cycle 3.

Cette série de réorganisation des secteurs d'enseignement oblige la construction de nouveau curriculum. Le PSE 2018-2022 prévoit aussi un changement de curriculum scolaire pour toutes les classes. Le nouveau programme scolaire de T6 (sixième année) est à mettre en application pour l'année scolaire 2020. Ceux des T7, T8 et T9 se feront respectivement en 2021, 2022 et 2023 dans tous les établissements.

Le PSE 2018-2022 revendique la réalisation d'une évaluation des actuels curriculums formels avant de passer à la construction de nouveau curriculum. Nous avons alors estimé avoir déjà participé à cette tâche. Nos résultats et notre méthodologie pourraient être utilisés comme référence à l'étude du curriculum des sciences physiques du lycée ou ceux des autres disciplines.

Notre recherche s'ouvre à de nouvelles perspectives.

Premièrement, concernant la construction et l'évaluation de curriculum nous pouvons proposer les axes suivants.

On pourrait se servir de la méthode que nous avons développée dans le cadre de cette thèse pour faire une analyse de curriculum d'autres disciplines et d'autres secteurs d'enseignement.

À l'heure actuelle, l'État malgache, dans le cadre du PSE 2018-2022, est en train de construire les nouveaux curriculums des différents niveaux d'enseignement. Il y a besoin d'analyse à priori de ces curriculums et peut-être des analyses régulières ou périodiques pour pouvoir des réformes partielles.

Deuxièmement, à propos de la démarche d'investigation en grands groupes, de nouveaux sujets de recherches pourraient être proposés. Des démarches d'investigation en grands groupes pourraient être réalisées avec des thèmes différents, dans disciplines différents et à des niveaux d'enseignement différents.

Il serait intéressant de pencher sur l'évolution des aptitudes des apprenants à mener la démarche d'investigation suivant le nombre de thèmes déjà traités.

Des recherches pourraient être menées concernant la formation des enseignants pour l'amélioration des compétences, compte tenu des démarches, de l'évolution des techniques ou des technologies de l'éducation.

Étant donné que dans le cadre de notre recherche, il est observé qu'il y a acquisition de connaissances liées à la manipulation et à la mesure, de la socialisation et de la responsabilisation, il semble nécessaire d'effectuer des recherches visant à changer le mode d'évaluation.

Bibliographie

- Alexandre, P. (1987). Introduction sur la problématique des grands groupes. *Dialogues et Cultures*, 30, 5 – 9.
- Alexandre, P., Dioum, A., Drame, O. et al. (1991). *Répertoire méthodologique sur les techniques d'organisation et d'enseignement dans les grands groupes*. Dakar, Sénégal : Conférence des Ministres de l'Éducation Nationale des pays ayant en commun l'usage du français (CONFEMEN).
- Aylwin, U. (1994). Le travail en équipe : pourquoi et comment ? *Pédagogie collégiale*, 7, 28-32. Récupéré de http://aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/aylwin_ulric_07_3.pdf.
- Anguenot, G. (2012). La démarche d'investigation au collège. Quand les élèves mènent. *Revue de technologie*, 177, 58-62, Récupéré du site de l'eduscol : <http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/718/718-revue-technologie-n177-p58.pdf>.
- Astolfi, J.P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles, Belgique : De Boeck Université
- Bachelard, G. (1938). *La Formation de l'esprit scientifique Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris, France : Vrin.
- Barlow, M. (1993). *Le travail en groupe des élèves*. Paris, France : Armand Colin Editeur
- Bätchtold, M (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation, *Tréma*, 38, 1-31, récupéré de <https://journals.openedition.org/trema/2817>.
- Berbaum, (1995). *Développer la capacité d'apprendre*. Paris, France : ESF.
- Bernachez, P-A. et Weiss-Lambrou, R. (2003). Enseigner à de grands groupes Un défi à relever. *Bulletin CEFES*. 8, 1-2, récupéré sur le site la revue : <http://www.cefes.umontreal.ca/>.
- Blanquet, E. (2014). *La construction de critères de scientificité pour la démarche d'investigation : une approche pragmatique pour l'enseignement de la physique à l'école primaire* (Thèse

- de Doctorat, Université de Genève. Suisse). Récupéré de <http://www.theses.fr/2014NICE4104>.
- Bomchil, S. et Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? *Aster*, 26, 85-108. Paris, France : INRP.
- Bronkaert, J.P., John-Steiner, V., Panofsky, C.P., Piaget, J., Schneuwly, B., Vygotsky, L.S. et Wertsch, J.V. (1985). *Vygotsky aujourd'hui*. Paris, France : Delachaux et Niestlé.
- Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. La pensée Sauvage, Grenoble.
- Calmette, B. (2010). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques en classe. Récupéré de https://www.persee.fr/docAsPDF/spira_0994-3722_2009_num_43_1_1191.pdf.
- Calmette, B. (2010). Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme. Récupéré de <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00551259/document>.
- Calmette, B. et Boilevin, J-M. (2014). Le modèle « investigation-structuration » et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *RDST*, 9, 103-128. Récupéré de <https://journals.openedition.org/rdst/856>.
- Calmette, B. et Mathéron, Y. (2015). Les démarches d'investigation : utopie, mythe ou réalité ? *Recherche en éducation*, 21, 3-11, Récupéré du site de la revue : <http://www.recherches-en-education.net/IMG/pdf/Sommaire-REE-no21.pdf>.
- Calmette, B. (2009). Démarche d'investigation en physique des textes officiels aux pratique en classe. *Spirale Revue de recherche en éducation*, 43, 139-148.
- Cariou, J.Y. (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves* (Thèse de Doctorat, Université de Genève, Suisse). Récupéré de l'archive HAL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00521174>.
- Cariou, J.Y. (2010). Tentative de détermination de l'authenticité des démarches d'investigation. Acte de colloque, Ressources et travail collectif dans la mise en place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. Récupéré de <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/dies2010/DIES2010-actes-complet-17-12.pdf>.

- Cariou, J.Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherche en éducation*, 21, 12-33. Récupéré du site de la revue : <http://www.recherches-en-education.net/IMG/pdf/REE-no21.pdf>.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble, France : La pensée sauvage.
- Coquidé, M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire HDR. Université Paris Sud.
- Coquidé, M. et Flatter, E (2015). D'une auto-prescription à une mise en œuvre d'investigation. Étude de cas en SVT au collège. *Recherche en éducation*, 21, 34-50.
- Coquidé, M., Fortin, C. et Rumelhard, G (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, 51-78. Paris, France : INRP.
- Cross, D. et Grangeat, M. (2014). Démarches d'investigation : analyse des relations entre contrat et milieu didactiques. *RDST*, 10, 155- 192. Récupéré de <https://journals.openedition.org/rdst/946>.
- D'Hainaut, L. (1983). *Des fins aux objectifs en éducation*, Paris, France : Nathan.
- Darley, B. (1996), Exemple d'une transposition didactique de la démarche scientifique dans un TP de biologie en DEUG 2eme année. *Didaskalia*, 9, 31-56. Récupéré de http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/23786/DIDASKALIA_1996_9_31.pdf?sequence=1.
- De Landsheere, G. (1992). *Définir un objectif pédagogique*. Paris, France : Presse Universitaire de France.
- De Peretti, A. (1987). Les grands groupes et la pédagogie. *Dialogues et Cultures*, 30, 32-45. Paris, France : L'Harmatan.
- De Vecchi, G. (1990). La construction du savoir scientifique passe par une suite de ruptures et de remodelages. *Recherche et Formation*, 5, 35-46. Récupéré de https://www.persee.fr/docAsPDF/refor_0988-1824_1990_num_7_1_999.pdf.
- De Vecchi, M. et Giordan A (2002). *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche ?* Paris, France : Delagrave.
- Demeuse, M. et Strauven, C. (2013). *Développer un curriculum d'enseignement ou de formation : Des actions politiques au pilotage*. Bruxelles, Belgique : De Boeck.

- Demeuse, M. (2013). Elaborer un curriculum de formation et en assurer la qualité. Récupéré de l'archive HAL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00826918>.
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris, France : ESF Editeur.
- Dioum, A. (1992). Les grands groupes : état de la question. *Diagonales*, 22, 39-41.
- Dioum, A. (1995). Enseigner dans une classe à large effectif. LaSalle (Québec) : Hurtubise HMH - Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACTT).
- Dioum, A. (1996). Les grands groupes dans l'enseignement, un itinéraire d'expériences et de théorisation. *Perspectives documentaires en éducation*, 37, 33-50. Récupéré du site de l'IFE : <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/perspectives-documentaires/RP037-2.pdf>.
- Doise, W. et Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'Intelligence*. Paris, France : InterEditions.
- Drouard, F. (2008). La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences. *Grand N*, 82, 31- 51. Récupéré du site de l'IREM : <http://www-irem.ujf-grenoble.fr>.
- Favre, D. et Rancoule, Y. (1993). Peut-on décontextualiser la démarche scientifique? *Aster*, 16, 29-46. Paris, France : INRP.
- Fillon, P. (1992). Le raisonnement scientifique : des pratiques de référence au savoir construit par les élèves. *Aster*, 14, 3-8. Paris, France : INRP.
- Galiana, D. (1999). Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées (1850-1996). *Aster*, 28, 9-32. Paris, France : INRP.
- Georgelin, A. (2016), Le secteur de l'énergie à Madagascar. Enjeu et opportunités d'affaires. Récupéré de http://ader.mg/pdf_files/infos/Energies_Renouvelables/Etudes/Etude_L'%C3%A9nergie_%C3%A0_Madagascar_enjeux_et_opportunit%C3%A9s_d'affaires_-_Version_FINALE_290816.pdf.
- Gil-Perez, D. (1993). Apprendre la science par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, 17, 41-64. Paris, France : INRP.
- Giordan, A. (1978). *Une pédagogie des sciences expérimentales*. Paris, France : Centurion, 1978.

- Grangeat, (2013). *Les enseignants des sciences face aux démarches d'investigation*. Grenoble, France : Presse Universitaire de Grenoble.
- Guidoume, M. (2010). *Représentation et pratiques enseignantes dans une approche par compétences du FLE au secondaire algérien : cas des PES de la Wilaya de Tiaret* (Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, France). Récupéré de theses.univ-oran1.dz/document/42201126t.pdf.
- JICA (2015). Etude sur le secteur de l'Éducation de base en Afrique Madagascar Rapport d'analyse du secteur de l'Éducation de base. Récupéré de http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/12245544.pdf.
- Jonnaert, P., Moussadak, E. et Defise, R. (2009). *Curriculum et compétences. Un cadre opérationnel*. Bruxelles, Belgique : De Boeck Supérieur.
- Jonnaert, P. (2015). Vers une reproblématisation des assises d'une théorie du curriculum, *Linguarum Arena, Revista do programa doutora em didactica de linguas da universidade do Porto*, 6, 9-28.
- Joshua, S. et Dupin, J-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, France : PUF, 1993.
- Kozman, R.B. (1991). Learning with media. *Review of educational research*, 61, 179 – 211
- Larcher, C. et Peterfalvi, B (2006). Diversification des démarches pédagogiques en classe des sciences, *Union des professeurs de Physique et de Chimie*, 100, 825- 834.
- Legendre, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal, Canada : Guérin.
- Lemeignan, G. et Weil-Barraï, A. (1993). *Construire des concepts en physique. - L'enseignement de la mécanique*. Paris, France : Hachette Edition.
- Locke, J. (1735). *Essai sur l'entendement humain*. Amsterdam, Pays-Bas : Pierre Mortier.
- Martinand, J.L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne, Suisse : Peter Lang.
- Martinand, J.L. et al. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, France : INRP.
- Mathé, S. Méheut, M. et De Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 32, 41-76.

- Meirieu, P. (1987). *Apprendre ... oui, mais comment*. Paris, France : ESF Editeur.
- Miled, M. (2005). Un cadre conceptuel pour l'élaboration d'un curriculum selon l'approche par les compétences, *La refonte de la pédagogie en Algérie – Défis et enjeux d'une société en mutation, Alger : UNESCO-ONPS*, 125-136.
- Millar, R. (1996). Investigations des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*. 9, 9-30.
- Morge, L. et Boilevin J.-M. (2007). Séquence d'investigation en physique-chimie, collège, lycée. Clermont-Ferrand : CRDP d'Auvergne.
- Nomaye, M. (2006). *Pédagogie des grands groupes et éducation primaire universelle - Afrique subsaharienne*. Paris, France : L'Harmatan.
- Ould-Dickeh, M.V. (2002). *Les problèmes de mise en œuvre des activités expérimentales en situation de grands groupes dans l'enseignement des sciences physiques en Mauritanie niveau secondaire* (Thèse de doctorat, École Normale de Cachan. France).
- Paquette, G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences. Un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Québec, CANADA : Presses Universitaires de Québec.
- Pellaud, F. (2001). About the utilisation of children's conceptions to create an interactive book. Récupéré de <http://www.lides.unige.ch>.
- Perrenoud, P. (1993). *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*. 61-76, Paris, France : ESF.
- Piaget, J. (1968). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel, Suisse : Delachaux et Niestlé.
- Prieur, M., Monod-Ansaldi, R. et Fontainieu, R. (2013). Évaluer les démarches d'investigation : expliciter entre les disciplines les concepts structurants de ces démarches. Récupéré de <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01022768/document>.
- Razafimbelo, C. (2011). Formation et développement professionnel des enseignants des écoles primaires à Madagascar de 1896 à nos jours. *Tsingy*, 14, 177 - 195. Antananarivo, Madagascar : Editions Pro Média.

- Reboul, O. (1995). *Qu'est-ce qu'apprendre ?* Paris, France : Presses Universitaires de France
- Renard, (2001). L'enseignement de base en Afrique noire : pédagogie de grands groupes et formation des maitres. Récupéré de <https://www.unige.ch/fapse/erdie/files/1314/4239/6752/4-Renard.pdf>.
- Robardet, G (1989). Utiliser des situations - problèmes pour enseigner les sciences physiques. *Petit x*, 23, 61 – 70.
- Robert, A. et Tenaud, I, (1988). Une expérience d'enseignement de la géométrie en Terminale C, *Recherches en didactique des mathématiques*, 9, 31-70.
- Sajitha, B. (2009). *Mieux former la population active pour préparer l'avenir. La transformation de l'enseignement post-fondamental à Madagascar*. Washington, D.C., USA : BIRD.
- Schneeberger, P. et Rodriguez, R. (1999). Des lycéens face à une investigation à caractère expérimental : un exemple en première S. *Aster*, 28, 79-105. Paris, France : INRP.
- Stubby, P. (2014). *Les usages de la langue française à Madagascar*. (Mémoire de Master en Advanced Study (MAS). Haute École Pédagogique de Vaud, Lausanne, Suisse). Récupéré de doc.rero.ch/record/259361/files/md_ms2_p26319_2014.pdf
- Toussaint, J. (1996) : *Didactique appliquée de la physique-chimie : éléments de formation pour l'enseignement*. Paris, France : Nathan.
- UNESCO-IBE. (2006). Madagascar. *World Data on Education*. Récupéré de http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/archive/Countries/WDE/2006/SUB-SAHARAN_AFRICA/Madagascar/Madagascar.pdf.
- Venturini, P. et 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.
- Vergnaud G. (1985). Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation. *Psychologie française*, 30, 248-252.
- Vergnaud, G. (1989). *Psychologie et didactique : quels enseignements théoriques et méthodiques pour la recherche en physique*, in *La psychologie scientifique et ses applications*. Grenoble : Presse universitaire de Grenoble.

- Vergnaud G. (1991). La théorie des champs conceptuels, *Recherches en didactique des mathématiques*, 10, 133-170.
- Vergnaud G. (1995). Théorie et concepts fondamentaux, in *Apprentissages et Didactiques*, où en est-on ? Paris, France : Hachette.
- Wilson, L. O., (2016). Anderson and Krathwohl Bloom's Taxonomy Revised. Récupéré de https://quincycollge.edu/content/uploads/Anderson-and-Krathwohl_Revised-Blooms-Taxonomy.pdf.

Annexe 1 : Curriculum de sciences physiques de la classe de sixième

Objectifs de la matière

Les sciences physiques doivent amener l'élève à :

- pratiquer une démarche expérimentale pour faire aboutir une recherche ;
- adopter une attitude scientifique en développant chez lui l'esprit scientifique ;
- interpréter des phénomènes naturels par les connaissances qu'elles lui apportent ;
- mieux connaître le monde technique qui nous entoure par le biais de l'analyse des réalités et de l'effort pour comprendre et expliquer.

Objectifs de l'enseignement des Sciences physiques au Collège

À la sortie du C.E.G., l'élève doit être capable de (d') :

- continuer ses études au lycée ;
- faire preuve de maturité sur le plan de raisonnement ;
- interpréter des faits physiques de son environnement naturel et technique.

Objectifs des Sciences physiques en classe de 6ème

À la fin de la classe de 6ème, l'élève doit être capable de :

- distinguer les trois états de la matière ;
- définir les divers changements d'état ;
- mesurer une masse et un volume ;
- repérer une température ;
- distinguer chaleur et température ;
- réaliser d'un schéma de circuit électrique simple et inversement ;
- différencier une transformation physique et une transformation chimique

Volume horaire

3 heures par semaine

Contenu

Physique

Propriétés physiques de la matière

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- distinguer les trois états de la matière ;
- définir les différents changements d'états de la matière ;
- mesurer une masse et un volume ;
- repérer une température ;
- distinguer chaleur et température.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • montrer expérimentalement que : <ul style="list-style-type: none"> - les solides compacts ont une forme propre - les solides pulvérisés n'ont ni forme propre ni surface libre plane - les liquides n'ont pas de forme propre et représentent une surface libre plane et horizontale 	<p>Les états physiques de la matière</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observation de solides compacts et pulvérisés et de liquides 	<ul style="list-style-type: none"> • La comparaison d'échantillons familiers de solides et de liquides servira de support pour faire un classement entre solides (compacts et pulvérisés) et liquides, et pour faire dégager par les élèves leurs propriétés fondamentales. • On insistera sur l'horizontalité de la surface libre d'un liquide au repos. On fera observer expérimentalement aux élèves que, quelle que soit la position du récipient, la surface libre d'un

<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser correctement les termes compact, pulvérisé, forme propre et surface libre 		<p>liquide au repos est horizontale.</p> <p>On le schématisera.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Recueillir et transvaser un gaz • Montrer qu'un gaz (l'air) n'a ni forme propre ni surface libre plane et horizontale 	<p>Manipulation avec un gaz (l'air)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • On montre expérimentalement aux élèves la possibilité de transvaser un gaz (l'air) par déplacement de liquide et recueillir un gaz (exemple : gaz d'un briquet) • On fera observer qu'un gaz (l'air) n'a pas de forme propre et montrer qu'il n'a pas de surface libre plane horizontale.
<ul style="list-style-type: none"> • expliquer ce que la masse représente • Mesurer une masse 	<p>Masse et Volume</p> <ul style="list-style-type: none"> • détermination de la masse d'un solide et d'un liquide. Unité de masse 	<ul style="list-style-type: none"> • On veillera à ce que les élèves sachent utiliser correctement une balance. • La description d'une balance devra être l'occasion d'une étude technologique d'un appareil familier. L'étude de la qualité d'une balance est hors programme. On se limitera aux pesées simples. La technique de double pesée n'est pas au

<ul style="list-style-type: none"> • Exprimer la masse dans le système international : l'unité légale de masse est le kilogramme (kg). • Faire la conversion entre les unités de masse • Mesurer le volume d'un liquide à l'aide d'un récipient gradué • Mesurer le volume d'un solide de forme géométrique quelconque par déplacement de liquide • Calculer le volume d'un solide de forme géométrique simple • Faire une conversion entre les différentes unités de volume 	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination de volume d'un solide et d'un liquide, unité de volume. 	<p>programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> • On veillera aussi à ce que les élèves respectent les unités du système international. L'unité de masse est le kilogramme (kg). • On ne manquera pas d'utiliser ses multiples et sous-multiples et de faire quelques conversions. • On veillera à ce que les élèves sachent utiliser correctement un récipient gradué. • L'unité légale de volume est le mètre cube (m^3) dans le système international. Cette unité n'est pas pratique : dans la vie courante, on utilise le litre (symbole L) • On ne manquera pas d'utiliser leurs multiples et sous-multiples. L'élève devra savoir passer des unités relatives au mètre cube à celles du litre. • Pour un solide de forme géométrique simple, on comparera le résultat calculé à la valeur obtenue en mesurant son volume par déplacement de liquide.
	Température	

<ul style="list-style-type: none"> • Décrire un thermomètre • Relever une température • Expliquer l'échelle Celsius 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation d'un thermomètre • Lecture d'un thermomètre. Échelle Celsius 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire observer et décrire quelques types de thermomètres (thermomètre à alcool, à mercure ...) • Faire trouver l'utilisation de chacun des thermomètres. • On veillera à ce que les élèves sachent utiliser correctement un thermomètre. • Outre le savoir-faire que constitue la lecture d'une température, il sera important de faire acquérir aux élèves quelques ordres de grandeur : température d'une eau froide, tiède et chaude (dès qu'on ne peut plus y plonger la main) et les températures ambiantes dans la région. • Dans le système international, l'unité de température est le kelvin (K). Pour cette année, nous ne parlons que de l'échelle Celsius qui est couramment utilisée.
<ul style="list-style-type: none"> • Définir <ul style="list-style-type: none"> - une fusion - une solidification 	<p>Les transformations physiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • passage réciproque entre les trois états physiques. Chaleur et température. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire acquérir expérimentalement ces notions de transformations physiques. • Faire trouver les conditions qui favorisent l'évaporation (élévation

<ul style="list-style-type: none"> - Une vaporisation (ébullition et évaporation) - Une condensation - Une sublimation • Établir les conditions qui favorisent l'évaporation • Distinguer chaleur et température • Montrer que la masse d'un corps reste constante lors d'un changement d'état • Montrer que le volume peut varier 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation de la masse et non-conservation de volume 	<p>de température, augmentation de surface libre).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montrer que la quantité de chaleur cédée ou reçue par un corps peut provoquer une variation de sa température ou son changement d'état physique. • Montrer que lors de l'ébullition de l'eau pure, sa température reste constante alors que l'on continue à lui fournir de la chaleur. • Montrer expérimentalement la conservation de la masse de l'eau (par exemple) lors du passage de l'état solide à l'état liquide. • Montrer expérimentalement la variation du volume de l'eau (par exemple) lors du passage de l'état liquide à l'état solide.
---	--	---

Électricité

Objectif général : L'élève doit être capable de réaliser le schéma d'un circuit électrique et inversement.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indiquer les deux bornes pour une lampe et pour une pile • Allumer une lampe avec une pile • Montrer que la pile est la cause de la circulation d'un courant électrique qui fait briller la lampe : c'est un générateur • Utiliser des douilles, des éléments de 	<p>Circuit électrique</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'alimentation d'une lampe par un générateur de courant continu (pile). Circuit électrique et courant électrique 	<ul style="list-style-type: none"> • Le professeur fera découvrir expérimentalement aux élèves : <ul style="list-style-type: none"> - les différentes parties d'une lampe et d'une pile (étude technologique) - comment allumer une lampe avec une pile • L'élève doit être capable de décrire une lampe et d'expliquer comment on l'allume : les contacts entre les bornes de la pile et de la lampe permettent le passage du courant à travers le filament. Ce dernier devient incandescent et la lampe brille. • Dans une deuxième étape, on fera briller la lampe en utilisant des fils

