

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

CENTRE DE RECHERCHE ET DE FORMATION
DOCTORALE EN SCIENCES HUMAINES,
SOCIALES ET EDUCATIVES

UNITE DE RECHERCHE ET DE FORMATION
DOCTORALE EN SCIENCES DE L'EDUCATION
ET INGENIERIE EDUCATIVE



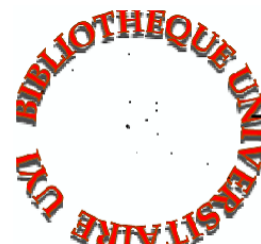
THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING CENTRE IN SOCIAL AND
EDUCATIONAL SCIENCES

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING SCHOOL IN EDUCATION
AND EDUCATIONAL ENGINEERING

**ÉTUDE DES DIFFICULTES D'APPRENTISSAGE DU
CONCEPT D'OSCILLATEUR ÉLECTRIQUE : CAS DES
ELEVES DE TERMINALES SCIENTIFIQUES AU CAMEROUN.**

**Mémoire rédigé en vue de l'obtention du Diplôme de Master
en Sciences de l'Education.**



Filière : Didactique des disciplines

Option : Didactique de Physique

Par :

Eric AMBOE

Matricule : 21V3363

Licence en physique

Pr. BELINGA BESSALA Simon
Président du jury

Pr. AYINA BOUNI
Rapporteur

Dr. AWOMO ATEBA Jérémie
Examineur

17 juillet 2025

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	i
DÉDICACE.....	vii
REMERCIEMENTS	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES ET GRAPHIQUES.....	xi
RÉSUMÉ.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
PARTIE 1 : CADRE THEORIQUE DE L'ETUDE.....	3
CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE.....	4
1 Contexte de l'étude.....	4
1.1 Contexte institutionnel.....	4
1.1.1 Les objectifs de l'enseignement scientifique dans les prescriptions officielles	4
1.1.2 L'enseignement des oscillateurs électriques au secondaire camerounais	5
1.2 Contexte scientifique	6
1.2.1 Tendances actuelles des recherches en didactiques des sciences.....	6
1.2.2 Apprentissage du concept d'oscillateurs électriques : un réel problème de la didactique de la physique.....	7
1.2.3 Les objectifs de l'enseignement de la physique au Cameroun.....	8
1.2.4 Les défis de l'apprentissage des oscillateurs électriques.....	8
2 Analyse des programmes d'étude des classes antérieures liés au concept d'oscillateur électrique.	9
2.1 Analyse du programme d'étude de la classe de quatrième.....	9
2.2 Analyse du programme d'étude de physique de la classe de seconde C.....	11
2.3 Analyse du programme d'étude de physique des classes de premières CDE et TI... ..	13
2.4 Analyse du programme d'étude de la classe de terminale CDE et TI.....	15
3 La transposition didactique du concept d'oscillateur électrique dans les manuels scolaires de physique en vigueur au Cameroun.	18
3.1 La transposition didactique du concept d'électrocinétique dans le manuel scolaire de la classe de 4 ^{ème}	19

3.2	La transposition didactique du concept d'électrocinétique dans le manuel scolaire de la classe de 2 nd e C et E.	20
3.3	La transposition didactique du concept d'électrocinétique dans le manuel scolaire de l'élève des classes de 1 ^{ères} CDE et TI.	22
3.4	La transposition didactique du concept d'oscillateur électrique dans le manuel de physique de terminale scientifique.	23
3.4.1	Présentation du manuel scolaire de physique de terminale scientifique	23
3.4.2	Analyse de la présentation du savoir relatif au concept de résonance d'intensité dans le manuel scolaires des classes de terminale.	23
4	Constats.....	28
4.1	Constat empirique sur le terrain en tant qu'enseignant de physique au secondaire ..	28
4.2	Recherches antérieures sur l'apprentissage et l'enseignement des oscillateurs Électriques.....	32
5	La question, l'hypothèse et l'objectif principal de recherche	35
6	Intérêt de l'étude	37
6.1	Intérêt scientifique	37
6.2	Intérêt didactique	37
6.3	Intérêt pédagogique	38
6.4	Intérêt social	38
7	Délimitation de l'étude	38
7.1	Délimitation thématique	39
7.2	Délimitation Temporelle.....	39
7.3	Délimitation théorique.....	39
CHAPITRE 2 : INSERTION THEORIQUE DE L'ETUDE.....		41
1	Définitions des concepts liés à notre étude	41
1.1	Concept.....	41
1.2	Conception.....	42
1.3	Apprendre et apprentissage selon quelques auteurs	42
1.4	Électricité.....	43
1.5	Circuit Électrique	43
1.6	Électrocinétique	43
1.7	Oscillateurs Électriques.....	43
2	Étude historique et épistémologique du concept oscillateur Électrique	43

3	Étude théorique du concept d'oscillateurs électriques.....	46
3.1	Importance du concept d'oscillateurs électriques dans la vie.....	46
3.2	Les concepts de base des oscillateurs Électriques.....	47
3.2.1	DÉfinition de quelques concepts de base en régime alternatif et sinusoïdale. ...	47
3.2.2	RÉgime transitoire dans les dipÔles RC, RL et RLC en régime sinusoïdale.	54
4	Étude des conceptions des apprenants	63
4.1	Essais de DÉfinitions du mot ' conception ' a	63
4.2	Notion de conceptions des ÉLÈves en didactique des sciences.....	63
4.3	Origines et caractÉRistiques des conceptions des apprenants.....	64
4.3.1	Les origines des conceptions des apprenants	64
4.3.2	CaractÉRistiques fondamentales des conceptions des apprenants.....	65
4.3.3	Les conceptions alternatives : obstacles à l'apprentissage.....	66
4.4	La classification des conceptions des apprenant en didactique des sciences	69
4.4.1	Les conceptions alternatives liÈes aux obstacles ÈpistÈmologiques.....	69
4.4.2	Les conceptions alternatives liÈes aux obstacles psychogÈnÈtiques ou ontologiques.....	70
4.4.3	Les conceptions alternatives liÈes aux obstacles didactiques.....	70
4.5	Difficultés d'apprentissage en physique liées aux conceptions alternatives	71
5	Apprentissage du concept d'oscillateurs électriques	73
5.1	La transposition didactique dans les programmes d'Étude et dans les manuels scolaires de la classe de terminale scientifique au Cameroun.	73
5.1.1	Analyse de la transposition didactique du concept de résonance d'intensité dans les programmes de physique de la classe de terminale scientifique au Cameroun.	73
5.1.2	Analyse de la présentation du savoir du concept de résonance d'intensité dans le manuel scolaire des classes de terminale scientifique.	74
5.2	L'apprentissage scolaire suivant les grandes orientations des théories de l'apprentissage dans le champ de la psychologie cognitive.	78
5.2.1	L'apprentissage suivant le model constructiviste.....	78
5.2.2	L'apprentissage suivant le model socio constructiviste	80
5.2.3	L'apprentissage suivant la théorie de la transposition didactique.....	82
5.3	Raisonnement : des idées tacites aux réponses manifestes.....	87
6	Questions, hypothÈses et objectifs secondaires	89
6.1	Questions secondaires.....	89

6.1.1	Question secondaire 1	89
6.1.2	Question secondaire 2	89
6.2	Hypothèses de recherche	89
6.2.1	Hypothèse secondaire 1	89
6.2.2	Hypothèse secondaire 2	89
6.3	Les objectifs de recherche	89
6.3.1	Objectif secondaire 1	90
6.3.2	Objectif secondaire 2	90
DEUXIEME PARTIE : CADRE METHODOLOGIQUE ET OPERATOIRE.....		92
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....		93
1	Le type de recherche, le site de l'étude et la population étudiée	93
1.1	Le type de recherche.....	93
1.2	Le site de l'étude.....	93
1.3	Population d'étude.....	93
2	Méthode de collecte des données et justification du choix de l'outil de collecte de données.....	94
2.1	Méthode de collecte des données	94
2.2	Justification du choix de l'outil de collecte de données	95
3	Elaboration et validité du questionnaire	97
3.1	Elaboration du questionnaire	97
3.2	Validation du questionnaire.....	99
4	Analyse a priori du questionnaire	99
4.1	Analyse des questions du premier thème : oscillations électriques libres	99
4.1.1	Analyse de la première question	100
4.1.2	Analyse de la deuxième question.....	101
4.1.3	Analyse de la troisième question.....	102
4.1.4	Analyse de la question 4.....	104
4.2	Analyse des questions du deuxième thème : oscillations électriques forcées	105
4.2.1	Analyse de la question 5.....	105
4.2.2	Analyse de la question 6.....	106
4.2.3	Analyse de la question 7.....	107
4.2.4	Analyse de la question 8.....	109

4.2.5	Analyse de la question neuf	110
5	Méthode d'analyse des données.....	112
CHAPITRE 4 : PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS.....		115
1	Présentation et analyse des résultats du premier thème	115
1.1	Présentation et analyse des résultats de la question 1	115
1.1.1	Présentation des résultats de la question 1	115
1.1.2	Analyse des résultats de la question 1	116
1.2	Présentation et analyse des résultats de la question 2.....	118
1.2.1	Présentation des résultats de la question 2	118
1.2.2	Analyse des résultats de la question 2	120
1.3	Présentation et analyse des résultats de la question 3.....	121
1.3.1	Présentation des résultats de la question 3	121
1.3.2	Analyse des résultats de la question 3	123
1.4	Présentation et analyse des résultats de la question 4.....	124
1.4.1	Présentation des résultats de la question 4	124
1.4.2	Analyse des résultats de la question 4.....	126
1.5	Conclusion partielle pour les questions traitant sur les oscillations Électriques libres 126	
2	Présentation et analyse des résultats du deuxième thème	127
2.1	Présentation et analyse des résultats de la question 5.....	127
2.1.1	Présentation des résultats de la question 5	127
2.1.2	Analyse des résultats de la question 5	128
2.2	Présentation et analyse des résultats de la question 6.....	130
2.2.1	Présentation des résultats de la question 5	130
2.2.2	Analyse des résultats de la question 6.....	131
2.3	Présentation et analyse des résultats de la question 7.....	132
2.3.1	Présentation des résultats de la question 7	132
2.3.2	Analyse des résultats de la question 7	133
2.4	Présentation et analyse des résultats de la question 8.....	135
2.4.1	Présentation des résultats de la question 8	135
2.4.2	Analyse des résultats de la question 8	136
2.5	Présentation et analyse des résultats de la question 9.....	138
2.5.1	Présentation des résultats	138

2.5.2	Analyse des résultats de la question 9	139
2.6	Conclusion partielle pour les questions traitant sur les oscillations Électriques forcées 141	
2.7	Récapitulatif des résultats	142
3	Discussion des résultats	143
3.1	Bref historique de la recherche	143
3.2	Résultats du questionnaire	143
3.2.1	Origine des conceptions menant des modèles mentaux aux mauvaises réponses 145	
3.2.2	Typologie des conceptions des apprenants sur le concept d'oscillateurs Électriques.	147

DEDICACE

à mes parents

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, c'est avec beaucoup de plaisir que j'exprime ici ma profonde gratitude aux personnes ci-dessous :

- Pr AYINA BOUNI mon directeur de recherche, pour sa rigueur scientifique, sa patience et sa disponibilité;
- Pr Cyrille Bienvenu BELA et Pr Renée Solange NKECK BIDIAS, respectivement Doyen de la faculté des sciences de l'éducation et chef de Département de didactique des disciplines, et tous les enseignants pour tous les savoirs qu'ils m'ont transmis ;
- Dr Jérémie AWOMO ATEBA, chargé de cours au Département des sciences de l'éducation de l'École Normale Supérieure de Yaoundé, pour le regard critique et avis qu'il a porté sur mes travaux ;
- Dr Willy Nelson KOUAKAM GONTIO assistant en Didactique de physique dans la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Ngaoundéré pour son soutien et la maîtrise du logiciel Microsoft Excel et ses conseils au niveau de la méthodologie de la recherche ;
- Paul SIGHA Doctorant en Didactique de physique dans la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé 1 pour tous les échanges scientifiques constructifs menés tout au long de la réalisation de ce travail ;
- A tous les membres du LARIDI, pour leurs conseils dans l'amélioration des ces travaux ;
- AMBAH MBIDA Héne Marie, ABADA AMBOE Angel Yoan, KANE AMBOE Archange Rael, la famille AFAKA pour toute leur affection, leur apport moral et leurs encouragements pour mener bien ce travail.

LISTE DES ABREVIATIONS

MINESEC : Ministère des Enseignements Secondaires

IGE : Inspection Générale des Enseignements

APC : Approche par les Compétences

RC : Résistor – Condensateur

RL : Résistor – Bobine

RLC : Résistor – Bobine – Condensateur

GBF : Générateur Basse Fréquence

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Extrait du programme d'étude de la classe de 4 ^{ème} en physique-chimie-technologie	10
Tableau 2 : Extrait du programme d'étude de la classe de seconde C	12
Tableau 3 : Extrait du programme d'étude de physique des classes de premières CDE et TI qui concerne le module 4	14
Tableau 4 : Extrait du programme d'Étude de physique des classes de terminales scientifiques (uniquement le module 3)	16
Tableau 5 : Les valeurs de la fréquence et l'intensité du courant dans le circuit RLC. Extrait du manuel scolaire EXCELLENCE EN PHYSIQUE	26
Tableau 6 : Récapitulatif de l'étude d'un dipôle RC.....	55
Tableau 7 : Récapitulatif de l'étude du dipôle RL.....	58
Tableau 8 : Les résultats des mesures de l'intensité du courant et de la fréquence.....	77
Tableau 9 : Nombre d'élèves recrutés par établissement.....	94
Tableau 10 : La grille catégorielle.....	112
Tableau 11: Récapitulatif des résultats du questionnaire.....	144

LISTE DES FIGURES ET GRAPHIQUES

Figure 1 : composants Électriques extrait du manuel scolaire PHYSIQUE – CHIMIE – TECHNOLOGIE 4 ^{ème}	20
Figure 2 : réalisation du circuit Électrique extrait du manuel scolaire PHYSIQUE – CHIMIE – TECHNOLOGIE 4 ^{ème}	20
Figure 3 : schéma du pont diviseur de tension dans le manuel scolaire Excellence en physique 2 ^{nde} C et E	21
Figure 4 : mise en évidence du phénomène d'induction électromagnétique extrait du manuel Excellence en physique	22
Figure 5 : vue au microscope du schéma du montage dans le manuel EXCELLENCE EN PHYSIQUE 2023	25
Figure 6 : oscillogramme vue à l'oscilloscope dans le manuel scolaire EXCELENCE EN PHYSIQUE.....	26
Figure 7 : courbe de la résonance d'intensité extrait dans le manuel scolaire EXCELLENCE EN PHYSIQUE	28
Figure 8 : ..preuve pratique de physique du Baccalauréat ESG séries C session 2022.....	30
Figure 9 : Extrait de l'Épreuve de physique du Baccalauréat ESG série D session 2023 (partie Évaluation des compétences).....	31
Figure 10 : La bouteille de Leyde et le protocole expérimental mis en œuvre à l'université de Leyde au XVIII ^è siècle pour mettre en évidence l'effet capacitif. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.149).....	46
Figure 11 : Illustration de plusieurs types de courants dépendant du temps. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.122).....	48
Figure 12: Courant alternatif sinusoïdal. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.129).....	48
Figure 13: les résistors. Pris dans www.marocproduits.com/produit/resistance-electronique-maroc	50
Figure 14 : Illustration de l'effet d'induction provoqué par un courant alternatif sinusoïdal dans une bobine. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.153).....	51
Figure 15 : représentation d'une bobine. Pris dans www.lyrfac.com	52
Figure 16 : les condensateurs pris dans www.wikipedia.org	53
Figure 17 : Circuit RC. Extrait du Précis d'électricité (2015, p. 219).....	54
Figure 18: Réponse de la tension aux bornes d'une capacité dans un circuit RC soumis à un échelon de tension et à une réponse de courant. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.221)..	56
Figure 19 : Décharge du condensateur. Extrait du Précis de l'électricité (2015, p.123).....	57

Figure 20 : dispositif expérimental du circuit RL. Extrait du Précis de l'électricité (2015, p.123).....	58
Figure 21 : (a) .tablissement du courant dans le circuit RL et (b) réponse de la tension aux bornes de l'inductance. Pris dans le Précis d'électricité (2015, p.143).....	59
Figure 22 : (a) Rupture du courant du circuit RL et (b) réponse en tension de l'inductance. Extrait du Précis d'électricité (2015, p. 244).....	60
Figure 23 : montage du circuit RLC. Extrait dans .lectronique : Fondements et applications (2006, p.93).....	60
Figure 24 : définition de la résonance d'intensité dans le manuel scolaire « Excellence en physique ^a (p.160).....	75
Figure 25 : courbes de résonance d'intensité dans le manuel « Excellence en physique ^a (p.160).....	76
Figure 26 : Schéma expérimental du dipôle RLC à la résonance d'intensité. Extrait du livre collection excellence en physique terminale CDE et TI. p.160.....	77
Figure 27 : courbes à la résonance d'intensité. Extrait du livre collection excellence en physique terminale cde et TI. p.162.....	77
Figure 28 : Chaîne de transposition didactique proposée par Perrenoud (1998).....	82
Figure 29 Schématisation des processus des modèles mentaux tacites qui conduisent à une réponse manifeste (Mouliom Ndam, 2024, p. 99).....	88
Figure 30 : Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (b) due au manque de connaissances pour la question 1.....	116
Figure 31 : Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (a) due mauvais agencement conceptuel pour la question 1.....	117
Figure 32 : Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (a) due manque de connaissance pour la question 2.....	117
Figure 33 : Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (a) due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 2.....	119
Figure 34 : Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (b) due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 3.....	120
Figure 35 : Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (b) due à un manque de connaissances pour la question 3.....	122
Figure 36 : Exemple de raisonnement d'une réponse correcte (c) et donc la justification est fausse due à un manque de connaissances pour la question 4.....	123

Figure 37 : Exemple de raisonnement fausse (b) liée à une conception alternative due au mauvais agencement conceptuel pour la question 5.....	125
Figure 38 : Exemple de raisonnement fausse (c) liée à une conception alternative due au mauvais agencement conceptuel pour la question 5.....	128
Figure 39 : Exemple de raisonnement correcte (a) pour la question 6.....	128
Figure 40 : Exemple de raisonnement fausse (d) liée à une conception alternative due au mauvais agencement conceptuel pour la question 6.....	130
Figure 41 : Exemple de raisonnement fausse (d) liée à une conception alternative pour la question 7.....	130
Figure 42 : Exemple de raisonnement fausse (d) liée à une conception alternative due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 7.....	133
Figure 43 : Exemple de raisonnement correcte (a) mais une justification erronée et un niveau de confiance sure pour la question 8.....	133
Figure 44 : Exemple de raisonnement fausse (d) liée à une conception alternative due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 8.....	135
Figure 45 : Exemple de raisonnement fausse (b) liée à une conception alternative due à un mauvais agencement conceptuel et un manque de connaissances pour la question 9.....	135
Figure 46 : Exemple de raisonnement fausse (b) liée à une conception alternative due un manque de connaissances pour la question 9.....	138
Diagramme 1 : résultats de la question 1.....	115
Diagramme 2 : résultats de la question 2.....	118
Diagramme 3 : résultats de la question 3.....	121
Diagramme 4 : résultats de la question 4.....	124
Diagramme 5 : résultats de la question 5.....	127
Diagramme 6 : résultats de la question 6.....	129
Diagramme 7 : résultats de la question 7.....	132
Diagramme 8 : résultats de la question 8.....	134
Diagramme 9 : résultats de la question 9.....	137
Diagramme 10 : récapitulatif des résultats.....	142

RESUME

La physique fait partie des sciences physiques qui étudient les phénomènes naturels et la constitution de la matière. Son apprentissage pose des difficultés aux apprenants qui sont d'ordre épistémologique et didactique. S'agissant particulièrement des oscillateurs électriques qui sont enseignés dans l'enseignement secondaire général au Cameroun en classe de terminale scientifique (élèves de 17 à 21 ans), les apprenants rencontrent plusieurs difficultés dans la compréhension de ce concept. Ainsi, nous nous posons la question suivante : quelles sont les conceptions des apprenants de terminale scientifique sur le concept d'oscillateurs électriques ?

Cette recherche a pour but d'identifier les conceptions des apprenants de la classe de terminale scientifique sur le concept d'oscillateurs électriques après qu'ils aient reçu un enseignement sur ce concept. Pour atteindre ce but, un questionnaire a été soumis à 60 apprenants de terminales scientifiques afin d'identifier les origines des conceptions qui conduisent aux réponses erronées que les élèves proposent lorsqu'ils mobilisent leurs ressources dans la conceptualisation du concept d'oscillateurs électriques. Les résultats obtenus montrent que les difficultés les plus récurrentes sont : l'incapacité des apprenants à manipuler la formule de la détermination de la capacité d'un condensateur ($C = U/q$) ; la confusion conceptuelle entre les concepts de base des oscillateurs électriques ; l'attribution des valeurs numériques incorrectes ; la difficulté des apprenants à faire le choix de l'outil mathématiques ; la présence dans la mémoire des apprenants des conceptions alternatives.