<p>connexion et des pinces crocodiles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tester si un matériau est conducteur ou isolant à l'aide d'un montage électrique simple • Définir les mots conducteurs et isolants • Identifier quelques conducteurs et isolants • Distinguer les parties conductrices et isolantes d'une lampe • Repérer les bornes d'une pile et d'une lampe 	<ul style="list-style-type: none"> • Conducteur et isolant • Réalisation et schématisation d'un circuit de simple allumage d'une 	<p>électriques, des douilles et des pinces crocodiles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le professeur doit noter que l'ampoule n'est que la partie en verre de la lampe. • La maîtrise de l'idée de continuité du circuit et de circulation du courant électrique sera acquise par l'expérience. • Le professeur fera rechercher aux élèves le montage permettant de distinguer les isolants et les conducteurs (ne pas oublier de tester l'eau de pluie, l'eau salée, l'air ...). <p>On regroupera dans un tableau les matériaux testés.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le professeur pourra montrer aux élèves une lampe démontée pour distinguer les parties conductrices et isolantes de celle-ci. • La notion de bons et mauvais conducteurs (résistance) ne sera pas abordée. • Le professeur donnera les symboles des différents éléments d'un circuit électrique dans un tableau (ne pas oublier les deux
--	--	---

<p>les effets d'une sous-tension, d'une surtension</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier une panne (simple) à l'aide d'un testeur de continuité 		<ul style="list-style-type: none"> • Le professeur demandera aux élèves de lire les indications techniques portées sur les piles et sur les lampes. On conclura sur l'utilité de ces informations pour choisir une lampe adaptée à un générateur donné. • Le professeur fera rechercher aux élèves les différentes pannes possibles dans un circuit électrique simple (pile usée, lampe grillée, mauvaise connexion, coupures ...). Il leur fera aussi rechercher comment détecter ces pannes. La localisation d'une panne se fera à l'aide d'un « testeur de continuité » (lampe adaptée à la tension de la pile utilisée) ou d'une diode électroluminescente D.E.L. protégée. À cet égard, on sera prudent dans la conclusion du « tout ou rien » : l'intensité du courant peut être trop faible pour que la lampe brille (on pourra le montrer en montant en série sur une pile plate deux lampes, l'une « 220V – 100W », l'autre « 2,5V, 100mA »).
<ul style="list-style-type: none"> • comparer la tension d'une pile avec celle 	<ul style="list-style-type: none"> • danger du courant du secteur 	<ul style="list-style-type: none"> • La représentation du secteur (tension, danger, règle de

<p>du secteur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montrer que le courant du secteur présente un danger mortel pour les hommes et peut être la cause d'un incendie. • Éviter quelques erreurs avec le courant du secteur • Énoncer les principales règles de sécurité 		<p>sécurité) a pour but de familiariser les élèves avec la source de tension utilisée à la maison ou à l'école. On mettra en garde les élèves contre les risques encourus à vouloir refaire avec le secteur les expériences réalisées en classe avec des piles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • On notera qu'une tension supérieure à 24 volts peut causer des dommages et peut être mortelle. • On précisera les erreurs à ne pas faire.
<ul style="list-style-type: none"> • Montrer qu'une pile est : <p>- Dissymétrique : elle possède 2 bornes de natures différentes</p>	<p>Montage en série et en dérivation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Borne + et – d'une pile. Association de piles en série 	<ul style="list-style-type: none"> • On fera observer aux élèves que les bornes d'une pile sont repérées de manière différente. • Pour différencier les bornes de la pile, il serait intéressant d'utiliser un petit moteur électrique, d'une diode électroluminescente (D.E.L.)

<ul style="list-style-type: none"> • Associer correctement des piles en série (piles rondes et piles plates) • Déterminer la tension d'une association de piles en série • Définir un circuit série • Réaliser le montage de deux lampes en 	<ul style="list-style-type: none"> • danger du courant du secteur • Montage de lampe en série et en dérivation 	<p>ou un détecteur de courant à boussole. Il n'est pas question d'expliquer quoi que ce soit, mais simplement d'observer une différence de comportement entre les deux branchements.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le professeur devra trouver la règle simple permettant de déterminer la tension de l'association de ces piles : le fonctionnement normal d'une lampe (adaptée à la pile plate) à l'aide de trois piles rondes de 1,5V permettra de trouver l'additivité des tensions. On pourra faire démonter une pile 4.5 volts aux élèves. • Un montage en opposition sera également réalisé. • On fera l'étude technique d'une torche électrique. L'analyse de son circuit sera une occasion pour consolider les acquis, et on montrera le retour par la masse. Les élèves retrouveront ensuite ce type de circuit sur une bicyclette, sur une automobile. • Il est possible et intéressant de faire rechercher par les élèves les deux types de montages avec des
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Comparer la tension d'une pile avec celle du secteur • Définir le rôle du fusible dans un montage • Repérer sur un schéma le fil responsable d'un court-circuit 	<ul style="list-style-type: none"> • court-circuit 	<ul style="list-style-type: none"> • On notera que le court-circuit est une cause d'incendie ; d'où la nécessité de protéger les installations par des fusibles. On pourra faire toucher à un élève un fil placé en court-circuit (échauffement) et montrer que la paille de fer peut s'enflammer (danger d'incendie et détérioration du générateur). • Il convient de dissiper la fausse idée suivant laquelle une lampe court-circuitée est détruite, alors qu'en réalité c'est l'inverse qui se produit. Le court-circuit est destructeur pour le reste du circuit et non pour l'appareil court-circuité. • Le rôle du fusible sera montré expérimentalement. Le disjoncteur peut suppléer le fusible dans le cas d'un court-circuit (double sécurité).
---	---	---

Chimie

Objectif général : L'élève doit être capable de différencier une transformation physique d'une transformation chimique.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
-------------------------	----------	--------------

<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les produits formés lors de la combustion de la bougie. • Expliquer que l'air est un mélange gazeux • Montrer que l'oxygène est un constituant de l'air indispensable à la combustion 	<ul style="list-style-type: none"> • L'oxygène, un constituant de l'air nécessaire à la combustion 	<p>(formation de produits nouveaux : gaz, carbonique, carbone, eau).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consulter « Repère n°8, Novembre – Décembre 1995, page 5 » • La bougie sera étudiée comme objet technique : rôle de la mèche. • L'observation de la combustion du charbon de bois montrera la nécessité de l'air et en particulier de l'oxygène, un constituant de l'air. • On étudiera « le fatam-pera » comme objet technique permettant d'effectuer des combustions. On étudiera en particulier sa forme et ses possibilités de réglage de l'apport d'air.
<ul style="list-style-type: none"> • Montrer qu'une combustion se déclenche par un apport de chaleur • Montrer que toute combustion est accompagnée d'un 	<p>Aspects pratiques des combustions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustion : source de chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> • On montrera expérimentalement que : <ul style="list-style-type: none"> - La combustion du charbon de bois peut être déclenchée par la chaleur apportée par la flamme d'une bougie. - La chaleur dégagée par la combustion du charbon de bois

<p>dégagement de chaleur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser des combustions comme source de chaleur • Montrer qu'une combustion peut donner de la lumière • Utiliser la combustion comme source de lumière • Identifier les combustibles usuels • Expliquer le fonctionnement technologique de quelques appareils utilisant les combustibles usuels • Réaliser des combustions 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustion : source de lumière • Utilisation de divers combustibles • Problèmes de sécurité liés aux combustibles 	<p>permet de cuire des aliments, chauffer des objets.</p> <ul style="list-style-type: none"> • On reviendra si nécessaire sur l'étude du « fatam-pera ». • On montrera expérimentalement que lors de la combustion d'une bougie par exemple, c'est la présence des particules de carbone incandescentes en suspension dans la flamme qui la rend éclairante. • On fera l'étude technologique d'une lampe à combustion de liquides. • On pourra citer en exemples : lampe à pétrole, à huile ... • On réalisera expérimentalement quelques combustions de combustibles trouvés dans l'environnement. • On n'oubliera pas de rappeler que toute combustion est une réaction chimique. • On rappellera que les combustions nécessitent de l'air, d'où nécessité d'aérer les locaux.
---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer les causes des différents dangers liés aux combustions 		<ul style="list-style-type: none"> • On évitera les fuites de liquides ou de gaz combustibles qui pourraient s'enflammer en présence d'une flamme ou d'une étincelle. • On devra constater les risques d'asphyxie ou d'intoxication lors des combustions par manque d'air, ou par dégagement de gaz toxique (dioxyde de carbone, monoxyde de carbone). • Certaines combustions sont dangereuses pour la santé : le tabac, certains produits chimiques (benzène ...)
<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer des effets néfastes de la déforestation et de la pollution 	<ul style="list-style-type: none"> • Les combustions et l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> • Il est important que les élèves connaissent les dangers liés aux combustions afin d'être en mesure de les maîtriser : effet thermique, risque d'explosion, consommation d'air, toxicité de certains produits. À cet égard, on signalera la nocivité de la fumée de tabac, tant pour le fumeur que pour son environnement. • Les feux de brousse dégagent des gaz nuisibles pour la santé et provoquent la dévastation des forêts qui sont une richesse nationale.

		<ul style="list-style-type: none"> • On pourra parler des conséquences de la déforestation : sécheresse, érosion, création des « lavaka » (cassure du sol).
--	--	--

Instructions

- La physique et la Chimie sont des sciences expérimentales. Alors, chaque leçon doit être bâtie sur des expériences simples ou des observations rattachées à l'environnement naturel ou technique des élèves. L'explication de l'expérience, animée par le professeur, doit comporter une participation active des élèves.
- Chaque semaine doit comporter une séance de Physique et une séance de Chimie.

Evaluations

Le professeur ne doit pas manquer de mettre en œuvre des évaluations formatives, sommatives et intégrations. Le choix des situations d'évaluation adéquates est laissé à son initiative.

Annexe 2 : Curriculum de sciences physiques de la classe de cinquième

Objectif de la matière

Les sciences physiques doivent amener l'élève à :

- pratiquer une démarche expérimentale pour faire aboutir une recherche ;
- adopter une attitude scientifique en développant chez lui l'esprit scientifique ;
- interpréter des phénomènes naturels par les connaissances qu'elles lui apportent ;
- mieux connaître le monde technique qui nous entoure par le biais de l'analyse des réalités et de l'effort pour comprendre et expliquer.

Objectifs de l'enseignement des Sciences physiques au Collège

À la sortie du C.E.G., l'élève doit être capable de (d') :

- continuer ses études au lycée ;
- faire preuve de maturité sur le plan de raisonnement ;
- interpréter des faits physiques de son environnement naturel et technique.

Objectifs des Sciences physiques en classe de 5ème

À la fin de la classe de 5^{ème}, l'élève doit être capable de :

- déterminer la masse volumique d'une substance ;
- mettre en évidence la notion de pression ;
- montrer qu'un gaz (l'air) est compressible et expansible ;
- identifier les phénomènes liés à la dilatation ;
- conserver le chaud et le froid ;
- mesurer une intensité de courant électrique et une tension ;
- montrer que deux pôles d'aimant de même nom se repoussent, tandis que deux pôles de noms différents s'attirent ;
- montrer qu'une bobine parcourue par un courant électrique se comporte comme un aimant ;
- préparer une solution de concentration donnée ;

- citer quelques critères de pureté d'une substance ;
- représenter par une écriture une réaction chimique.

Volume horaire

4 heures par semaine

Contenu

Physique

Propriétés physiques de la matière

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- déterminer la masse volumique d'une substance ;
- mettre en évidence la notion de pression ;
- montrer qu'un gaz (l'air) est compressible et expansible ;
- identifier les phénomènes liés à la dilatation ;
- conserver le chaud et le froid.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mesurer une masse à l'aide d'une balance ; • mesurer un volume à l'aide d'un récipient gradué ; 	<p>Les états solide et liquide</p> <ul style="list-style-type: none"> • rappels de notions de masse et de volume 	<ul style="list-style-type: none"> • il s'agit de maîtriser les acquis en classe de 6^{ème} pour pouvoir s'en servir par la suite : se reporter aux objectifs et commentaires concernant ce qui a été réellement traité à ce niveau.

<ul style="list-style-type: none"> • calculer le volume d'un objet de forme géométrique simple ; • déterminer la masse volumique d'une substance ; • dire que la masse volumique caractérise une substance donnée ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Masse volumique 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour introduire la notion de masse volumique d'un solide, on peut procéder de la façon suivante : <ul style="list-style-type: none"> - prendre un objet homogène (boulon = vice + écrou, caillou, morceau de bois, ...) et déterminer sa masse et son volume. - dévisser le boulon ou casser le caillou ou découper le morceau de bois ; déterminer la masse et le volume de chaque morceau ; consigner les résultats dans un tableau où apparaîtront les masses volumiques et les quotients m/v (le nombre de chiffres significatifs à conserver dans ces quotients sera dicté par ceux des masses et des volumes <ul style="list-style-type: none"> - comparer les quotients m/v ; admettre qu'ils sont égaux à des erreurs près (la justification est hors programme) ; en déduire la masse volumique du solide (on prendra la valeur moyenne des m/v) ; - définir la masse volumique d'une substance.
--	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • mettre en évidence la pression exercée par un solide 	<ul style="list-style-type: none"> • Pression exercée par un solide 	<ul style="list-style-type: none"> • La masse volumique d'un liquide peut être déterminée de la façon suivante : <ul style="list-style-type: none"> - déterminer la masse et le volume des différentes quantités d'un même liquide ; - dresser le tableau et en déduire la masse volumique du liquide ; • L'expérience peut être renouvelée avec différents solides et liquides. Donner les valeurs des masses volumiques de quelques substances courantes. • En utilisant la proportionnalité vue en mathématiques, on fera calculer la masse et le volume à partir de la relation $m/v = \rho$ • L'unité internationale de la masse volumique est le kg/m^3 ; toutefois, le g/cm^3 est couramment utilisé. • Veiller à ce que les élèves ne fassent pas confusion entre masse et volume (surtout le kilogramme et le litre) : un corps de masse 1kg n'a pas toujours un volume de 1 litre. • Déposer un solide (une brique par exemple) sur un corps déformable (une membrane élastique par exemple) par ses différentes faces.
--	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • mettre en évidence la pression à l'intérieur d'un liquide ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Pression à l'intérieur d'un liquide 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire remarquer que la déformation observée varie avec la surface de contact des deux corps considérés cette déformation visualise l'effet de la pression exercée par le solide • On citera des applications : base étendue sur laquelle reposent des piliers des édifices importants, chenilles (bull-dozer) ou pneumatique jumelés et larges que munissent les véhicules lourds, lame de couteau et hache bien affûtées ... • Plonger verticalement dans l'eau calme un récipient (en plastique par exemple) vide par son fond plat. Faire constater la résistance à l'immersion qui n'est qu'une manifestation de la pression à l'intérieur de l'eau. • On citera des applications : profondimètre d'un plongeur, l'épaisseur d'un barrage doit être beaucoup plus large à la base qu'au sommet ...
<ul style="list-style-type: none"> • montrer qu'un gaz (l'air) est compressible et expansible ; 	<p>L'état gazeux</p>	<ul style="list-style-type: none"> • On pourra illustrer la notion de compressibilité et expansibilité d'un gaz (l'air) avec une pompe à bicyclette ou une seringue.

<ul style="list-style-type: none"> • interpréter la compressibilité et l'expansibilité d'un gaz ; • mettre en évidence la pression d'un gaz (l'air) et la pression atmosphérique ; • donner la pression atmosphérique au niveau de la mer ; 		<ul style="list-style-type: none"> • Interprétez ces propriétés en admettant qu'un gaz est formé de très petits grains invisibles appelés molécules. Ces derniers sont en perpétuel mouvement qui les fait éloigner les uns des autres. Il y a donc le vide entre les molécules des gaz. • En utilisant une pompe à bicyclette ou une seringue, on s'aperçoit que, pour une masse déterminée de gaz (l'air), le volume qu'il occupe est lié à une nouvelle notion qui est la pression. • Signaler que dans le cas des gaz comprimés, les appareillages doivent être renforcés (briquet, bouteille de plongée, bouteille de gaz butane). • L'expérience de verre plein d'eau recouvert de carton ou à défaut, d'une feuille de papier, permet de visualiser l'effet de la pression atmosphérique. On signalera que l'appareil de mesure de la pression atmosphérique est le baromètre. • En utilisant un tube transparent, on peut visualiser une variation de pression sur laquelle est fondé le
--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Montrer qu'un gaz (l'air) : 	<ul style="list-style-type: none"> • Masse d'un gaz 	<p>principe du nanomètre à eau et à mercure.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les unités introduites lors des mesures de pressions (cm d'eau, cm de mercure) seront complétées par les unités usuelles (millibar par exemple) et par l'unité internationale : le pascal (Pa) que l'on représentera à partir de son multiple : l'hectopascal utilisé en météorologie. On signalera, en évoquant la pression des pneumatiques, que l'unité dénommée « kilo » dans le langage courant est remplacé par le bar. <p>On indiquera que les nanomètres mesurent en fait l'excès de pression de l'air à l'intérieur des pneumatiques sur celle de l'air ambiant.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rappelons que la pression atmosphérique au niveau de la mer oscille autour de la valeur 76cm de mercure ; soit 1013 hectopascals. • La masse d'un gaz peut être mise en évidence en mesurant successivement les masses d'un ballon gonflé et dégonflé.
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> - a une masse - est moins dense que la plupart des solides et des liquides. 		<ul style="list-style-type: none"> • Définir le volume du gaz comme étant celui du récipient dans lequel il est enfermé. • Comparer des masses volumiques (m/v) de la matière à l'état solide ou liquide d'une part et à l'état gazeux (l'air) d'autre part.
<ul style="list-style-type: none"> • Montrer que : - les dimensions d'un solide varient avec la température ; - le volume d'un fluide varie avec la température ; • Dire que la dilatation d'un solide ou d'un liquide dépend de sa nature ; 	<p>Dilatation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dilatation des solides, des liquides et des gaz 	<ul style="list-style-type: none"> • Montrer expérimentalement la dilatation : <ul style="list-style-type: none"> - d'un solide (incurvation, après chauffage d'un fil de cuivre tendu en ses extrémités, expérience de S'Gravesande) ; - d'un liquide (flacon muni d'un tube contenant un liquide coloré et chauffé) - d'un gaz (flacon coiffé d'un ballon, puis chauffé). • La notion de coefficient de dilatation est hors programme. • On pourra faire remarquer que : <ul style="list-style-type: none"> - la dilatation des liquides est plus grande que celles des solides ; - les gaz sont plus dilatables que les liquides.

	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas traiter l'anomalie de la dilatation de l'eau. • On fera trouver quelques applications pratiques : <ul style="list-style-type: none"> - verre Pyrex : en laboratoire, un objet en verre portant la marque « Pyrex » ne brise pas sous l'effet de sa dilatation, ainsi il y a lieu de tenir compte lors des manipulations ; - rails de chemin de fer : l'espace entre deux rails est prévu pour qu'ils puissent subir les dilatations d'hiver et en été. - cerclage d'une roue de charrette : la dilatation du cercle de fer permet de faire passer à son intérieur la partie en bois de la roue ; puis, par contraction du... le cercle et la pièce en bois s'ensemble. - vase d'expansion : on le rencontre, par exemple, dans un circuit de refroidissement d'automobile ; il évite l'éclatement des conduites de fluide de refroidissement par suite d'une dilatation.
	<ul style="list-style-type: none"> • Applications

<ul style="list-style-type: none"> • Décrire le principe de fonctionnement d'un thermomètre ; • Décrire le principe de fonctionnement d'un bilame ; 	<ul style="list-style-type: none"> - thermomètre - bilame 	<ul style="list-style-type: none"> • Le principe de fonctionnement d'un thermomètre pourra être illustré à l'aide du thermomètre médical dont l'étude technologique est demandée. On fera remarquer les éléments essentiels qui le constituent et leur rôle respectif. • Le principe de fonctionnement d'un bilame sera illustré en utilisant du papier cigarette. On citera des dispositifs utilisant un bilame : fer à repasser électrique, lampe auto-clignotante montée sur des guirlandes électriques ...
<ul style="list-style-type: none"> • décrire des expériences illustrant les notions de conduction, de convection et de rayonnement ; • distinguer expérimentalement un bon et un mauvais conducteur de chaleur ; • décrire le fonctionnement de la 	<p>Transmission de la chaleur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propagation de la chaleur • Isolation thermique 	<ul style="list-style-type: none"> • On introduit ces notions de conduction, de convection et de rayonnement par des expériences simples. • On pourra dresser une liste de bons et mauvais conducteurs connus des élèves. • On fera une étude détaillée du principe de fonctionnement de la bouteille thermos ou de la

bouteille thermos ou de glacière ; • conserver le chaud et le froid		glacière. C'est une étude technologique qui est demandée. On donnera les éléments essentiels qui les constituent, ainsi que les matières que les constituants sont faits. On précisera le rôle respectif de ces constituants dans l'isolation thermique. • Bien signaler que la bouteille thermos ou la glacière conserve aussi bien le chaud et le froid.
--	--	--

Électricité, magnétisme, électromagnétisme

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- Mesurer une intensité de courant électrique et une tension ;
- montrer que deux pôles d'aimant de même nom se repoussent, tandis que deux pôles de noms différents s'attirent ;
- montrer qu'une bobine parcourue par un courant électrique se comporte comme un aimant ;

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
L'élèves doit être capable de (d') : • réaliser un circuit électrique à partir de son schéma.	Circuit électrique • Rappels : circuit électrique en série et en dérivation	• Il s'agit d'assurer la bonne maîtrise des acquis en classe de 6 ^{ème} .