Ces problèmes dans l'apprentissage mènent les apprenants à faire des prédictions incorrectes du concept d'oscillateurs électriques. Au regard de ces résultats, une réflexion sur l'enseignement des oscillateurs électriques, qui pourrait faire une plus grande place à la réflexion conceptuelle et à l'utilisation du raisonnement pour la prédiction et l'explication des phénomènes étudiés, serait pertinente à tenir.

Mots clés : difficultés d'apprentissage, conceptions alternatives, oscillateurs électriques.

ABTRACT

Physics is one of the physical sciences that studies natural phenomena and the composition of matter. Learning it poses challenges for learners, both epistemologically and didactically. Particularly with regard to electrical oscillators, which are taught in general secondary education in Cameroon in the final year of science (students aged 17 to 21), learners encounter several difficulties in understanding this concept. Therefore, we ask the following question: What are the conceptions of final year science learners regarding the concept of electrical oscillators?

The aim of this research is to identify the conceptions of final year science learners regarding the concept of electrical oscillators. To achieve this goal, a questionnaire was administered to 60 final year science learners to identify the causes of the reasoning that leads to the erroneous answers students offer when they mobilize their resources to conceptualize the concept of electrical oscillators. The results obtained show that the most recurring difficulties are: learners' inability to apply the formula for determining the capacitance of a capacitor; conceptual confusion between the basic concepts of electrical oscillators; the assignment of incorrect numerical values; learners' inability to choose the mathematical tool; and the presence of alternative conceptions in learners' memories.

These learning problems lead learners to make incorrect predictions about the concept of electrical oscillators. In light of these results, it would be appropriate to reflect on the teaching of electrical oscillators, which could place greater emphasis on conceptual thinking and the use of reasoning to predict and explain the phenomena studied.

Keywords: learning difficulties, alternative conceptions, electrical oscillators.

INTRODUCTION GENERALE

La physique fait partie des sciences physiques qui étudient, modélisent et formalisent les phénomènes naturels et la constitution de la matière. Elle correspond à l'étude du monde qui nous entoure sous ses formes, les lois de ses variations et de leur évolution.

Au Cameroun les programmes d'étude de physique des classes de terminales scientifiques sont définis par l'arrêté N°90/22/MINESEC/IGE du 18 mars 2022. Ces programmes précisent que l'apprenant est au centre des apprentissages. Dans les classes antérieures (4^{ème}, 2^{nde} C et 1^{ère} CDE et TI), on étudie les concepts fondamentaux de la physique (tension électrique, courant électrique, les résistors, le courant continu, le courant alternatif...). Les apprenants trouvent la physique comme une science difficile à appréhender dans la mesure où ils ne maîtrisent pas les concepts de base liés à son étude (Kouakam, 2024).

En physique, les concepts sont nombreux, peu intuitifs et souvent interreliés, ce qui peut ouvrir la porte à des reconstructions qui ne sont pas en accord avec la théorie scientifiquement acceptée par la communauté. De telles reconstructions inadéquates des concepts scientifiques sont appelées des conceptions alternatives. Ces conceptions alternatives constituent un enjeu important de la recherche didactique mondiale, parce qu'elles peuvent mettre en péril l'apprentissage des apprenants et parce qu'elles sont, par nature, difficilement perceptibles par les enseignants. En effet, ce sont des représentations personnelles, tacites, et qui ne s'expriment qu'à travers la résolution de tâches.

De nombreuses conceptions alternatives ont été répertoriées dans les écrits de recherche, certaines étant très répandues dans la population apprenante. Ces conceptions ne peuvent pas demeurer dans l'esprit des apprenants si on souhaite que leur apprentissage aboutisse à des connaissances conceptuelles en accord avec les théories scientifiquement acceptées. Comme elles sont difficilement observables dans le cadre d'un enseignement traditionnel, les conceptions alternatives qu'on souhaiterait changer devraient être mises en lumière par des méthodes développées expressément pour ce faire. La recherche a proposé différentes méthodes pour l'analyse didactique des conceptions. La mise en place d'un protocole empirique pour la recherche de conceptions alternatives nécessite le recours à des outils spécialement développés pour cette fin, et idéalement à un échantillon important pour bien représenter la population à l'étude. Il s'agit d'entraîner les apprenants à reconnaître les circonstances dans lesquelles ils devraient résister à utiliser leurs idées préconçues et mécanismes routiniers des résolutions des problèmes développés durant l'apprentissage au profit plutôt de l'emploi des connaissances scientifiques apprises et adaptées à la circonstance.

La recherche présentée dans ce mémoire s'intitule ' Étude des difficultés d'apprentissage du concept d'oscillateurs Électrique en classe de terminale scientifique au Cameroun ^a . Face à ce sujet, une observation préliminaire dans les lycées et collèges nous a permis de constater que, la compréhension et l'acquisition des concepts en Électricité notamment dans les circuits Électriques RLC en régime sinusoïdal libre et forcé ne semblent pas si aisés chez les apprenants. Les apprenants ont des difficultés dans l'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques. Nous nous sommes posés la question de recherche suivante : quelles sont les conceptions des apprenants des classes de terminales scientifiques sur le concept d'oscillateurs électriques au Cameroun ? D'où l'hypothèse suivante : Les apprenants des classes de terminales scientifiques de l'enseignement secondaire général du Cameroun ayant reçu un enseignement sur le concept d'oscillateurs électriques ont toujours des conceptions alternatives sur ce concept. Nous voulons dans le cadre de cette Étude, déterminer les conceptions des Élèves de classe de terminale scientifique sur le concept d'oscillateur Électriques au Cameroun.

Ce présent mémoire est organisé en deux parties. La première présente le cadre théorique de l'étude ainsi que les travaux sur lesquels nous nous sommes appuyés pour construire le sujet plus généralement sur la problématique (chapitre 1), la revue de la littérature et l'état de la question (chapitre 2). La seconde partie présente le cadre méthodologique et opératoire. À la suite, nous présentons la méthodologie de la recherche (chapitre 3), la présentation et l'analyse des résultats (chapitre 4). En conclusion, nous exposerons les résultats obtenus et déterminerons les causes des difficultés d'apprentissage des apprenants sur le concept d'oscillateurs Électriques.

PARTIE 1 : CADRE THEORIQUE DE L'ETUDE

CHAPITRE 1 : LA PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE

Dans ce chapitre, nous présenterons : le contexte de l'étude ; le constat ; la formulation du problème ; la question, l'hypothèse et l'objectif général de la recherche, l'intérêt de l'étude et la délimitation de l'étude.

1 Contexte de l'étude

Nous présentons dans cette partie, le contexte institutionnel et le contexte scientifique.

1.1 Contexte institutionnel

Nous présentons dans cette section les objectifs de l'enseignement scientifique dans les prescriptions officielles et l'enseignement des oscillateurs électriques au secondaire camerounais.

1.1.1 Les objectifs de l'enseignement scientifique dans les prescriptions officielles

Considérée comme une science qui traite de l'univers matériel, la physique joue un rôle déterminant autant dans le développement et l'amélioration du niveau de vie des sociétés, que dans la compréhension des phénomènes naturels. Les citoyens n'arrivant pas à suivre l'évolution rapide et perpétuelle de cette science, se trouveront dépassés et incapables de s'adapter aux changements et innovations technologiques dans le monde. D'où la place importante qu'elle occupe dans notre système scolaire.

Les programmes de l'enseignement secondaire font souvent allusion à l'utilisation de l'histoire des sciences comme support aux apprentissages ceci, dans le cadre de la lutte contre la désaffection des apprenants pour les filières scientifiques, qui au-delà du Cameroun affectent aussi bien les autres pays en Afrique que les pays occidentaux (ZÈ, 2017). Il s'agit ici de redonner goût aux apprenants pour les sciences et surtout de dépasser une présentation de la science qui ne favoriserait que les raisonnements et les résultats. Certains concepteurs des programmes scientifiques précisent que : ' La perspective historique a pour rôle de donner une vision cohérente des sciences et des techniques de leur développement conjoint. Elle permet de présenter les connaissances scientifiques comme une construction humaine et progressive, et non comme un ensemble de vérités éternelles. Nous voyons ici apparaître une réaffirmation du rôle central de la rationalité, et même une revendication de bien dissocier construction humaine, raison et vérités éternelles. ' (Ayina et Awomo, 2019).

C'est la raison pour laquelle, l'arrêté N°90/22/MINESEC/IGE du 18 mars 2022 portant définition des Programmes d'Études de physique des Classes de terminales C, D, E et TI de l'Enseignement Secondaire Général précisent que : ' les Élèves de Terminales scientifiques auront la possibilité de développer leur culture scientifique et leurs compétences dans un

environnement où ils seront de plus en plus amenés à faire des choix dans les situations où ils seront engagés ou qui engagent leur environnement.^a

Ce programme permettra à l'enseignant de mieux jouer son rôle de facilitateur auprès de l'apprenant qui est amené de plus en plus à utiliser et capitaliser les outils construits en classe. Il a pour but principal de faciliter un ancrage des connaissances devant permettre à l'apprenant de développer des compétences lui permettant :

- de communiquer à l'écrit et à l'oral sur des phénomènes scientifiques de leur environnement ;
- de comprendre et d'expliquer des phénomènes naturels ;
- de résoudre les problèmes que ces derniers posent dans leurs domaines de vie ;
- de sauvegarder et gérer durablement leur environnement ;
- de mettre en œuvre des processus d'acquisition des connaissances ;
- d'implémenter la démarche scientifique et la démarche technologique ;
- de comprendre et exploiter leur environnement.

Nous pensons que, pour atteindre les objectifs prescrits dans les programmes officiels de physiques des classes de terminales scientifiques de l'enseignement secondaire général, il est primordial de faire une étude des concepts disciplinaires fondamentaux mis en jeu et les techniques d'enseignement employées par les enseignants.

1.1.2 L'enseignement des oscillateurs électriques au secondaire camerounais

Au Cameroun comme dans beaucoup d'autres pays non fortement industrialisés, l'enseignement de la physique repose presque exclusivement sur l'apprentissage, par les élèves des modèles théoriques préconçus. Cet enseignement maintient ainsi son caractère traditionnel, c'est-à-dire qu'il est en grande partie basé sur la présentation du savoir par l'enseignant, sur l'apprentissage par cœur des définitions des concepts de la part des élèves et sur des activités de résolution de problèmes suivant des stratégies algorithmiques et des méthodologies proposées par l'enseignant. L'enseignement est également conditionné par les manuels scolaires qui insistent sur l'aspect quantitatif des concepts de physique plutôt que sur le développement du raisonnement qualitatif des élèves (Awomo, 2022). L'étude des oscillateurs électriques n'est pas en reste face à cette situation. Elle est introduite en classe de quatrième (élèves de 12-15 ans) avec l'étude empirique des circuits électriques aboutissant à des descriptions du genre 'réalisation d'un circuit électrique'^a. Cette description est traduite par l'identification des éléments du circuit électrique à l'aide des symboles. La détermination des pôles d'une pile porte des signes : (+) qui signifie pôle positif et (-) qui signifie pôle négatif.

Cette Étude se poursuit en classe de seconde C (Élèves de 14-16 ans). A ce niveau on Étudie les concepts comme les résistors. L'étude se poursuit en classe de première CDE (élèves de 15-18 ans). A l'issue de cet enseignement, l'élève doit pouvoir¹ :

- schématiser un circuit Électrique ;
- identifier les éléments d'un circuit électrique à partir de leur symbole ;
- déterminer l'intensité du courant Électrique dans un circuit ;
- déterminer la tension Électrique dans un circuit ;
- déterminer la résistance dans un circuit Électrique.

1.2 Contexte scientifique

Nous présentons dans cette section les tendances actuelles des recherches en didactiques des sciences, l'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques, les objectifs de l'enseignement de la physique au Cameroun et les défis de l'apprentissage des oscillateurs Électriques.

1.2.1 Tendances actuelles des recherches en didactiques des sciences

La didactique des sciences se définit par une centration sur les contenus de l'enseignement scientifique (Astolfi, 1997). Les didacticiens s'attachaient principalement à repérer les obstacles à l'apprentissage des concepts scientifiques et à proposer des méthodes de remédiation. Ces dernières années, l'accumulation importante des données de recherche en didactique des sciences physiques et l'essor considérable des nouvelles technologies ont nourri la réflexion sur la façon dont ces données pourraient guider le développement d'environnements d'apprentissage plus adaptés aux besoins et aux difficultés des élèves (Awomo, 2022).

Traditionnellement l'enseignement scientifique se propose immédiatement de communiquer le savoir actuel. Il se fixe comme but d'enseigner et de faire assimiler les connaissances scientifiques comme un ensemble de résultats socialement utiles. Dans le cadre d'enseignements traditionnels des concepts de la physique, les multiples problèmes qui sont liés à la représentation et à la construction du savoir de la part des Élèves sont négligés (Awomo, 2022). De nombreux chercheurs en didactique se sont intéressés aux conceptions des Élèves sur les concepts scientifiques et aux difficultés qu'ils rencontrent dans les différents niveaux d'appréhension de la discipline. Ainsi, les difficultés rencontrées par les Élèves dans l'interprétation des oscillateurs électriques ont fait l'objet de plusieurs investigations. Les résultats ont montré que les apprenants en Afrique éprouvent d'énormes lacunes face aux

¹ Programme de Physique - Chimie - Technologie de l'Enseignement Secondaire Général classes de 4e et 3e définis par Arrêté N°419/14/MINESEC/IGE du 9 décembre 2014 portant définition des Programmes d'Études des classes de 4ème et 3ème de l'Enseignement Secondaire Général.

sciences expérimentales (Kouakam et al., 2022). Au Cameroun en particulier l'enseignement reste traditionnel et est basé sur la présentation du savoir par l'enseignant, sur l'apprentissage par cœur des définitions des concepts de la part des élèves et sur des activités de résolution de problèmes (Awomo, 2022).

1.2.2 Apprentissage du concept d'oscillateurs électriques : un réel problème de la didactique de la physique

Au cours de ces dernières décennies, bon nombre de recherches en didactique de la physique ont porté sur les difficultés d'appréhension du concept d'oscillateurs électriques. Ainsi, (Adjibi et al., 2017 ; Amiques et Caillot, 1990) se sont intéressés aux questions d'ordre épistémologique qui traitent des obstacles rencontrés par les apprenants dans l'apprentissage du concept de « circuit électrique ». D'un autre côté, (Bras, 2010 ; Chekour, Laafou et Janati-Idrissi, 2015 ; Mohammed et al. 2021) ont étudiées conceptions, les obstacles et les difficultés rencontrées dans l'apprentissage du concept de « résonance d'intensité ». Cependant, les recherches susmentionnées insistent presque exclusivement sur l'identification des obstacles et les difficultés liés à l'acquisition d'oscillateurs électriques. Leur intérêt serait donc de focaliser l'attention de l'enseignant sur la prise en compte des obstacles et difficultés identifiés au moment de son enseignement étant donné que les concepts scientifiques ne s'acquièrent pas comme un ensemble de résultats socialement utiles ; leur acquisition suit un long processus de développement chez les apprenants (Awomo, J, 2022).

D'après Dumas-Carre et Caillot (1993), l'enseignement de la physique devrait « donner aux élèves le moyen de comprendre comment fonctionne la science, et quelles questions répondent les concepts, en un mot de donner du sens aux connaissances scientifiques ». Pour y parvenir, nous pensons qu'il est fondamental, non plus de chercher seulement à favoriser la compréhension des concepts isolés de la physique par les apprenants, mais d'entraîner ces derniers à la construction et au développement des significations qu'ils prêtent aux concepts scientifiques. Car, d'après Vygotski (1997), la construction d'un concept scientifique s'appuie sur les concepts fondamentaux construits préalablement et, en retour, provoque le développement des significations que les apprenants attribuent à ces concepts fondamentaux. Ainsi, la construction d'un concept supérieur devrait impliquer une maîtrise par les élèves des concepts scientifiques qui l'organisent. Telle est la structure globale de la contribution que nous comptons apporter à l'amélioration de l'apprentissage des concepts de la physique en général, et l'apprentissage des différents concepts qui organisent les oscillateurs électriques en particulier.

1.2.3 Les objectifs de l'enseignement de la physique au Cameroun

Dans les programmes d'étude de physique de la classe de terminales CDE et TI de l'enseignement secondaire Général, on y mentionne que « l'amélioration quantitative et qualitative de l'éducation constitue une préoccupation permanente pour l'état camerounais, soucieux d'atteindre son émergence à l'horizon 2035 ». Ainsi, en accord avec les Objectifs du Développement Durable (ODD), le Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE) et le Document de Stratégie du Secteur de l'Éducation et de la Formation (DSSEF), le Ministère des Enseignements Secondaires s'est engagé dans une réforme curriculaire depuis plus d'une décennie. Ces programmes revêtent les objectifs suivants :

- dans la vie sociale et familiale : le programme d'étude va accroître le développement des compétences de vie courante et apporter des moyens techniques et technologiques qui concourent à l'amélioration du quotidien de chaque citoyen ;
- dans la vie Économique : ses applications vont permettre de produire quantitativement et qualitativement des biens de consommation ;
- dans le domaine de l'environnement : les compétences développées par l'apprenant seront réinvesties pour la protection et le respect de l'environnement et de la biodiversité ;
- dans le domaine des Médias : la physique, par son objet d'étude, est un grand support de la communication ; elle peut d'une part contribuer à la production des appareils facilitant les échanges d'informations (ordinateurs, satellites, téléphones, télévisions, papiers, encres, photocopieurs...) et d'autre part améliorer l'utilisation.

1.2.4 Les défis de l'apprentissage des oscillateurs électriques

Au Cameroun comme dans beaucoup d'autres pays non fortement industrialisés, l'enseignement de la physique repose presque exclusivement sur l'apprentissage, par les élèves, des modèles théoriques préconçus (Belebenie, 2017). Cet enseignement maintient ainsi son caractère traditionnel, c'est-à-dire qu'il est en grande partie basé sur la présentation du savoir par l'enseignant, sur l'apprentissage par cœur des définitions des concepts de la part des élèves et sur des activités de résolution de problèmes suivant des stratégies algorithmiques et des méthodologies proposées par l'enseignant (Awomo, 2022). L'enseignement est également conditionné par les manuels scolaires qui insistent sur l'aspect quantitatif des concepts de physique plutôt que sur le développement du raisonnement qualitatif des élèves. L'étude des oscillateurs électriques n'est pas en reste face à cette situation. Dans les classes antérieures (4^{ème}, 2^{nde} C et 1^{ère} CDE et TI), on étudie des concepts clés tels que : le courant électrique, la

tension Électrique, les résistors, la bobine, les générateurs de courant continu, le courant alternatif.

2 Analyse des programmes d'étude des classes antérieures liés au concept d'oscillateurs Électriques.

Dans cette partie, nous analyserons les programmes dans les classes de 4^{ème}, 2^{nde} C, de 1^{ère} CDE et TI et de terminales CDE et TI des concepts liés au concept d'oscillateurs Électriques.

2.1 Analyse du programme d'étude de la classe de quatrième

L'analyse des programmes de Physique-Chimie-Technologie de 2023 pour le niveau 4^{ème} qui les traduit nous a permis de mettre en Évidence un certain nombre de concepts qui structurent le concept de circuit Électrique. Voici un extrait du programme d'étude :

Tableau 1

Extrait du programme d'étude de la classe de 4^{ème} en physique-chimie-technologie (p. 17)

CADRE DE CONTEXTUALISATION		AGIR COMPETENT		Thèmes / Module	Sous thèmes / chapitres	Leçons	Savoirs	Ressources	Savoir-faire
Familles de situations	Exemples de situations	Catégories d'actions	Exemples d'actions						
Utilisation des énergies électrique et mécanique au quotidien	Alimentation d'un appareil en énergie électrique.	Utilisation de l'énergie électrique.	Utiliser un circuit électrique.	<p style="text-align: center;"> SERVICES DU PREMIER MINISTRE VISA - 002687 - 06 JUN 2023 PRIME MINISTER'S OFFICE </p>	Circuits électriques en courant continu	Leçon 1 : Types de circuits électriques en courant continu.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les éléments d'un circuit électrique (Nom, représentation conventionnelle) ; - Identifier les bornes d'une pile ; - Schématiser un circuit électrique ; - Distinguer un montage en série et un montage en dérivation. - Réaliser un circuit électrique à partir de son schéma ; - Distinguer un montage en série et d'un montage en dérivation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mesurer l'intensité d'un courant électrique (choix de l'appareil, réglage et branchement...); - Lire la valeur d'une intensité sur le cadran d'un ampèremètre ; - Appliquer la loi des intensités ; - Indiquer sur le schéma d'un circuit le sens conventionnel du courant. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les éléments d'un circuit électrique (Nom, représentation conventionnelle) ; - Identifier les bornes d'une pile ; - Schématiser un circuit électrique ; - Distinguer un montage en série et un montage en dérivation. - Réaliser un circuit électrique à partir de son schéma ; - Distinguer un montage en série et d'un montage en dérivation.
			Réaliser un circuit électrique.			Mesurer une grandeur électrique.			
				<p style="text-align: center;"> ACTIONS MÉCANIQUES ET ÉNERGIE ÉLECTRIQUE </p>		<p>TP : Réalisation d'un circuit électrique simple</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Quelques éléments d'un circuit électrique ; - Circuit en série ; - Circuit en dérivation 	<ul style="list-style-type: none"> - Mesurer l'intensité d'un courant électrique (choix de l'appareil, réglage et branchement...); - Lire la valeur d'une intensité sur le cadran d'un ampèremètre ; - Appliquer la loi des intensités ; - Indiquer sur le schéma d'un circuit le sens conventionnel du courant. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mesurer l'intensité d'un courant électrique (choix de l'appareil, réglage et

Ainsi, la leçon 1 du deuxième module du programme officiel dont l'intitulé est ' les actions mécaniques et l'énergie électrique ' est consacré à la séquence 2 liée à l'étude de la ' notion de circuit électrique '. Dans cette séquence d'enseignement, le programme prescrit l'étude des concepts suivants : le circuit électrique, circuit en série et en dérivation, le sens conventionnel du courant électrique, les lois de l'intensité du courant électrique, les lois des tensions électriques, la loi d'Ohm pour un résistor.

Il ressort de la lecture dudit programme que le circuit électrique ne constitue plus un objet d'étude à partir de la classe de seconde. Le concept général de circuit électrique ainsi que les concepts élémentaires qui l'organisent (la loi d'Ohm pour un résistor, la résistance électrique, etc.) sont donc utilisés, à partir de la classe de seconde (Élèves de 15-17 ans) comme le circuit électrique est une réalité aujourd'hui tellement familière qu'on en oublierai les difficultés d'élaboration de ce concept par les Élèves (Benseghir et Closset, 1993).

2.2 Analyse du programme d'étude de physique de la classe de seconde C

Le programme d'études de physique de la classe de seconde C de l'enseignement secondaire général comporte quatre principaux modules. Le premier module est intitulé mesures et incertitudes ; le deuxième module est intitulé mouvement et actions mécaniques ; le troisième module est intitulé optique géométrique et quatrième module est intitulé les résistors, les diodes, les transistors et les portes logiques. Le quatrième module qui est plus enclin à l'électrocinétique est subdivisé en deux séquences d'enseignement.

- la première séquence est intitulée Analyse d'un circuit électronique simple. Il y est prescrit l'étude : Résistor, diode et transistors ; leurs fonctions caractéristiques intensité-tension (diode et résistors) ; les lois d'association des résistors ; l'utilisation pratiques des résistors (diviseurs de tension, montages potentiométriques) ; l'utilisations pratiques des diodes (redressement, protection de Résistor, protection des composants polarisés, stabilisation de tension) ; transistors (en commutation ; en amplification).
- la deuxième séquence est intitulée Analyse des circuits logiques. Elle prescrit l'utilisation des portes logiques (NOT, AND, OR et leurs tables de vérité) et l'utilisations pratiques des circuits logiques de base.

Tableau 2

Extrait du programme d'étude de la classe de seconde C (p.13)

CADRE DE CONTEXTUALISATION		AGIR COMPÉTENT		RESSOURCES			
Familles de situations	Exemples de Situations	Catégories d'actions	Exemples d'action	Savoirs	Savoir-faire	Savoir-être	Autres ressources
Les appareils électriques et électroniques autour de nous	Utilisation d'un appareil électrique ou électronique	Analyse d'un circuit électronique simple	Expliquer le comportement d'un circuit électronique simple à l'aide des propriétés de ses composants	Résistor, diode et transistors Description et symbole normalisé Différents types de (résistors, diodes, transistors) ; leurs fonctions Caractéristiques intensité-tension (diode et résistors) Lois d'association des résistors Exemples d'utilisation pratiques des résistors (Diviseurs de tension, montages potentiométriques) Exemples d'utilisations pratiques des diodes (Redressement, protection de	Représenter symboliquement un résistor, une diode, un transistor bipolaire Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'un résistor ; exploiter cette caractéristique y compris expérimentalement Déterminer la résistance équivalente d'une association de résistors Schématiser un montage potentiométrique dans un circuit Réaliser un circuit avec montage potentiométrique Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'une diode ; exploiter cette	- Gestion judicieuse et responsable des biens de consommation usuelle ; - Respect des normes de fonctionnement d'un appareil. Développer : - l'esprit critique ; - le goût de l'effort ; ce	
	Réalisation d'un montage électronique simple						

Au regard de ce tableau, il en ressort que le concept général d'oscillateurs Électriques est introduit progressivement à travers l'étude des résistors. Ainsi un circuit électrique fonctionne comme un système complexe dans lequel tous les composants sont en interaction et en particulier l'intensité du courant dans la branche du générateur ne dépend pas seulement de ces caractéristiques mais aussi de celles de ses récepteurs et la façon dont ils sont montés dans le circuit (Robardet, 1997).

2.3 Analyse du programme d'étude de physique des classes de premières CDE et TI.

Le programme de physique des classes de premières CDE et TI comporte quatre principaux modules. Le module 1 intitulé les mesures et les incertitudes. Il est prescrit dans ce module, la mesure de grandeurs physiques et chimiques ; la mise en œuvre de modèles pour expliquer un phénomène, une situation. Le module 2 est intitulé les mouvements et interactions mécaniques. Il est prescrit dans ce module: le travail d'une force ; l'énergie cinétique, l'énergie potentielle, l'énergie mécanique et la quantité de chaleur produit par un corps. Le module 3 est intitulé optique géométrique. On étudie dans ce module les lentilles minces, l'œil réduit, le microscope, la loupe, la lunette astronomique, le télescope de Newton, le spectre de la lumière et interaction lumière-matière. Le module 4 est intitulé aspects Énergétiques des circuits électriques. Il est prescrit dans ce module l'étude : des générateurs, les récepteurs, le point de fonctionnement l'induction électromagnétique, les alternateurs et le bilan d'énergie dans une portion de circuit. Un extrait de ce programme est donné dans le tableau suivant :

Tableau 3

Extrait du programme d'étude de physique des classes de premières CDE et TI qui concerne le module 4 (p.13)

CADRE DE CONTEXTUALISATION		AGIR COMPETENT		RESSOURCES		Savoir-faire	Savoir-être	Autres ressources
Familles de situations	Exemples de situations	Catégories d'actions	Exemples d'actions	Savoirs	Savoir-faire	Savoir-être	Savoir-être	Autres ressources
Les appareils électroniques autour de nous	Utilisation d'un générateur : Interprétation en terme d'énergie ou une lampe brûle, une résistance chauffe et un moteur tourne	Mise en situation du fonctionnement d'un appareil électrique ou électronique	Casseur des appareils en récepteurs et en générateurs	1. Générateur électrique Définition Rôle Relation entre la tension U et l'intensité I aux bornes d'un générateur. 2. Récepteur Définition Les types de récepteurs Rôle d'un récepteur dans le circuit Relation entre la tension U et l'intensité I aux bornes d'un récepteur.	Schématiser un générateur. Exploiter la caractéristique d'un générateur pour déterminer E et r. Déterminer les caractéristiques E et r d'une association de générateurs. Schématiser le récepteur Exploiter la caractéristique pour déterminer E et r. Réaliser un montage permettant de tracer la caractéristique d'un générateur. Tracer la caractéristique d'un générateur. Réaliser un montage permettant de tracer la caractéristique d'un récepteur. Tracer la caractéristique d'un récepteur.	- Esprit critique - Sens de responsabilité - Curiosité - Habileté de l'observation et l'interprétation		

Le module qui a trait à l'électrocinétique et qui fait l'objet de notre Étude est le module 4 intitulé aspects Énergétiques des circuits Électriques. Dans ce module on Étude les concepts tels que : les générateurs de courant continu (détermination des caractéristiques d'un gÉnÉrateur, la caractÉristique intensité-tension, la tension aux bornes d'un générateur, l'énergie électrique...); les récepteurs de courant continu (les caractéristiques d'un récepteur, la caractÉristique intensité-tension, la tension aux bornes d'un récepteur, la tension électrique, la puissance et l'énergie aux bornes d'un récepteur,...); l'induction électromagnétique (production du courant alternatif, la force Électromotrice induite, l'auto-induction électromagnétique, la force électromotrice d'auto-induction,...); le bilan d'énergie consommé par une portion électrique (on étudie ici l'énergie consommée par une portion comportant les gÉnÉrateurs et les rÉcepteurs montÉes en sÉrie).

Il en ressort dans ce module l'étude de plusieurs concepts qui nous aiderons dans le programme de terminale une meilleure construction du concept d'oscillateurs Électriques. Ainsi plusieurs recherches ont montrÉ que les Élèves des classes de premiÉres scientifiques Éprouvent des difficultés dans l'apprentissage de l'électrocinétique. C'est ainsi que Dequidt-Mercier Clotilde et Morge Ludovic ont fait une analyse ÉpistÉmique et didactique d'une nouvelle analogie pour enseigner l'électrocinétique en classe de premiÉre (Mercier-Dequidt, C et Morge, L. 2014).

2.4 Analyse du programme d'étude de la classe de terminale CDE et TI

Nous avons analysé les programmes d'étude des classes antérieures sur les concepts de base qui nous permettrons de construire le concept d'oscillateurs électriques en classe de terminale scientifique. Le programme d'étude de physique des classes de terminales est divisé en quatre modules. Le module 1 est intitulé les mesures et les incertitudes. On y Étudie, la mesure les grandeurs physiques et la validation de l'expression d'une grandeur. Le module 2 est intitulé l'Évolution temporelle des systÉmes mÉcaniques. On Étudie dans ce module, l'analyse d'une situation d'interaction gravitationnelle ; l'analyse une situation d'interaction Électrique ; l'analyser une situation d'interaction magnétique ; la prévision de l'évolution temporelle d'un système mécanique mettant en jeu des interactions gravitationnelles ou ÉlectromagnÉtiques ; la prévision de l'évolution temporelle d'un système mécanique mettant en jeu une force de rappel. Un extrait du programme d'Étude des classes terminales scientifique est donnÉ dans le tableau suivant.

Tableau 4

Extrait du programme d'Étude de physique des classes de terminales scientifiques (uniquement le module 3) (p. 11)

CADRE DE CONTEXTUALISATION		AGIR COMPÉTENT		RESSOURCES			
Familles de situations	Exemples de Situations	Catégories d'actions	Exemples d'actions	Savoirs	Savoir-faire	Savoir-être	Autres ressources
Les appareils électriques et électroniques autour de nous	Utilisation condensateur	Analyse de l'énergie emmagasinée dans un condensateur	Expliquer le fonctionnement d'un condensateur	Symbole normalisé Charge et décharge Capacité Le condensateur plan Association de condensateurs Expression de l'énergie emmagasinée par un condensateur	Réaliser le schéma d'un circuit comportant un condensateur Exploiter la relation entre la charge et la tension aux bornes du condensateur Écrire et exploiter les relations exprimant l'énergie emmagasinée par un condensateur Résoudre les problèmes simples d'associations de condensateurs.		
Interprétation des oscillations électriques	Analyse de circuits électriques en régime variable	Analyser le fonctionnement de divers circuits comportant un condensateur	Cas des circuits RC Cas des circuits LC Cas des circuits RLC Oscillations électriques libres et oscillations forcées. Réponse en intensité d'un circuit RLC Notion d'impédance Puissance en régime sinusoïdal	Établir l'équation différentielle régissant les oscillations électriques. Exprimer la charge instantanée et l'intensité instantanée. Exprimer la pulsation, la période et la fréquence des oscillations libres. Exprimer l'énergie électromagnétique.			
Utilisation d'un oscilloscope	Association des dipôles						

Le module 3 est intitulé, l'évolution temporelle des systèmes Électriques et Électroniques. Ce module est divisé en cinq séquences d'enseignement : la 1^{ère} séquence est d'expliquer le fonctionnement d'un condensateur (il s'agit d'étudier Charge et décharge, la capacité d'un condensateur, le condensateur plan, l'association de condensateurs, l'énergie emmagasinée par un condensateur) ; la 2^{ème} séquence est d'analyser le fonctionnement de divers circuits (on étudie ici les dipôles RC, RL, LC et RLC, l'établissement de l'équation différentielle régissant les oscillations Électriques) ; la 3^{ème} séquence est l'étude des oscillations électriques libres et oscillations forcées (il est question ici d'exprimer la charge instantanée q et l'intensité instantanée i , exprimer la pulsation, la période et la fréquence des oscillations libres, exprimer l'énergie Électromagnétique, Écrire l'équation différentielle des oscillations amorties, Écrire l'équation de la tension aux bornes du dipôle RLC en fonction de q , ou i , utiliser le vecteur de Fresnel associé aux différentes tensions et exprimer l'impédance du circuit et le déphasage). La 4^{ème} séquence est l'étude de la notion de résonance d'intensité (il s'agit de tracer la courbe de résonance, exploiter les courbes obtenues sur l'écran de l'oscilloscope ou résultant des mesures, déterminer la largeur de la bande passante et le facteur de qualité). La 5^{ème} séquence est l'étude de la puissance en régime sinusoïdal (on détermine ici, la puissance moyenne consommée dans un circuit RLC et l'expression du facteur de puissance). Le module 4 est intitulé ondes, matières et transformations nucléaires. Dans ce module il est question d'étudier, la propagation des ondes mécaniques, la superposition des ondes mécaniques, l'aspect ondulatoire de la lumière, l'aspect corpusculaire de la lumière, l'effet Doppler, la radioactivité.

Le module qui met en évidence l'étude de notre concept d'oscillateurs Électriques est le module 3 intitulé Évolution temporelle des circuits Électriques et Électroniques. Une étude des concepts de basse a été déjà effectuée dans les classes antérieures. En terminale, on étudie les concepts clés d'oscillateurs électriques en régime sinusoïdale forcée ou libre. Ainsi, de nombreuses recherches en didactique de la physique ont mis en évidence certains concepts comme la résonance d'intensité à travers une étude sur les obstacles didactiques que ce concept met en jeu (Mahouche et al., 2012). Nous pouvons donc grâce à ces recherches que le concept d'oscillateurs Électriques est très large.

3 La transposition didactique du concept d'oscillateurs Électriques dans les manuels scolaires de physique en vigueur au Cameroun.

Dans le but d'affiner davantage notre lecture des prescriptions officielles, nous avons fait une Étude pour chaque programme d'Étude des classes de 4^{ème}, 2^{nde} C, 1^{ère} CDE et TI et de terminales CDE et TI. Nous voulons aussi faire une Étude sur les manuels scolaires d'usage officiel dans les établissements d'enseignement secondaire général des classes de 4^{ème}, 2^{nde} C, 1^{ère} CDE et TI et de terminales CDE et TI. Certains chercheurs en didactique des sciences physiques voient dans les manuels, un outil d'analyse du curriculum potentiel, offrant des renseignements entre la prescription officielle et les pratiques effectives des professeurs (Awomo, 2022). En plus, au Cameroun, le manuel scolaire obÉit † une politique nationale du livre, c'est-†-dire qu'il est produit localement, à des standards et à des coûts adaptés, grâce au développement de capacités d'édition. Les auteurs des manuels sont généralement les enseignants et les inspecteurs pédagogiques nationaux et régionaux, qui sont d'ailleurs pour la plupart, concepteurs des programmes officiels. Le manuel obÉit Également † la politique du livre unique, le livre du professeur étant le même que le livre de l'élève. Bien que son usage par les apprenants soit majoritairement guidé par l'enseignant, et ne se résume, dans la plupart des cas, qu'au traitement des exercices sélectionnés par l'enseignant parmi la batterie d'exercices figurant † la fin de chaque leÁon. Nous Étudions la prÉsence et le traitement des concepts constituant le systÉme conceptuel formÉ autour du concept d'oscillateurs électriques dans ces manuels. Seules les parties du manuel consacrées à l'étude de ces concepts sont analysées. L'analyse des manuels permet également de comprendre les choix didactiques des enseignants. En effet, il semblerait que les manuels se rapprochent beaucoup plus du savoir enseignÉ par les enseignants que les programmes. † ce titre, le manuel est considÉrÉ comme un indicateur des pratiques classiques de classes (Awomo, 2022). Le corpus formÉ des manuels scolaires suivants est ÉlaborÉ † cet effet :

- PHYSIQUE – CHIMIE – TECHNOLOGIE 4^{ème}, Édition NMI EDUCATION, Livre de l'élève ;
- PHYSIQUE 2^{nde} C et E, COLLECTION EXCELLENCE, NMI EDUCATION, Livre de l'élève.
- PHYSIQUE 1^{ères} CDE ET TI, COLLECTION EXCELLENCE, NMI EDUCATION, Livre de l'élève.
- PHYSIQUE Terminales CDE ET TI, COLLECTION EXCELLENCE, NMI EDUCATION, Livre de l'élève.

Les manuels des niveaux allant de la 4^{ème} en 1^{ère} C, D, E & TI ne feront que l'objet d'une brève analyse afin d'avoir une vue panoramique sur l'évolution des concepts devant organiser le concept d'oscillateurs électriques, concept qui est systématiquement introduit en classe de terminale. De ce fait, nous allons plus nous attarder sur l'étude du manuel des classes de terminale, et spécifiquement les parties consacrées aux oscillateurs électriques libres et forcés.

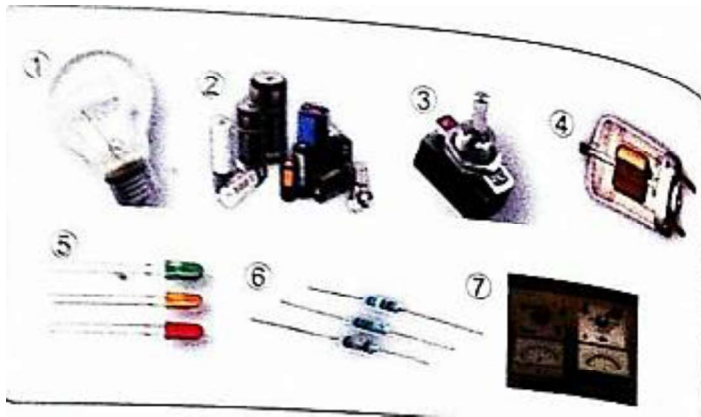
3.1 La transposition didactique du concept d'électrocinétique dans le manuel scolaire de la classe de 4^{ème}.

Une interprétation des objectifs des programmes est faite par les auteurs du manuel scolaire en vigueur à ce niveau. Il en ressort de la lecture dudit manuel ce qui suit.

- Le manuel respecte fidèlement non seulement les 4 modules prescrits par le programme officiel, mais aussi l'ordre et le nombre d'unités (leçons) prescrites. L'étude de « circuit électrique ^a intervient donc à la séquence 2 du module 2 intitulé actions mécaniques et énergie électrique.
- Les activités introductives de la leçon portent sur l'étude empirique de la notion de détermination des composants d'un circuit électrique, la réalisation d'un circuit électrique par un schéma et la perception d'un circuit électrique. La description des expériences empiriques est faite dans un premier temps en utilisant les termes du langage courant, ce que Benseghir, (1993) appelle la première description du niveau empirique : *' Les signes + et -, donnent l'idée d'accumulation de charges est fréquemment mis en exergue dans les contenus d'enseignement de l'électrostatique. En électrocinétique, les signes + et -, associés aux pôles du générateur, sont évoqués en général lors de l'introduction de ce dernier et à l'occasion de la définition du sens conventionnel du courant électrique. Dans les manuels du secondaire de la dernière décennie, la sémantique de ces signes semble relever, au moins partiellement, de l'implicite ^a (Benseghir, 1993).*
- Dans un premier temps, dans le manuel, on présente les composants d'un circuit électrique (voir figure 1) et on demande aux élèves de réaliser un circuit électrique à l'aide d'un schéma constitué des piles, une lampe et un moteur.

Figure 1

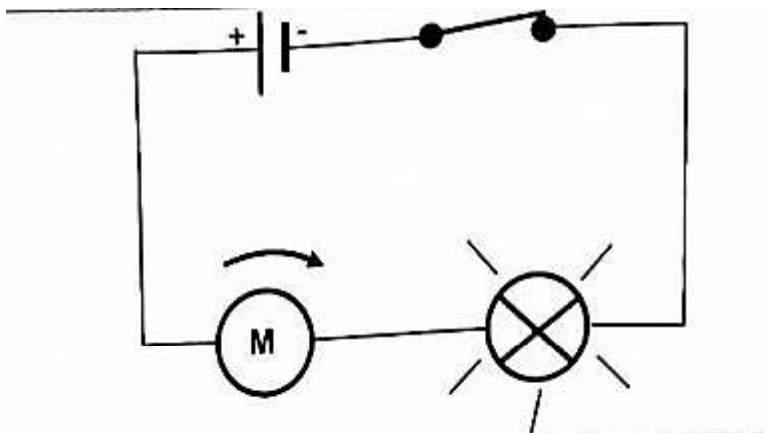
Les composants Électriques extrait du manuel scolaire PHYSIQUE – CHIMIE – TECHNOLOGIE 4^{ème} (p. 34)



Après avoir identifié les différents composants Électriques et leurs symboles normalisés, le circuit Électrique ainsi réalisé

Figure 2

La réalisation du circuit Électrique extrait du manuel scolaire PHYSIQUE – CHIMIE – TECHNOLOGIE 4^{ème} (p. 36).