<ul style="list-style-type: none"> • montrer qu'un générateur impose le sens du courant dans toutes les branches du circuit ; • déterminer le sens du courant à l'aide d'une D.E.L. (diode électroluminescente) ; • indiquer par une flèche sur le schéma du circuit le sens conventionnel du courant ; • distinguer par ses effets la notion d'intensité de courant électrique ; • mesurer une intensité (brancher correctement un ampèremètre, lire l'indication de son 	<ul style="list-style-type: none"> • Sens conventionnel du courant • Notion d'intensité de courant électrique, sa mesure 	<ul style="list-style-type: none"> • Rappelons qu'un générateur unique impose le sens du courant dans toutes les branches du circuit : cela pourrait être fait en présentant des montages comportant un récepteur tel qu'une D.E.L. protégée par une résistance de 220 ohms et dont le comportement est modifié lorsqu'on permute les bornes du générateur. Le module D.E.L. sera seulement utilisé comme détecteur du sens du courant. Le sens conventionnel du courant sera représenté par une flèche sur le schéma du circuit et indiqué sans faire référence aux deux types de porteurs de charges que l'on peut rencontrer dans un circuit. • On reliera la notion d'intensité d'un courant électrique à la brillance d'une lampe montée en série avec d'autres appareils, pour un même générateur. • L'étude se fera avec un ampèremètre monocalibre. Si l'appareil utilisé comporte plusieurs calibres, le professeur choisira le calibre le mieux adapté à la mesure qui permet de faire
--	--	---

<p>aiguille, exprimer le résultat)</p> <ul style="list-style-type: none"> • montrer que l'intensité est la même en tout point d'un circuit en série ; • distinguer par ses effets la notion de tension aux bornes d'une portion de circuit électrique ; • mesurer une tension (brancher correctement un voltmètre, lire son indication de son 	<ul style="list-style-type: none"> • Notion de tension aux bornes d'une portion de circuit électrique, sa mesure 	<p>une lecture directe. On évitera notamment de calculer la valeur d'une intensité passant par la valeur correspondant à une division. On fera observer à cet effet qu'à un calibre correspond une graduation appropriée qui permet la lecture directe.</p> <ul style="list-style-type: none"> • On réalise la manipulation qui consiste à déplacer l'ampèremètre dans chacune des branches du circuit. • On insistera sur le vocabulaire à utiliser de façon convenable comme « intensité de courant dans le circuit » une expression telle que « consommation de courant » est à éviter. • On reliera la notion de tension aux brillances successives d'une même lampe de 6 V branchée avec des piles 1,5 V associées en série, ainsi qu'au fait que la tension d'une pile usagée est plus faible que celle d'une pile neuve. • Tension et intensité seront d'abord distinguées de manière opérationnelle ; la tension c'est ce qu'on mesure avec le voltmètre ; l'intensité, c'est ce qu'on mesure un ampèremètre (l'utilisation d'un
--	---	--

<p>aiguille, expliquer le résultat) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exprimer une tension dans le système international ; • montrer que la tension est la même aux bornes des appareils montés en dérivation ; 		<p>appareil polyfonctionnel est alors à éviter).</p> <ul style="list-style-type: none"> • On fera remarquer qu'il existe une tension aux bornes d'une pile, même en circuit ouvert : tension à vide. Les élèves pourront remarquer que la tension aux bornes d'une pile qui débite un certain courant est inférieure à la tension à vide. • On réalisera la manipulation qui consiste à mesurer la tension aux bornes de chaque appareil monté en dérivation. • On insistera sur le vocabulaire à utiliser de façon convenable comme « tension aux bornes ». Une tension telle que « tension de courant » est à éviter. • Utiliser un appareil monocalibre. Dans le cas contraire choisir le calibre qui permet de faire une lecture directe. • Il est demandé d'identifier les divers éléments que comporte un circuit électrique de la vie courante ; par exemple : celui d'une lampe de poche ou une lampe torche ou bien d'une voiture... S'il y a lieu, on
--	--	--

		expliquera le « retour par la masse », retour du courant par la carcasse de l'appareil.
<ul style="list-style-type: none"> • identifier un aimant • mettre en évidence les pôles d'un aimant ; • identifier les pôles Nord et sud d'un aimant ; • montrer que deux pôles de même nom se repoussent et que pôles de noms différent s'attirent ; • s'orienter avec une boussole ; • Identifier et décrire une bobine ; 	<p>Aimants et bobines</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aimants : pôles d'un aimant, leur interaction. La boussole • Bobine : faces nord et sud ; analogie aimant-bobine. Moteur à pile 	<ul style="list-style-type: none"> • Le professeur fera manipuler les élèves avec des aimants de formes diverses dont on déterminera les noms des pôles, par suspension d'un aimant au bout d'un fil et par observation de son orientation toujours identique. • On montrera qu'il est impossible de séparer un pôle Nord d'un pôle Sud (expérience de l'aimant brisé). • On indiquera différentes utilisations des aimants : haut-parleur, génératrice de bicyclette, fermeture de porte ... • Le professeur fera une étude technologique de la boussole. Les observations permettront de distinguer les éléments suivants : l'aiguille aimantée, le pivot, le boîtier et le cadran. Il apprendra à ses élèves à s'orienter avec la boussole. Un travail pratique est conseillé si le temps le permet. • Réaliser une bobine avec du fil électrique de récupération (fil émaillé, de préférence).

<ul style="list-style-type: none"> • déterminer les faces nord et sud d'une bobine parcourue par un courant électrique ; • montrer que : <ul style="list-style-type: none"> - deux faces de même nom se repoussent et que deux faces de noms différents s'attirent ; - lors de l'interaction entre un aimant et une bobine, cette dernière se comporte comme un aimant qui aurait un pôle Nord : 		<p>Rappelons que l'enroulement se fera toujours dans le même sens.</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'aiguille aimantée sera utilisée pour déterminer les faces de la bobine. L'identification des faces ne sera pas reliée aux sens conventionnels de la circulation du courant électrique : sens des aiguilles d'une montre ou sens contraire, règle du bonhomme d'Ampère ou du tire-bouchon. Toutefois on ne manquera pas de montrer par l'expérience que les noms de la face changent avec le sens du courant. • On utilisera des bobines suspendues pour étudier les interactions. • On pourra démonter un vieux moteur électrique de jouet pour illustrer le principe de fonctionnement d'un moteur à pile.
---	--	--

<p>sa face nord, et un pôle Sud : sa face sud.</p> <ul style="list-style-type: none"> • dire que le fonctionnement d'un moteur électrique alimenté par des piles repose sur l'action d'un aimant sur une bobine ; • Décrire : <ul style="list-style-type: none"> - un électroaimant - le principe de fonctionnement d'une sonnerie électrique ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Electroaimant, sonnerie électrique 	<ul style="list-style-type: none"> • Un fil électrique isolé enroulé le long d'un clou constitue un électroaimant. • On montrera expérimentalement que le noyau de fer permet à l'électroaimant d'attirer les substances magnétiques mieux que la bobine seule • Le professeur pourra fabriquer une maquette pour illustrer le principe de fonctionnement d'une sonnerie électrique. • On signalera qu'un relais est tout simplement un interrupteur commandé par un électroaimant.
--	--	---

Chimie

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- préparer une solution de concentration donnée ;
- citer quelques critères de pureté d'une substance ;

- représenter par une écriture une réaction chimique.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • utiliser correctement les termes suivants : <ul style="list-style-type: none"> - mélange homogène, solution, dissolvant (solvant), corps dissous (soluté) ; - mélange hétérogène, décantation, filtration, distillation ; <ul style="list-style-type: none"> • Donner quelques critère de pureté de l'eau pure ; 	<p>Mélange et corps pur</p> <ul style="list-style-type: none"> • exemples de mélanges <ul style="list-style-type: none"> • Exemple de corps pur : l'eau distillée. Autres exemples. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour introduire la notion de mélange, rappeler que l'air est un mélange gazeux (voir programme de 6^{ème}, page 156. • Faire réaliser quelques mélanges (de sucre, de sel de cuisine, de jus de fruit, de terre, ...) avec de l'eau pour illustrer la leçon. • Avec des matériaux locaux, on pourra construire une maquette d'alambic pour illustrer le principe de séparation d'un mélange (eau salée par exemple) par distillation. • Signaler que (qu') : <ul style="list-style-type: none"> - au laboratoire, l'eau obtenue par distillation est de l'eau pure ou distillée ; - la notion de pureté en chimie et dans la vie courante n'est pas la même (eau pure, air pur) • Rappeler que la température de l'eau pure est constante au cours de son ébullition (voir programme 6^{ème} page 150) sous pression constante. Il en est de même pour la température de fusion.

<ul style="list-style-type: none"> • Calculer la concentration massique d'une substance en solution aqueuse ; • Préparer une solution aqueuse de chlorure de sodium de concentration massique donnée ; • Participer à la protection de l'environnement ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Solution aqueuse • Pollution de l'eau et de l'air 	<ul style="list-style-type: none"> • On donnera les valeurs de ces constantes physiques qui constitueront pour nos débutants en chimie (car il existe d'autres constantes : la masse volumique par exemple), la carte d'identité de l'eau pure. • Faire citer des exemples de corps purs : le sel marin, l'alcool, l'or, le fer doux (fer pur), le graphite, le diamant ... • Si possible préparer la solution dans une solution aqueuse dans une fiole : un bécher et une éprouvette ne sont pas de matériels adéquats. • On pourra encore évoquer le problème de feux de brousse (voir programme de 6^{ème} page 158) avant de traiter d'autre exemple que le professeur choisira suivant la localité où est implanté le collège (problème d'évacuation des eaux usées par exemple).
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les réactifs et les produits d'une réaction chimique ; • Représenter par une écriture une réaction chimique. 	<p>Réaction chimique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustion du carbone et du soufre. Action de l'acide chlorhydrique sur le fer 	<ul style="list-style-type: none"> • La mine de crayon, le charbon de bois, l'électrode noire d'une pile ... sont constitués pratiquement de carbone. • Lors de la combustion du charbon de bois (voir programme de 6^{ème} page 155) dans l'air, c'est son constituant essentiel (le carbone) qui disparaît : il s'est combiné avec le dioxygène de l'air pour donner du dioxyde de carbone. • On identifiera respectivement le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre et le dihydrogène à l'aide de l'eau de chaux, d'un papier imbibé d'une solution de permanganate de sodium et de la flamme d'une allumette (détonation). On montrera que la phase liquide obtenue par l'action de l'acide chlorhydrique sur le fer est une solution : en l'évaporant, on obtient un dépôt de chlorure de fer II. L'équation-bilan d'une réaction est hors programme.
--	--	--

Instructions

- La physique et la Chimie sont des sciences expérimentales. Alors, chaque leçon doit être bâtie sur des expériences simples ou des observations rattachées à l'environnement naturel ou technique des élèves. L'explication de l'expérience, animée par le professeur, doit comporter une participation active des élèves.
- Chaque semaine doit comporter une séance de Physique et une séance de Chimie.

Evaluations

Le professeur ne doit pas manquer de mettre en œuvre des évaluations formatives, sommatives et intégrations. Le choix des situations d'évaluation adéquates est laissé à son initiative.

Annexe 3 : Curriculum de sciences physiques de la classe de quatrième

Objectif de la matière

Les sciences physiques doivent amener l'élève à :

- pratiquer une démarche expérimentale pour faire aboutir une recherche ;
- adopter une attitude scientifique en développant chez lui l'esprit scientifique ;
- interpréter des phénomènes naturels par les connaissances qu'elles lui apportent ;
- mieux connaître le monde technique qui nous entoure par le biais de l'analyse des réalités et de l'effort pour comprendre et expliquer.

Objectifs de l'enseignement des Sciences physiques au Collège

À la sortie du C.E.G., l'élève doit être capable de (d') :

- continuer ses études au lycée ;
- faire preuve de maturité sur le plan de raisonnement ;
- interpréter des faits physiques de son environnement naturel et technique.

Objectifs des Sciences physiques en classe de 4ème

À la fin de la classe de 4ème, l'élève doit être capable de :

- interpréter le passage du courant électrique dans un métal ;
- vérifier les lois du circuit en série et du circuit en dérivation ;
- décrire une expérience illustrant le principe de production d'une tension alternative, ainsi que du redressement ;
- tracer la marche d'un rayon lumineux ;
- écrire les formules de quelques molécules et ions ;
- identifier quelques ions ;
- écrire l'équation bilan d'une réaction chimique ;

Volume horaire

4 heures par semaine

Contenu

Physique
Électricité

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- interpréter le passage du courant électrique dans un métal ;
- vérifier les lois du circuit en série et du circuit en dérivation ;
- décrire une expérience illustrant le principe de production d'une tension alternative, ainsi que du redressement.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • décrire une expérience d'électrisation par frottement • dire qu'on distingue deux sortes de charges électriques : 	<p>Électrisation par frottement. Les deux sortes de charges électriques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser l'électrisation par frottement d'un objet isolant : règle en plastique, agitateur en verre... Rappelons que lorsque la partie frottée d'un corps isolant attire des corps très légers (petits morceaux de papier ...) on dit qu'il est électrisé par frottement. <p>Faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - décrire l'expérience ainsi réalisée (protocole et résultats expérimentaux) ; - admettre que le frottement a développé des charges électriques sur la partie frottée.

<p>charge positive et charge négative</p> <ul style="list-style-type: none"> • énoncer la loi suivante : deux charges de même signe se repoussent et deux charges de signes contraires s'attirent 		<ul style="list-style-type: none"> • Electrifier l'extrémité d'une tige et la suspendre en son milieu au bout d'un fil isolant et sans torsion. Approcher successivement de cette extrémité la partie électrisée de chacun des objets suivant : une règle en P.V.C. (polychlorure de vinyle), une règle en plexiglas et une autre tige de verre. Faire : <ul style="list-style-type: none"> - constater que ces objets repoussent ou attirent le verre suspendu ; - admettre que les corps chargés électriquement se répartissent en deux groupes : <ul style="list-style-type: none"> • ceux qui repoussent le verre électrisé ; en particulier, le verre (voir expérience précédente) qui, par convention, porte une charge positive ; • ceux qui attirent le verre électrisé ; en particulier, l'ébonite (c'est du caoutchouc durci ; si l'établissement en dispose, vérifier expérimentalement cette attraction ; sinon la faire admettre) qui, par convention, porte une charge négative ;
--	--	--

		- Énoncer la loi régissant qualitativement les interactions électrostatiques.
<ul style="list-style-type: none"> • interpréter le passage du courant électrique dans un métal ; • indiquer par une flèche, sur le schéma d'un circuit fermé, le sens conventionnel du courant • mesurer une intensité et une tension • vérifier : <ul style="list-style-type: none"> - que l'intensité est la même en tout point d'un circuit série - la loi des additivités des tensions 	<p>Le courant continu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nature du courant électrique dans un métal • Rappels : sens conventionnel et intensité du courant, tension aux bornes d'une portion de circuit • Circuit en série : lois 	<ul style="list-style-type: none"> • À traiter après « Structure des métaux » (voir Chimie) • Amener les élèves à découvrir le rôle d'un générateur : repousser les électrons libres de la portion métallique d'un circuit par son pôle négatif et les attirer par le pôle positif. D'où un déplacement ordonné des électrons libres : ce qui crée le courant électrique dans le métal. • Il s'agit d'assurer une bonne maîtrise des acquis en classe de 5ème. • Faire vérifier expérimentalement les lois du circuit série. • Le professeur aura présent à l'esprit que la tension aux bornes de chaque appareil (lampe ...) montée en série est déterminée

<ul style="list-style-type: none"> • vérifier que la tension est la même aux bornes de chaque appareil monté en dérivation • utiliser les termes : nœuds, branche principale et dérivée • vérifier la loi des nœuds : la somme des intensités des courants à travers les branches dérivées et égale à l'intensité du courant dans la branche principale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit en dérivation : lois 	<p>par la caractéristique de cet appareil.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il y a lieu d'introduire les notions de nœud, de branche principale et dérivée. Rappelons qu'un nœud est le point de raccordement d'au moins trois conducteurs ; une branche est une portion de circuit comprise entre deux nœuds. Faire vérifier expérimentalement les lois du circuit en dérivation. Pour fixer l'idée, on pourra considérer un montage à trois branches : la branche principale qui contient un générateur et deux branches dérivées contenant respectivement, une lampe et un moteur.
<ul style="list-style-type: none"> • mettre en évidence l'existence d'une tension alternative 	<p>Le courant alternatif</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe de production d'une tension alternative 	<ul style="list-style-type: none"> • Le va-et-vient d'un barreau aimanté suivant l'axe d'une bobine connectée à un détecteur (par exemple, un voltmètre à zéro central) permet de mettre en évidence l'existence d'une tension alternative (pendant le mouvement, l'aiguille du voltmètre dévie alternativement dans un sens puis dans l'autre :

<ul style="list-style-type: none"> • décrire une expérience illustrant le principe de production d'une tension alternative • dire que : <ul style="list-style-type: none"> - le courant du secteur est alternatif - dans un circuit alimenté par un secteur, un voltmètre et un ampèremètre mesurent la tension et l'intensité efficaces • déterminer l'alternance, la période et la fréquence du courant 	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit en série : lois • Courant du secteur : tension et intensité efficaces • Alternance, période et fréquence 	<p>alors la tension aux bornes de la bobine est dite alternative.</p> <p>Notons qu'une tension alternative n'est pas obligatoirement périodique.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire tourner par un moteur un barreau aimanté devant l'une des faces d'une bobine. À l'aide d'un détecteur, faire constater qu'il apparaît aux bornes de cette bobine une tension alternative. Rappelons que cette expérience illustre le principe de production d'une tension alternative. • À défaut d'un oscilloscope, faire admettre que le courant du secteur est alternatif. • Montrer comment on mesure la tension et une intensité efficaces à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre. • Réaliser un circuit comprenant : un générateur TBF (très basse fréquence), un interrupteur, deux diodes électroluminescentes
---	--	---

<p>débité par un générateur très basse fréquence</p> <p>• exprimer la fréquence en fonction de la période ;</p>		<p>inversées en dérivation (montée en tête bêche) et une résistance de protection. Faire observer que les diodes s'illuminent alternativement ; le courant qui traverse le circuit est donc alternatif. Introduire les notions d'alternance, de période et de fréquence :</p> <ul style="list-style-type: none"> - chaque illumination dure une alternance (l'alternance est la même durée pendant laquelle le courant circule dans chaque sens) ; - deux alternances successives constituent une période (la période T est le temps mis par le courant pour circuler dans un sens puis dans l'autre) ; - La fréquence f est le nombre de périodes pendant une seconde (cela signifie qu'en une seconde, le courant circule f fois dans un sens et f fois dans l'autre). <p>Signaler que $f = 1/T$ avec T en secondes et f en hertz (Hz).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire déterminer l'alternance et la période du courant à travers le circuit. • On pourra faire trouver parmi les indications sur le compteur
---	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Décrire un transformateur, ainsi que son rôle • Brancher un transformateur • Décrire un alternateur industriel 	<ul style="list-style-type: none"> • Transformateur, son rôle • Production industrielle, transport et distribution du courant alternatif 	<p>électrique la fréquence du courant du secteur (50 Hz).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un transformateur a pour rôle d'élever ou d'abaisser la valeur de la tension efficace. Il est constitué de deux enroulements de fils indépendants : le primaire reçoit la tension à transformer U_1 et le secondaire fournit la tension transformée U_2. À faire noter que le transformateur présente deux bornes d'entrée (extrémité de l'enroulement primaire) et deux bornes de sortie (extrémité de l'enroulement secondaire). • Attirer l'attention des élèves sur les dangers encourus (électrocution, détérioration de l'appareil) lorsque le transformateur abaisseur est utilisé en élévateur de tension. • La formule ($U_1/U_2 = N_1/N_2$) est hors programme ; N_1 et N_2 étant les nombres respectifs du primaire et du secondaire. • Dans les centrales électriques, l'électricité est produite par un alternateur. Un alternateur industriel comporte des électroaimants, appelés rotor, tournant devant des bobines fixes
--	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Justifier l'intérêt de transport à haute tension • Dire que l'électricité ainsi transportée est distribuée aux utilisateurs sous tensions plus basses • Dire qu'une diode laisse seulement passer le courant dans le sens passant 	<ul style="list-style-type: none"> • Diode principe de redressement 	<p>qui constituent le stator. À défaut d'une visite de centrale électrique de la JIRAMA, le professeur pourra utiliser une génératrice de bicyclette pour définir les termes rotor et stator.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La perte par effet Joule c'est-à-dire par échauffement des câbles de la ligne de transport, n'est pas négligeable. Pour assurer un meilleur rendement, ce transport se fait sous haute tension. L'électricité est ensuite distribuée aux utilisateurs (industrie ...) sous des tensions plus basses ; par exemple 220 V pour l'usage domestique. • Rappeler que, dans un circuit fermé, Une D.E.L. ne laisse passer le courant que dans le sens passant de la diode ; l'autre c'est le sens bloquant. Signaler qu'il en est de même pour une diode (montrer quelques une aux élèves). • Faire noter la différence entre les symboles d'une D.E.L. et une diode.
---	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Donner le symbole d'une diode • Décrire une expérience illustrant le principe de redressement. • dire qu'un adaptateur comporte un redresseur 		<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un circuit comprenant : un générateur TBF, un interrupteur et une diode avec sa résistance de protection. Brancher aux bornes de cette résistance un analyseur de courant formé de deux diodes électroluminescentes inversées en dérivation. Alors faire observer que l'une des D.E.L. ne brille pas ; et que sans les diodes les deux brillent alternativement. Faire déduire de ces observations que la diode impose un sens unique de circulation au courant alternatif. Ce dernier est dit alors dressé (redressé monoalternance ou simple alternance) rappelons que cette expérience illustre le principe de redressement. • Faire connaître qu'un adaptateur utilisé pour faire fonctionner à partir d'un secteur un dipôle à courant continu (jouet, poste radio, calculatrice ...)
---	--	--

Optique

Objectif général : L'élève doit être capable de tracer la marche d'un rayon lumineux.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • dire que l'objet est visible si l'œil en reçoit de la lumière • utiliser les termes : source lumineuse, objet lumineux et éclairé • Citer des exemples de récepteur de lumière : l'œil, le chlorure d'argent, la photopile, le photorésistor et les végétaux chlorophylliens 	<p>Source et récepteur de lumière</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Faire connaître que l'œil voit un objet signifie en optique que l'œil en reçoit de la lumière. • Faire établir une liste de sources lumineuses. Parmi ces dernières, faire distinguer : <ul style="list-style-type: none"> - les objets lumineux : ils émettent la lumière qu'ils produisent ; - les objets éclairés : ils émettent la lumière qu'ils ont reçue. • Un récepteur de lumière est tout corps qui subit une transformation temporaire ou définitive sous l'action de la lumière. Exemples : <ul style="list-style-type: none"> - l'œil (transformation des cellules visuelles de la rétine sous l'influence de la lumière) ; - la photopile (éclairée, elle devient un générateur de courant électrique) ; - le photorésistor (sa résistance au passage du courant varie avec l'éclairement) ;

		<ul style="list-style-type: none"> - le chlorure d'argent (noircit à la lumière) - les végétaux chlorophylliens (exposés à la lumière, ces végétaux, grâce à la chlorophylle qu'ils contiennent, synthétisent du glucide à partir du dioxyde de carbone atmosphérique et de l'eau puisée par les racines dans le sol ; du dioxygène est libéré lors de la synthèse chlorophyllienne).
<ul style="list-style-type: none"> • utiliser les termes : opaque, transparent et translucide • énoncer le principe de propagation de la lumière 	Propagation de la lumière <ul style="list-style-type: none"> • Propagation rectiligne de la lumière 	<ul style="list-style-type: none"> • L'œil ne voit rien à travers un corps opaque. Par contre, il voit nettement les objets à travers un corps transparent. Un corps qui n'est ni opaque ni transparent est translucide. • Partir des observations courantes : raies de lumière solaire données par les fentes d'une fenêtre dans une pièce obscure, lumière de phare ... Faire remarquer les bords rectilignes de faisceaux lumineux. Ils suggèrent que : dans un milieu transparent et homogène, comme l'air, la lumière se propage en ligne droite. Rappelons qu'un milieu optiquement homogène est un milieu où l'indice (hors programme) est le même en chaque point.