Dans ce schéma, on voit les symboles normalisés des composants : générateurs (piles) ; interrupteur fermé ; moteur et lampe (brille). Face à cette représentation, les élèves éprouvent des difficultés pour reconnaître les pôles de la pile (pole + et pole -) et la fermeture ou l'ouverture de l'interrupteur, la lampe qui brille ou ne brille pas. Ce qui constitue un obstacle didactique et qui peut entraver sur la conceptualisation du concept de circuit Électrique.

3.2 La transposition didactique du concept d'électrocinétique dans le manuel scolaire de la classe de 2^{nde} C et E.

Le manuel scolaire de physique des classes de seconde d'enseignement général (élèves de 15-17 ans) respecte les quatre modules prescrits par le programme officiels. Le premier

module s'intéresse globalement à l'étude des mesures et incertitudes, le deuxième module parle du mouvement et des actions mécaniques, le troisième module s'intitule optique géométrique et le quatrième module parle des résistors, les diodes, les transistors et les portes logiques.

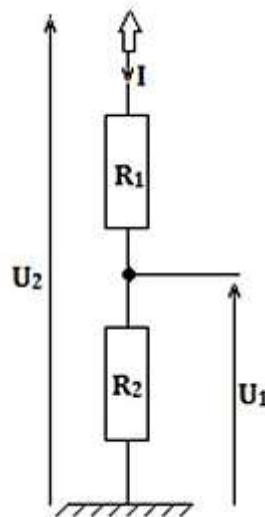
Nous nous intéressons uniquement du module 4 qui met en évidence l'étude de certains concepts de l'électrocinétique. La première séquence de ce module parle des résistors. Dans ce manuel, il s'agit de donner le rôle des résistors dans un circuit électrique, de déterminer la résistance d'un résistor à partir de la loi d'Ohm et du code des couleurs et déterminer la loi de Joule. Ainsi l'enseignement de l'électricité utilise largement des schémas des circuits électriques avec les symboles normalisés. Les différentes expériences ne montrent aucun apprentissage spécifique de leur lecture et de leur compréhension en classe, mais au contraire l'enseignement renforce le rôle de certains schémas canoniques ce qui contribue à organiser les connaissances des élèves sous formes prototypes (Amiques et Caillot, 1990).

Les auteurs de ce manuel précisent que *' Il est possible, lorsqu'on a un montage en parallèle, de ramener ce dernier à un montage en série en calculant les résistances équivalentes correspondantes à chaque portion de circuit puis effectuer la somme des différentes résistances obtenues pour avoir la résistance équivalente ou totale du circuit 'a*. Une autre particularité dans ce manuel est qu'on peut lire dans les pages 178 et 179 des nouveaux concepts sur le pont diviseur de tension et le montage potentiométrique. D'après le schéma de la figure 2, on obtient le pont diviseur de tension tel que :

Figure 3

Le schéma du pont diviseur de tension dans le manuel scolaire Excellence en physique 2nde C et E, (p.103).

$$U_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_2$$



Il est certes vrai que, ce module 4, met en évidence l'étude de quelques concepts sur l'électrocinétique, mais qui n'est en rapport avec le concept clé lié à notre étude.

3.3 La transposition didactique du concept d'électrocinétique dans le manuel scolaire de l'élève des classes de 1ères CDE et TI.

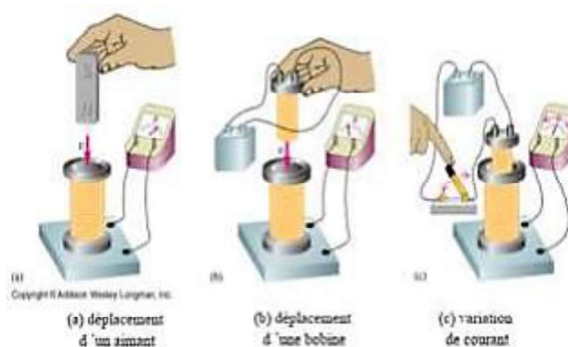
Le manuel scolaire des classes de premières CDE et TI (Élèves de 15-18 ans) respecte les quatre modules prescrits par le programme officiel ainsi que les trois séquences d'enseignements qui constituent le module 4 notamment : modélisation du fonctionnement d'un appareil électrique ou électronique ; interprétation des conversions d'énergie dans un circuit électrique ; estimation du bilan de l'énergie électrique ou de la puissance dans un circuit électrique. Plusieurs concepts sont étudiés dans ce manuel notamment, les générateurs et les récepteurs, le point de fonctionnement, l'induction et l'auto-induction électromagnétique, les alternateurs et l'énergie consommée par une portion de circuit. C'est dans ce module que l'on introduit la notion de courant alternatif et son fonctionnement. Les auteurs précisent dans la page 191, l'expression de la force électromotrice induite ($e_{induite}$) ‡ travers une bobine par l'expression :

$$e_{induite} = -L \frac{di}{dt} \begin{cases} i: \text{intensité du courant en Ampère (A)} \\ L: \text{inductance de la bobine en Henrys (H)} \\ \frac{di}{dt}: \text{la dérivée de l'intensité par rapport au temps} \\ e_{induite} \text{ en Volt (V)} \end{cases}$$

Une particularité dans ce manuel est la mise en évidence de l'induction électromagnétique, on peut donc lire dans la page 188 du manuel scolaire que ' la variation du flux créée par le déplacement de l'aimant impose une tension électrique aux bornes de la bobine qui se comporte ‡ son tour comme un générateur de f.Èm. appelé force électromotrice induite : Ce phénomène physique est appelé induction électromagnétique ^a

Figure 4

La mise en évidence du phénomène d'induction électromagnétique extrait du manuel Excellence en physique (p. 188).



Certaines recherches en didactique de la physique ont montré que les élèves ont des difficultés dans l'apprentissage de l'induction électromagnétique, ils sont très peu capables de faire une distinction macroscopique décrits en termes de champs et les niveaux microscopiques décrits en termes d'action de champs (Bras, 2010).

3.4 La transposition didactique du concept d'oscillateurs électriques dans le manuel de physique de terminale scientifique.

3.4.1 Présentation du manuel scolaire de physique de terminale scientifique

Le programme des classes de terminale CDE et TI (élèves de 17-19 ans) est le premier à introduire l'étude des oscillateurs électriques au secondaire camerounais. La structure du manuel scolaire respecte les normes du programme officiel de physique. Le manuel est divisé en quatre modules. Le 1^{er} module s'intitule les mesures et incertitudes. Il est question dans ce module de parler de la mesure des grandeurs physiques rencontrées dans le programme et de la validation de l'expression d'une grandeur physique. Le 2^{ème} module s'intitule évolution temporelle des systèmes mécaniques. Dans ce module 2, il est question d'analyser une situation d'interaction gravitationnelle ; une situation d'interaction électrique ; d'analyser une situation d'interaction magnétique ; prévoir l'évolution temporelle d'un système mécanique mettant en jeu des interactions gravitationnelles ou électromagnétiques ; prévoir l'évolution temporelle d'un système mécanique mettant en jeu une force de rappel. Le 3^{ème} module s'intitule évolution temporelle des circuits électriques et électroniques. Dans ce module, il est question de parler de la charge et de la décharge d'un condensateur ; l'énergie emmagasinée dans un condensateur ; l'étude des circuits RL, RC, LC et RLC ; des oscillations électriques libres et oscillations forcées ; puissance en régime sinusoïdal. Le module lié à notre étude s'intitule évolution temporelle des circuits électriques et électroniques.

3.4.2 Analyse de la présentation du savoir relatif au concept de résonance d'intensité dans le manuel scolaires des classes de terminale.

Le concept d'oscillateurs électriques est un champ très vaste. Pour son étude dans le manuel de physique, nous faisons une analyse du concept de résonance d'intensité qui jalonne la construction du concept d'oscillateurs électriques.

Dans cette partie, nous essayons d'identifier les compétences visées lors de l'enseignement du savoir « résonance d'intensité », de décrire le volume horaire qu'il occupe et de dégager les commentaires et les consignes exigés par les décideurs. Le manuel de physique est en accord avec le découpage des quatre modules prescrits dans le programme d'étude. Une vue chronologique dans le manuel, nous permet de localiser l'emplacement de ce savoir. En

fait, il doit être enseigné au terme du module 3 : ..volution temporelles des systèmes Électriques. Cette leçon désignée par ' le circuit RLC série en oscillations Électriques forcées 'a' occupe un volume horaire de 6 heures ± 8 heures. L'enseignement de la résonance d'intensité s'effectue dans une séance des travaux pratiques qui dure 2 heures par groupe et dont l'objectif est de mettre en évidence expérimentalement le phénomène de la résonance d'intensité. Notons que le support (programme officiel) sur lequel l'enseignant doit préparer ses séances est réparti en quatre parties comme suit : les objectifs d'enseignement, le contenu à enseigner, des exemples de questionnement et d'activités et enfin des commentaires.

L'analyse du manuel scolaire porte sur deux aspects essentiels : un aspect didactique qui questionne la conformité du manuel avec le programme officiel ainsi que son impact sur la préparation des cours des enseignants et les apprentissages des Élèves ; et un aspect épistémologique qui s'intéresse principalement au statut de chaque concept fondamental convoqué dans l'étude de la résonance d'intensité. La lecture du manuel en rapport avec ce dernier aspect sera guidée par le cadre théorique des registres de représentation du savoir en physique selon les obstacles définis par Mahouche et al, en 2012.

- Sur le plan didactique, nous recherchons dans le manuel analysé : le nombre de séances qui traitent la résonance d'intensité ; les objectifs assignés à l'étude de la résonance d'intensité ; la présentation des contenus relatifs au concept de résonance d'intensité et les activités préconisées par le manuel pour l'étude de la résonance d'intensité.
- Sur le plan épistémologique, nous recherchons dans le manuel analysé : la représentation schématique qui met en évidence le concept de résonance d'intensité ; le statut épistémologique du concept de résonance d'intensité ; l'interprétation du concept de résonance d'intensité. Pour chaque concept ou notion identifié dans le manuel, le registre de savoirs auquel il appartient sera précisé. Les questions qui vont orienter notre lecture des manuels scolaires sont entre autres : qu'est-ce qui détermine le phénomène de résonance d'intensité ? comment se fait l'interprétation du phénomène de résonance d'intensité ? quelle(s) signification(s) les manuels prêtent-ils au concept de résonance d'intensité ? comment est-ce que la résonance d'intensité est-elle représentée au niveau symbolique dans les manuels de terminale ?

Le manuel scolaire de l'élève en classe de terminale scientifique est nommé ' COLLECTION EXCELLENCE EN PHYSIQUE TERMINALE C, D, E et TI 'a'. Ce manuel est utilisé dans tout le territoire au Cameroun par les élèves de l'enseignement secondaire

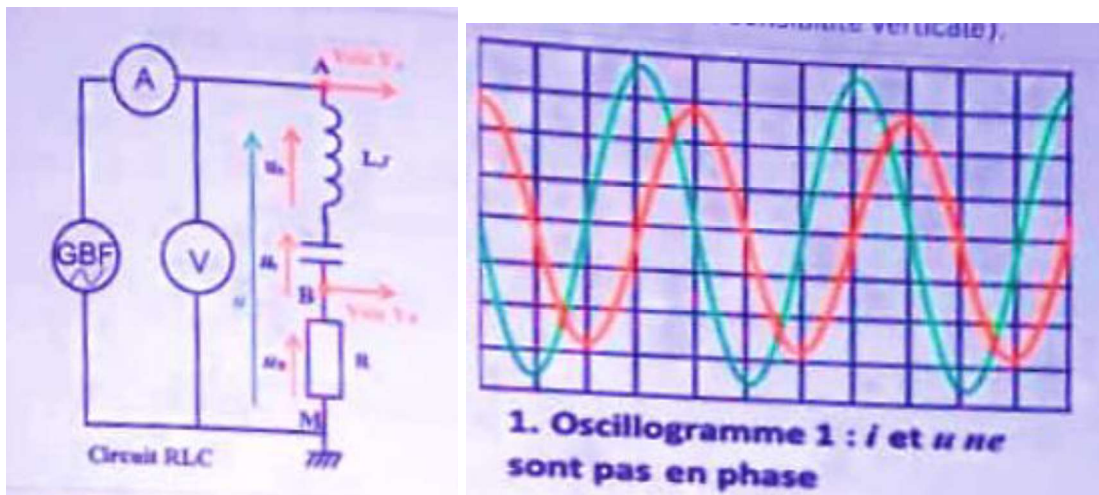
général. Ainsi, nous allons transposer le concept de résonance d'intensité prescrit dans le manuel scolaire. Ce concept se localise dans le module 3. La résonance d'intensité est située dans la séance 4 intitulée 'oscillations forcées d'un circuit' ^a. Cette séance commence par une activité

Activité 1 : oscillations forcées d'un circuit RLC

On peut lire dans la page dans la page 157 de ce manuel une activité qui se présente comme suit : on a réalisé le montage de la figure suivante. On connecte la voie Y_A de l'oscilloscope et on observe la courbe en vert ; on connecte ensuite la voie Y_B et on observe la courbe en rouge (les voies A et B ont une même sensibilité verticale).

Figure 5

Le schéma du montage du circuit RLC et courbe de la tension et l'intensité du courant. Extrait du manuel scolaire EXCELLENCE EN PHYSIQUE 2023 (p.157).



Après l'énoncé de l'activité, on a un **guide d'exploitation** suivant : quelle courbe traduit la tension aux bornes du GBF ou de l'ensemble du circuit RLC ? quelle courbe est l'image de l'intensité du courant dans le circuit ? pourquoi ? comparer les fréquences de la tension du GBF et celles de l'intensité du courant dans le circuit RLC. Justifier que les oscillations du circuit sont forcées. Que peut-on alors dire du courant sinusoïdale qui traverse un circuit RLC en régime forcé ?

Activité 2 : résonance d'intensité dans un circuit RLC

Dans la page 157 on a une deuxième activité qui s'énonce comme suit. On a réalisé le montage de la figure de l'activité 1. On maintient constante la tension efficace du GBF à la valeur $U=2$ V. les dipôles ont les caractéristiques suivantes : inductance $L=0,1$ H ; capacité $C=6\mu$ F ; résistance totale $R + r = 36\Omega$. On fait varier la fréquence f du GBF et on mesure l'intensité du courant dans le montage. On obtient le tableau des valeurs suivant :

Tableau 5

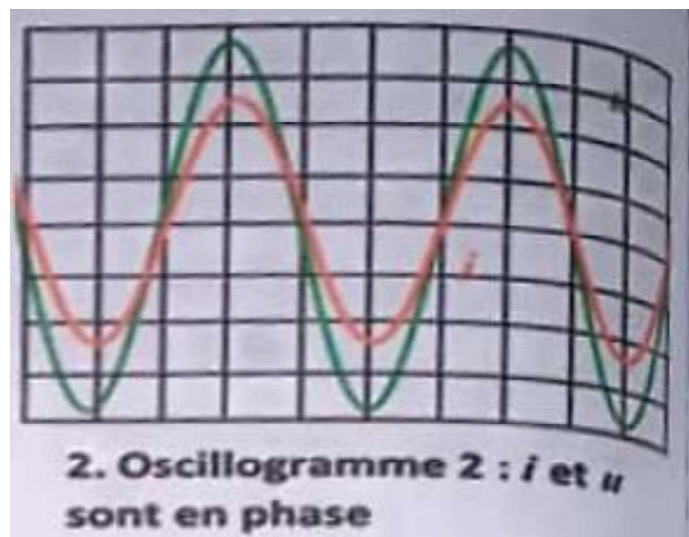
Les valeurs de la fréquence et l'intensité du courant dans le circuit RLC. Extrait du manuel scolaire EXCELLENCE EN PHYSIQUE (p.157).

f (Hz)	60	80	100	120	130	140	150	160	170	180	190
I (mA)	4,50	6,50	9,50	12,9	15,2	18,0	20,8	25,4	31,4	38,0	45,4
f (Hz)	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
I (mA)	51,6	54,4	52,0	45,2	39,6	33,6	30,0	26,0	23,6	21,0	19,2

Pour la fréquence correspondant à l'intensité maximale de courant dans le montage, on connecte les deux voies de l'oscilloscope et on obtient l'oscillogramme suivant :

Figure 6

Oscillogramme vue à l'oscilloscope. Extrait dans le manuel scolaire EXCELLENCE EN PHYSIQUE, (p. 158).



Guide d'exploitation

1. Identifier l'intensité maximale I_0 et la fréquence f_0 correspondant du GBF. Comparer cette fréquence du GBF à la fréquence f du circuit RLC (les incertitudes sur les caractéristiques du circuit sont inconnues, on admettra une incertitude absolue de 5 Hz sur la fréquence). Quel est le déphasage entre le courant et la tension ? comparer l'impédance et résistance du circuit dans ce cas.

2. La situation ainsi décrite traduit le phénomène de résonance d'intensité. Proposer une définition de la résonance d'intensité.
3. Construire la courbe $I=g(f)$. Cette courbe est appelée courbe de résonance.
4. Placer sur cette courbe les deux points correspondant à $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ et déterminer les fréquences f_1 et f_2 correspondantes. Calculer la largeur de la bande passante définie par $\Delta f = f_2 - f_1$. Proposer une définition de la bande passante en fréquence et chercher son importance.
5. La puissance moyenne P d'un circuit RLC est la valeur moyenne de la puissance instantanée $p=U.I$ sur une période : $P = \frac{1}{T} \int_0^T UI dt$.
6. Montrer que cette puissance s'écrit $P = UI \cos \varphi$. Déduire éventuellement l'expression de cette puissance pour chacun des dipôles élémentaires RLC en fonction de R et I .
7. Écrire la puissance moyenne P en fonction de R , U et Z puis écrire la puissance maximale P_m en fonction de U et R . Retrouver les deux valeurs de la fréquence pour lesquelles la puissance moyenne du circuit est égale à la moitié de la puissance maximale puis retrouver la largeur de la bande passante.
8. Citer quelques applications de la résonance d'intensité.

Après l'énoncé du guide d'exploitation de l'activité 2, l'enseignant donne un temps de 45 minutes aux élèves à proposer les éléments de réponses aux activités 1 et 2. Une fois le temps écoulé l'enseignant donne alors les notions à retenir après ces activités.

Ainsi il définit les facteurs qui influencent la résonance d'intensité notamment :

- plus la résistance totale du circuit est grande, plus la courbe est aplatie et la résonance est dite floue ;
- plus la résistance totale du circuit est faible, plus la courbe est pointue et la résonance est dite aigüe.

Par la suite, l'enseignant définit la résonance d'intensité en disant que : 'c'est lorsque la fréquence f du générateur est égale à la fréquence propre f_0 du circuit. ' Dans ce cas la fréquence propre est donnée par la relation suivante :

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Les concepts qui entrent en jeu dans cette relation sont l'inductance L de la bobine et la capacité C du condensateur.

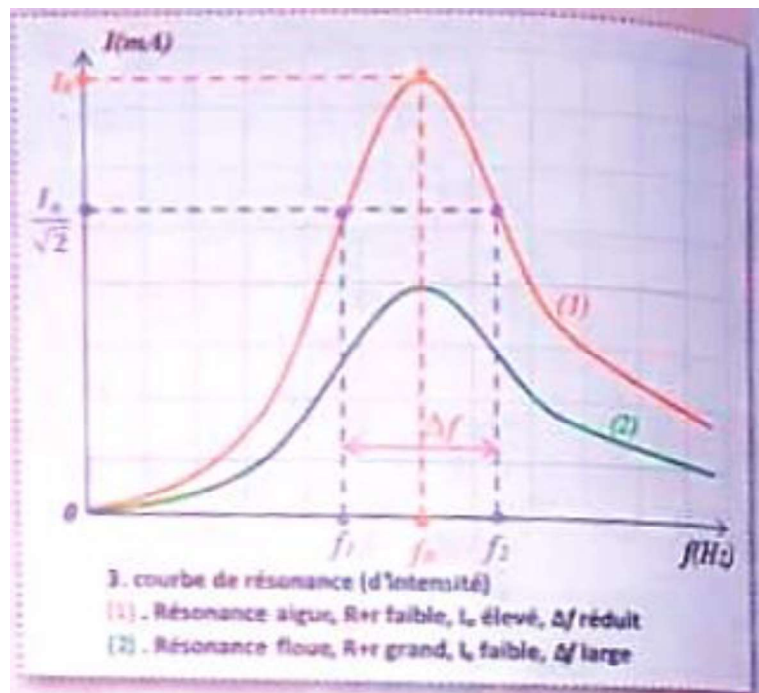
L'enseignant définit les grandeurs physiques de la résonance d'intensité :

- l'impédance du circuit $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2} = R$ car $(L\omega - \frac{1}{C\omega})^2 = 0$;
- l'intensité du courant : $I = \frac{U}{Z}$;
- le facteur de puissance : $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = 1$ car $\varphi = 0$;
- bande passante \ddagger trois décibels (3 dB) : $\Delta f = |f_2 - f_1| = \frac{R}{2\pi L}$;
- le facteur de qualité $Q : Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$.

À la fin de la leçon l'enseignant définit la courbe de la résonance (figure 3).

Figure 7

La courbe de la résonance d'intensité. Extrait dans le manuel scolaire EXCELLENCE EN PHYSIQUE (p. 159).