<ul style="list-style-type: none"> • utiliser les termes diaphragme, écrans et rayon lumineux • tracer la marche d'un rayon lumineux • interpréter la formation de l'image d'un objet par une chambre noire. • donner la vitesse de la lumière dans le vide et dans l'air • définir l'année-lumière • dire que les astrophysiciens utilisent l'année-lumière comme unité de longueur 	<ul style="list-style-type: none"> • Chambre noire. Modèle de rayon lumineux • Vitesse de la lumière. Application année-lumière. 	<ul style="list-style-type: none"> • Introduire les termes : diaphragme et écran en décrivant une chambre noire. • La ligne droite suivant laquelle se propage la lumière depuis chaque point de la source est appelée rayon lumineux. • Faire tracer les rayons lumineux permettant d'interpréter la formation de l'image d'un objet par une chambre noire. • Insister sur le sens de propagation de la lumière et habituer les élèves à indiquer ce sens en plaçant une flèche sur un rayon lumineux avant et après l'instrument d'optique. • Faire connaître que la lumière se propage aussi dans le vide. Donner alors sa vitesse c dans le vide, qui est pratiquement égale à sa vitesse dans l'air. • En utilisant la relation $d = c.t$, faire calculer la distance parcourue par la lumière, dans le vide, en une année, afin d'introduire l'année-lumière (a.l.) qui est une unité en astronomie.
<ul style="list-style-type: none"> • interpréter la formation des 	<p>Ombre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ombre propre, ombre portée, 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire tracer les rayons lumineux permettant d'interpréter la formation

<p>ombres propre et portée, d'une zone d'ombre et d'une pénombre</p> <ul style="list-style-type: none"> • interpréter l'alternance du jour et de la nuit • décrire et interpréter les différents aspects de la lune au cours d'une lunaison • interpréter les éclipses de soleil et de lune 	<p>zone d'ombre et de pénombre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le jour et la nuit • Phases de la lune et éclipses. 	<p>des ombres propre et portée, d'une zone d'ombre et de pénombre.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considérer le mouvement de la Terre par rapport au soleil supposé fixe. • Demander à l'avance aux élèves de noter, pendant un mois lunaire (ou lunaison : 29 jours 12 heures), la position et la forme de la lune (ou son absence). Ces résultats sont exploités au moment de la leçon. • Selon les positions respectives de la lune et du soleil par rapport à la terre, la face de la lune tournée vers la terre est différemment éclairée. Les divers aspects qu'elle prend s'appellent phases de la lune. • À l'aide de maquettes (balle de tennis, ballon de foot ...), on illustre expérimentalement les éclipses de lune et de soleil.
--	---	---

Chimie

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- écrire les formules de quelques molécules et ions ;
- identifier quelques ions ;
- écrire l'équation bilan d'une réaction chimique.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • dire que toute substance est formée à partir des particules appelées atomes. • décrire la structure de l'atome 	<p>Atomes et molécules</p>	<ul style="list-style-type: none"> • À traiter après « les deux sortes de charges électriques » (voir électricité). • Admettre l'existence des atomes qui sont des particules à partir desquelles est formée toute substance vivante ou inerte. • Présenter l'atome comme un ensemble constitué d'un noyau central autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons. Entre le noyau et les électrons, il y a le vide. Le noyau central est formé de deux types de particules : les protons et les neutrons. Les protons sont chargés positivement : la charge d'un proton est $+e$ (e symbolise une quantité de charge élémentaire). Les neutrons sont neutres, c'est-à-dire ils ne portent pas des charges électriques. Les électrons sont chargés négativement : la charge d'un électron est $-e$. L'électron sera symbolisé par e^-. Pour un atome donné, les électrons et les protons ont le même nombre noté Z et

<ul style="list-style-type: none"> • Écrire les symboles des atomes d'hydrogènes, de carbone, d'azote, de soufre, de chlore, de fer, de calcium et de cuivre • dire qu'une molécule est formée par un 	<ul style="list-style-type: none"> • Symboles de quelques atomes • Molécules 	<p>appelé numéro atomique. Donner quelques exemples à partir du tableau de classification périodique (ne pas parler d'éléments).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ne pas traiter la configuration électronique de l'atome. Toutefois, le professeur signalera sa neutralité électrique ; c'est-à-dire la somme de charges de protons et des neutrons de l'atome est nulle. • Donner les conventions d'écriture des symboles des atomes : un symbole commence toujours par une lettre majuscule, le plus souvent la première lettre de son nom en français ou latin ; lorsque les noms de plusieurs atomes commencent par la même lettre, on ajoute pour différencier leurs symboles, une lettre minuscule à la majuscule ; c'est par exemple le cas des atomes suivant : carbone (C), chlore (Cl), calcium (Ca), cuivre (Cu). Faire trouver le symbole de quelques atomes ; en particulier, ceux qui sont à mémoriser : H, O, C, S, Cl, Fe, Ca et Cu. • À partir des modèles moléculaires, le professeur :
---	--	---

<p>nombre limité d'atomes associés les uns aux autres</p> <ul style="list-style-type: none"> • écrire les formules des molécules de dioxygène, de diazote, d'eau, de dioxyde de carbone et de dioxyde de soufre. • décrire la structure des métaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Structure des métaux 	<ul style="list-style-type: none"> - décrira quelques molécules présentées et introduira la notion de molécule ; ne pas parler de la façon dont les atomes se lient entre eux dans la molécule ; donc la valence, puisque cette dernière est, par définition, le nombre de doublets que partage un atome avec ses voisins ; - dessinera au tableau les différentes molécules présentées et introduira la notion de formule ; on insistera alors sur les conventions d'écriture des formules dont les suivantes sont à mémoriser : O_2, H_2, N_2, H_2O, CO_2 et SO_2. • Montrer les métaux suivants : fer, cuivre, aluminium, plomb, argent et or. • Décrire comment se groupent les atomes de ces métaux. On pourra alors procéder comme suit : <ul style="list-style-type: none"> - faire connaître ce qu'est un cube à faces centrées : visualiser en montrant un objet cubique avec un point au centre de chaque face (confectionner, au besoin, un cube en carton) ; - introduire la notion de réseau cfc (cubique à faces centrées) :
--	--	---

		<p>l'empilement de cubes identiques à faces centrées engendre un réseau cfc ; les sommets et les centre des faces de ces cubes sont appelés nœuds du réseau ; faire connaître que :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ dans le cuivre, l'aluminium, le plomb, l'argent et le fer γ (car il existe aussi le fer α), les atomes sont répartis aux nœuds d'un réseau cfc ; d'une manière générale, les atomes des métaux se trouvent chacun au nœud d'un réseau (non nécessairement cfc, ne pas parler des autres systèmes de réseau) : on dit que les métaux ont une structure cristalline. ▪ Des électrons se déplacent dans un métal : ce sont les électrons libres du métal ; ils proviennent de ses atomes.
<ul style="list-style-type: none"> • dire comment obtenir de l'ion cuivre II à partir de l'atome de cuivre • identifier l'ion cuivre II • définir l'ion cuivre II 	<p>Ions</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'ion cuivre II 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser l'expérience montrant l'attaque du cuivre par une solution suffisamment concentrée d'acide nitrique. On fera constater : <ul style="list-style-type: none"> - la disparition du cuivre ; - l'apparition d'une coloration bleue, couleur de l'ion cuivre II ; un test avec la soude confirme la

<ul style="list-style-type: none"> • écrire la formule de l'ion cuivre II • donner la charge de l'ion cuivre II à partir de sa formule 		<p>présence de l'ion cuivre II dans la solution (formation de précipité bleu) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - qu'un gaz de couleur rousse (le dioxyde d'azote) se dégage : éviter de l'inhaler puisqu'il est toxique. Conclure que l'atome de cuivre en présence de l'acide chlorhydrique donne de l'ion cuivre II. <ul style="list-style-type: none"> • Introduire expérimentalement la définition de l'ion cuivre II. Pour cela, on pourra faire l'électrolyse de la solution que donne la réaction précédente, en utilisant des électrodes de graphite. Faire : <ul style="list-style-type: none"> - observer le passage du courant électrique dans la solution (à l'aide d'un ampèremètre ou d'une lampe de signalisation) et le dépôt rougeâtre de cuivre à la cathode ; - admettre que l'ion cuivre II porte une charge positive ; alors il migre vers la cathode où il capte deux électrons pour se transformer en atome de cuivre : <p>Ion cuivre II + deux électrons → atome de cuivre ; ce qui suggère la définition de l'ion cuivre II : c'est un atome de cuivre ayant perdu deux électrons ; sa formule est Cu^{2+} où 2+ indique sa charge électrique : il porte</p>
--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • définir un : <p>- cation</p> <p>- anion</p> <ul style="list-style-type: none"> • dire que cation et anion sont deux sortes d'ions 	<ul style="list-style-type: none"> • Cations et anions 	<p>deux charges positives ou encore sa charge (mesurée en charge élémentaire e) est $+2$.</p> <ul style="list-style-type: none"> • À partir de l'électroneutralité de l'atome, expliquer l'obtention d'un ion positif ou d'un ion négatif par un défaut (perte) ou excès (gain) d'électrons. Pour cela, commencer par l'obtention de l'ion cuivre II, puis celle de l'ion chlorure avant de donner la définition d'un ion positif (cation) et d'un ion négatif (anion) : <ul style="list-style-type: none"> - un cation est un ion positif : il provient d'un atome ou d'un groupement d'atomes ayant perdu un ou plusieurs électrons ; exemples : Cu^{2+}, Zn^{2+} (ion Zn), Ca^{2+} (ion calcium), Fe^{2+} (ion fer II), Fe^{3+} (ion fer III), H^+ (ion hydrogène), Na^+ (ion sodium), et NH_4^+ (ion ammonium) - un anion est un ion négatif : il provient d'un atome ou d'un groupement d'atomes ayant gagné un ou plusieurs électrons ; exemple Cl^- (ion chlorure), OH^- (ion hydroxyde), SO_4^{2-} (ion sulfate) et CO_3^{2-} (ion carbonate) • Faire connaître que cation et anion sont deux sortes d'ions. Demander aux élèves de retenir les formules
--	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • écrire les formules des ions suivants : zinc, calcium, fer II, fer III, hydrogène, sodium, chlorure, hydroxyde, sulfate et carbonate • donner la charge électrique d'un ion à partir de sa formule • identifier les ions Fe^{2+}, Fe^{3+}, Na^+, Ca^{2+}, Zn^{2+}, H^+, OH^-, Cl^-, SO_4^{2-} et CO_3^{2-} 	<ul style="list-style-type: none"> • Tests d'identification de quelques ions 	<p>des ions cités en exemples et habituer-les à donner, à partir d'une formule, la charge électrique de l'ion correspondant.</p> <ul style="list-style-type: none"> • On utilisera la soude pour tester dans une solution aqueuse, la présence des ions Fe^{2+} (précipité vert foncé d'hydroxyde de fer II) et Fe^{3+} (précipité rouille d'hydroxyde de fer III). Pour Na^+, on pulvérisera une solution concentrée de sodium sur une flamme d'un briquet à gaz, à défaut de bec Bunsen : la coloration jaune prouvera la présence de l'ion sodium dans la solution pulvérisée. Enfin, on utilisera pour identifier : <ul style="list-style-type: none"> - Ca^{2+}, le carbonate de sodium (précipité blanc de carbonate de calcium) ;
--	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> - Zn^{2+}, la soude (précipité blanc d'hydroxyde de zinc soluble dans la solution d'ammoniac) ; - H^+ et OH^- ; un indicateur coloré ; rappelons que, pour alléger l'écriture, on écrit souvent H^+ au lieu de $\text{H}^+ \text{aq}$ (aq étant l'abréviation de aqueux) ou H_3O^+ ; - Cl^-, le nitrate d'argent (précipité blanc de chlorure d'argent noircit à la lumière) ; - SO_4^{2-}, le chlorure de baryum (précipité blanc de sulfate de baryum) ; - CO_3^{2-}, l'acide chlorhydrique (dégagement de CO_2 qui trouble l'eau de chaux).
<ul style="list-style-type: none"> • traduire l'écriture-bilan d'une réaction chimique • identifier les ions Fe^{2+}, Fe^{3+}, Na^+, Ca^{2+}, Zn^{2+}, H^+, OH^-, Cl^-, SO_4^{2-} et CO_3^{2-} 	Réaction chimique et équation-bilan	<ul style="list-style-type: none"> • Reprendre ce qui a été traité (voir programme de 5ème : page 160 et 161) concernant les combustions des carbones et des soufres. • Rajouter les écritures des équations-bilans de ces réactions. On habituera les élèves à équilibrer une équation chimique en admettant le principe de conservation des éléments : « les atomes se conservent au cours

<ul style="list-style-type: none"> • équilibrer l'équation bilan d'une réaction ; • Écrire les équations des réactions de l'acide chlorhydrique sur le carbonate de calcium et le fer 	<ul style="list-style-type: none"> • Action de l'acide chlorhydrique sur le carbonate de calcium et le fer 	<p>d'une réaction chimique. » En exercice on équilibrera les équations de formation du monoxyde de carbone et du trioxyde de soufre :</p> $2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \text{ et } 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ <ul style="list-style-type: none"> • Faire trouver la formule du chlorure d'hydrogène et celle du carbonate de calcium. On pourra décrire comment obtenir la solution d'acide chlorhydrique, de formule $\text{H}^+ + \text{Cl}^-$, à partir du chlorure d'hydrogène. • Identifier les produits des réactions avant de faire écrire leur équation bilan (les coefficients stœchiométriques sont tels que les conservations des atomes et des charges sont assurées)
---	---	--

INSTRUCTIONS

- La physique et la chimie sont des sciences expérimentales. Alors, chaque leçon doit-être bâtie sur des expériences simples ou rattachée à l'environnement naturel ou technique des élèves. L'explication des expériences, animée par le professeur, doit comporter une participation active des élèves.
- Chaque semaine doit comporter deux séances de Physique et une séance de Chimie.

EVALUATION

- Le professeur ne doit pas manquer de mettre en œuvre des évaluations, formatives, sommatives et d'intégrations. Le choix des situations d'évaluation adéquates est laissé à son initiative.

Annexe 4 : Curriculum de sciences physiques de la classe de troisième

Objectif de la matière

Les sciences physiques doivent amener l'élève à :

- pratiquer une démarche expérimentale pour faire aboutir une recherche ;
- adopter une attitude scientifique en développant chez lui l'esprit scientifique ;
- interpréter des phénomènes naturels par les connaissances qu'elles lui apportent ;
- mieux connaître le monde technique qui nous entoure par le biais de l'analyse des réalités et de l'effort pour comprendre et expliquer.

Objectifs de l'enseignement des Sciences physiques au Collège

À la sortie du C.E.G., l'élève doit être capable de (d') :

- continuer ses études au lycée ;
- faire preuve de maturité sur le plan de raisonnement ;
- interpréter des faits physiques de son environnement naturel et technique.

Objectifs des Sciences physiques en classe de 3ème

À la fin de la classe de 3^{ème}, l'élève doit être capable de :

- dire que les caractéristiques d'une force sont : direction, sens et intensité ;
- représenter par un vecteur chacune des forces suivantes : force exercée par un fil, poids d'un corps et poussée d'Archimède ;
- donner la condition d'équilibre d'un corps flottant ;

- calculer le travail d'une force constante dans le seul cas où son point d'application se déplace sur sa droite d'action ;
- énoncer les lois d'Ohm et de Joule ;
- dire que la puissance électrique consommée par un appareil est telle que $p = U.I$ ($P \leq UI$ où U est la tension (tension efficace) entre ses bornes et I l'intensité (intensité efficace) du courant qui le traverse ;
- lire les indications portées sur un compteur électrique ;
- identifier des phénomènes liés aux réflexion et réfraction ;
- décrire la composition de la lumière blanche ;
- exploiter une équation chimique pour calculer les quantités, les masses ou les volumes d'un réactif et d'un produit d'une réaction ;
- déterminer les concentrations molaires des ions provenant de la dissolution dans l'eau de chacun des composés suivants : chlorure de sodium, chlorure d'hydrogène et soude ;
- dire qu'une solution aqueuse est acide si son $pH < 7$, neutre si son $pH = 7$ et basique si son $pH > 7$.

Volume horaire

3 heures par semaine

Contenu

Physique

Mécanique

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- dire que les caractéristiques d'une force sont : direction, sens et intensité ;
- représenter par un vecteur chacune des forces suivantes : force exercée par un fil, poids d'un corps et poussée d'Archimède ;
- donner la condition d'équilibre d'un corps flottant ;

- calculer le travail d'une force constante dans le seul cas où son point d'application se déplace sur sa droite d'action ;

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>l'élève doit être capable de (d')</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en évidence la force exercée par un fil sur un objet ; • Donner sa droite d'action, sa direction, son sens et son point d'application ; • Mesurer son intensité à l'aide d'un dynamomètre ; 	<p>Notion de force : objet tiré à l'aide d'un fil ; utilisation d'un dynamomètre ; caractéristiques et modélisation d'une force</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pour la mise en évidence, considérer un objet immobile (au repos ou en équilibre) ; le tirer à l'aide d'un fil jusqu'à faire constater la rupture de l'équilibre. Ce phénomène observé est une manifestation de la force exercée par le fil sur un objet. • La définition d'une force sera abordée en classe de seconde. • Faire connaître que : <ul style="list-style-type: none"> - le fil tendu visualise une droite appelée droite d'action ou droite support ou ligne d'action de la force ; - cette force a aussi une direction (celle du fil tendu, c'est-à-dire parallèle à celui-ci ; faire tracer une droite représentant cette direction), un sens (pour une direction donnée, il y a deux sens possibles ; faire trouver le sens dans laquelle la force agit ; ce sens va de l'objet vers

<ul style="list-style-type: none"> • Dire que : Les caractéristiques d'une force sont : direction, sens et intensité ; Une force peut être modélisée par un vecteur ; • Représenter par un vecteur la force exercée par un fil ; 		<p>celui qui le tire) et un point d'application (c'est le point sur lequel s'exerce la force ; c'est-à-dire le point de contact avec le fil ; ce point appartient donc à la droite d'action)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un fil tendu suffisamment fort finit par casser. La force exercée par un fil a donc une intensité. Il en est de même pour toutes les forces. • Considérer un objet (morceau de carton par exemple) fixé à un support et tiré à l'aide d'un fil par un dynamomètre accroché à un autre support. Faire : <ul style="list-style-type: none"> - connaître que l'indication de l'appareil est l'intensité de la force exercée par le fil sur l'objet ; - lire et noter cette indication. <p>N'utiliser plus le kilogramme-force (kgf) : dans le système international, l'unité de l'intensité d'une force est le newton (N).</p> • Signaler que donner les caractéristiques d'une force revient à donner sa direction (celle de sa droite d'action, c'est-à-dire parallèle à celle-ci), son sens et son intensité. Alors une force est modélisée par un vecteur. Quant au point
--	--	--

		<p>d'application, sa donnée est éventuelle. En effet, il n'est pas toujours possible de le déterminer sur sa droite d'action. Toutefois, il faut le considérer pour représenter complètement une force localisée (force dont le lieu où elle s'exerce est supposé ponctuel).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Après avoir demandé aux élèves de donner les caractéristiques de la force exercée par le fil sur l'objet en carton, les diriger à la représenter par un vecteur.
<ul style="list-style-type: none"> • Donner les conditions nécessaires à l'équilibre d'un solide soumis à deux forces ; 	<p>Poids d'un corps</p> <ul style="list-style-type: none"> • Équilibre d'un solide soumis à deux forces 	<ul style="list-style-type: none"> • Montrer expérimentalement que : si un solide au repos est soumis à deux forces, alors ces deux forces sont directement opposées ; c'est-à-dire qu'elles ont mêmes droites d'action et intensité, mais de sens contraires. • Ainsi on pourra considérer un solide (morceau de carton par exemple) maintenu au repos par deux fils tendus chacun par un dynamomètre accroché à un support. Faire constater que ces deux fils sont dans le prolongement l'un de l'autre et que les dynamomètres indiquent les mêmes valeurs.
<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en évidence le poids d'un corps ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en évidence du poids d'un 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour la mise en évidence, faire observer que la chute d'un corps se

<ul style="list-style-type: none"> • Mesurer l'intensité du poids d'un corps à l'aide d'un dynamomètre ; • Dire que les caractéristiques de poids d'un corps sont : direction (verticale) ; sens (vers le bas) ; intensité ($P = mg$ où l'intensité de la pesanteur g sera en $N.kg^{-1}$ si P en N et m en kg) ; • Décrire la méthode de recherche expérimentale du centre de gravité ; • Dire : 	<p>corps ;</p> <p>caractérisation et modélisation</p>	<p>fait toujours vers le sol. Ceci n'est qu'une manifestation du poids : force qu'exerce la terre sur tout corps.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considérer un solide S suspendu au bout d'un fil. <p>Faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - observer que S est au repos (après quelques oscillations) ; - inventorier les forces extérieures appliquées à S ; - conclure que le poids P de S et la force T que lui exerce le fil sont directement opposées. D'où la direction et le sens de P. <ul style="list-style-type: none"> • Partant de l'égalité en module entre les deux forces T et P montrer comment mesurer l'intensité de P : suspendre S à un dynamomètre qui indiquera cette intensité. • Pour établir la relation $P = mg$ entre la masse m d'un corps et l'intensité P de son poids, on pourra faire : <ul style="list-style-type: none"> - mesurer avec une balance les masses de différents objets et avec un dynamomètre l'intensité de leur poids. - calculer et comparer les quotients P/m (on fera admettre qu'ils sont
--	---	---

<ul style="list-style-type: none"> - où se trouve le centre de gravité d'un anneau, d'une sphère, d'une boule, d'un cube, d'un parallélépipède rectangle, d'un cylindre et d'un disque homogène ; - que le point d'application d'un corps est son centre de gravité ; • Représenter par un vecteur le poids d'un corps ; 		<p>égaux à des erreurs près ; noter g la valeur moyenne de ces quotients : g est appelé intensité de la pesanteur).</p> <p>Utiliser aussi la méthode graphique pour établir la relation $P = mg$. On procédera alors en deux étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tracer la courbe $P = f(m)$: consulter les indications sur le tracé de la caractéristique d'un résistor (voir Électricité) ; - Déterminer l'équation de cette courbe. <p>• Soit à déterminer par la méthode de la recherche expérimentale le centre de gravité d'une plaque mince S. Alors suspendre S au bout d'un fil. Lorsque S est en équilibre, on sait que la droite d'action de son poids est matérialisée par le fil. Tracer sur la plaque le prolongement du fil au repos (il est commode de repérer ce prolongement à l'aide d'un fil à plomb). Ensuite, changer le point de suspension de S afin d'obtenir un nouveau prolongement coupant l'autre en G. ce point G est nécessairement le point d'application de P. Faire connaître que :</p>
---	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> - G est appelé le centre de gravité d'un solide homogène ou non, la méthode de la recherche expérimentale reste valable ; - le centre de gravité n'est pas forcément un point du corps étudié. • Demander aux élèves de retenir où se trouve le centre de gravité d'un anneau, d'une sphère, d'une boule, d'un cube, d'un parallélépipède rectangle, d'un cylindre et d'un disque homogène. • Faire représenter le poids d'un corps supposé homogène, de masse donnée et ayant l'une des formes citées précédemment.
<ul style="list-style-type: none"> • Donner les caractéristiques de la troisième force contribuant à l'équilibre d'un solide soumis à trois forces : les deux premières étant de même direction et sens ; 	<p>Poussée d'Archimède</p> <ul style="list-style-type: none"> • Équilibre d'un solide soumis à trois forces 	<ul style="list-style-type: none"> • Suspendre un solide S à un dynamomètre (faire noter l'intensité P de son poids P). Le faire tirer verticalement vers le bas par un autre dynamomètre accroché à un support. Considérer S au repos et faire : <ul style="list-style-type: none"> - inventorier les forces extérieures qui lui sont appliquées ; - constater que : • P et la force F exercée par le dynamomètre inférieur sur S sont de même direction et sens ;