Nous remarquons que le savoir qui est dans le manuel scolaire en vigueur au Cameroun est en accord avec les prescriptions du programme d'étude physique de terminale scientifique. Nous notons entre autres la présence dans le manuel scolaire, les activités nécessaires \ddagger la vérification des prérequis des élèves.

4 Constats

Dans cette partie, nous évoquons le constat fait en tant qu'enseignant et le constat fait sur les recherches antérieures liées \ddagger notre sujet.

4.1 Constat sur le terrain en tant qu'enseignant de physique au secondaire

Les remarques faites parmi des chercheurs et des praticiens concernant les enseignants sur l'enseignement de la physique, nous avons, Coquidé. Selon elle ' *Les enseignants soulignent volontiers l'importance de l'expérimentation dans l'enseignement scientifique mais plusieurs enquêtes témoignent de leurs désarrois pour les conduire, et leurs propos expriment les difficultés à effectuer les choix alternatifs dans leurs modes d'intervention pédagogique.* ^a (Coquidé, 2003, p.153). L'analyse du point de vue de Coquidé permet de relever un fait dont la responsabilité est partagée entre certains acteurs du système éducatifs, car il revient au pouvoir public de s'assurer de la qualité de la formation des enseignants qui iront à leur tour mieux former les apprenants. Les enseignants de physique, eux-mêmes confirment le point de vue de Coquidé, car ils déclarent leurs propres difficultés à lier le programme officiel à la démarche recommandée pour l'enseignement de la physique. Une enquête menée auprès des enseignants du secondaire dans certains établissements du secondaire au Cameroun, traduit l'absence de la pratique expérimentale dans la formation des apprenants, car 9/10 d'établissements ne disposent pas de laboratoires appropriés. Certains enseignants, au cours de leurs formations, n'ont pas manipulé dans certaines expériences du fait de la vétusté du laboratoire, et dans certains cas presque inexistant. Ce qui confirme les difficultés que peuvent rencontrer les enseignants sur le terrain. ' *Les enquêtes menées auprès des enseignants débutants témoignent en effet des diverses peurs, appréhensions et difficultés qu'ils rencontrent dans la conduite des activités expérimentales en classe.* ^a (Coquidé, 2010). Il est clair et évident que l'enseignant rencontre des difficultés dès le départ dans le cadre de l'exercice de ses fonctions.

De plus, plusieurs recherches en didactique des sciences ont montré que les difficultés liées à l'apprentissage sont responsables en partie des échecs scolaires constatés. Des travaux ont montré que ces difficultés ne sont pas liées seulement au savoir lui-même et aux représentations que se font les élèves et les enseignants mais aussi aux pratiques pédagogiques des enseignants (Masselot et Robert, 2007). De ces analyses, il en découle que l'enseignant est parfois responsable des échecs scolaires en sciences. Mais il s'agit d'une réalité partagée car ce dernier n'étant pas suffisamment outillé. De ce fait il rencontre de nombreux problèmes dans le cadre de sa fonction enseignante.

Parmi douze enseignants de physique de terminales scientifiques que nous avons interrogés, tous appartenant à un même bassin pédagogique, nous pouvons souligner les faits suivants : 10/12 des enseignants procèdent par le questionnement. Parmi ces 10 enseignants, 1/10 réalise des projets auxquels ils font appel à l'expérimentation, le reste, c'est-à-dire 2/12,

utilise les graphiques et photos pour enseigner. Ces mêmes enseignants témoignent d'une absence de méthode standard pour l'enseignement des circuits électriques.

D'un autre côté, nous avons fait un constat dans le traitement de l'exercice par 15 (quinze) élèves de terminale C de trois établissements différents. Cet exercice porte sur les oscillateurs électriques et qui constituait toute l'épreuve pratique de physique au Baccalauréat série ' C ' de la session 2022. Les questions ne sont pas comprises par la majorité des candidats. Un extrait de cette épreuve pratique de physique est donné ci-dessous.

Figure 8

..preuve pratique de physique du Baccalauréat ESG séries C session 2022

ETUDE D'UN DIPOLE RLC

On branche en série un résistor de résistance R , une bobine d'inductance $L=1,2H$ et de résistance r et un condensateur de capacité $C=60.10^{-9}F$.

On alimente ce circuit par une tension sinusoïdale de valeur efficace $U=8,0V$ constante et de fréquence N variable. On relève alors le tableau de mesures suivant, où I est l'intensité efficace dans le circuit :

N(Hz)	200	300	400	500	520	540	570	580	590	600	630	640	660	680	700	750	800	900	1000
I(mA)	0,8	1,5	2,65	6	7,6	8,75	15,5	20,5	21	20,7	15	13,1	10,6	8,2	6,65	4,6	3,5	2,65	2,1

1. Propose le schéma du montage en plaçant l'appareil qui n'est pas indiqué sur la liste ci-dessus. (6pts)
2. Décrire le mode opératoire permettant d'obtenir les résultats. (2pts)
3. Tracer sur le papier millimétré la courbe de I en fonction de N . (4pts)
..chelle : 1cm pour 1,5mA, 1cm pour 50Hz.
4. Indiquer le phénomène physique mis en évidence par cette courbe. (2pts)
5. Exploiter la courbe pour déterminer I_0 et N_0 , respectivement l'intensité et la fréquence correspondant au maximum de la courbe. (3pts)
6. Déterminer la largeur de la bande passante ΔN et le facteur de qualité Q du circuit. (3pts)

Parmi les copies corrigées (15 au total), les performances enregistrées sur cet extrait sont les suivantes :

- **question N°1 : 66,66%** des candidats (soit 10 candidats sur 15), ont réalisé un bon schéma du montage ;
- **question N°2 : 40%** des candidats (soit 6 candidats sur 15), ont bien décrit le mode opératoire qui a permis d'obtenir les résultats ;
- **question N°3 : 20%** des candidats (soit 3 candidats sur 15), ont bien tracé sur le papier millimétré la courbe de I en fonction de N en utilisant l'échelle prescrite ;

- **question N°4 : 06,66%** des candidats (soit 1 candidats sur 15), a pu donner un nom au phénomène physique mis en évidence ;
- **question N°5 : 13,33%** des candidats (soit 2 candidats sur 15), ont pu déterminer I_0 et N_0 ;
- **question N°6 : 00,00%** des candidats (soit 0 candidats sur 15), n'ont pas pu déterminer la largeur de la bande passante ΔN et le facteur de qualité Q du circuit.

Nous avons constaté ces mêmes difficultés lors de la correction de l'évaluation des compétences de l'épreuve de physique série D du Baccalauréat ESG session 2023, donc voici un extrait :

Figure 9

Extrait de l'épreuve de physique du Baccalauréat ESG série D session 2023 (partie Évaluation des compétences).

Situation problème

Une entreprise opérant dans la réparation des appareils électroniques reçoit une commande de bobine identiques portant les indications « inductance $L=0,11\text{H}$ et résistance $r=2,0\Omega$ ». Afin de valider la commande, l'entreprise remet un spécimen de bobine aux élèves de la classe de terminale D du lycée pour vérifier la conformité des inscriptions portées sur la bobine. Le responsable du laboratoire répartit les élèves en deux groupes et fait réaliser les expériences suivantes :

Expérience 1 : la bobine est mise en série dans un circuit comportant un générateur de tension continue et un ampèremètre de résistance négligeable. Un voltmètre monté en dérivation aux bornes de la bobine indique une tension $U=1,0\text{V}$ lorsque l'ampèremètre affiche $0,50\text{A}$.

Note : Au cours de cette expérience, la bobine se comporte comme un résistor pur

Expérience 2 : un GBF est associé en série avec un résistor de résistance R , la bobine de la commande et un condensateur de capacité C . À l'aide d'un oscilloscope bicourbe, les élèves visualisent dans la voie 1 la tension aux bornes du dipôle RLC et dans la voie 2 la tension aux bornes du résistor de résistance R .

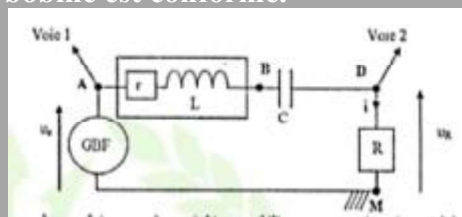
Les oscillogrammes obtenus montrent que le déphasage φ entre l'intensité et la tension est $\varphi = \frac{\pi}{4} \text{rad}$.

Rappel : $\cos\varphi = \frac{R+r}{Z}$. Avec Z qui l'impédance du circuit.

Données : $R = 22\Omega$; $C = 1,0\mu\text{F}$

En exploitant les informations ci-dessus et en utilisant une démarche scientifique

1. Prononce-toi sur la conformité de la valeur de résistance de la bobine. 8pts
2. Examine si cette commande des bobines sera validée ou non sachant que la résistance $r=2,0\Omega$ de la bobine est conforme.



Parmi les copies corrigées (200 copies au total), les performances enregistrées sur cet extrait sont les suivantes :

Question 1 :

- **50,00%** des candidats (soit 100 candidats sur 200), ont trouvé le problème posé dans la situation et ont bien émis des hypothèses.
- **25,00%** des candidats (soit 50 candidats sur 200), ont pu retrouver la valeur de la résistance de la bobine.

Question 2 :

- **25,00%** des candidats (soit 50 candidats sur 200), ont trouvé le problème posé dans la situation et ont bien émis des hypothèses.
- **05,00%** des candidats (soit 10 candidats sur 200), ont pu bien examiner la commande des bobines.

Ces différents résultats montrent que les élèves de terminales scientifiques éprouvent des difficultés à interpréter certains concepts sur les oscillateurs électriques comme le phénomène de résonance d'intensité. Ainsi nous devons maintenant questionner la littérature sur les difficultés d'apprentissage des oscillateurs électriques.

4.2 Recherches antérieures sur l'apprentissage et l'enseignement des oscillateurs électriques

Les travaux en didactique de physique réalisés sur le concept d'oscillateurs électriques, sont rares. Et puisque ce concept est lié à plusieurs sous-concepts comme celui de la résonance d'intensité. Nous essayons de réaliser notre étude en nous basant sur le concept de résonance d'intensité.

Les didacticiens (Saddouki et al, 2016) ont travaillé en Tunisie sur l'impact de la situation-problème sur la pratique de l'enseignant en classe : Cas de la résonance d'intensité. Leurs travaux ont permis d'étudier la mise en œuvre d'une démarche d'investigation dans une séance de travaux pratiques sur le concept de résonance d'intensité en physique en classe de terminale scientifique en observant l'impact de la situation-problème sur la pratique de l'enseignant. La méthodologie qu'il ont utilisée est fondée sur des outils de recueil de données dont le corpus comporte des enregistrements audio et vidéo de la séance de travaux pratiques, des entretiens avec deux enseignants, ainsi que des données issues d'un questionnaire de présentation personnelle et d'un journal de bord renseigné par les deux enseignants sur toute la durée de l'étude. La première séance, réalisée par chaque enseignant, est filmée. Les résultats de leurs recherches montrent que l'enseignant éprouve des difficultés suivantes :

- Au niveau du programme : Les difficultés peuvent être liées à la répartition des séquences d'enseignements à savoir : la charge et la décharge d'un condensateur ; les oscillations électriques libres ; les oscillations électriques forcées ; le phénomène de résonance d'intensité.
- Au niveau des enseignants : le problème de la compréhension peut être situé au niveau de la méthode d'enseignement, d'évaluation ou de la formation initiale des enseignants et de la transposition didactique de certains concepts clés qui jalonnent le concept d'oscillateurs électriques comme la résonance d'intensité.
- Au niveau des apprenants : plusieurs facteurs extérieurs entrent en jeu parmi lesquels, le niveau préalable de l'apprenant, l'orientation, le problème lié à la zone proximale de développement et même à l'environnement.
- Les infrastructures scolaires : Les effectifs pléthoriques, le manque de salles de travaux pratiques (laboratoires).

Les limites de leur étude sont les suivantes : la situation problème n'a pas été appliquée dans sa totalité comme dans la démarche d'investigation, les élèves n'ont pas reçu le cours intégralement, les élèves n'ont pas manipulé au laboratoire.

D'autres chercheurs (Adjibi et al, 2016) ont travaillé sur les difficultés de l'utilisation de l'outil mathématique dans l'enseignement des sciences physiques : cas des circuits RLC en régime sinusoïdal forcé. L'objectif de cette étude était de ressortir quelques causes des difficultés liées à l'utilisation des outils mathématiques. Les constats faits sont tels que, les élèves ont généralement des difficultés à résoudre des problèmes de physiques et de chimie et de technologie faisant appel à certaines notions de mathématique. La méthodologie qu'ils ont utilisée était basée sur une enquête auprès des professeurs et des élèves en utilisant des questionnaires sur papier-crayon respectivement destinés : le premier aux élèves des classes terminales C et D (soit 336 élèves de terminales), le second aux professeurs de Sciences Physiques de ces mêmes classes (soit 80 professeurs de SPCT) et le dernier aux professeurs de Mathématiques des mêmes classes (soit 38 professeurs de mathématiques). Les résultats de leur recherche montrent que les professeurs de SPCT rencontrés reconnaissent dans leur globalité que les élèves ont d'énormes difficultés en mathématique telles que :

- L'incapacité de ces élèves à projeter les vecteurs suivant les axes ;
- L'incapacité des élèves à tracer un oscillogramme d'une fonction sinusoïdale de temps ;
- La difficulté à calculer les dérivées d'une grandeur par rapport à une autre.

S'agissant des difficultés rencontrées au cours de l'étude d'un circuit RLC en régime sinusoïdal forcé et liés à l'outil mathématique, les élèves des classes terminales C & D ont énuméré dans l'ensemble les difficultés suivantes :

- détermination d'une dérivée par rapport au temps ;
- transformation trigonométrique consistant à partir d'une fonction cosinus à une fonction sinus, d'une fonction tangente à cotangente ...etc ;
- détermination de primitives des fonctions ;
- tracé de l'oscillogramme de vecteurs suivant les axes ;
- somme de deux fonctions sinusoïdales et de même pulsation.

Ils ont donc conclu que la majorité des notions de mathématiques indispensables à la compréhension des circuits RLC sont étudiées avec un grand retard. Le constat d'après leur enquête résumée est que : 87,50% des élèves n'ont pas étudié les primitives en mathématiques avant d'aborder en Physique les notions d'électricité, 100% des élèves n'ont pas étudié les équations différentielles en mathématiques avant d'aborder en Physique les oscillateurs harmoniques en Électricité, il en est de même pour 100% des élèves en ce qui concerne les intégrales avant d'aborder la résolution des équations différentielles.

On peut donc noter comme limites de leur recherche : ils n'ont pas appliqué leur méthodologie à une séquence d'enseignement, les élèves n'ont pas eu le temps de vérifier les outils mathématiques qu'ils doivent utiliser dans les notions de circuits RLC, les enseignants de mathématiques disent qu'ils n'ont pas besoin des notions de physique dans l'exercice de leur fonction.

En Aout 2015, une Équipe de chercheurs (Chekour et al., 2015) ont effectué une recherche au Maroc sur les facteurs influençant l'acquisition des concepts en électricité. Cette recherche avait pour objectif d'améliorer les conditions d'acquisition des savoirs des apprenants en Électricité. Ils ont utilisé les questionnaires et les entretiens auprès des élèves et des enseignants des sciences physiques. Notamment 90 enseignants de sciences physiques et 730 élèves.

Ils ont donc eu les résultats suivants au cours de leur recherche :

- Le manuel scolaire aide les élèves à construire leurs savoirs et d'accéder à l'autonomie : Les résultats du questionnaire, destinés aux enseignants, ont montré que seulement un quart des enseignants valorisent la qualité pédagogique du manuel scolaire au niveau de sa structuration des savoirs et savoir-faire enseignés. La plupart des élèves (69%) considèrent que le même manuel ne permet pas aux apprenants d'accéder à l'autonomie.

- La disponibilité du matériel expérimental et les expériences de l'électricité dans le manuel scolaire : Les résultats du questionnaire, destinés aux enseignants, ont montré que le matériel scientifique nécessaire pour la réalisation des expériences de l'électricité n'est « toujours disponible » que pour 10% des enseignants interrogés. La majorité des élèves (77%) affirment que les expériences du manuel ne sont pas bien illustrées.
- Les expériences dans le processus d'enseignement/ apprentissage de concepts en électricité : Les résultats du questionnaire, destinés aux enseignants, ont montré que 68% des enseignants ne réalisent que moins de 50% des expériences programmées dans le manuel scolaire ; ainsi que seulement 23% de ces expériences sont réalisées par l'enseignant. La majorité des élèves (81%) affirment que les expériences leur permettent de mieux comprendre les phénomènes électriques.

Cette recherche a eu des limites : ils n'ont pas défini les concepts de l'électricité liés à leur étude. Ils n'ont pas listé les difficultés que les élèves éprouvent dans les concepts en électricité.

Dans l'enseignement, la résonance est souvent introduite par le biais du courant alternatif ou comme cas particulier d'oscillations forcées. L'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques, débouche sur de multiples difficultés d'appropriation par les apprenants. Ces difficultés sont dues à sa complexité et à sa diversité (Mahouche et al, 2014).

Des études ont montré que les élèves viennent en classe des sciences avec leurs connaissances existantes qu'ils construisent avec leurs propres expériences et les représentations^a, certains de ces représentations sont en conflit avec les concepts scientifiques et peuvent provoquer des difficultés à la construction d'une nouvelle connaissance (Mohammed et al, 2021).

5 La question, l'hypothèse et l'objectif principal de recherche

De ce qui précède, il ressort qu'à travers le monde, les apprenants ont des difficultés lors de la conceptualisation et de la mobilisation du concept d'oscillateurs électriques. Ces difficultés sont d'autant plus importantes lorsque les apprenants doivent conceptualiser ou mobiliser la résonance d'intensité. Ces difficultés sont liées d'une part, à la nature théorique de ce concept (cours des enseignants) et à l'existence chez les apprenants de conceptions alternatives sur certaines notions telles que : la charge et la décharge d'un condensateur ; l'établissement des équations différentielles dans les circuits RL, RC, LC et RLC ; les oscillations électriques libres et forcées ; l'impédance d'un circuit RLC ; le phénomène de résonance d'intensité ; la puissance électrique en régime sinusoïdale. Ces notions sont nécessaires pour la compréhension du concept d'oscillateurs électriques. D'autre part, ces notions sont liées à l'emploi des modèles physiques, parfois non-adéquat ou non compris par

les apprenants lors de la transposition didactique de ces notions pivots. Malheureusement, qu'aucune étude supra-mentionnée n'a catégorisé ces difficultés en fonction des types de raisonnement qui conduisent aux réponses fausses que les apprenants proposent comme le suggère Bras (2010) et Cossette (1999) pour que leur remédiation soit efficace. Car en dehors des difficultés liées aux conceptions alternatives, les difficultés d'apprentissages peuvent être également liées aux carences conceptuelles, aux mauvais agencements conceptuels ou aux fragmentations conceptuelles, au niveau du développement cognitif de l'apprenant, etc. Par conséquent, il faut remédier à chacune de ces catégories de difficultés de façon différente.

Nous constatons également qu'à travers le monde (et au Cameroun en particulier), il n'existe aucune étude visant à élaborer des stratégies pour remédier aux difficultés rencontrées par les apprenants lors de la conceptualisation du concept d'oscillateurs électriques à notre connaissance. Or, cette dimension des oscillateurs électriques est très importante dans l'apprentissage et dans la compréhension de ce concept et, plus largement, des phénomènes physiques en électrocinétique.

De même, pour s'assurer que nous pouvons aussi transférer et appliquer réellement les conclusions des écrits scientifiques sur ce sujet dans le contexte de l'enseignement secondaire camerounais, il est important qu'une recherche y soit menée. Ainsi, la présente recherche, qui est vraisemblablement la première portant sur le concept d'oscillateurs électriques dans le contexte camerounais, vise à évaluer les difficultés rencontrées par les apprenants camerounais des séries scientifiques des classes de terminale de l'enseignement secondaire général lorsqu'ils déterminent la résonance d'intensité d'un circuit électrique RLC en régime sinusoïdale forcée.

Ainsi, par la suite, il s'agit d'entraîner les apprenants à reconnaître les circonstances dans lesquelles ils devraient résister à utiliser leurs idées préconçues et mécanismes routiniers des résolutions des problèmes développés durant l'apprentissage au profit plutôt de l'emploi des connaissances scientifiques apprises et adaptées à la circonstance.

Pour atteindre l'objectif visé par cette recherche, la question principale que nous chercherons à répondre est la suivante : **Quelles sont les conceptions des apprenants de la classe de terminale scientifique sur le concept d'oscillateur électrique ?**

Pour répondre à cette question, l'hypothèse générale que nous allons vérifier sur le terrain est la suivante : **les apprenants des classes de terminales scientifiques de l'enseignement secondaire général du Cameroun ayant reçu un enseignement sur le concept d'oscillateurs électriques ont toujours des conceptions alternatives sur ce concept.**

Au cours de cette recherche, notre objectif général est **d'identifier les conceptions des apprenants des classes de terminales scientifiques sur le concept d'oscillateur électriques au Cameroun.**

6 Intérêt de l'étude

L'intérêt est : « ce qui est utile, profitable à quelqu'un ». À travers cette étude, nous pourrions analyser les phénomènes liés à l'enseignement et à l'apprentissage de la physique, car il est important que les acteurs du système éducatifs s'imprègnent du cadre théorique, des concepts qui structurent la didactique des sciences physiques, des principaux résultats du domaine, de la mise en place des outils d'analyse des phénomènes d'enseignement, d'apprentissage et de formation, étroitement liés à l'épistémologie de cette discipline (Kouakam, 2019). Nous pourrions montrer l'influence d'un didacticiel dans l'enseignement de la physique en général et des oscillateurs électriques en particulier.