<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en évidence la poussée d'Archimède ; • Donner sa direction et son sens ; • Décrire une méthode pour déterminer son intensité ; • Montrer que cette intensité dépend du volume du corps immergé et de la nature du liquide ; • L'exprimer en fonction du volume déplacé, de la masse 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en évidence de la poussée d'Archimède ; sa mesure ; les facteurs dont elle dépend ; sa représentation par un vecteur 	<ul style="list-style-type: none"> • La droite d'action de la troisième force T exercée par le dynamomètre supérieur sur S est verticale ; donc T est de même direction que les deux forces P et f, <ul style="list-style-type: none"> ▪ T est de sens contraire que ces deux forces ; ▪ L'intensité T de T est telle que $T = f + P$ avec f l'intensité de f. • Plonger verticalement dans l'eau calme un récipient (en plastique par exemple) par son fond plat. Faire remarquer la résistance à l'immersion qui n'est qu'une manifestation de la force exercée par l'eau sur le récipient ; et une force qu'exerce un liquide en équilibre sur un corps immergé est appelée poussées d'Archimède. • Placer au sein d'un liquide un solide S (un bouchon de liège par exemple) ; et ceci à l'aide d'un fil dont l'une des extrémités est attachée à un caillou placé au fond d'un récipient. Considérer le solide S lorsqu'il est immobile et faire remarquer : <ul style="list-style-type: none"> - La direction verticale du fil ; alors, le poids du corps étudié et la force que lui exerce le fil sont de mêmes direction et sens ;
--	---	---

<p>volumique (densité) de celui-ci et de l'intensité de la pesanteur ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Représenter par un vecteur la poussée d'Archimède ; 		<ul style="list-style-type: none"> - Que le corps est soumis à trois forces : la troisième étant la poussée d'Archimède. D'où la direction (verticale) et le sens (vers le haut) de cette poussée. • La détermination de la valeur F de la poussée F sera faite à l'aide d'un dynamomètre par différence de deux mesures. Suspending alors un solide S à un dynamomètre (noter l'intensité P de son poids P). Lorsque S est complètement immergé dans un liquide, le dynamomètre indique la valeur T de la force T qu'il exerce sur S. Faire remarquer que T et F sont deux forces de mêmes direction (verticale) et sens (vers le haut) et que S est en équilibre sous l'action de trois forces : P, T et F. Alors $T + F = P$. soit : $F = P - T$ • Pour l'influence du volume, on plongera successivement deux corps de même poids, mais de volumes différents dans un même liquide. L'influence de la nature du liquide sera montrée en plongeant un même objet dans deux liquides différents. • Introduire l'expression de l'intensité de la poussée en comparant la valeur de $F = P - T$ avec celle de $V\rho g$ où V, ρ et g désignent respectivement le
--	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir si un solide homogène abandonné au sein d'un liquide va flotter ou couler ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Les corps flottants 	<p>volume de S (égal au volume de liquide déplacé), la masse volumique du liquide et l'intensité de pesanteur. Faire admettre que ces deux valeurs sont égales à des erreurs près et remarquer que le produit représente le poids du liquide déplacé.</p> <p>Enoncer le théorème d'Archimède : « Tout corps plongé dans un liquide en équilibre subit de la part de celui-ci une poussée verticale, dirigée vers le haut et d'intensité égale au poids du liquide déplacé ».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour la représentation de la poussée, on précisera que son point d'application ; appelé centre de poussée, est situé au centre de gravité du liquide déplacé. • Établir des critères permettant de prévoir si un solide abandonné au repos au sein d'un liquide va flotter ou couler. Pour cela, on considérera les cas suivants : $F = P$: le solide reste immobile au sein du liquide ; ce cas se présente très rarement ; - $F > P$: le solide va flotter ; - $F < P$: il va couler. <p>Pour les solides homogènes, $F > P$ et $F < P$ sont respectivement équivalents à $\rho_l > \rho$ et $\rho_l < \rho$; donc $d_l > d$ et $d_l < d$ avec</p>
---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • Donner la condition d'équilibre d'un corps flottant ; 		<p>ρ la masse volumique du solide de densité d et d_l la densité du liquide.</p> <ul style="list-style-type: none"> • On pourra citer des exemples : poisson (il garde son poids ; mais, la modification de son volume, par compression ou dilatation de sa vaisseau natatoire grâce à des muscles spéciaux, lui permet d'évoluer à différentes profondeurs), sous-marin (il laisse entrer l'eau dans son water-ballast ou la chasse de celui-ci suivant qu'il veut s'enfoncer dans la mer ou remonter à la surface) ... • Considérer un corps flottant S en équilibre. Faire admettre que, bien que S soit partiellement immergé, le théorème d'Archimède lui est applicable. Toutefois, insister sur l'expression de l'intensité F de la poussée F : cette fois, seul le volume du liquide déplacé), et non plus son volume tout entier, est impliqué. Faire remarquer que le solide S est en équilibre sous l'action de son poids P d'intensité P et de F. D'où la condition d'équilibre d'un corps flottant $F = P$, pouvant s'énoncer : « lorsqu'un corps flottant est en équilibre à la surface d'un liquide, le poids du liquide
---	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Citer une application pratique de cette condition ; 		<p>déplacé par sa partie immergée est égal à son propre poids ».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une application pratique de cette condition d'équilibre est la suivante : pour faire flotter un corps (pirogue ...), on lui donne une forme telle qu'il suffise d'une immersion partielle pour que le poids de l'eau déplacée atteigne la valeur de son propre poids.
<ul style="list-style-type: none"> • Définir une force constante ; • Exprimer son travail dans le seul cas où son point d'application se déplace sur sa droite d'action ; 	<p>Travail et puissance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Travaux d'une force constante et du poids 	<ul style="list-style-type: none"> • Une force dite constante si sa direction, son sens et son intensité ne varient pas au cours du temps. • On fera admettre que le travail d'une force constante, dont le point d'application se déplace sur sa droite d'action, est égal en valeur absolue au produit de son intensité et de la longueur du déplacement. Le signe du travail sera positif si la force et le déplacement ont même sens (la force contribue au déplacement) ; alors le travail est dit moteur. Sinon (la force s'oppose au déplacement), le signe sera négatif : le travail est dit résistant. N'utiliser plus le kilogramme-mètre (kgm) : dans le système international, l'unité du travail est le joule (J).

<ul style="list-style-type: none"> • Dire que le travail du poids ne dépend que de la dénivellation entre les points de départ et d'arrivée du centre de gravité ; • Exprimer la puissance d'une force • Donner sa signification physique. 	<ul style="list-style-type: none"> • Notion de puissance 	<ul style="list-style-type: none"> • On fera admettre également que le travail du poids est indépendant du chemin suivi et qu'il dépend seulement de la différence d'altitude (ou de la dénivellation) entre les points de départ et d'arrivée du centre de gravité. • La notion de puissance peut être introduite à partir de l'exemple de deux personnes montant un même objet à une hauteur h : le même travail ($W = Ph$ où P intensité du poids de l'objet) a été effectué pendant des durées différentes. Par définition, la puissance est le quotient du travail par la durée de son exécution (la puissance la rapidité avec laquelle est effectué le travail). Quant à l'unité, n'utiliser plus le kilogramme-mètre par seconde (kgm.s^{-1}) : dans le système international, l'unité de la puissance est le watt (W). l'unité cheval-vapeur (ch) qui est beaucoup utilisée dans le domaine de la technologie (fiche technique de moteur) peut être proposée en exercice tout en indiquant que : $1\text{ch} = 736\text{ W}$.
---	---	--

Électricité

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de (d') :

- énoncer les lois d'Ohm et de Joule ;
- dire que la puissance électrique consommée par un appareil est telle que $p = U.I$ ($P \leq UI$ où U est la tension (tension efficace) entre ses bornes et I l'intensité (intensité efficace) du courant qui le traverse ;
- lire les indications portées sur un compteur électrique ;

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifier un conducteur ohmique ; • le schématiser ; 	<p>Conducteurs ohmiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • caractéristique d'un conducteur ohmique 	<ul style="list-style-type: none"> • un dipôle ayant la forme d'un cylindre sur lequel sont peints des anneaux de couleurs différentes est un conducteur ohmique ou résistor • Pour l'expérimentation, le résistor étudié pourra être alimenté sous une tension variable (réalisée, par exemple, à l'aide des piles montées en série) on mesurera alors l'intensité de courant à travers le résistor pour chaque tension U maintenue à ses bornes dans une représentation graphique, chaque point (I, U) est appelé point de fonctionnement du résistor ; les courbes $U = f(I)$ et $I = f(U)$ sont ses caractéristiques. La caractéristique tension-intensité $I = f(U)$ ne sera pas étudiée.

<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser le terme caractéristique ; • Décrire un protocole expérimental pour obtenir des mesures permettant d'étudier la caractéristique d'un conducteur ohmique ; • Tracer la caractéristique intensité-tension d'un conducteur ohmique ; • Déterminer l'équation de cette caractéristique ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Notion de puissance • Loi d'Ohm ; résistance électrique 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour tracer la caractéristique intensité-tension $U = f(I)$, placer au moins cinq points de fonctionnement du résistor. On insistera sur le caractère linéaire de la courbe : les différents points expérimentaux sont en général entachés d'erreurs ; aussi, ne sont-ils pas rigoureusement alignés. On habituera les élèves à tracer, non une ligne brisée joignant les différents points, mais une ligne médiane (droite passant par l'origine). Les points marqués sont alors équitablement répartis de part et d'autre de cette droite. On limitera la caractéristique compte tenu des limites d'utilisation données par le constructeur. • L'équation de la caractéristique $U = f(I)$ précédente permet d'introduire la loi d'Ohm : la tension U appliquée aux bornes d'un conducteur ohmique est
--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Définir la résistance d'un conducteur ohmique ; • Appliquer la loi d'Ohm pour calculer la résistance du résistor équivalent à l'association de résistor en série, ainsi qu'en dérivation ; 		<p>proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse. D'où $U = RI$; par définition, le coefficient de proportionnalité R est appelé résistance du conducteur. Dans le système international, l'unité de résistance est l'ohm (Ω).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le professeur utilisera la loi d'Ohm et celle : <ul style="list-style-type: none"> - D'additivité des tensions pour démontrer que $R_e = R_1 + R_2$; - Des nœuds pour prouver que $(1/R_e = 1/R_1 + 1/R_2)$ • La valeur calculée à partir de chacune des formules précédentes pourra être vérifiée à l'aide d'un ohmmètre. • Bien différencier conducteur ohmique ou résistor (objet) et résistance qui est la grandeur physique de ce conducteur.
<ul style="list-style-type: none"> • Lire des indications portées sur un appareil électrique ; 	<p>Puissance et énergie électriques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puissance électrique consommée par un appareil 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire lire les indications portées sur des lampes. Ces indications sont les tensions d'utilisation normale (tension nominale) et la puissance électrique consommée par l'appareil lorsqu'il fonctionne

<ul style="list-style-type: none"> • Calculer la puissance électrique consommée par un appareil à courant continu ; 		<p>sous cette tension (puissance nominale).</p> <p>On pourra :</p> <ul style="list-style-type: none"> - faire constater que sous une même tension d'utilisation normale, une lampe de puissance plus élevée éclaire plus (consomme plus) ; ainsi on fera fonctionner simultanément plusieurs lampes de puissances différentes afin de comparer l'éclairement ; - signaler qu'en dépassant cette tension nominale, on risque de détériorer l'appareil.
<ul style="list-style-type: none"> • Calculer l'énergie électrique consommée par un 	<ul style="list-style-type: none"> • Énergie électrique consommée par un appareil 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire retrouver la puissance nominale de chacune de ces lampes traversées par un courant d'intensité I et alimentée sous une tension nominale U : on admettra que le produit UI et la puissance nominale sont égaux à des erreurs près. Généraliser pour avoir l'expression de la puissance électrique consommée par un appareil à courant continu. • La puissance P d'un appareil est l'énergie électrique qu'il consomme par unité de temps.

<p>appareil à courant continu ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • exprimer ; - la puissance consommée par un résistor en fonction de sa résistance R et de l'intensité I du courant qui le traverse ; - l'énergie électrique consommée par ce résistor pendant une durée Δt en fonction de R, I et Δt ; • Dire ce qu'est l'effet joule ; • Énoncer la loi de Joule ; 	<ul style="list-style-type: none"> • application au conducteur ohmique • Effet Joule ; applications 	<p>En faire déduire l'énergie électrique W consommée par cet appareil pendant une durée Δt : $W = P \Delta t$. L'unité internationale de l'énergie électrique est le joule. Dans la pratique, le watt-heure (Wh) et le kilowatt-heure (kWh) sont utilisés pour exprimer l'énergie électrique consommée par un appareil. À titre d'exercice, faire convertir les trois unités précédentes entre elles.</p> <ul style="list-style-type: none"> • faire établir les conditions de la puissance et de l'énergie électrique consommées en utilisant les connaissances acquises. <p>Signaler que, pour un conducteur ohmique alimenté par le secteur, les formules $U = RI$ et $P = UI$ (donc, celles qui viennent d'être établies) restent valables à condition de considérer les valeurs efficaces I et U de l'intensité et de la tension (voir programme de 4^{ème} : page 160)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire passer un courant électrique dans un fil métallique fin et constater que celui-ci s'échauffe. Ce dégagement de chaleur par un conducteur parcouru par un
--	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • Appliquer cette loi pour calculer la quantité de chaleur dégagée par un conducteur ohmique ; • Citer des applications de la loi de Joule ; 		<p>courant électrique porte le nom de l'effet Joule.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La chaleur dégagée par un conducteur ohmique est régie par la loi de Joule disant que : l'énergie électrique reçue par un conducteur ohmique est intégralement convertie en chaleur. En faire déduire l'expression de chaleur Q dégagée en fonction de R, I et Δt. L'étude calorimétrique en vue de vérifier cette expression est hors programme. • L'effet Joule a de nombreuses applications pratiques : lampe à incandescence, fer à repasser et à souder, réchaud ... Il est aussi à l'origine de la destruction des dispositifs dont on ne respecte pas les limites de fonctionnement.
<ul style="list-style-type: none"> • Décrire : <p>- Une expérience illustrant le principe de production d'une tension alternative ;</p>	<p>L'électricité à la maison</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rappel sur le courant alternatif 	<ul style="list-style-type: none"> • Il s'agit d'assurer une bonne maîtrise des acquis en classe de 4^{ème}.

<ul style="list-style-type: none"> - Un transformateur, ainsi que son rôle ; - Un alternateur industriel ; • Justifier l'intérêt du transport sous haute tension de l'électricité produite par un central ; • Dire que l'électricité ainsi transportée est distribuée aux utilisateurs sous des tensions plus basses ; • Décrire une installation électrique ; • La schématiser • Décrire les rôles du disjoncteur et du fusible dans une installation électrique ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Schéma d'une installation électrique • Protection d'une installation électrique : disjoncteur et fusible. 	<ul style="list-style-type: none"> • La ligne de la JIRAMA arrive au compteur de l'habitation. Cette ligne d'arrivée traverse successivement le compteur et le disjoncteur. À ses bornes sont branchées en dérivation les lignes de distribution qui alimentent les différents appareils domestiques. • Le professeur utilisera une maquette ou une planche pour illustrer sa leçon. • Se référer à la leçon sur le court-circuit (voir programme de 6^{ème} page 155). • Bien souligner que le disjoncteur protège toutes les lignes de
--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Décrire les circonstances d'une électrocution et d'un incendie (en électricité) ; • Citer les principales règles de sécurité ; • Dire que la puissance électrique P consommée par un appareil est telle que $P \leq UI$ où U est la tension efficace entre ses bornes et I l'intensité efficace du courant qui le traverse ; • Calculer l'énergie électrique consommée par une 	<ul style="list-style-type: none"> • Les règles de sécurité • L'énergie électrique consommée : le compteur électrique 	<p>distribution de l'habitation tandis que chaque fusible ne protège qu'une ligne de distribution.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire connaître les circonstances d'une électrocution et d'un incendie (en électricité) ; ainsi que les règles de sécurité à observer. Des tableaux montrant les dangers du courant électrique seront affichés en classe. • Seul le professeur est habilité à manipuler avec la tension du secteur en prenant toutes les précautions d'usage. Recommander aux élèves de ne pas refaire avec le secteur les expériences réalisées en classe avec des piles. • Le facteur de puissance $\cos \varphi$ d'un appareil étant hors programme, faire admettre qu'en général, $P \leq UI$. Ainsi, connaissant P et U qui sont fixées par le constructeur, on pourra calculer l'intensité minimale du courant qui traverse l'appareil : $I_{\min} = P/U$. rappelons que pour un conducteur ohmique, on a l'égalité $P = UI$. • L'énergie électrique consommée par une installation électrique pendant une durée Δt est égale à
---	---	--

<p>installation domestique ;</p> <p>• Lire :</p> <p>- Des indications portées sur un conducteur électrique ;</p> <p>- Une facture de la JIRAMA.</p>		<p>la somme des énergies $W_E = P\Delta t$ consommées par chaque appareil de puissance p pendant cette durée. Elle est mesurée par un conducteur électrique. Si possible un compteur électrique en fonctionnement sera montré aux élèves.</p> <p>• On pourra faire vérifier si le décompte mentionné dans une facture de la JIRAMA est exact (éventuellement, le professeur s'informerait au préalable auprès d'un responsable de la JIRAMA).</p>
---	--	---

Optique

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- identifier des phénomènes liés aux réflexion et réfraction ;
- décrire la composition de la lumière blanche ;

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <p>• identifier un phénomène de réflexion ;</p>	<p>Réflexion de la lumière</p> <p>• Phénomène de réflexion ; miroir plan</p>	<p>• Faire observer qu'une surface plane et polie métallisée (miroir) renvoie la lumière dans une direction privilégiée : c'est le phénomène de réflexion. Indiquer alors les faisceaux incident et</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser les termes : rayon incident et rayon réfléchi ; • Identifier un miroir plan ; • Le schématiser • Définir un : <ul style="list-style-type: none"> - Point d'incidence ; - Plan d'incidence ; • Énoncer les lois de réflexion ; • Tracer un rayon réfléchi ; • Construire l'image d'un point lumineux par un miroir plan ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Les lois de réflexion • Image d'un objet réel par un miroir plan 	<p>réfléchi. Les rayons lumineux constituant ces faisceaux sont appelés respectivement rayons incidents et rayons réfléchis.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un miroir plan est toute surface plane réfléchissante c'est-à-dire qui réfléchit presque la totalité de la lumière qu'elle reçoit) un point du miroir où arrive un rayon incident est appelé point d'incidence. • Soit un rayon incident SI non porté par la demi-normale en I (point d'incidence) au plan de miroir. SI et cette demi-normale définissent un plan appelé plan d'incidence. • D'abord poser le problème suivant : un rayon issu d'un point S est réfléchi en I par un miroir plan ; tracer le rayon réfléchi. Ensuite, retrouver par des expériences les lois de réflexion avant de le résoudre. • Réaliser l'expérience de deux bougies pour montrer qu'un objet lumineux et son image par un miroir plan sont symétriques par rapport au plan du miroir. • Interpréter la formation de l'image d'un objet lumineux (ou
--	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser les termes suivants : objet réel, image réelle et virtuelle ; • Dire qu'un miroir plan donne d'un objet réel une image virtuelle symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir 		<p>éclairé) par un miroir plan. Pour cela, considérer un faisceau incident émis par une source ponctuelle S. Faire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - tracer le faisceau réfléchi et le faire prolonger en pointillés dans le sens contraire de la propagation ; - constater que ces pointillés se coupent en un point S' et que S et S' sont symétriques par rapport au plan du miroir. <p>Donner les définitions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un point objet réel est un point où divergent les rayons incidents ; - Un point objet virtuel est un point où convergent les rayons incidents (hors programme) ; - Un point image réelle est un point où convergent les rayons émergents, - Un point image virtuelle est un point où divergent les rayons émergents. <p>Ainsi un miroir plan donne de chaque point S de l'objet lumineux (ou éclairé) une image virtuelle S' symétrique de S par rapport au plan du miroir ; et</p>
--	--	--

		<p>l'ensemble des points S' constitue l'image virtuelle de l'objet réel.</p> <p>Conclure : un miroir plan donne d'un objet réel une image virtuelle symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Identifier un phénomène de réfraction ; • Énoncer la première loi de réfraction ; • Interpréter le phénomène de mirage ; 	<p>Réfraction de la lumière</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser une expérience pour faire constater que : lorsque la lumière traverse la surface de séparation entre deux milieux transparents, elle subit un brusque changement de direction : c'est le phénomène de réfraction. • La relation $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ (deuxième loi de réfraction) est hors programme. • Lorsqu'il fait chaud, un mirage peut être observé sur une route bitumée. C'est que, par temps chaud, l'air est constitué d'une superposition des couches de milieux transparents, de températures différentes. Ainsi, la lumière émise par le ciel et les nuages subit une succession de réfractions avant d'être réfléchi vers l'œil d'un observateur, regardant la route. Pour ce dernier, la lumière semble provenir en ligne droite, de l'endroit où se forme l'image du

		ciel et des nuages. L'œil voit donc cette image qu'il confond avec une étendue d'eau sur la route.
<ul style="list-style-type: none"> • Décrire la composition de la lumière blanche ; • Interpréter la couleur d'un objet éclairé par une lumière blanche ; 	<p>Analyse et synthèse de la lumière</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décomposition de la lumière blanche 	<ul style="list-style-type: none"> • Faire : <ul style="list-style-type: none"> - citer les différentes couleurs observées dans un arc-en-ciel : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge ; - connaître qu'elles proviennent de la décomposition de la lumière solaire (qui est une lumière blanche ; il en est de même pour la lumière produite par une lampe à incandescence) par des gouttes d'eau (réfraction à la surface air goutte d'eau) ; - noter que ces couleurs sont aussi appelées radiations lumineuses. • Le professeur ne manquera pas de signaler l'existence des radiations invisibles par l'œil humain : ultraviolet (UV) et infrarouge (IR). Les corps chauds émettent des radiations infrarouges qui sont responsables de la sensation de chaleur ; les radiations ultraviolettes sont à l'origine du bronzage (synthèse de la mélanine), mais peuvent

<ul style="list-style-type: none"> • Dire qu'un filtre permet d'obtenir une lumière colorée, à partir d'une lumière blanche ; • Décrire comment recomposer une lumière blanche ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthèse de la lumière blanche 	<p>provoquer des brûlures (coup de soleil) et même le cancer de la peau.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un objet éclairé en lumière blanche ne renvoie dans l'œil d'un observateur qu'une couleur, la sienne : il absorbe les autres radiations. • Un filtre est un matériau coloré transparent ou translucide. Éclairé par une lumière blanche, il ne laisse passer que certaines couleurs et absorbe ou réfléchit les autres. C'est pourquoi un filtre placé devant le faisceau de lumière blanche permet d'obtenir une lumière colorée. Lors d'un spectacle, par exemple, des filtres sont utilisés pour la réalisation d'éclairages colorés. • Pour l'expérimentation, on pourra utiliser le disque de Newton. Celui-ci est divisé en secteurs qui sont peints avec toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Lorsque le disque tourne avec une vitesse suffisante, sa face multicolore apparaît sous une teinte uniforme blanc grisâtre ; ainsi, il émet de la lumière blanche.
--	--	---

Chimie

Objectifs généraux : L'élève doit être capable de :

- exploiter une équation chimique pour calculer les quantités, les masses ou les volumes d'un réactif et d'un produit d'une réaction ;
- déterminer les concentrations molaires des ions provenant de la dissolution dans l'eau de chacun des composés suivants : chlorure de sodium, chlorure d'hydrogène et soude ;
- dire qu'une solution aqueuse est acide si son $\text{pH} < 7$, neutre si son $\text{pH} = 7$ et basique si son $\text{pH} > 7$.