6.1 Intérêt scientifique

Cette étude s'intéresse à l'amélioration du processus enseignement/apprentissage en Électricité. L'activité expérimentale considérée comme une partie importante du savoir-faire, elle fait appel à plusieurs compétences, par exemple : concevoir/suivre un protocole, communiquer/exploiter des résultats expérimentaux. À l'école c'est une des rares disciplines où les apprenants sont confrontés avec le réel pendant les cours, où ils manipulent au sens premier du terme. À notre connaissance, peu de recherches ont été intéressées à la didactique des oscillateurs électriques au Cameroun. Cette recherche viendra ainsi combler ce vide scientifique dans les thématiques portant sur la didactique de l'électricité en Afrique en général et au Cameroun en particulier. Elle servira donc de guide pour les recherches futures en didactique des sciences, dans les écoles normales supérieures, les facultés de sciences de l'éducation...

6.2 Intérêt didactique

Sur le plan didactique, cette recherche se présente comme un outil essentiel pour la mise en place des séquences d'enseignements au secondaire. Elle permet ainsi une exploitation optimale et didactique par les enseignants et les apprenants. À cet effet, les retombées de la présente recherche sont liées au processus d'enseignement/apprentissage de la physique au Cameroun. À travers des objectifs de connaissances et de savoir-faire spécifiques à chaque thème disciplinaire, des objectifs de démarches, d'habiletés et d'attitudes scientifiques, les apprenants exerceront leur esprit d'initiative, leur sens critique, leur rigueur, leur ténacité, Ils travailleront sur des compétences spécifiques liés à l'expérimentation des séances de travaux pratiques : ils feront des prévisions et émettront des hypothèses, proposeront une expérience,

analyseront les résultats expérimentaux, les confronteront à des résultats théoriques, détermineront le domaine de validité d'un modèle. L'expérience doit être au service de l'argumentation et pas seulement le point de départ d'un cours de sciences physiques ni un moyen de recherche/vérification de lois.

Ainsi, l'amélioration de ce processus ne peut se réaliser sans celle de la formation des enseignants en ce sens où, il planifiera mieux son enseignement ; ceci lui permettra de placer l'apprenant au centre de son apprentissage.

6.3 Intérêt pédagogique

Sur le plan pédagogique, grâce à l'utilisation des didacticiels, ce travail va améliorer les pratiques pédagogiques dans l'enseignement de la physique particulièrement dans les oscillateurs électriques :

- Chez l'apprenant, la modélisation permet de développer leurs capacités scientifiques et contribue à l'acquisition des méthodes scientifiques à savoir : l'esprit critique, la prudence de jugement, le respect de l'évidence, l'objectivité, l'honnêteté intellectuelle, l'ouverture d'esprit.
- Chez l'enseignant, Il planifiera mieux son enseignement ; ceci lui permettra de placer l'apprenant au centre de son apprentissage, de se placer toujours en situation de recherche, bref d'améliorer sa pratique et de jouer véritablement son rôle de guide.

6.4 Intérêt social

Dans la plupart des pays subsahariens, et particulièrement au Cameroun, le système éducatif fait face à, plusieurs problèmes nous avons entre autres le développement des compétences des apprenants à l'issue du cycle secondaire. En effet, la démotivation des élèves face à l'apprentissage de la physique croît avec le temps, le taux d'élèves quittant l'école sans qualification est élevé

7 Délimitation de l'étude

Une étude se caractérise aussi par la circonscription de son cadre thématique tout comme de l'espace géographique dans lequel elle trouve toute sa pertinence. Aussi dans l'impossibilité de mener cette étude sur toute l'étendue du territoire camerounais, nous avons choisi de travailler dans cinq établissements de la ville de Yaoundé 4 et sa périphérie en l'occurrence : des deux Collèges Bilingues Frantz Fanon, le lycée Bilingue d'Ekounou, le collège Marie Albert et le lycée d'Ahala. Pour mener à bien notre étude, nous ferons une délimitation thématique, géographique, temporelle, et théorique.

7.1 Délimitation thématique

Notre recherche s'inscrit dans le cadre de la didactique des disciplines plus précisément en didactique de la physique. Il s'agira ici de montrer que l'utilisation des logiciels de modélisation améliore les performances scolaires des apprenants dans les concepts des oscillateurs électriques.

7.2 Délimitation Temporelle

Cette recherche est menée au courant de l'année académique 2024/2025 et les informations qu'elle contient en termes d'effectifs des apprenants, les diagrammes de fréquences découlent des enquêtes menées durant l'année scolaire 2024/2025 au mois de mars dans la région du centre et particulièrement le département du Mfoundi.

7.3 Délimitation théorique

Notre étude porte sur le module 3 du programme de physique de la classe de terminale Scientifique intitulé : Évolution temporelle des circuits électriques et électroniques. Nous allons nous attarder sur l'évolution temporelle des circuits électriques à savoir l'étude des oscillateurs électriques.

Sur le plan théorique, nous avons retenu trois théories pour mener notre étude. À l'instar du constructivisme de PIAGET, du socioconstructivisme de Vygotsky, puis celle de la transposition didactique.

Nous avons présentÉ dans ce présent chapitre : le contexte de l'étude ; Analyse des programmes d'étude des classes antérieures liés au concept d'oscillateur électrique ; La transposition didactique du concept d'oscillateur électrique dans les manuels scolaires de physique en vigueur au Cameroun ; le constat ; la question, l'hypothèse et l'objectif principale de recherche ; l'intérêt de l'étude ; la délimitation de l'étude. Cette partie nous a permis de ressortir la problématique liée à cette Étude. Pour répondre à cette problématique heuristique, nous avons fait le choix d'une insertion théorique de l'étude que nous nous proposons de dÉcrire dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 2 : INSERTION THEORIQUE DE L'ETUDE

Un domaine de recherche renvoie souvent à une discipline. Une recherche peut avoir une orientation psychologique, sociologique, Économique, historique, pédagogique, didactique, etc. La revue de la littérature est extrêmement importante car elle permet de situer son apport personnel avec plus de précision, de réunir de façon synthétique ce qui a été fait de plus pertinent et de plus récent sur le sujet et surtout de pouvoir s'inspirer d'approches et de méthodologies différentes appliquées à un même problème (Aktouf, 1987, p.56).

Dans ce chapitre, nous évoquerons entre autres : les définitions des concepts liés à notre étude ; l'étude historique et épistémologique du concept d'oscillateurs électriques ; l'étude théorique du concept d'oscillateurs électriques ; l'étude des conceptions des apprenants ; les théories relatives du sujet ; les questions, hypothèses et objectifs secondaires

1 Définitions des concepts liés à notre étude

« Les mots ont leur histoire et de nombreuses discussions pourraient être évitées si l'on prenait le soin de bien les utiliser » (Mialaret, 1996, p.7). Il est donc important et même indispensable de définir les différents termes ou expressions qui jalonnent tout travail de recherche.

1.1 Concept

Un **concept** est une représentation intellectuelle d'un certain aspect de la réalité provenant de l'observation d'un phénomène (Mohamed, 2005).

Dans le sens commun du langage, un concept est une idée générale ; une représentation abstraite que se fait l'esprit humain d'un objet ou d'un ensemble d'objets ayant des caractères communs (Mouliom, 2024. p.63).

En psychologie, un concept est un mot ou une expression sous laquelle peut être représentée une classe d'objets, d'événements, de relations, etc., qui possèdent des éléments ou des propriétés en commun (Mouliom, 2024. p.63).

Pour mieux appréhender le sens de la notion de concept et de son apprentissage dans le contexte scolaire, Mouliom Ndam (2024) suggère de faire une distinction entre les activités d'apprentissages des plus jeunes qui consistent à chercher un mode de regroupement selon des critères subjectifs (la formation des concepts) et les activités d'apprentissages scolaires qui consistent à s'approprier un ensemble des règles de classification bien déterminé par d'autres (l'apprentissage des concepts). Il est alors important de faire une différence entre les concepts scientifiques élaborés dans les disciplines de recherche ; les concepts scolaires qui sont construits et travaillés dans l'espace scolaire ; et les concepts quotidiens de la vie de tous les jours (Mouliom, 2024. p.64).

Les concepts scientifiques sont des connaissances (mieux, des savoirs) bien définies, bien structurées, ayant entre elles des relations précises et cohérentes ; les concepts scientifiques sont souvent associés à des grandeurs mesurables qui peuvent intervenir soit quantitativement, soit dans une analyse qualitative des problèmes (D'Amore, 2001).

Les concepts scolaires sont : l'ensemble des situations qui lui donnent du sens ; l'ensemble des formes langagières et non-langagières qui permettent de présenter symboliquement un concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement ; enfin, c'est l'ensemble des invariants opératoires (Mouliom, 2024. p.64).

Les concepts quotidiens sont des représentations spontanées qui se construisent bien évidemment au cours des expériences quotidiennes que l'enfant peut faire sur le monde physique et social auquel il est confronté (Mouliom, 2024. p.65).

1.2 Conception

Une conception est un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes, mais surtout il met en évidence l'idée que cet ensemble traduit une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles (Cossette, 1999). Une conception correspond à la structure de pensée sous-jacente qui est à l'origine de ce que l'élève pense, dit, écrit, ou dessine. Une conception n'est jamais gratuite, c'est le fruit de l'expérience antérieure de l'apprenant (qu'il soit enfant ou adulte). C'est à la fois sa grille de lecture, d'interprétation et de prévision de la réalité... Il ne peut comprendre le monde qu'à travers elle (Awomo et al, 2024). Une conception est aussi selon Moulioum Ndam (2024), une représentation mentale qu'un individu crée ou entretient à propos de ce que les choses sont ou de ce qu'elles font, pour les soutenir dans leur compréhension du monde.

1.3 Apprendre et apprentissage selon quelques auteurs

- Pour Giordan (1998, p.11) définir le mot ' apprendre ' présente une certaine complexité : « parler d'apprendre reste malgré tout peu évident... ». Il considère que « apprendre » regroupe plusieurs actions, c'est un ensemble de plusieurs actions qui se complètent. C'est une activité d'élaboration de sens. Il évoque l'importance de l'intention, mais soulève également l'importance de « l'agir et le faire » dans la dynamique de l'apprendre. Il considère que l'apprenant ne s'approprie un savoir que s'il produit un surcroît de sens pour lui. Dans ce cas, pour apprendre, il faut tout d'abord se questionner. Selon lui, il n'y a aucun apprentissage si l'enfant ne se contente que d'observations car les sens ne donnent accès qu'à l'environnement immédiat.

- La définition proposée par Weil-Barais (2004, p.17) pour le terme apprentissage renvoie à des aspects très différents : d'une part, celui des comportements et des entités structurales et fonctionnelles qui les sous-tendent, d'autre part celui des conditions et des processus qui conditionnent. L'apprentissage peut être également appréhendé en tant que processus du changement allant dans le sens d'une augmentation d'efficacité.
- Selon Landsheere en 1979, l'apprentissage comme « un processus plus ou moins durable par lequel des comportements nouveaux sont acquis ou des comportements déjà présents sont modifiés en interaction avec le milieu ou l'environnement »^a.

1.4 ..lectricité

C'est un grand domaine de la physique qui étudie et décrit le déplacement de particule dans un milieu conducteur (Akimana et al., 2019, p.58). Ce domaine est très vaste, il regroupe entre autres, l'électronique, les circuits électriques...

1.5 Circuit Électrique

Un circuit Électrique est constitué de charges en mouvement. i mesure que les particules se déplacent dans le conducteur, elles entrent en collision avec les particules fixes du conducteur et l'énergie cinétique se transforme en chaleur et en lumière dans la résistance (Akimana et al., 2019, p.57).

1.6 ..lectrocircuitique

C'est la partie de la physique qui étudie le mouvement des charges électriques i travers un conducteur (Akimana et al., 2019, p.58).

1.7 Oscillateurs Électriques

Un oscillateur Électrique est un circuit dont la fonction est de produire un signal Électrique périodique, de forme sinusoïdale, carrée, en dents de scie, ou quelconque. Un oscillateur auquel on ajoute une force oscillante, est dit oscillateur forcé; qui est équivalent i un circuit RLC, entretenu par un générateur de tension variable (Ch, taignier, 2007).

2 ..tude historique et épistémologique du concept oscillateur Électrique

Le mot physique (du grec physis = nature) comme l'indique son étymologie grecque, désigne au départ, la science de la nature, encore appelée philosophie naturelle par certains auteurs latins (Amiques et Caillot, 1990). La physique est une science qui étudie et explique les phénomènes que présentent tous les corps répandus dans l'univers. Elle constitue l'une des clés du monde contemporain, car elle regorge d'impressionnants savoirs de l'Humanité, partant de la fabrication d'outils rudimentaires tel que les marteaux, les lances, jusqu'à ces extraordinaires réalisations que sont les ordinateurs, les montres, téléphones portables, chaînes

audio et vidéo, les appareils photo et caméras vidéo numériques (Alter, 1997). L'on se rend à l'évidence que toute la technologie, dépend entièrement de la physique. Au fil du temps, l'Homme a toujours voulu améliorer sa compréhension de l'univers, ceci au moyen de la navigation, de l'observation des étoiles, l'écriture sur tablettes ou papyrus, l'invention de la métallurgie... De nombreux physiciens se sont relayés pour faire grandir notre savoir. Parmi les grands domaines de la physique, nous avons l'électromagnétisme : c'est l'étude combinée de l'électricité et du magnétisme.

La compréhension de la genèse et le statut du savoir en physique offre des clés à la fois pour penser la structuration des contenus scientifiques à enseigner et pour en discuter la signification avec les apprenants en ce qui concerne le concept d'électricité (Boltold, 2018, p.36). Ainsi, la transmission des savoirs repose sur les hypothèses quant à la nature, la structure, voire l'histoire de ces savoirs, c'est-à-dire sur une épistémologie (Joshua et Dupin, 2003, p.11).

L'électricité existe depuis les débuts de l'Univers. Son histoire vue par les hommes remonte aux débuts de l'humanité, car l'électricité est partout présente, elle est très discrète.

Dès le début du ^{xx} siècle, lorsqu'il s'agit de traitement de signaux, l'électricité devient l'électronique ayant la même nature fondamentale qu'elle ; et historiquement ce qu'on qualifie d'électronique et ce qu'on qualifie d'électrique se dissocie au cours du ^{xx} siècle. Puis pour de nombreux domaines, l'histoire de l'électronique et celle de l'électricité se rejoignent à partir du troisième tiers du ^{xx} siècle : pour les données numériques informatisées, pour les moyens de transport, jusqu'à la sphère domestique. On ne dissocie pas leur histoire au ^{xx} siècle.

En 1600, William Gilbert assimile la Terre à un gros aimant expliquant les pôles Nord et Sud. Lorsqu'il étudie les boussoles, il associe les attractions de l'aimant et de l'ambre : sur le même effet attractif que la composante ' magnétique ' de l'aimant, il invente pour l'ambre le mot ' électrique '. De là naît ce qui est appelé ' électricité '.

En 1831, Michael Faraday (1791-1867) découvre l'induction électromagnétique : la création d'un courant dans un conducteur à partir d'un champ magnétique mobile.

En 1832, Joseph Henry crée l'unité de mesure d'induction électrique qui servira à calculer tout ce qui utilise l' électromagnétisme '.

En 1848, Gustav Kirchhoff met au point la loi des mailles et des nœuds en électrocinétique. En 1857, il invente l' ' Équation des télégraphistes ' par l'étude de la propagation des signaux électriques le long d'un fil télégraphique.

En 1893, « physicien-ingénieur » André Blondel invente l'oscillographe bifilaire permettant de visualiser les tensions et courants variables. En 1905, il met en évidence un nouveau type d'oscillations électriques non sinusoïdales au sein de l'arc chantant. En avril

1919, il publie un long mémoire dans lequel il introduit la terminologie « oscillations auto-entretenues » et propose d'illustrer ce concept à partir de l'exemple du vase de Tantale qui sera ensuite repris par Van der Pol et par Philippe Le Corbeiller. Il fournit alors une définition d'un système auto-entretenu assez proche de celles qui seront données par la suite par Aleksandr Andronov et Van der Pol.

En novembre 1919, Blondel réalise, un an avant Van der Pol, la mise en équation des oscillations d'une triode. En mars 1926, Blondel établit l'équation différentielle caractérisant les oscillations de l'arc chantant en courant alternatif, en tous points similaire à celle qu'obtient Van der Pol pour la triode.

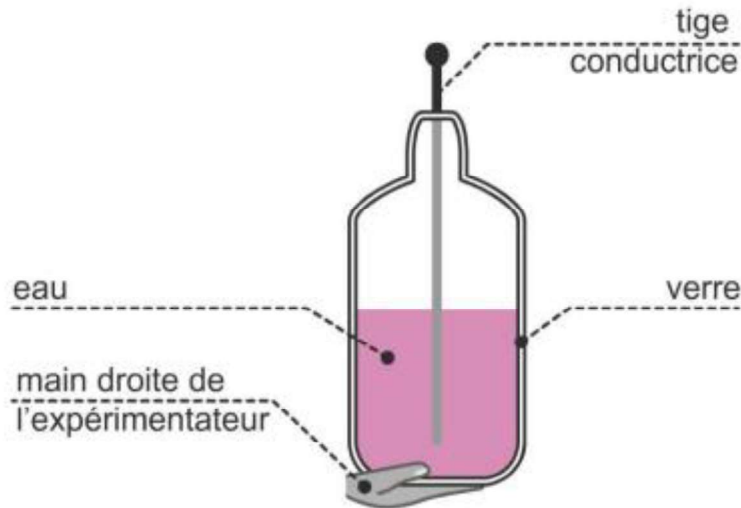
En 1930, Balthazar Van der Pol met en évidence le phénomène d'oscillations électriques de relaxation en utilisant les travaux de André Blondel : c'est la naissance des oscillateurs électriques.

Les oscillateurs électriques sont n es dans le domaine de la physique en ' électrocinétique ^a. Hufschmitt en 1991, a défini l'oscillateur électrique forc e, nomm e aussi circuit RLC. Il est compos e d'un résistor de résistance R, d'une bobine d'inductance L et d'un condensateur de capacité C. Dans cet oscillateur, l'énergie est sous forme potentielle quand la tension est maximale aux bornes du condensateur. L'énergie est sous forme cinétique (ou magnétique) quand le courant est maximum dans la bobine (et la tension nulle sur le condensateur).

Les effets capacitifs de l'électricité ont été découverts au XVIII e siècle à l'université de Leyde alors que l'on cherchait à stocker l'électricité dans de l'eau contenue dans une bouteille de verre. Dans le protocole que nous décrivons sur la figure 1 ci-dessous, l'expérimentateur tient la bouteille avec la main droite et connecte la tige conductrice à une source de charges électriques. Une fois la charge terminée, alors qu'il pose sa main gauche sur la tige tout en maintenant sa main droite à la même position, l'expérimentateur reçoit une décharge électrique pouvant se révéler importante. Si c'est une autre personne que l'expérimentateur qui entre en contact avec la tige, celle-ci ne reçoit aucune décharge. Ainsi, l'électricité est bien stockée lors de l'expérimentation, mais pas par l'eau de la bouteille. C'est en réalité l'interaction électrique de la main de l'utilisateur et de la solution au travers du verre isolant qui constitue l'effet capacitif permettant ce que l'on appelle la condensation de l'électricité. Cette expérience a permis la fabrication de la bouteille de Leyde dans laquelle la solution et la main droite de l'utilisateur sont remplacées par des conducteurs métalliques, et qui constitue le premier condensateur (Palermo et Torres, 2015, p. 148).

Figure 10

La bouteille de Leyde et le protocole expérimental mis en œuvre à l'université de Leyde au XVIII^È siècle pour mettre en évidence l'effet capacitif. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.149)

**3 Étude théorique du concept d'oscillateurs électriques**

Dans cette partie, nous étudierons l'importance du concept d'oscillateurs électriques dans la vie et les concepts de base des oscillateurs Électriques.

3.1 Importance du concept d'oscillateurs électriques dans la vie.

On appelle oscillateur Électronique ou Électrique un circuit ayant pour fonction la production d'un signal périodique ayant une forme sinusoïdale carrée, en dents de scie ou encore quelconque (Saddouki, 2019, p.55). Un oscillateur Électrique peut avoir une fréquence fixe ou encore variable. Il existe deux types d'oscillateurs : les oscillateurs harmoniques et les oscillateurs \ddagger relaxation (Saddouki, 2019, p.98). On appelle oscillateur harmonique un oscillateur capable de produire un signal sinusoïdal. Il existe de nombreux montages permettant de constituer un oscillateur harmonique. Parmi les oscillateurs harmoniques, on peut compter : oscillateur Colpitts, oscillateur Clapp, oscillateur \ddagger déphasage, oscillateur Pierce, oscillateur Hartley et oscillateur à variables d'état (Saddouki, 2019, p.105).

Selon Palermo et Torres (2015), les oscillateurs harmoniques qu'ils sont des oscillateurs idéaux, si on peut écrire leur Évolution dans le temps avec une fonction sinusoïdale dont la fréquence ne peut dépendre que des caractéristiques du système et dont l'amplitude est constante. L'intérêt de ce modèle est qu'il permet de décrire l'évolution de n'importe quel système physique au voisinage d'une position dite d'équilibre stable. De ce fait, on peut dire que c'est un outil transversal utilisé dans de nombreux domaines comme la mécanique,

l'électricité, l'électronique et l'optique. Dans la réalité, ces oscillateurs idéaux ne sont approchés que rarement, lorsque les forces dites dissipatives, comme les frottements par exemple, sont négligés. Dans ce cas, si on souhaite conserver une amplitude constante, il est nécessaire d'entretenir les oscillations en fournissant de l'énergie au système (Palermo et Torres, 2015).

Les oscillateurs électriques sont présents autour de nous, on les retrouve dans les applications électroniques et en télécommunication où ils ont le rôle de source de tension, de fréquence ou de temps. Ainsi, ils sont utilisés dans :

- l'horloge d'un micro-ordinateur ;
- la base de temps d'un oscilloscope ;
- tous les appareils électroniques (téléviseurs, les postes radio, les ordinateurs, les montres électroniques, etc...) ;
- les fours à micro-ondes.

3.2 Les concepts de base des oscillateurs électriques

Les oscillateurs électriques sont définis par les circuits RL, RC, LC et RLC en régime sinusoïdale libre ou forcé (Saddouki, 2019, p.107). Ces circuits RLC représentent un montage en série ou en parallèle d'un conducteur ohmique de résistance R, d'une bobine d'inductance L et d'un condensateur de capacité C. Pour étudier les oscillateurs électriques, il est nécessaire de connaître les concepts de base de l'électricité : le courant électrique, la tension électrique, le résistor, la bobine et le condensateur.

3.2.1 Définition de quelques concepts de base en régime alternatif et sinusoïdale.

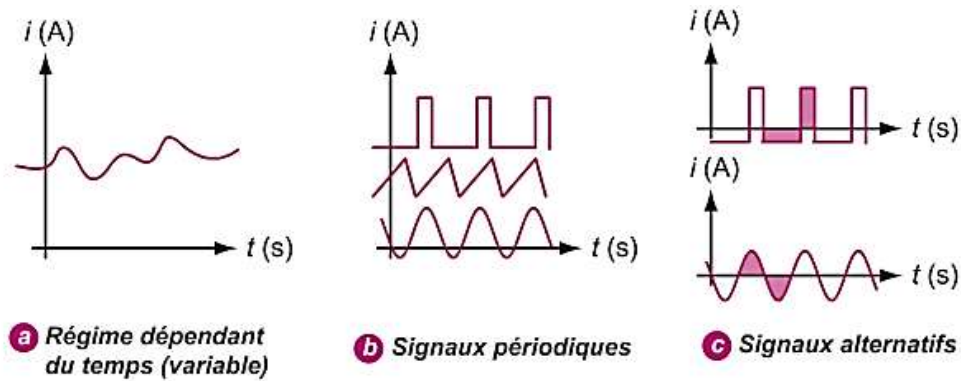
Nous nous intéressons aux régimes dépendants du temps dans leur ensemble, c'est-à-dire aux régimes pour lesquels les grandeurs électriques courant et tension ne présentent plus des valeurs constantes mais qui varient en fonction du temps.

3.2.1.1 Régime périodique

Lorsqu'une grandeur électrique dépendant du temps revêt un caractère périodique, c'est-à-dire lorsqu'il existe une période temporelle T au bout de laquelle la grandeur reprend les mêmes valeurs, alors le régime est dit périodique (Palermo et Torres, 2015, p.122). Les fonctions créniaux, triangles et sinusoïdales sont des signaux périodiques.

Figure 11

Illustration de plusieurs types de courants dépendant du temps. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.122)



3.2.1.2 Régime alternatif sinusoïdal

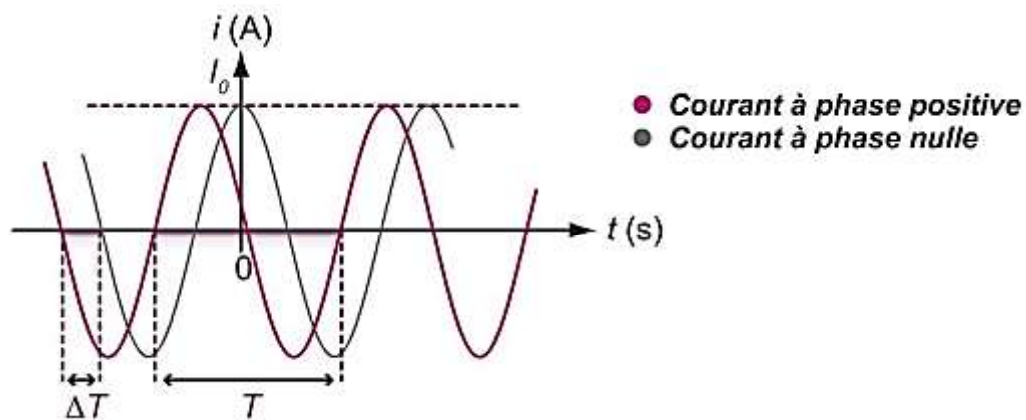
Le régime sinusoïdal alternatif revêt un intérêt particulier parce que la production d'énergie électrique à l'aide d'alternateurs (telle qu'elle est faite dans les barrages et les centrales thermiques) aboutit naturellement à des tensions et des courants alternatifs sinusoïdaux (Palermo et Torres, 2015, p.128).

3.2.1.3 La fonction sinusoïdale

Une fonction sinusoïdale est caractérisée par son amplitude qui est la valeur maximale prise par le signal sinusoïdal alternatif. Son unité est celle du signal : volts pour une tension, ampères pour un courant. C'est une grandeur toujours positive qu'il ne faut pas confondre avec la valeur crête-à-crête qui vaut pour sa part deux fois l'amplitude (Palermo et Torres, 2015, p.128). Sa représentation temporelle peut être illustrée par la figure suivante :

Figure 12

Courant alternatif sinusoïdal. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.129)



3.2.1.4 Le courant Électrique

Le courant Électrique décrit le mouvement des charges Électriques dans leur ensemble, lorsqu'on les considère comme un flux. Le courant Électrique s'Établit à partir du moment où il existe un lien Électrique entre les deux bornes, c'est-à-dire lorsqu'un conducteur les relie, le courant Électrique circulant dans un récepteur va du potentiel le plus haut vers le potentiel le plus bas (Palermo et Torres, 2015, p.4).

En régime alternatif, l'intensité du courant est définie par une fonction sinusoïdale dépendant du temps sous la forme $i(t) = I_{max} \cos(\omega t + \varphi)$ où I_{max} est l'amplitude du courant, ω sa pulsation, et φ sa phase. On introduit donc une nouvelle grandeur pour caractériser un signal alternatif, appelée valeur efficace (Palermo et Torres, 2015, p.126). Cette nouvelle grandeur est donnée par :

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} i(t)^2 dt}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} |I_{max} \cos(\omega t + \varphi)|^2 dt}$$

$$= I_{max} \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} |\cos(\omega t + \varphi)|^2 dt} \text{ or } \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{1 + \cos(2\omega t + \varphi)}{2}$$

La fonction cosinus ayant une valeur moyenne nulle, son intégration sur deux périodes est égale à 0. Ce faisant, on établit qu'en régime sinusoïdal alternatif, la valeur efficace I du signal i(t) est liée à son amplitude I_{max} par l'expression :

$$I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

La fonction sinusoïdale du courant s'écrit alors : $i(t) = I \cdot \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi)$

3.2.1.5 La tension Électrique

La tension électrique est la différence de potentielle entre deux points d'un circuit où circule un courant Électrique. Le générateur Électrique élève le potentiel des charges (au niveau Électrique considéré) et le récepteur Électrique abaisse le potentiel Électrique (Talayrach, 1999).

En régime alternatif, la tension Électrique est définie par une fonction sinusoïdale dépendant du temps. Le plus souvent, cette fonction s'écrit sous la forme $u(t) = U_{max} \cos(\omega t + \varphi)$ (Palermo et Torres, 2015, p.127). Sa valeur efficace est donnée par :

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\tau}^{\tau+T} u(t)^2 dt}$$

En faisant la même analogie comme avec l'intensité du courant, on trouve la valeur efficace de la tension sous la forme :

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

On écrit alors la fonction $u(t) = U \cdot \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi)$

3.2.1.6 La puissance en régime sinusoïdale

Plaçons-nous en régime dépendant du temps et évaluons la puissance électrique consommée par un dipôle D soumis à une tension $u(t)$ et traversé par un courant $i(t)$. Fixons le temps pour nous placer à l'instant t : dans ces conditions, la puissance se calcule de la même manière qu'en régime continu, c'est-à-dire par le produit des valeurs prises par la tension et le courant à l'instant considéré. On écrit qu'à l'instant t :

$$P(t) = u(t) \cdot i(t)$$

3.2.1.7 Le résistor

Un résistor est un composant électrique dont la fonction est de s'opposer au passage d'un courant électrique sous une certaine tension (Palermo et Torres, 2015, p. 136). Reconnaître une résistance est habituellement représentée dans un schéma d'un circuit électrique par un symbole qui a la forme d'un rectangle et se note R qui représente les ohms. Un code de couleur est appliqué sur les résistances afin de connaître leur valeur. Une résistance électrique est un composant passif qui réduit la tension ou limite le courant qui circule dans le circuit. Ce composant peut également absorber de l'énergie et la dissiper sous forme de chaleur (Palermo et Torres, 2015, p. 138). La résistance au flux d'électrons est déterminée par les matériaux conducteurs qui la composent. Dans un circuit électronique, pour identifier une résistance, il suffit de voir sur la carte mère de l'appareil un composant qui a la forme suivante :

Figure 13

Les résistors. Pris dans www.marocproduits.com/produit/resistance-electronique-maroc.



Palermo et Torres en 2015 on définit la tension aux bornes d'un résistor définie par la loi d'Ohm qui s'écrit sous la forme :

$$U(t) = Ri(t) \begin{cases} R \rightarrow \Omega \\ i(t) \rightarrow A \\ U(t) \rightarrow V \end{cases}$$

3.2.1.8 La bobine

3.2.1.8.1 Description de l'inductance

Les effets d'induction de certains dipôles sont responsables d'un déphasage de la tension et du courant. Pour comprendre l'induction, il faut prendre en considération les lois d'Ampère, de Faraday et de Lenz, qui s'énoncent respectivement comme suit (Palermo et Torres, 2015, p. 152) :

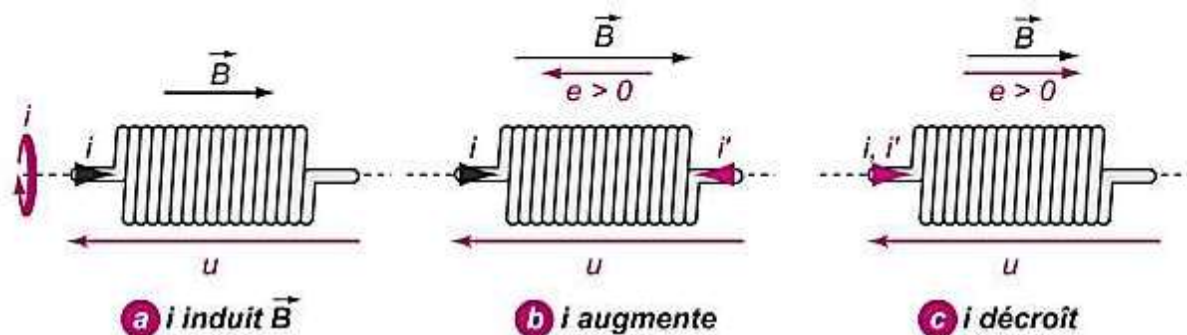
- un conducteur traversé par un courant crée dans son environnement un champ magnétique. Les intensités de ces deux grandeurs sont proportionnelles. Il s'agit de la loi d'Ampère et de Biot et Savart. Lorsque le conducteur est une bobine, le champ magnétique est créé dans l'axe de celle-ci, et sa direction dépend du sens de rotation du courant ;
- un conducteur soumis à un flux magnétique ϕ variable est le siège d'une force électromotrice induite, c'est la loi de Faraday. Dans le cas d'un bobinage, pour chaque spire de conducteur, la force électromotrice induite e vaut :

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

- les phénomènes induits s'opposent par leurs effets à ce qui leur donne naissance, c'est la loi de Lenz.

Figure 14

Illustration de l'effet d'induction provoqué par un courant alternatif sinusoïdal dans une bobine. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.153)



3.2.1.8.2 Définition de la bobine

Une bobine est un composant électrique composée d'un enroulement de fil conducteur qui se trouvent parfois autour d'un noyau à base de matériau ferromagnétique et qui peut correspondre à un assemblage de feuilles de tôle ou encore un bloc de ferrite (Gallauziaux et Fedullo, 2018, p.110).

Dans un circuit électrique, pour reconnaître une bobine, il faut voir dans ce circuit un symbole qui a la forme des spirales. Les physiciens français l'appellent couramment ' bobine d'inductance ^a ou, plus souvent et abusivement, ' inductance ^a . Cependant, le terme inductance désigne normalement une caractéristique de la bobine. Le terme de bobine peut aussi désigner un dispositif destiné à produire des tensions élevées. Gallauziaux et Fedullo en 2018 ont défini les fonctions que peuvent jouer les bobines :

- assurer l'élimination des parasites d'une alimentation électrique ou d'un signal analogique, elle joue alors le rôle d'impédance ;
- raccourcir une antenne (la bobine joue le rôle d'amplificateur de signal) ;
- accorder en impédance un circuit ;
- créer un filtre pour une fréquence ou une bande de fréquences particulière ;
- lisser les courants continus (le bruit est éliminé) ou contrôler la croissance des courants dans les dispositifs d'électronique de puissance ;
- stocker de l'énergie électromagnétique (magnétique en l'occurrence).

La figure suivante donne la nature d'une bobine.

Figure 15

Représentation d'une bobine. Pris dans www.lyrfac.com



La tension qui traverse une bobine d'inductance L et de résistance r selon Gallauziaux et Fedullo est donnée par :

$$U(t) = ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} \left\{ \begin{array}{l} i(t) \rightarrow A \\ L \rightarrow H \\ R \rightarrow \Omega \\ U(t) \rightarrow V \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \frac{di(t)}{dt} : \text{est la d\u00e9riv\u00e9e de l'intensit\u00e9 par rapport au temps} \end{array} \right.$$

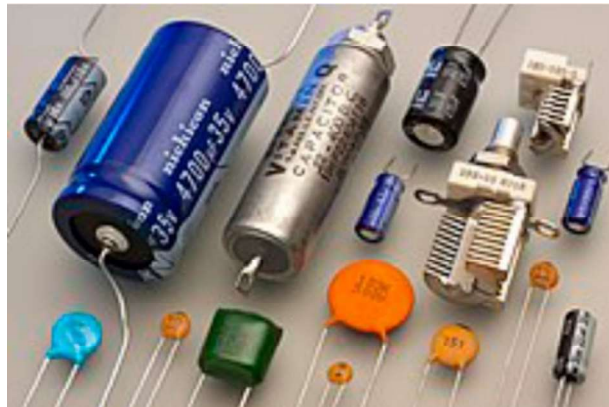
3.2.1.9 Le condensateur

3.2.1.9.1 Description de la capacit\u00e9

Un condensateur est un composant en \u00c9lectronique qui a la capacit\u00e9 de stocker de l'\u00e9nergie \u00e9lectrique sous forme de charges \u00e9lectriques dans un circuit \u00e9lectrique (P\u00e9rez et al., 2012, p.155). Pour reconnaitre un condensateur, il suffit de voir sur la carte m\u00e8re de l'appareil des composants qui ont la forme suivante :

Figure 16

Les condensateurs pris dans www.wikipedia.org



3.2.1.9.2 Symbole \u00c9lectrique de la capacit\u00e9 du condensateur

En \u00c9lectricit\u00e9, le composant permettant de profiter des effets capacitifs est le condensateur. Toutefois, le symbole \u00c9lectrique de la capacit\u00e9 permet une description plus g\u00e9n\u00e9rale de l'effet physique associ\u00e9 \u00e0 la condensation \u00e9lectrique. Dans un sch\u00e9ma \u00c9lectrique, le symbole de la capacit\u00e9 permet de d\u00e9crire l'effet capacitif qui intervient chaque fois que deux conducteurs charg\u00e9s et s\u00e9par\u00e9s par un isolant sont suffisamment proches l'un de l'autre. Par exemple, entre deux cables isol\u00e9s d'une m\u00eame ligne et parcourus par un courant \u00e9lectrique (et donc par des charges), il existe un effet capacitif descriptible sur un sch\u00e9ma par une capacit\u00e9 (Palermo et Torres, 2015, p. 148).

Perrez et al, en 2012 ont d\u00e9fini la tension \u00c9lectrique qui traverse un condensateur sous la forme:

$$U = \frac{q(t)}{C} \left\{ \begin{array}{l} q \rightarrow \text{Coulomb (C)} \\ C \rightarrow \text{Farad (F)} \\ U \rightarrow \text{Volt (V)} \end{array} \right.$$

L'intensité du courant prend alors la forme :

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU(t)}{dt}$$

L'étude des concepts que nous venons de donner des aperçus de définition, nous permettent de les associés afin que l'on puisse avoir une représentation du concept d'oscillateurs électriques. Lorsqu'on associe ces composants en dipôle RC, RL, LC et RLC, nous obtenons encore des circuits Électriques que nous allons donner des caractéristiques.

3.2.2 Régime transitoire dans les dipôles RC, RL et RLC en régime sinusoïdale.

3.2.2.1 Régime transitoire dans le dipôle RC

La capacité se comporte comme un circuit ouvert en régime continu et entraîne un retard de phase de 90° de la tension sur le courant en régime harmonique. Analysons présent le comportement de la capacité en régime transitoire. Cela est réalisable en pratique à l'aide d'un condensateur, un composant électrique profitant de l'effet capacitif pour assurer des fonctions de stockage ou de filtrage. C'est un montage en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C (Palermo et Torres, 2015, p. 218).

3.2.2.1.1 Charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance

Palermo et Torres en 2015, ont étudié la charge et la décharge d'un condensateur dans une résistance et l'on illustré dans le schéma de la figure 8 du Montage suivant :

Figure 17

Le circuit RC. Extrait du Précis d'électricité (2015, p. 219)

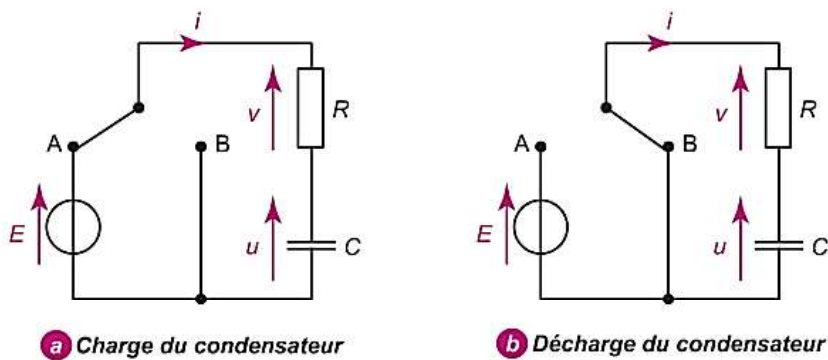


Tableau 6

Récapitulatif de l'étude d'un dipôle RC

	Charge du condensateur	DÉcharge du condensateur
Loi des mailles	$U_R + U_C = E$ $Ri + \frac{q}{C} = E$	$U_R + U_C = 0$ $Ri + \frac{q}{C} = 0$
Relations	$U_R = Ri; U_C = \frac{q}{C}; i = \frac{dq}{dt}$	$U_R = Ri; U_C = \frac{q}{C}; i = \frac{dq}{dt}$
..quations différentielles	$\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC}q = \frac{E}{R}$ ou $\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC}U_C = \frac{E}{RC}$	$\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC}q = 0$ ou $\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC}U_C = 0$
Conditions initiales	$U_C(t = 0) = 0 ; U_R(t = 0) = E$	$U_C(t = 0) = E ;$ $U_R(t = 0) = -E$
Solutions de l'équation différentielle	$U_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $q(t) = CE \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $i(t) = \frac{E}{R} \left(e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $U_R(t) = E \left(e^{-\frac{t}{RC}} \right)$	$U_C(t) = E \left(e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $q(t) = CE \left(e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $i(t) = -\frac{E}{R} \left(e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $U_R(t) = -E \left(e^{-\frac{t}{RC}} \right)$
Energie emmagasinée	$E_C = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} qU$ Au début de la charge : $E_C = 0$ A la fin de la charge : $E_C = \frac{1}{2} CE^2$ (E est la tension de charge)	Au début de la charge : $E_C = \frac{1}{2} CE^2$ A la fin de la charge : $E_C = 0$ (E est la tension de charge)

3.2.2.1.1.1 Charge du condensateur ‡ travers une rÉsistance

Palermo et Torres en 2015 ont dÉfini l'Évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction de la constante de temps $\tau_c = RC$ et ont trouvÉ que $U(\tau) = 63\%$. Ce rÉsultat est illustrÉ sur le volet (a) de la figure 9 ci-dessous. Ils ont aussi retrouvÉ la durÉe du rÉgime transitoire et ont conclu qu'un circuit RC sous l'effet d'un Échelon de tension atteint son rÉgime permanent au bout de $5\tau_c$ (Palermo et Torres, 2015, p. 221).