Objectifs scientifiques	Contenus	Observations
<p>L'élèves doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • décrire la structure de l'atome; • Dire qu'une molécule est formée par un nombre limité d'atomes associés les uns aux autres ; • Définir un cation et un anion ; • Écrire les symboles de quelques atomes et les formules de quelques ions et molécules ; • Donner la définition pratique de la mole ; 	<p>Quelques réactions chimiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • rappels : atome, molécule et ion • Mole ; masse et volume molaire 	<ul style="list-style-type: none"> • il s'agit d'assurer une bonne maîtrise des acquis en classe de 4^{ème}. • En chimie, la mesure d'une quantité de matière ne se fait pas

<ul style="list-style-type: none"> • Calculer la masse molaire d'un corps de formule donnée ; • Dire que dans les conditions normales de température et de pression une mole de gaz quelconque occupe un volume de 22,4 L ; 		<p>en comptant les particules (molécules ...) qui constituent cette matière, mais grâce à une unité appropriée : la mole. Donner la définition pratique de la mole : une mole de particule est la quantité de matière constituée de $6.02.10^{23}$ particules.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faire : <ul style="list-style-type: none"> - connaître que la masse d'une mole d'atome est appelée masse atomique ; - trouver dans le tableau de classification périodique (ne pas parler d'éléments) les masses atomiques des atomes dont on a demandé de retenir leur symbole en classe de 4ème ; elles seront exprimées en gramme par mole (g.mol^{-1}) ; - calculer la masse molaire d'un corps de formule donnée : c'est la somme des masses atomiques de tous les atomes figurant dans la formule (l'unité courante de la masse molaire est le gramme par mole) ; - Noter que le volume molaire V d'un gaz est le volume occupé par une mole de ce gaz, dans des
---	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Identifier le produit de la réaction entre le fer et le soufre ; • Écrire son équation bilan ; • Utiliser cette équation pour calculer les quantités et les masses du produit et d'un réactif de la réaction ; • Dire que le butane appartient à la famille 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaction entre le fer et le soufre • Combustion du butane 	<p>conditions fixées de températures et de pression (les conditions normales de température et de pression étant : 0°C et 76 cm de mercure).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sur une substance réfractaire, porter à incandescence une portion d'un mélange stœchiométrique de limaille de fer et de soufre en poudre. Faire constater que l'incandescence se propage à travers tout le mélange en laissant derrière elle un solide gris : c'est du sulfure de fer II, de formule FeS. • Pour une masse donnée d'un des réactifs, faire calculer la quantité et la masse du sulfure de fer II formé ; ainsi que celles de l'autre réactif nécessaire à la réaction. Ce qui permettra au professeur d'introduire le plan à suivre pour résoudre un tel problème : <ul style="list-style-type: none"> - Écrire l'équation-bilan de la réaction ; - Établir le bilan molaire, puis en déduire le bilan massique ou volumique ; - Effectuer les calculs demandés. • Faire connaître que :
--	--	---

<p>des alcanes de formule générale C_nH_{2n+2} avec $n = 1$ (méthane), $n = 2$ (éthane), $n = 3$ (propane), $n = 4$ (butane) ;</p> <p>• Décrire une expérience montrant la combustion du butane ;</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Le butane appartient à la famille des alcanes de formule générale C_nH_{2n+2} : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pour $n = 1$, on a CH_4 (méthane) ▪ Pour $n = 2$, on a C_2H_6 (éthane) ▪ Pour $n = 3$, on a C_3H_8 (propane) ▪ Pour $n = 4$, on a C_4H_{10} (butane) ... ; - Le briquet à gaz contient du butane liquide. • Régler avec le pouce l'arrivée du gaz du briquet de manière à obtenir une flamme une flamme bleue : cette couleur indique que la combustion est complète (combustion dans une quantité suffisante d'air). Brûle du butane recueilli dans un tube à essai pour mettre en évidence les produits de la combustion complète ; ce sont l'eau (buée sur un verre froid) et le dioxyde de carbone (trouble l'eau de chaux). Si la quantité d'air est en défaut, la flamme du briquet présente une couleur jaune ; on a donc une combustion incomplète. Faire observer alors le dépôt pulvérulent (à l'état de poudre très fine) de noire de carbone sur un soucoupe placée au-dessus de la flamme et la
--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Écrire les équations des combustions complètes des quatre premiers alcanes ; • Décrire une expérience montrant la combustion vive du fer ; • Écrire l'équation-bilan de cette combustion ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustion vive et lente du fer ; protection des objets en fer contre la rouille 	<p>formation d'une buée d'eau. Signaler que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le noir de carbone est utilisé pour la fabrication de certaines encres et peintures noires ; il est aussi incorporé au caoutchouc pour augmenter la résistance des pneumatiques à l'usure ; - Lors de la combustion incomplète, il se forme, outre du carbone et de l'eau, du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone. <ul style="list-style-type: none"> • Généraliser aux alcanes la combustion du butane et faire écrire les équations-bilans des combustions complètes des quatre premiers alcanes. • Un clou neuf chauffé au rouge prend une teinte gris bleuté en se refroidissant. Il se recouvre ainsi d'une couche d'oxyde magnétique de formule Fe_3O_4. • Un objet en fer abandonné à l'air humide se recouvre peu à peu d'une couche de rouille. Cette dernière est poreuse. Ainsi, de la rouille se poursuit jusqu'à ce que la totalité de l'objet soit rouillé. Pour montrer comment se forme la rouille, on pourra réaliser
--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Décrire : <ul style="list-style-type: none"> - Une expérience montrant comment se forme la rouille ; - Comment protéger les objets en fer contre la rouille ; 		<p>l'expérience qui consiste d'abord à placer une paille de fer au fond d'une éprouvette graduée.</p> <p>Retourner ensuite l'éprouvette sur l'eau d'un récipient. Au bout de quelques jours, l'eau s'est élevée dans le tube et il ne reste dans l'éprouvette que le di azote de l'air ($\frac{4}{5}$ du volume d'air initial ; n'entretient par la combustion).</p> <p>En outre, la paille de fer devient rouillée : en présence d'eau (vapeur saturante), elle a réagi lentement avec le dioxygène de l'air que contient l'éprouvette pour donner de la rouille.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour protéger les objets en fer contre la rouille, on les recouvre d'une couche imperméable de graisse, de peinture ...
<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser les termes : solvant, soluté, solution et concentration massique ; 	<p>Solutions aqueuses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rappels sur les notions de solvant, de soluté, de solution et de concentration massique ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Considérons une solution aqueuse de chlorure de sodium pour : <ul style="list-style-type: none"> - Rappeler les notions de solvant, de soluté, de solution et de concentration massique (voir

<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la concentration molaire d'une solution ; • Identifier une solution ionique 	<p>concentration molaire d'une solution ; solution ionique</p>	<p>programme de 5^{ème} : page 159 et 160) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduire la leçon sur la concentration molaire d'une solution. • Dans le système international, l'unité de concentration est la mole par litre (mol.L^{-1}). La concentration molaire d'une solution est notée [soluté] ; ainsi pour une solution de chlorure de sodium, on a [NaCl]. Faire noter que la concentration massique, exprimée souvent en gramme par litre (g.L^{-1}), est aussi utiliser pour définir la concentration d'une solution. En faisant intervenir la masse molaire M du soluté, faire convertir entre elles les deux unités précédentes. • Si une solution est ionique (c'est-à-dire contient d'ion), alors elle conduit le courant électrique (voir programme 4^{ème} : page 169). Réciproquement, toute solution qui conduit le courant électrique est ionique (à faire admettre). D'où un critère permettant d'identifier une solution ionique. Vérifier alors qu'une solution de chlorure de sodium est ionique.
---	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Écrire l'équation-bilan de dissolution du chlorure de sodium dans l'eau ; ainsi que celle du chlorure d'hydrogène et de la soude ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Solution de chlorure de sodium, d'acide chlorhydrique et de soude ; concentration molaire en espèce ionique ; espèces ioniques majoritaires et minoritaires 	<p>Signaler qu'il en est de même pour les solutions d'acide chlorhydrique et de soude.</p> <p>À l'état solide, le chlorure de sodium a une structure cristalline : il est constitué des ions Na^+ et Cl^- disposé chacun aux nœuds d'un réseau cfc (voir programme de 4^{ème} : page 168). L'eau affaiblit l'attraction entre les ions Na^+ et Cl^- qui finissent par quitter les nœuds du réseau. Nous observons alors la dissolution du chlorure de sodium dans l'eau. L'équation-bilan de cette solution est :</p> $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^- \text{ (s voulant dire solide)}$ <p>D'une manière analogue, faire écrire les équations-bilans des dissolutions dans l'eau du chlorure d'hydrogène (appelé aussi acide chlorhydrique) et de la soude. Sachant que la concentration molaire c dans chacune des trois solutions ainsi obtenues, faire déterminer pour chaque solution, les concentrations des ions provenant du soluté, en raisonnant à partir de l'équation-bilan de dissolution de ce dernier. La concentration en ion donné sera</p>
--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer les concentrations molaires des ions provenant de chaque dissolution précédente ; • Inventorier les espèces ioniques majoritaires et minoritaires présentes dans chacune des trois solutions ainsi obtenues ; • Décrire une expérience montrant : <ul style="list-style-type: none"> - Électrolyse de l'eau ; - Sa synthèse ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Électrolyse et synthèse de l'eau 	<p>notée [ion] ; par exemple $[\text{Na}^+]$ représente la concentration en ion Na^+. L'unité de cette concentration est la mole par litre.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Signaler que, comme toute solution aqueuse, les solutions précédentes contiennent des ions H^+ et OH^- provenant de la molécule d'eau (leurs concentrations étant inférieure à $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$) ; ne pas traiter la dissociation ionique de l'eau ; pour $c \geq 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$, faire identifier les ions majoritaires et minoritaires de chacune de trois solutions étudiées : en général $[\text{espèces majoritaires}] \geq [\text{espèces minoritaires}]$ • Utiliser un électrolyseur à électrodes de fer (clou) : les électrodes en graphite adsorbent le dioxygène. Comme électrolyte, on prendra de l'eau additionnée d'un peu de soude. • Pour l'interprétation, faire connaître que (qu') : <ul style="list-style-type: none"> - Lorsque le circuit est fermé, les ions Na^+ et OH^- de l'électrolyte migrent respectivement vers la cathode et l'anode ;
---	--	---

<ul style="list-style-type: none"> • Interpréter l'électrolyse de l'eau ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Solutions acide, basique et neutre : caractérisation par le BBT ; ions responsables des caractères acide et 	<ul style="list-style-type: none"> - À la cathode, c'est la molécule d'eau qui réagit avant l'ion sodium (l'explication n'est pas au programme) - Après une électrolyse prolongée, la quantité de soude se retrouve intégralement ; en revanche, de l'eau est consommée et tout revient à une décomposition de l'eau. • Pour avoir un mélange de dioxygène et de dihydrogène convenable pour la synthèse de l'eau, coiffer les deux électrodes, à l'aide d'une éprouvette. Lorsque celle-ci contient un mélange, approcher son ouverture d'une flamme : une forte détonation retentit. Compte tenu de la chaleur dégagée par cette réaction, il sera prudent d'entourer l'éprouvette par un linge de protection (humide). Un verre froid permettra d'observer la formation d'une buée d'eau. • La notion d'acide peut être introduite par la saveur acide du jus de citron. La couleur jaune prise par la BBT dans cette solution caractérise le milieu dit acide. On montrera que l'on
--	---	---

<ul style="list-style-type: none"> • Spécifier les ions responsables des caractères acide et basique d'une solution ; 	basique d'une solution	<p>retrouve cette couleur dans une solution d'acide chlorhydrique.</p> <p>Montrer aussi la teinte bleue prise par le BBT quand il se trouve dans une solution d'hydroxyde de sodium. Cette teinte indique que le milieu est basique. Enfin, faire constater la coloration verte prise par le BBT dans une solution de chlorure de sodium. Un milieu dans lequel le BBT prend une coloration verte est dit neutre.</p> <p>À défaut de BBT, on pourra utiliser, pour illustrer la leçon, une solution obtenue en macérant dans l'eau des pétales de bougainvillée (laingomena). En effet, cette solution est verte en milieu basique (solution de soude de concentration $10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$) et rose en milieu acide (solution d'acide chlorhydrique de concentration $> 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans chacune des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique, de chlorure de sodium et de soude de concentration $c \geq 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$, ajoute le même nombre de gouttes de BBT. Rappeler que les ions majoritaires dans la solution de (d') :
--	------------------------	--

<ul style="list-style-type: none"> • Dire que : 	<ul style="list-style-type: none"> • pH d'une solution aqueuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Acide chlorhydrique sont : H^+ et Cl^- - Chlorure de sodium : Na^+ et Cl^-, - Soude sont : Na^+ et OH^-. <p>Faire admettre que la teinte prise par l'indicateur coloré est due à une espèce ionique déterminée de la solution. Si Na^+ ou Cl^- est responsable de la coloration prise par le BBT, deux des trois solutions présentent la même couleur. Ce n'est pas comme nous le savons, en accord avec les réalités expérimentales. Alors, Na^+ et Cl^- ne sont pas responsables du changement de teinte. Ainsi, seuls les ions H^+ et OH^- sont responsables des caractères acide et basique d'une solution : H^+ pour le milieu acide et OH^- pour le milieu basique.</p> <ul style="list-style-type: none"> • considérer deux solutions d'acide chlorhydrique de concentrations différentes. Le BBT, ne permet pas de différencier ces solutions. Par contre, un papier pH donne deux valeurs de pH d'une solution est liée à sa concentration en H^+.
--	---	---

<ul style="list-style-type: none"> - le pH d'une solution aqueuse est lié à sa concentration en H^+ ; - la solution est acide si son $pH < 7$, neutre si son $pH = 7$ et basique si son $pH > 7$; • Utiliser le terme : neutralisation ; • Écrire ses équations-bilans ioniques et globale ; • Identifier ces espèces spectatrices ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaction entre les solutions de soude et d'acide chlorhydrique ; neutralisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Donner l'échelle de pH d'une solution aqueuse. À l'aide de cette échelle, faire reconnaître si des substances rencontrées dans l'environnement des élèves sont acides, neutres ou basiques : eau de pluie, lait ... • Il s'agit de mettre en évidence la neutralisation et non de faire un dosage. • Réaliser la réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et une solution de soude. Faire : <ul style="list-style-type: none"> - constater le virage au vert du BBT ; alors, la solution où se trouve l'indicateur coloré devient neutre : on dit qu'il y a neutralisation. - connaître que se changement de teinte de l'indicateur coloré indique la fin de la réaction. • Faire écrire l'équation-bilan ionique de la réaction et en faire déduire les espèces chimiques qui n'ont pas réagi : ce sont les ions Na^+ et Cl^-. Elles sont appelées espèces spectatrices (en les éliminant on obtient une écriture simplifiée de cette dernière). Faire
--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les produits des réactions entre une solution d'acide chlorhydrique et les métaux fer et zinc ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et les métaux fer et zinc. 	<ul style="list-style-type: none"> retrouver l'équation-bilan globale de la réaction. • Mettre en évidence la formation des ions Fe^{2+} et Zn^{2+}, ainsi que celle du dihydrogène (brûle avec détonation).
--	--	--

Instructions

- La physique et la Chimie sont des sciences expérimentales. Alors, chaque leçon doit être bâtie sur des expériences simples ou des observations rattachées à l'environnement naturel ou technique des élèves. L'explication de l'expérience, animée par le professeur, doit comporter une participation active des élèves.
- Chaque semaine doit comporter une séance de Physique et une séance de Chimie.

Evaluations

Le professeur ne doit pas manquer de mettre en œuvre des évaluations formatives, sommatives et intégrations. Le choix des situations d'évaluation adéquates est laissé à son initiative.

Annexe 5 : Grille d'analyse du curriculum formel

Niveau d'enseignement			
Sixième : <input type="checkbox"/>	Cinquième : <input type="checkbox"/>	Quatrième : <input type="checkbox"/>	Troisième : <input type="checkbox"/>
THEME			
P.P.M. ²⁴ : <input type="checkbox"/>	Électricité : <input type="checkbox"/>	Chimie : <input type="checkbox"/>	Optique : <input type="checkbox"/>
Mécanique : <input type="checkbox"/>			
TITRE			
.			
Objectifs pédagogiques			
Objectif général :			
Objectif spécifique :			
Observation :			
.			
Qualité transversale concernée			
Pertinence : <input type="checkbox"/>	À-propos : <input type="checkbox"/>	Efficacité : <input type="checkbox"/>	Efficience : <input type="checkbox"/>
Impact : <input type="checkbox"/>	Cohérence : <input type="checkbox"/>	Synergie : <input type="checkbox"/>	Durabilité : <input type="checkbox"/>
Flexibilité : <input type="checkbox"/>			
Remarque :			
Observation :			
Transposition didactique			
Étape :			
Dépersonnalisation : <input type="checkbox"/>	Désyncrétisation : <input type="checkbox"/>	Programmabilité : <input type="checkbox"/>	
Publicité : <input type="checkbox"/>	Contrôle : <input type="checkbox"/>		

²⁴ Propriétés physiques de la matière

Contrainte :

Épistémologique : ☐ Psychocognitive ☐ sociale : ☐ Administrative : ☐

Formulation**Type des consignes**

Injonction : ☐ Suggestion : ☐ Combiné : ☐ Autre : ☐

Conception d'enseigner :

Informer : ☐ Expliquer : ☐ Convaincre : ☐
Imposer : ☐ Diriger : ☐ Habituer : ☐

Annexe 6 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 1

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 1	Baccalauréat	Aucune	[0, 10[

Chercheur : Quelle classe avez-vous enseignée ?

Enseignant 1 : De la classe de sixième à la classe de seconde.

Chercheur : Où est-ce que tu as étudié avant le baccalauréat ?

Enseignant 1 : Chez nous-mêmes.

Chercheur : Et, est-ce que vous avez réalisé de l'expérience dans votre étude ?

Enseignant 1 : Au lycée ?

Chercheur : Oui.

Enseignant 1 : Non, mais à Ankatso nous avons fait des TP d'électricité et d'optique. Avec des générateurs, fils, résistor, des miroirs et d'autres

Chercheur : Quelle expérience avez-vous réalisée alors à l'université ?

Enseignant 1 : Des expériences d'optique, de chimie, d'électricité. Par exemple, des miroirs des dioptries, des diodes, il y en a encore d'autres.

Chercheur : Est-ce que vous avez aimé les TP ?

Enseignant 1 : Oui, l'expérience permet de voir beaucoup de choses.

Chercheur : Alors quand tu a enseigné, tu as réalisé des TP ?

Enseignant 1 : Non, il n'y a pas eu de matériel, c'est un petit collège. Il n'y a pas de matériel.

Chercheur : Alors, comment faites-vous pour enseigner ?

Enseignant 1 : Je lis des livres, je prépare les leçons et je les explique aux élèves. Je donne des exercices, puis je corrige. Pour la classe de troisième, nous faisons beaucoup d'exercices, des sujets types de BEPC.

Chercheur : Qu'est-ce que signifie « enseigner » pour vous ?

Enseignant 1 : Pour moi, l'enseignement c'est une transmission de connaissances par son détenteur vers quelqu'un qui ne les possède pas.

Chercheur : Alors vous dictez les leçons ?

Enseignant 1 : Oui, je prépare bien la leçon, je lis des livres, je regarde mes anciens cahiers.

Chercheur : Et si on vous donne des matériels ?

Enseignant 1 : Je fais des expériences.

Chercheur : Et les élèves, est-ce que vous leur demanderez de réaliser de l'expérience ?

Enseignant 1 : Je crois que non. Ils ne savent pas.

Chercheur : Ils sont là pour apprendre.

Enseignant 1 : Oui, peut-être, mais ils sont nombreux, il n'y a pas assez de temps pour eux. Et s'ils détruisent les matériels ? Ils vont nous faire perdre du temps.

Chercheur : Donc l'expérience sert à quoi pour toi ?

Enseignant 1 : L'expérience sert à convaincre les apprenants. Il y a des notions simples qui ne nécessitent pas d'expérience, lorsqu'ils voient ils disent que ce n'est pas du mensonge.

Chercheur : Donc tu dois fabriquer des matériels.

Enseignant 1 : J'ai essayé une fois, avec une pile, des fils de connexion. Mais après la pile est déchargée, je ne l'ai pas remplacée.

Chercheur : Pourquoi ?

Enseignant 1 : Je n'ai pas eu assez d'argent. Je devais subvenir à mes besoins.

Chercheur : Alors, le programme ? Tu le respectes ?

Enseignant 1 : Oui, Il faut respecter le curriculum, c'est en quelque sorte, une feuille de route. En classe de quatrième, je prépare la classe de troisième. Qu'est-ce que je dois faire pour préparer le BEPC. Sinon, les élèves échouent à je serais le responsable.

Chercheur : Alors, tu prépares l'examen ?

Enseignant 1 : Oui. C'est comme ça, les parents veulent que leurs enfants réussissent. C'est comme ça.

Annexe 7 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 2

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 2	Baccalauréat	Aucune	[10, 20[

Chercheur : Vous avez fait de l'expérience à l'ENNII ?

Enseignant 2 : Oui, mais c'était vers 1985. J'ai oublié tout.

Chercheur : Pour toi, que signifie enseigner ?

Enseignant 2 : Ce que signifie enseigner ? Transmettre des connaissances aux élèves, mais c'est à partir de ce qu'ils connaissent déjà que tu leur informes de ce que tu veux leur enseigner. »

Chercheur : Quelles activités réalisez-vous en classe ?

Enseignant 2 : Je donne des cours, des exercices et quelquefois nous faisons des expériences.

Chercheur : Et l'expérience, quelle est sa place ?

Enseignant 2 : En sciences physiques, on a besoin (d'expérience) parce qu'elle rend intéressante la matière aux yeux des élèves, leurs esprits s'ouvrent. Ils voient, puis ils peuvent penser, l'expérience peut mener à autre chose, ils peuvent devenir curieux.

La réalisation d'expérience facilite la tâche de l'enseignant, parce que quand ils manipulent, ils observent, c'est plus facile de transmettre.

Chercheur : Tu réalises de l'expérience ?

Enseignant 2 : Moi, je veux que les élèves me voient faire de la magie.

Ces matériels me posent du problème. Je montrerai de la maladresse, c'est Mme qui a suivi des formations avec ça. C'est ça, si j'ai à utiliser ces matériels je ferai n'importe quoi. ... j'ai besoin de quelqu'un plus expérimenté qui pourrait m'aider, me montrer...

Quelquefois l'expérience échoue, ils (les élèves) seront désespérés et ils se referment. Pour m'excuser, j'ai dit : nous allons refaire ça, n'ayez crainte. Je vais revoir la cause (de l'échec). C'était une expérience sur l'interaction entre des objets électrisés.

Chercheur : Avez-vous réalisé des expériences au collège ?

Enseignant 2 : J'ai étudié dans un collège privé... à Ambohitrimanjaka²⁵, il n'y en avait pas (expérience).

Chercheur : L'établissement dans lequel vous travaillez actuellement possède-t-il des matériels ?

Enseignant 2 : Oui, dans la salle à côté du bureau. Ils sont enfermés dans une armoire.

Chercheur : Pourquoi ?

Enseignant 2 : Il n'y a pas de personne pour les gérer.

Chercheur : Alors comment faites-vous pour l'utiliser ?

Enseignant 2 : Aller demander au directeur. Mais elle n'est pas forcément au collège. Elle peut aller à des réunions au bureau de la CISCO ou ailleurs. Alors les matériels sont bloqués là.

Chercheur : Comment faites-vous dans ce cas ?

Enseignant 2 : Il faut changer de stratégie, faire un cours théorique.

Chercheur : Est-ce que ça ne complique pas votre travail de changer de stratégie soudainement le jour où tu dois faire le cours ?

Enseignant 2 : Non, j'ai déjà mon cahier de cours, si je ne peux pas réaliser l'expérience j'utilise mon cahier.

Chercheur : Et, est-ce que tu fais encore l'expérience la séance suivante ?

Enseignant 2 : Non, dans la plupart des cas, je continue la leçon.

Quelles autres activités réalisez-vous en classe ?

Des exercices et des corrections. Je donne des exercices, puis je corrige. Des fois, j'envoie des élèves faire la correction, mais ça me fait perdre du temps.

²⁵ Un village se trouvant à moins de 10 km à l'ouest de la capitale.

Chercheur : Vous faites tout alors ?

Enseignant 2 : Non, je pose des questions (orale) aux élèves et j'exploite la réponse. Vous voyez Monsieur. Les élèves gèrent mal le tableau noir, ce dernier est rapidement rempli, il faut l'effacer alors que les autres ne terminent pas encore de copier. Ça me retarde, il faut que j'écrive au tableau. C'est clair et bien planifié. Les élèves voient bien ce qu'ils ont à copier.

Annexe 8 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 3

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 3	Baccalauréat	Aucune	[20, 30[

Chercheur : Qu'est-ce que signifie « enseigner », pour vous ?

Enseignant 3 : C'est donner des leçons aux élèves. L'enseignant connaît les leçons et les donne aux élèves qui ne les connaissent pas.

Chercheur : Est-ce que vous réalisez des expériences quand vous enseignez ?

Enseignant 3 : Non, non, non. Je ne sais pas manipuler. Je n'ai jamais fait.

Chercheur : Alors, comment enseignez-vous les sciences physiques ?

Enseignant 3 : Je dicte les leçons, je fais les schémas au tableau. Nous faisons beaucoup d'exercices.

Chercheur : Alors, si on vous oblige à réaliser des expériences ? Que pensez-vous ?

Enseignant 3 : Vous voulez m'humilier devant mes élèves ? Impossible. Il faut me former d'abord. Il n'y a pas de matériel à l'école.

Chercheur : Est-ce que ça vous intéresse de suivre une formation sur l'expérience ?

Enseignant 3 : À quoi ça sert ? il n'y a pas de matériel à l'école. D'ailleurs ça va me faire perdre du temps. Et l'examen BEPC ne demande pas de l'expérience. Les parents n'aiment pas que les enfants échouent. Moi je fais beaucoup d'exercice.

Chercheur : Et pour les classes de sixième à la classe de quatrième ?

Enseignant 3 : Ça fait longtemps que je n'ai pas enseigné les petites classes. À peu près de 10 ans peut-être.

Chercheur : Qu'est-ce que vous avez fait à l'époque ?

Enseignant 3 : Je fais des schémas au tableau. Je dicte tous, il y a de moment, où j'écrivais au tableau, surtout avec les classes de sixième. C'est dur, je ne supportais pas.

Annexe 9 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 4

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle	Lieu de travail
Enseignant 4	Baccalauréat + 3	Aucune	[0, 10[Mahajanga

Chercheur : Que signifie enseigner, pour vous ?

Enseignant 4 : C'est transmettre des connaissances à des élèves.

Chercheur : Comment faites-vous ?

Enseignant 4 : Je prépare les leçons avec des livres que je possède et je les dicte en classe, j'écris au tableau si c'est nécessaire.

Donc vous n'avez pas fait de l'expérience ?

Enseignant 4 : Le programme doit être terminé... Le programme est terminé et les élèves obtiennent quelques connaissances par chapitre. C'est l'important.

Chercheur : Et si on vous demande de faire des TP ? Quel est le problème ?

Enseignant 4 : Le problème ? C'est lorsqu'il y a des collègues qui ne font pas de l'expérience. Les enseignants qui réalisent de l'expérience avancent plus lentement que les autres, ils sont en retard par rapport au programme et à celui qui ne fait pas (de l'expérience) alors on est en retard. C'est pourquoi celui qui est en retard ne fait plus désormais de l'expérience, on regarde les autres, on n'aura pas le temps pour faire de l'expérience.

Ça (ma méthode) dépend de la classe, en 6^{ème} et 5^{ème}, je privilégie la leçon, en 4^{ème} et 3^{ème} c'est plutôt l'exercice. (Enseignant 8)

Chercheur : Mais vous savez manipuler ?

Enseignant 4 : Oui, nous avons fait de TP à l'université.

Chercheur : Pour quelles leçons ?

Enseignant 4 : Des TP d'optique. Miroir, dioptrique, électronique aussi. Mais ils ne correspondent pas aux leçons des sixième et cinquième.

Chercheur : Vous avez dit que vous préparez un examen, c'est pourquoi vous ne faites pas d'expérience ? c'est en classe de troisième, il y a de l'optique ? Miroir et dioptre ?

Enseignant 4 : Oui, mais pour réussir à l'examen, on n'a pas besoin de TP, il faut faire beaucoup d'exercices. C'est ce qu'il faut. Quand les élèves réussissent, tout le monde est content. Les parents te félicitent. Pourquoi faire de l'expérience.

Annexe 10 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 5

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 5	Baccalauréat + 3	Aucune	[0, 10[

Chercheur : Vous y avez fait des TP ?

Enseignant 5 : Oui, optique : miroir dioptrique, lentille, c'était la focométrie. Puis l'électronique.

Chercheur : Alors, vous faites des expériences en classe.

Enseignant 5 : J'aime réaliser de l'expérience, mais j'ai du mal à gérer pas le temps... ça dépense du temps, je ne maîtrise pas la gestion du temps.

Pour la 5^{ème}, en chimie, je prends un verre, voilà de l'eau, voilà du vinaigre, je veux que les élèves constatent que les sciences physiques sont plus faciles que les mathématiques.

Chercheur : Alors, vous n'avez pas peur de réaliser des TP ?

Enseignant 5 : Si ! les matériels sont en mauvais état, ça risque d'échouer. Et chez nous les matériels sont enfermés au bureau de la directrice. Je veux l'utiliser, mais elle n'est pas forcément dans son bureau. Je dois changer ma leçon, ma méthode.

Chercheur : À propos du programme, est-ce que tu finis toujours le programme ?

Enseignant 5 : Oui, c'est obligatoire, sinon quand tes élèves arrivent en classe de cinquième, monsieur... va se fâcher, il va me dire que j'ai mal travaillé. Vous voyez c'était mon ancien professeur. Je le respecte. Et il faut que les élèves aient du niveau. Nos élèves sont les meilleurs au BEPC. J'enseigne les classes de sixième, lui les cinquièmes, c'est comme ça qu'on s'organise ici. Je suis la plus jeune.

Chercheur : Est-ce que tu as déjà entendu la démarche d'investigation ?

Enseignant 5 : Non, c'est quoi ça ?

Chercheur : Une démarche pour enseigner les sciences et les mathématiques.

Enseignant 5 : Je ne sais pas ça. On m'a parlé de la méthode OHERIC, mais je ne sais pas ce que c'est. Nous ne l'avons pas étudiée à Ankatso (Université).

Chercheur : Alors, qu'est-ce qu' « enseigner » signifie pour toi ?

Enseignant 5 : Enseigner ! c'est transmettre ce que je sais aux élèves. Les préparer aux examens.

Annexe 11 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 6

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle	Lieu de travail
Enseignant 6	Baccalauréat + 2	Aucune	[11, 20[Antananarivo

Chercheur : Est-ce que vous réalisez des TP ?

Enseignant 6 : Je réalise de l'expérience, par exemple pour les circuits électriques je me renseigne à propos du prix des matériels. Si je peux, je les achète. ... le thermomètre, j'amène de chez moi...

Vous savez Monsieur, mes élèves viennent du bas quartier, ils sont très pauvres. Voir un thermomètre les fait vraiment plaisir, ils n'en ont jamais vu. Ils n'ont pas l'électricité à la maison.

Ce que je fais en premier, je cherche une réalité qui correspond à la leçon. Les élèves, d'aujourd'hui, sont comme ça, par exemple je fais l'électricité, de quoi nous avons besoin si nous réalisons une installation électrique si nous changeons de maison, premier besoin : poteau (électrique), puis fil et interrupteur, je veux qu'ils sachent les objets visibles.

Chercheur : Le collège possède-t-il des matériels ?

Enseignant 6 : Oui, Il y a un système de pointage, il s'agit de matériels de laboratoire, on y note le nom de l'enseignant quand il emprunte de matériels puis quand il les retourne.

Chercheur : Où est-ce que vous avez appris à réaliser de l'expérience ?

Enseignant 6 : Quand j'ai étudié au Lycée J.J. Rabearivelo, notre professeur était italien, il faisait de l'expérience, il nous demandait de l'aide quelquefois, nous faisions ce qu'il dit, mais à propos de la manipulation nous n'avons pas fait.

Chercheur : Est-ce que vous demandez à vos élèves de faire de l'expérience ?

Enseignant 6 : Non, je fais passer seulement le thermomètre, ils regardent, c'est tout. Vous voyez, ils viennent du bas quartier, ils sont pauvres. Voir un thermomètre, c'est déjà quelques choses pour eux. Ils sont contents et motivés.

Chercheur : Alors vous ne les autorisez pas à manipuler ?

Enseignant 6 : Les laisser manipuler ? Difficile. Je n'ose pas, ils sont nombreux.

Chercheur : Alors qu'est-ce que le mot « enseigner » signifie pour vous ?

Enseignant 6 : C'est difficile, qu'est-ce que je peux dire ? Donner des leçons aux élèves ? Transmettre des connaissances. C'est ça peut-être.

Chercheur : Donc vous faites des fiches pédagogiques ?

Enseignant 6 : Oui, j'ai mon cahier. Quand j'ai une remarque, je note à côté, c'est pour l'améliorer. Comme ça, par rapport à l'année dernière je modifie un peu.

Annexe 12 : Extrait de l'entretien auprès de l'enseignant 7

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 7	Baccalauréat + 3	Aucune	[21, 30[

Chercheur : Est-ce que vous réalisez de l'expérience ?

Enseignant 7 : Non, je ne fais pas. Je n'ai jamais appris.

Chercheur : Pourquoi ?

Enseignant 7 : Le sujet de BEPC ne comporte que des exercices sur les calculs de grandeurs tels que l'intensité de courant ..., alors ceux qui ne réalisent pas (de l'expérience) sont privilégiés. Les questions ressemblent aux mathématiques, elles donnent de l'avantage aux élèves qui traitent beaucoup d'exercices. Faire de l'expérience dépense plus de temps que faire des exercices... Mais, au BEPC, il n'y a pas d'expérience, il s'agit d'exercice.

Chercheur : Tu vises le BEPC, c'est tout ?

Enseignant 7 : C'est déjà beaucoup. Il y a la répartition trimestrielle à respecter. Je n'ai pas le choix. C'est comme ça.

Chercheur : Et, si on te demande de réaliser de l'expérience ? Tu y arriveras ?

Enseignant 7 : Je ne sais pas, ça fait longtemps. J'enseigne toujours les classes de troisième depuis ... je ne m'en souviens pas.

Chercheur : Alors tu respectes le programme ?

Enseignant 7 : Oui, l'EPE oblige, il y a la répartition trimestrielle.

Chercheur : Mais dans le livre de programme, c'est écrit « il faut faire de l'expérience » ?

Enseignant 7 : Mais, il n'y a pas de matériels. Et le temps ne suffit pas. Avec ma méthode, les enfants réussissent. Je viens de rencontrer un de mes anciens élèves, il m'a dit « merci monsieur, avec vous, j'ai aimé la physique. J'apprends la physique à Andrainjato maintenant »

Chercheur : Qu'est-ce que signifie enseigner, pour vous ?

Enseignant 7 : C'est transmettre des savoirs aux élèves.

Chercheur : Donc tu fais des fiches de préparation ?

Enseignant 7 : Oui, j'ai mes fiches. Je note tout dans mes fiches. Les leçons, les schémas. Il arrive des moments où j'y note même des questions ou des réponses d'élèves qui m'ont surpris

Chercheur : ces notes, à quoi vous servent-ils ?

Enseignant 7 : J'évite de me faire piéger encore une fois, ou de refaire la même erreur.

Chercheur : ça vous est arrivé donc de faire erreur devant les élèves ?

Enseignant 7 : Oui, ça m'est arrivé.

Chercheur : Quelles ressources utilisez-vous ?

Enseignant 7 : Des manuels et mes cahiers à l'université. Je me réfère aux leçons que j'ai étudiées à l'université pour savoir si c'est vrai ou faux.

Annexe 13 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 8

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 8	Aucune	Baccalauréat	[21, 30[

Chercheur : Qu'est-ce que l'enseignement pour vous ?

Enseignant 8 : C'est la transmission de connaissance par un adulte qui la possède vers des enfants qui en ont besoin. L'adulte c'est l'enseignant et les enfants les élèves.

Chercheur : Est-ce que vous avez une méthode favorite ?

Enseignant 8 : Je prépare mes leçons, j'utilise des livres, puis quand j'enseigne et que je constate quelques choses à améliorer, je change la préparation l'année prochaine, sinon je la garde telle qu'elle.

Chercheur : Est-ce que vous avez réalisé des expériences pendant votre étude ?

Enseignant 8 : Oui, c'était à l'INFP. Ça fait longtemps.

Chercheur : Est-ce que vous réalisez de l'expérience en classe ?

Enseignant 8 : Je réalise de l'expérience, mais très rarement.

Chercheur : Est-ce que vous pouvez me donner un exemple ?

Enseignant 8 : Je prends de l'eau et du sel, très concentré, on utilise une flamme de bougie, on prend une seringue puis on la pulvérise vers la flamme et il y a une coloration ... nous l'avons étudié à l'INFP à l'époque.

Chercheur : Et d'autre exemple ?

Enseignant 8 : La chambre noire.

Chercheur : Pourquoi ?

Enseignant 8 : Le problème ? Les matériels ne sont pas obligatoirement en bon état, l'expérience ne marche pas obligatoirement. ...

Chercheur : Cette expérience, vous l'avez réalisée aussi pendant votre formation à l'INFP, je pense ?

Enseignant 8 : Oui, nous l'avons fait à l'INFP.

Chercheur : Alors il y a de matériel dans votre collège ?

Enseignant 8 : Oui, il y a.

Chercheur : Est-ce que vous faites manipuler les élèves ?

Enseignant 8 : L'expérience ne peut pas être réalisée avec mes classes composées de 75 élèves, je ne peux pas, c'est bruyant, impossible à contrôler ...

En plus, je dois terminer le programme, c'est encore un autre problème. C'est fixé par l'EPE. Je risque d'avoir un mauvais résultat. Je ne joue pas à ma réputation.

Annexe 14 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 9

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 9		Baccalauréat	[31, 40[

Chercheur : Comment enseignez-vous ?

Enseignant 9 : Je prépare mes leçons quand la répartition trimestrielle est fixée par l'EPE. J'utilise des livres que j'ai achetés. Surtout les livres d'exercices, il faut bien préparer l'examen BEPC et les devoirs surveillés communs de fin de trimestre. Pour ce dernier, si ton résultat est inférieur à celui des autres enseignants, tu seras pointé du doigt.

Chercheur : Est-ce que vous réalisez des expériences ?

Enseignant 9 : Oui, mais rarement.

Chercheur : Comment les réalisez-vous ?

Enseignant 9 : Je réalise de l'expérience, je montre aux apprenants la réalité, nous allons schématiser ça, voilà ce qu'on va apprendre.

Je réalise l'expérience, eux ils amènent les matériels, par exemple, en classe de quatrième, j'explique d'abord la leçon, eux, ils réalisent la chambre noire.

Les élèves ne sont pas convaincus s'ils ne voient pas les choses, ils pensent que l'enseignant modifie la théorie.

Chercheur : L'expérience sur la chambre noire, où avez-vous trouvé cette idée ?

Enseignant 9 : Pendant notre formation. C'était à l'ENN II, non ... Peut-être avec un conseiller pédagogique.

Chercheur : C'est-à-dire que vous faites d'abord la leçon ?

Enseignant 9 : Oui, c'est comme ça.

Chercheur : Est-ce que vous les faites manipuler ?

Enseignant 9 : Non, ça fait perdre du temps

Chercheur : Que signifie enseigner pour vous ?

Enseignant 9 : Enseigner c'est transmettre des connaissances aux élèves, ce que tu as appris pendant tes études ... La fiche de préparation est importante, si ce n'est pas bien préparé, il est possible que la leçon ne soit pas transmise aux élèves.

Chercheur : Donc vous faites de nouvelles fiches pédagogiques chaque année ?

Enseignant 9 : Non, j'utilise la même fiche, je rectifie un peu en cours de route.

Chercheur : Qu'est-ce que tu modifies ?

Enseignant 9 : Par rapport aux questions ou remarques des élèves, je note à la marge et je prends en considération dans la classe suivante ou l'année suivante.

Annexe 15 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 10

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 11	Baccalauréat	Baccalauréat + 2	[11, 20[

Chercheur : Est-ce que vous avez réalisé de l'expérience pendant votre formation ?

Enseignant 10 : Oui, c'était à l'INFP.

Chercheur : Est-ce que vous pouvez me donner des exemples ?

Enseignant 10 : Oui, des expériences sur la chambre noire, le miroir, le dioptre, l'électricité, le circuit simple par exemple. Et puis en chimie, il y a l'acide base. Nous avons fabriqué des indicateurs colorés avec des fleurs de bougainvillée et des choux rouges.

Chercheur : Est-ce que vous réalisez des expériences ?

Enseignant 11 : À propos de l'expérience, ça dépend des matériels. S'il n'y en a pas, que peut faire l'enseignant ?

Chercheur : Le collège ne possède pas des matériels alors ?

Enseignant 11 : Oui, mais le directeur lui-même interdit l'utilisation des matériels pour éviter la casse.

Chercheur : Donc vous réalisez ou vous faites réaliser les élèves ?

Enseignant 11 : Je m'efforce (de réaliser de l'expérience) même si ce n'est pas fréquent, je n'ai pas l'habitude d'utiliser les matériels de l'établissement, je ne sais pas leurs états, je m'efforce d'utiliser le peu que je possède.

Avec cet effectif, plus de 50 apprenants dans une classe, nous perdons du temps, c'est ça le problème avec le T.P-apprenant.

Chercheur : Et vos collègues alors ?

Enseignant 11 : Il y a des enseignants qui ne savent pas utiliser un microscope ou d'autres appareils, ils ne l'ont jamais vu de leur vie. Comment ils vont demander à ces apprenants de les manipuler ? Impossible.

Deuxièmement, les matériels peuvent exister, mais si l'enseignant n'a pas assez de formation, parce que dans les écoles publiques, lorsqu'il était élève, il n'y avait pas d'expérience. Dans les établissements de formation professionnelle, il n'y avait non plus.

Chercheur : Alors, que signifie enseigner pour vous ?

Enseignant 10 : Enseigner ? C'est transmettre des connaissances à des élèves. Il ont besoin des connaissances, alors il faut les enseigner.

Annexe 16 : Extrait de l'entretien auprès de l'Enseignant 11

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 11	Baccalauréat	Baccalauréat + 2	[11, 20[

Chercheur : Est-ce que vous avez fait des TP pendant votre formation ?

Enseignant 11 : Oui, c'était à l'INFP. Des TP d'optique, d'électricité, de chimie.

Chercheur : Donnez-moi des exemples.

Enseignant 11 : Des miroirs, dioptries, chambre noire, des réactions acide-base. Nous avons fabriqué des indicateurs colorés avec des choux rouges et de fleurs de bougainvillée.

Chercheur : Est-ce que vous réalisez des expériences ?

Enseignant 11 : À propos de l'expérience, ça dépend des matériels, s'il n'y en a pas que peut faire l'enseignant ?

Chercheur : Le collège ne possède pas des matériels alors ?

Enseignant 11 : Non, il n'y en a pas.

Chercheur : Donc vous réalisez ou vous faites réaliser les élèves ?

Enseignant 11 : Je m'efforce (de réaliser de l'expérience) même si ce n'est pas fréquent, je n'ai pas l'habitude d'utiliser les matériels de l'établissement, je ne sais pas leurs états, je m'efforce d'utiliser le peu que je possède.

Avec cet effectif, plus de 50 apprenants dans une classe, nous perdons du temps, c'est ça le problème avec le T.P-apprenant.

Chercheur : Est-ce que vous fabriquez des indicateurs colorés pour enseigner ?

Enseignant 11 : Non, au moment où je fais la leçon d'acide et de base, il n'y a pas de choux rouges. Des bougainvillées, je ne sais pas où trouver.

Chercheur : Et vos collègues alors ?

Enseignant 11 : Il y a des enseignants qui ne savent pas utiliser un microscope ou d'autres appareils, ils ne l'ont jamais vu de leur vie. Comment ils vont demander à ces apprenants de les manipuler ? Impossible.

Deuxièmement, les matériels peuvent exister, mais si l'enseignant n'a pas assez de formation, parce que dans les écoles publiques, lorsqu'il était élève, il n'y avait pas d'expérience. Dans les établissements de formation professionnelle, il n'y avait non plus.

Chercheur : Alors comment enseignez-vous ?

Enseignant 11 : Moi, je prépare les leçons à la maison. J'utilise des livres pour bien comprendre la leçon puis je les organise selon mes logiques. J'utilise des phrases simples, il ne faut pas compliquer. Quelquefois je demande l'avis des collègues, surtout pour les exercices qui sont identiques au sujet de BEPC.

Annexe 17 : Extrait de l'entretien auprès de l'enseignant 12

Enseignant	Formation académique	Formation professionnelle	Expérience professionnelle
Enseignant 12	Baccalauréat	Baccalauréat + 3	[0, 10[

Chercheur : Pour vous, que signifie enseigner ?

Enseignant 12 : C'est transmettre des connaissances aux élèves, faire faire des exercices après pour les préparer aux examens.

Est-ce que tu réalises de l'expérience ?

Enseignant 12 : Oui

Chercheur : Est-ce tu peux me donner un exemple ?

Enseignant 12 : montrer en évidence l'existence de la pression d'un liquide, j'ai pris une bouteille en plastique, j'ai percé deux trous sur les parois verticales de la bouteille, l'un en haut l'autre en bas et les pressions de l'eau ne sont pas identiques, en bas l'eau coule vite, en haut elle coule plus lentement.

Chercheur : Est-ce que tu continues l'exploitation de cette expérience ?

Enseignant 12 : Je ne comprends pas votre question.

Chercheur : Est-ce que tu utilises cette expérience par exemple pour montrer la relation entre la direction de l'eau et les parois ?

Enseignant 12 : Mais c'est vu avec ce que je montre. Les parois sont verticales et l'eau sort horizontalement, c'est-à-dire perpendiculairement aux parois.

Chercheur : Est-ce que tu réalises d'autres expériences ?

Enseignant 12 : Oui, la pression d'un gaz.

Chercheur : Comment tu fais ?

Enseignant 12 : Je demande aux apprenants d'apporter des seringues. En classe, je leur demande de comprimer l'air. Il constate que l'air s'oppose à la pression exercée par la main. Et quand on lâche la seringue, le piston retourne vers la main.

Chercheur : Pour quel chapitre utilises-tu cette expérience ?

Enseignant 12 : L'état gazeux.

Chercheur : Tu ne l'utilises pas pour d'autres objectifs ?

Enseignant 12 : Par exemple ?

Chercheur : La compressibilité et l'expansibilité d'un gaz, par exemple.

Enseignant 12 : Non, le problème c'est que quand l'expérience s'arrête, les élèves bavardent, ils sont déconcentrés.

Chercheur : Donc tu fais participer les élèves aux expériences.

Enseignant 12 : Oui, à ce qui apporte de seringue. Il y a ceux qui ne sont pas sérieux, ils regardent les autres faire. Le retour à la leçon est difficile.

Chercheur : Pourquoi ?

Enseignant 12 : Ils ne veulent pas s'arrêter, ils continuent à jouer avec les seringues.

Chercheur : Donc, il y a un mauvais côté de l'expérience ?

Enseignant 12 : Oui, il ne faut pas faire d'expérience souvent. Ça fait perdre du temps.

Est-ce que le collège possède des matériels ?

Oui. Ils sont dans le bureau du directeur.

Chercheur : Tu les utilises ?

Enseignant 12 : Non, je ne sais pas leurs états. Et, il est possible que quand j'ai besoin des matériels le directeur ne soit pas là. Ça va me désorganiser.

Chercheur : Donc, tu n'utilises pas les matériels que tu as fabriqués à l'ENS ?

Enseignant 12 : Si, j'ai utilisé une fois, ils n'ont pas marché correctement. Je les ai utilisés pour montrer les circuits en série et en dérivation. Après, je les ai laissés. Je n'ai pas le temps pour les réparer.

Chercheur : Est-ce que quelqu'un te demande ou t'encourage de faire une expérience ?

Enseignant 12 : Personne ne m'encourage à réaliser de l'expérience, il n'y a pas d'encouragement, de toute façon je ne dois pas m'y attendre

Annexe 18 : Brouillon du sous-groupe E1G1

Problématisation

G1

Pourquoi l'œuf flotte dans l'eau salée et coule dans l'eau diluée ?

Emission d'hypothèse

- Qui a une idée ?
- Peut-être que la poussée d'Archimède est insuffisante.
- Comment est la poussée d'Archimède ?
- Pousse l'œuf vers le haut.
- Donc, il paraît que le poids et l'œuf coule.

- j'écris alors :

Où

L'objet coule de plus en plus quand on verse de l'eau. La poussée d'Archimède devient inférieure au poids du corps.

Problématisation

GA

Pourquoi l'œuf flotte dans l'eau salée et coule dans l'eau diluée ?

Emission d'hypothèse

- Qui a une idée ?
- Peut être que la poussée d'Archimède est insuffisante.
- Comment est la poussée d'Archimède
- Pousse l'œuf vers le haut.
- Donc, il paraît que le poids et l'œuf coule.

- j'écris alors :

Oui

L'objet coule de plus en plus quand on verse de l'eau. La poussée d'Archimède devient inférieure au poids du corps.

de cette eau. c'est 1,03.

Conclusion:

Lorsqu'on dilue l'eau salée. L'œuf a coulé parce que la densité de l'objet devient supérieure à la densité de l'eau salée. La densité de l'œuf reste constant.

Annexe 19 : Brouillon du sous-groupe E1G2

G2

Problématisation

- Pourquoi l'œuf de caille flotte
 dont l'eau saler ? Pourquoi
 l'objet coule dans l'eau saler
 dilué ?

Emission d'hypothèse

- Monsieur n'as pas tous verser,
 il reste de l'eau salé dans
 l'éprouvette.

- Et s'il a tout versé

- je ne suis pas

- Alors j'écrit

- Oui

quand on as diminuer l'eau
 saler, il reste un peu d'eau
 salé dont l'éprouvette.

Protocol

- qu'es se qui a fais ?
- On mets l'oeuf dans l'eau salée, puis on verse de l'eau des robinets

Activité de l'investigation

Nomema : jété une partie de l'eau salé

Amanda : pourquoi ?

Todisoa : pour ajouté de l'eau des robinets c'est que monnieur à fais.

Nomema : L'oeuf n'arrive pas au fond, ajouté plus de l'eau

Maherisoa : Ça va débordé.
impossible.

Maminiana : il faut répéter, jété tous se liquides et nous allons refaire.

Nomena: Ceci est il acceptable

Fihavana: nous essayez d'abord

Berija: non, ça m'arrives pas au fond, mettre 25 ml

Todisoa: ça vas comme ça voilà avec 25 ml, l'oeuf qu'on au fond.

quelle es le densité de l'eau maintenant?

Andrianina: 1,02

Nomena: laissez, oui 1,02

Miharisoa: il faut très peut d'eau saler et ça donne 1,02.

Conclusion: d'après l'expérience on a appri que le densité de l'eau salé es supérieur à le densité de l'oeuf a flotté. Et puit on as demander le volume d'eau saler, on as versé de l'eau, en a vue que

Annexe 20 : Brouillon du sous-groupe E1G3

①

④

Pourquoi l'œuf flotte dans l'eau salée ?

Pourquoi l'œuf coule dans l'eau diluée ?

Emission d'hypothèse

- * C'est la dureté qui est plus grande ?
- * la densité de l'eau au départ
 - et à la fin, c'est la densité de l'œuf.

La densité de l'eau salée est supérieure de la densité de l'œuf. Le corps flotte est lorsque la densité de l'eau est inférieure à la densité du corps le corps coule.

Protocole

matériel : cuvette, eau salée bien mélangée, eau de robinet, objet (œuf), densimètre

(2)

(64)

Activité

On met de l'eau saturée dans l'éprouvette graduée, l'œuf flotte. Puis on diminue le volume de l'eau salée et on ajoute de l'eau de robinet on trouve que l'œuf coule. Enfin on enlève.

Activité d'investigation*

* c'est beaucoup, jette encore plus.

* Ça, ça suffit ?

* Essai d'abord.

* Ça va avec ce volume.

* Non refait le -

Conclusion

La densité de l'eau salée saturée $d = 1,14$ est supérieure à la densité de l'eau diluée $d = 1,02$.

On trouve que l'objet dans l'eau saturée a flotté et dans l'eau diluée l'objet coule.

(2)

(6)

Activité

On met de l'eau saturée dans l'éprouvette graduée, l'œuf flotte. Puis on diminue le volume de l'eau salée et on ajoute de l'eau de robinet on trouve que l'œuf coule. Enfin on enlève.

Activité d'investigation

* C'est beaucoup, jette encore plus.

* Ça, ça suffit ?

* Essai d'abord.

* Ça va avec ce volume.

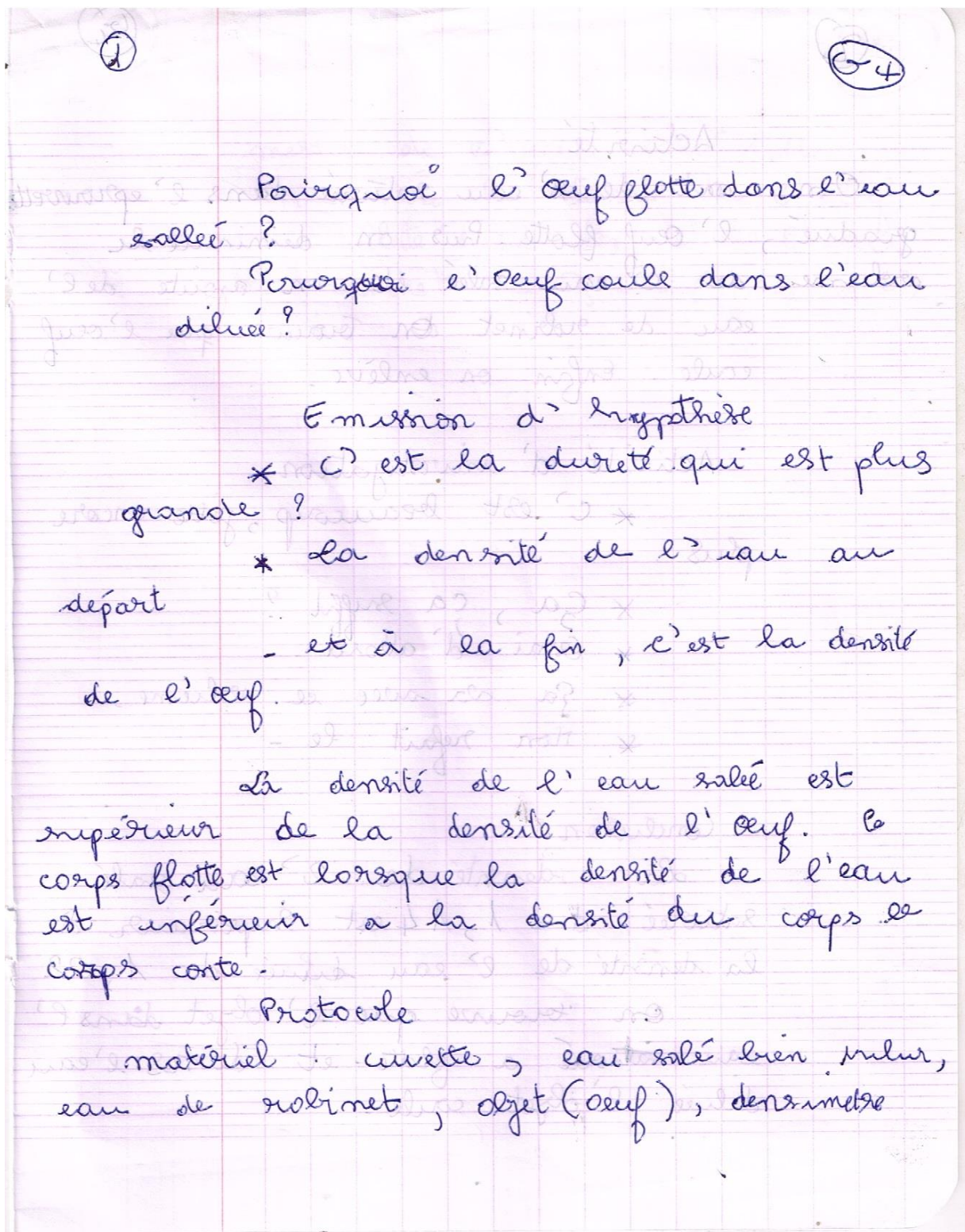
* Non refait le -

Conclusion

La densité de l'eau salée saturée $d = 1,14$ est supérieure à la densité de l'eau diluée $d = 1,02$.

On trouve que l'objet dans l'eau saturée a flotté et dans l'eau diluée l'objet coule.

Annexe 21 : Brouillon du sous-groupe E1G4



(2)

(64)

Activité

On met de l'eau saturée dans l'éprouvette graduée, l'œuf flotte. Puis on diminue le volume de l'eau salée et on ajoute de l'eau de robinet on trouve que l'œuf coule. Enfin on enlève.

Activité d'investigation*

* c'est beaucoup, jette encore plus.

* Ça, ça suffit ?

* Essai d'abord.

* Ça va avec ce volume.

* Non refait le -

Conclusion

La densité de l'eau salée saturée $d = 1,14$ est supérieure à la densité de l'eau diluée $d = 1,02$.

On trouve que l'objet dans l'eau saturée a flotté et dans l'eau diluée l'objet coule.

(3)

(4)

mesure de ρ eau saleté 1,14
 On mesure la densité de l'œuf
 et il flotte 1,12 densité de l'eau
 de robinet = 0,02 (1,14 - 1,12).

Annexe 22 : Brouillon du sous-groupe E1G5

G: S.

G5 SQUART

Pourquoi l'œuf flotte dans l'eau salée et pourquoi lorsque le corps coule on ajoute de l'eau de robinet dans l'eau salée le corps coule.

L'objet a coulé lorsque on a versé de plus en plus de l'eau dans l'eau salée parce que l'eau a une très faible densité alors que l'eau salée a une très forte densité.

Donc lorsque on a versé de l'eau de robinet dans l'eau salée la densité de l'eau ^{salée} a diminué ce qui a permis le couler du corps.

On a le même éprouvette graduée, eau salée, eau de robinet, corps (œuf), densimètre.

Protocole: on verse de l'eau salée saturée dans l'éprouvette graduée et ensuite on mesure la densité avec le densimètre. Ensuite on le retire le densimètre et on met l'œuf et on voit que le corps flotte, puis on diminue le volume de l'eau salée et on ajoute de l'eau et ~~on met le corps~~ on mesure la densité de l'eau salée diluée d'eau et on voit que la densité a diminué ~~et puis on voit que le corps coule~~ ^{met} ~~et on voit que le corps coule~~.

- On verse de l'eau salée dans l'éprouvette
- On mesure la densité de l'eau salée.
- On met l'œuf dans l'eau salée.
- On diminue le volume de l'eau salée et on dilue d'eau.
- On mesure la densité de l'eau salée ~~et on~~ dilué.
- Et on met l'œuf dans l'eau salée ~~et on~~ dilué.

eau salée : 1,100 et 1,14

l'œuf flotte.

eau salée dilué d'eau robinet : 1,05

densité œuf : 0, 1,06.

G 5

L'eau salée a une densité supérieure à l'œuf ce qui a permis la à l'œuf de flotter.

Tandisque lorsque on se dilue l'eau salée de d'eau la densité de l'eau salée a diminué, alors la densité de l'eau salée dilué est inférieur à la densité du corps ce qui a permis le coulé du corps.

La densité de l'œuf reste constante.

La densité de l'eau salée diminue

Si la densité de l'œuf est inférieure à celle de l'eau salée l'œuf flotte si en l'œuf coule.

$d_o < d_{es}$: flotte

$d_o > d_{es}$: coule.

RÉSUMÉ

L'actuel curriculum prescrit revendique le caractère expérimental des sciences physiques, mais les matériels d'expérimentation sont rares, l'effectif moyen est relativement élevé. Notre recherche consiste à déterminer des problèmes l'enseignement des sciences physiques aux collèges de Madagascar et propose ensuite une alternative d'amélioration.

Trois hypothèses sont émises. La première est une remise en question de la qualité de l'actuel curriculum formel des sciences physiques des collèges. La deuxième avance que les conceptions des enseignants concernant l'apprentissage et l'expérience, leurs pratiques pédagogiques et didactiques constituent un obstacle à l'intégration de la démarche d'investigation (DI) dans l'enseignement des sciences physiques au collège. La troisième stipule que l'intégration de la DI en grands groupes est une alternative pour l'acquisition de concepts de sciences physiques au niveau collège.

L'analyse du curriculum des sciences physiques de collège est effectuée par rapport aux qualités transversales de curriculums définies par Bouchard et Plante cités par Demeuse (2013), à savoir, la pertinence, l'à-propos, l'efficacité, l'impact, la flexibilité, la synergie, l'efficacité, la cohérence et la durabilité. Le résultat montre une insuffisance de considération des six premières qualités. Les trois autres n'ont pas pu être traitées faute de disponibilités de données.

Les entretiens effectués auprès de 12 enseignants de sciences physiques de collège, de différents profils, montrent que ces enseignants n'accordent aux apprenants qu'un rôle très réduit. Ils pensent même que ces derniers ne peuvent pas participer à des activités autres que recevoir et emmagasiner des connaissances.

L'expérimentation de la DI dans deux collèges avec des apprenants répartis en sous-groupes hétérogènes de sept à neuf individus a permis l'apprentissage de concepts scientifiques, de connaissances relatives à la manipulation et à la mesure ainsi que de démarche est observé. Il y a, en plus, responsabilisation et socialisation des apprenants. Une mauvaise gestion des communications des sous-groupes et le cloisonnement des différents thèmes du programme scolaire risquent de provoquer un appauvrissement de l'activité.

Mots clés : Curriculum, apprentissage, sciences physiques, démarche d'investigation, grand groupe, collège, Madagascar.

ABSTRACT

The current prescribed curriculum claims the experimental nature of the physical sciences, but experimental materials are scarce, the average strength is relatively high. Our research consists of identifying problems in the teaching of physical sciences at the colleges of Madagascar then proposes an alternative for improvement.

Three hypotheses are emitted. The first is a questioning of the quality of the current formal curriculum of the physical sciences of the colleges. The second is that teachers' conceptions of learning and experience, and their pedagogical and didactic practices, are an obstacle to the integration of inquiry into the teaching of physical sciences in college. The third states that the integration of DI into large groups is an alternative for the acquisition of physical science concepts at the college level.

The analysis of the curriculum of the physical sciences of college is carried out in relation to the transversal qualities of curricula defined by Bouchard and Plante cited by Demeuse (2013), namely, the relevance, the relevance, the efficiency, the impact, flexibility, synergy, efficiency, coherence and sustainability. The result shows a lack of consideration of the first six qualities. The other three could not be processed due to lack of data availability.

Interviews with 12 college physical science teachers with different profiles show that these teachers give learners only a very small role. They even think that they can not participate in activities other than receiving and storing knowledge.

The experimentation of the DI in two colleges with learners divided into heterogeneous subgroups of seven to nine individuals allowed the learning of scientific concepts, knowledge relating to manipulation and measurement as well as approach is observed. In addition, there is empowerment and socialization of learners. Mismanagement of subgroup communications and the compartmentalization of different school program themes may lead to an impoverishment of activity.

Key words: Curriculum, learning, physical sciences, investigative approach, large group, middle school, Madagascar.

FINTINA

Ny fandaharam-pianarana any amin'ny kolejy dia manasongadina ny mahazava-dehibe ny fanandramana eo amin'ny taranja fizika simia. Na izany aza anefa, vitsy ny fitaovana enti-manao fanandramana ary ambony ny salan'ny mpianatra isan-dakilasy. Tanjon'ity asa fikarohana ity ny hahafantarana ireo olan'ny fampianarana ny taranja fizika - simia any amin'ny kolejy sy hanomezana tolo-kevitra fanatsarana.

Petra-kevitra telo no naroso. Ny voalohany dia manadihady ny kalitaon'ny fandaharam-pianarana fizika simia any amin'ny kolejy. Ny faharoa mametraka fa vato misakana ny fampidirana ny « démarche d'investigation » ny fihevitry ny mpampianatra ny atao hoe fampianarana sy ny fanandramana ary ny fomba fampianaran'izy ireo ankehitriny. Ny fahatelo kosa dia manolotra fomba fiasa hampiharana io fomba io hampianarana fizika simia.

Sivy ny kalitao iombonan'ny fandaharam-pianarana rehetra nofaritan'i Bouchard sy Plante ary nolazain'i Demeuse (2013). Hita fa tsy voatandrina ny fampiharana ny enina amin'izy ireo. Ny telo ambiny kosa dia tsy azo nadihadiana nohon'ny tsy fahampian'ny antontan-kevitra teo an-tanana.

Ny tafa nifanaovana tamin'ny mpampianatra fizika simia 12 miasa any amin'ny kolejy samihafa dia naneho fa heverin'izy ireo ho ny fihainoana sy ny fitadidiana ny fahaizana atolotra azy ihany no sahaza hataon'ny mpianatra.

Farany, nampiharina tamin'ny sekoly ambaratonga faharoa anankiroa ny « démarche d'investigation ». Fito ka hatramin'ny sivy no mpianatra nampiarahina tanaty vory iray. Tsapa fa nahafahan'ny mpianatra nanovo fahaizana teorika, fahaiza-mikirakira sy mandrefy ary fomba fiasa ny fampianarana natao. Hita koa fa nisy ny fampandraisana andraikitra sy fampianarana miara-miasa ireo mpianatra. Ny tsy fahaiza-mitantana ny fifanakalozan-kevitra sy ny fanefitreferana ireo zana-taranja dia ahiana hampihena ny vokatra azo.

Teny manan-danja : Fandaharam-pampianarana, fianarana, fizika simia, démarche d'investigation, vory lehibe, sekoly ambaratonga faharoa, Madagasikara

Nombre de figures : 7

Nombre de tableaux : 27

Nombre d'annexes : 22

RAKOTONANAHARY Mamy Lalao

Coordonnées : ramylalao@yahoo.fr Tél : +261 34 02 109 15

Titre : *Evaluation du curriculum de sciences physiques de collège de Madagascar et intégration de la démarche d'investigation en grands groupes*

Résumé :

La recherche que nous avons effectuée consiste à adapter l'enseignement des sciences fondée sur l'investigation aux conditions matériels et humaines qui prévalent dans les collèges de Madagascar.

La première partie consiste à une évaluation du curriculum prescrit des sciences physiques au collège par rapport aux critères transversaux de curriculum définis par Bouchard et Plante cités par (Demeuse, 2013). Une analyse des conceptions-représentations des enseignants concernant le processus d'enseignement-apprentissage et concernant l'expérimental en forme la deuxième partie. Il s'agit d'une analyse qualitative des propos des enseignants de collèges. La dernière partie consiste à la recherche des apports éventuels de la démarche d'investigation pratiquée dans des classes à effectifs compris entre 40 et 50 apprenants. Des séances de TP de démarches d'investigation en sous-groupes de sept à neuf élèves sont observées.

Mots clés : Curriculum, apprentissage, sciences physiques, démarche d'investigation, grand groupe, collège, Madagascar.

Title : *Evaluation of Madagascar's middle school physical sciences and integration of investigation approach in large groups.*

Abstract :

The research we have carried out consist in adapting physical sciences education based on investigation to the material and human conditions prevailing in Madagascar's middle school.

The first part consists of an evaluation of the prescribed curriculum of the physical sciences at the college in relation to the transversal curriculum criteria defined by Bouchard and Plant cited by (Demeuse, 2002). An analysis of the teacher's conceptions-representations concerning the learning process and concerning the experimental formed the second part. It is an qualitative analysis of what middle school teachers say. The last part consist of reacherching the possible contributions of the investigation approach practiced in class wich sizes are between 40 to 50 learners. Laboratory works with sub-groups of seven to nine learners are observed.

Key Words : Curriculum, learning, physical sciences, investigative approach, large group, middle school, Madagascar.

Encadreurs / Framer :

Pr Judith RAZAFIMBELO, judithrazafimbelo@gmail.com