Connaissant le comportement de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps, la rÉponse au courant a donc pour solution :

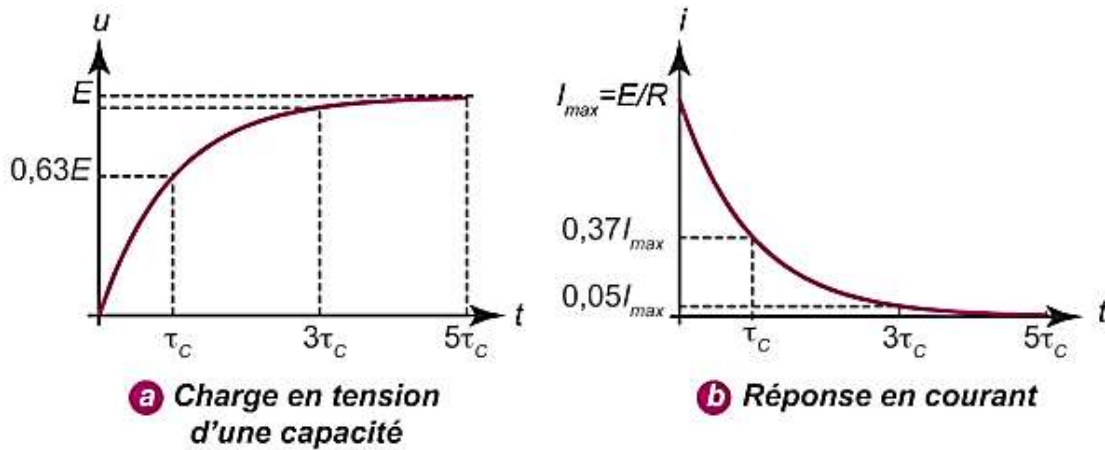
$$i(t) = \frac{E}{R} \left(e^{-\frac{t}{\tau_c}} \right) \text{ avec } \tau_c = RC$$

Cette relation est reportÉe sur le volet (b) de la figure 9 ci-dessous. On peut remarquer qu'‡ l'instant $t = \tau_c$, le courant prend la valeur $i(\tau_c) = 0,37 \cdot \frac{E}{R}$ (Palermo et Torres, 2015, p. 222).

Les figures 9a et 9b reprÉsentent les solutions des Équations différentielles pendant la charge du condensateur et une rÉponse au courant pendant la mÉme charge.

Figure 18

RÉponse de la tension aux bornes d'une capacité dans un circuit RC soumis à un Échelon de tension et à une réponse de courant. Extrait du Précis d'électricité (2015, p.221)

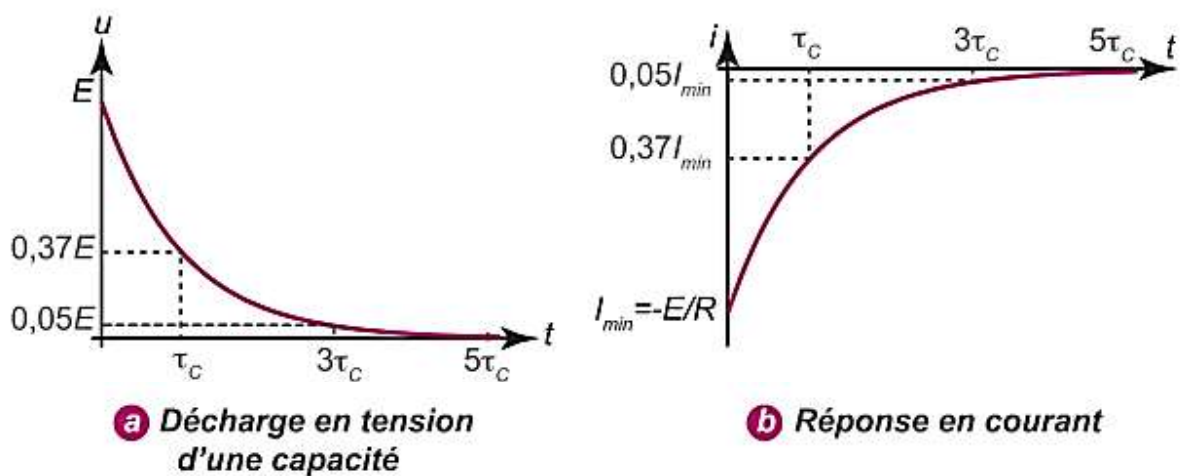


3.2.2.1.1.2 Décharge du condensateur

Revenons à la figure 8b ci-dessus. L'interrupteur étant resté connecté au point A pendant un temps bien plus grand que τ , on le bascule subitement pour le connecter au point B. On se trouve dans la situation du volet (b) de la figure 10 ci-dessous. La source de tension est court-circuitée, et la seule tension imposée dans le circuit est celle de la capacité qui est initialement totalement chargée, on se rapporte maintenant sur le volet (a) de la figure 10 ci-dessous.

Figure 19

Décharge du condensateur. Extrait du Précis de l'électricité (2015, p.123)



3.2.2.1.2 Dynamique de la tension en d'Écharge

La tension lors de la d'Écharge d'ÉcroÓde faÁon exponentielle. Des calculs semblables ‡ ceux effectuÉs pendant la charge permettent d'établir que la tension atteint 37 % de sa valeur initiale au bout de τ_c , 5 % au bout de $3 \tau_c$, et que la capacitÉ est totalement d'ÉchargÉe au bout de $5 \tau_c$. La capacitÉ dans un circuit RC est totalement d'ÉchargÉe au bout de $5 \tau_c$ (Palermo et Torres, 2015, p. 224).

La rÉponse au courant pendant cette d'Écharge a pour solution :

$$i(\tau) = \frac{E}{R} \exp\left(-\frac{t}{\tau_c}\right)$$

Nous nous la reportons sur le volet (b) de la figure 10 ci-dessus. Outre les caractÉristiques dynamiques d'Éj‡ d'Écrites, on remarque que le courant est nÉgatif, ce qui indique que le condensateur, dont les grandeurs sont repÉrÉes en convention rÉcepteur, se comporte comme un gÈnÉrateur lors de la d'Écharge (Palermo et Torres, 2015, p. 224).

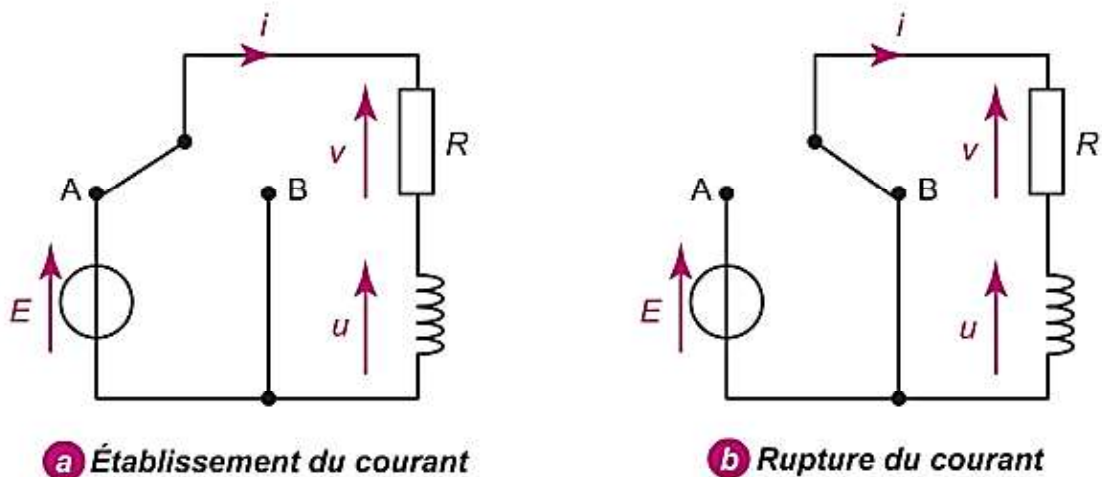
3.2.2.2 Le rÉgime transitoire dans un circuit RL.

3.2.2.2.1 Établissement et rupture du courant dans la bobine

Le dipÓle RL est un montage en sÉrie d'un conducteur ohmique de rÉsistance R et d'une bobine d'inductance L. Le schÉma du montage est donnÉ par la figure suivante :

Figure 20

Le dispositif expÉrimental du circuit RL. Extrait du PrÉcis de l'ÉlectricitÉ (2015, p.123)



Palermo et Torres en 2015 ont dÉcrit le comportement de ce circuit et l'on rÉsumÉ dans le tableau 2 suivant :

Tableau 7

Récapitulatif de l'étude du dipôle RL

	..tablissement du courant	Disparition du courant
Loi des mailles	$U_R + U_L = E$ $Ri + L \frac{di}{dt} = E$	$U_R + U_L = 0$ $Ri + L \frac{di}{dt} = 0$
Relations	$U_R = Ri; U_L = L \frac{di}{dt}$	$U_R = Ri; U_L = L \frac{di}{dt}$
..quations différentielles	$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{E}{L} \text{ ou}$ $\frac{dU_R}{dt} + \frac{R}{L}U_R = \frac{RE}{L}$	$\frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = 0 \text{ ou}$ $\frac{dU_R}{dt} + \frac{R}{L}U_R = 0$
Conditions initiales	$U_R(t = 0) = 0 ; U_L(t = 0) = E$	$U_R(t = 0) = E ;$ $U_L(t = 0) = -E$
Solutions de l'équation différentielle	$U_R(t) = E \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$ $i(t) = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$ $U_L(t) = L \frac{di}{dt} = E \left(e^{-\frac{R}{L}t} \right)$ <p>R est la résistance totale du circuit $R = R_r + R_L$</p>	$U_R(t) = E \left(e^{-\frac{R}{L}t} \right)$ $i(t) = \frac{E}{R} \left(e^{-\frac{R}{L}t} \right)$ $U_L(t) = L \frac{di}{dt} = -E \left(e^{-\frac{R}{L}t} \right)$ <p>R est la résistance totale du circuit $R = R_r + R_L$</p>
Energie emmagasinée	$E_L = \frac{1}{2} Li^2$ <p>Au début de l'établissement du courant : $E_L = 0$ A la fin de la charge :</p> $E_L = \frac{1}{2} LI^2 = E_L = \frac{1}{2} L \left(\frac{E}{R} \right)^2$ <p>(E est la tension lors de l'établissement du courant)</p>	<p>Au début de la charge :</p> $E_L = \frac{1}{2} CI^2$ <p>A la fin de la charge : $E_L = 0$ (E est la tension lors de l'établissement du courant)</p>

L'étude de ce circuit, nous permet de faire des remarques suivantes (Palermo et Torres, 2015, p. 242) :

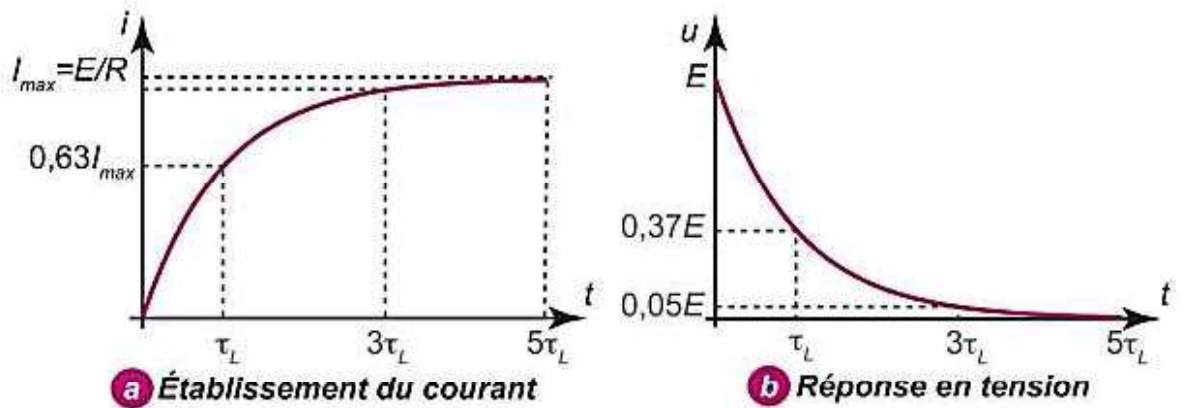
- d'une part, le comportement du courant dans la bobine et dans le circuit RL est décrit avec une expression similaire à celle obtenue lorsque nous avons étudié la tension aux bornes du condensateur dans le circuit RC;
- lorsque l'on passe du montage RC au montage RL, les rôles joués par le courant et par la tension sont permutés.

3.2.2.2.2 Dynamique du courant \ddagger l'Établissement

Un circuit RL sous l'effet d'un Échelon de tension atteint son régime permanent au bout de 5τ , où $\tau_L = R/L$ est la constante de temps.

Figure 21

(a) Établissement du courant dans le circuit RL et (b) réponse de la tension aux bornes de l'inductance. Pris dans le Précis d'électricité (2015, p.143)



La réponse en tension et la rupture du courant comme l'a montré Palermo et Torres en 2015 (figure 12b et 12a ci-dessus), nous permet de dire que : en régime continu permanent, l'inductance se comporte comme un court-circuit et la relation de la tension est :

$$U(t) = E \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_L}\right) \text{ avec } \tau_L = \frac{R}{L}$$

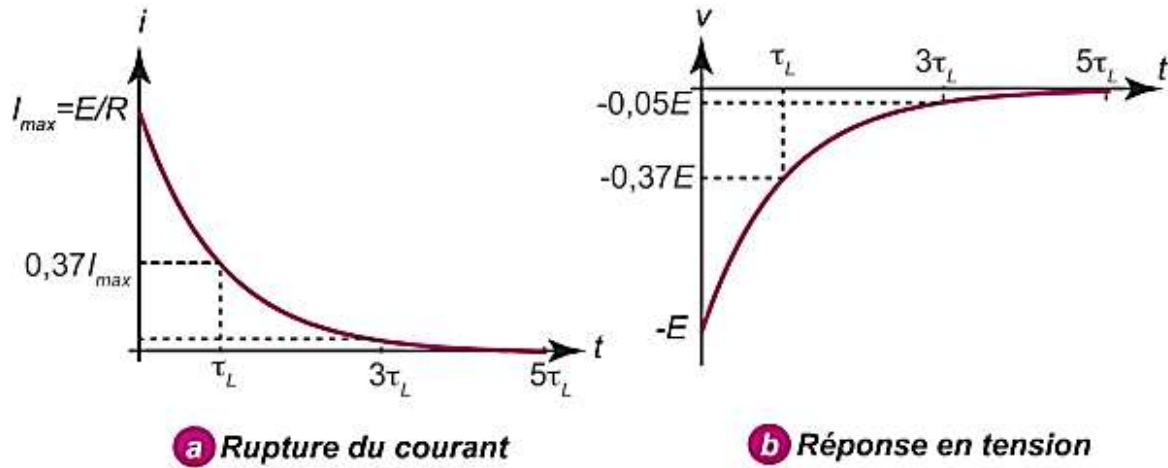
En rupture du courant, le courant traversant le circuit \ddagger l'instant t succédant \ddagger l'extinction de la source de tensions' Écrit :

$$U(t) = \frac{E}{R} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_L}\right) \text{ avec } \tau_L = \frac{R}{L}$$

Cette relation nous nous reportons sur le volet (a) de la figure 13 ci-dessous

Figure 22

(a) Rupture du courant du circuit RL et (b) réponse en tension de l'inductance. Extrait du Précis d'électricité (2015, p. 244)



Lors de la rupture du courant, l'inductance restitue l'énergie qu'elle a accumulée lors de l'établissement de ce même courant. Elle se comporte comme un réservoir de courant (Palermo et Torres, 2015, p. 244).

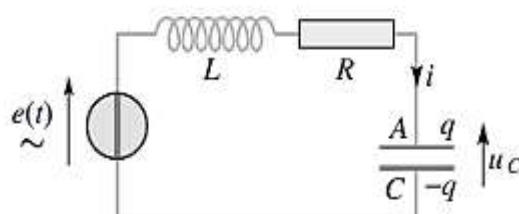
3.2.2.3 Régime transitoire du circuit RLC

La question à laquelle nous nous proposons de répondre maintenant est la suivante : comment se comporte un oscillateur électrique amorti tel qu'un circuit RLC, lorsqu'on applique à ses bornes une tension excitatrice sinusoïdale? Cette question est essentielle car, à l'aide de l'analyse de Fourier, on peut ramener le cas d'une excitation quelconque à celui d'une somme d'excitations sinusoïdales (Perrez, et al., 2012).

C'est un montage en série d'un conducteur ohmique de résistance R , d'une bobine d'inductance L et condensateur de capacité C . le schéma du montage est donné par :

Figure 23

Montage du circuit RLC. Extrait dans ..lectronique : Fondements et applications. (2006, p.93)



3.2.2.3.1 Source de tension sinusoïdale aux bornes d'un dipôle RLC.

Perrez et al, en 2012, ont développé l'étude d'un dipôle RLC en maintenant une tension sinusoïdale $e(t) = e_{max} \cos(\omega t + \phi_e)$. Ils ont pu retrouver l'équation différentielle en appliquant la loi des mailles sous la forme :

$$\ddot{q} + \frac{1}{\tau_e} \dot{q} + \omega_0^2 q = e_{max} \cos(\omega t + \phi_e) \text{ avec } \omega_0^2 = \frac{1}{LC}; \tau_e = \frac{L}{R} \text{ et } a_m = \frac{e_m}{L}$$

3.2.2.3.2 Réponse linéaire

Dans ce cas, l'intérêt de l'analyse ne se réduit pas à la seule détermination du mouvement de l'oscillateur sous l'action d'une tension sinusoïdale. L'étude concerne toute la théorie de la réponse linéaire d'un circuit électrique, lorsqu'on le soumet à une excitation quelconque. Cette dernière est décomposée en signaux sinusoïdaux dont on étudie les réponses qu'en donne le système. En recomposant linéairement ces sorties élémentaires, on obtient la réponse à l'excitation initiale (Perrez et al., 2012, p.94).

3.2.2.3.3 Régime transitoire et régime établi

Perrez et al, en 2012 établit que la solution de l'équation différentielle précédente :

$$\ddot{q} + \frac{1}{\tau_e} \dot{q} + \omega_0^2 q = e_{max} \cos(\omega t + \phi_e)$$

est la somme de deux termes :

- La solution générale de l'équation sans second membre :

$$q(t) = D \exp\left(-\frac{t}{2\tau_e}\right) \cos(\omega_a t + \phi_a)$$

- Une solution particulière de l'équation totale :

$$q_m \cos(\omega t + \phi_q)$$

Entre l'instant initial et une certaine durée, qui dépend de τ_e , au-delà de laquelle le premier terme est négligeable devant le second, le régime est transitoire :

$$q(t) = D \exp\left(-\frac{t}{2\tau_e}\right) \cos(\omega_a t + \phi_a) + q_m \cos(\omega t + \phi_q)$$

3.2.2.3.4 Charge du condensateur en régime établi

Perrez et al, en 2012 ont établi en utilisant la méthode complexe pour déterminer la solution particulière de l'équation différentielle canonique. On sait que cette méthode consiste à associer, à cette dernière, l'équation différentielle suivante à laquelle satisfait la grandeur complexe $\underline{q} = q + jk$ avec $j^2 = -1$.

$$\underline{\ddot{q}} + \frac{1}{\tau_e} \underline{\dot{q}} + \omega_0^2 \underline{q} = a_m \exp[j(\omega t + \phi_e)]$$

La solution réelle $q(t)$ s'obtient alors en prenant la partie réelle de $\underline{q}(t)$. Cherchons une solution de la forme :

$$\underline{q}(t) = q_m \exp[j(\omega t + \phi_q)] = \underline{q}_m \exp(j\omega t) \text{ où } \underline{q}_m = q_m \exp(j\phi_q)$$

\underline{q}_m est l'amplitude complexe de la charge. Comme $\ddot{q} = -\omega_0^2 q$ et $\dot{q} = j\omega q$, il vient que :

$$\left(-\omega^2 + j\frac{\omega}{\tau_e} + \omega_0^2\right) \underline{q}_m = a_m \exp[j(\omega t + \phi_e)] = \underline{a}_m \exp(j\omega t)$$

$\underline{a}_m = a_m \exp(j\phi_e)$ étant l'amplitude complexe de l'excitation. On en déduit, en introduisant la pulsation réduite $x = \omega/\omega_0$, qui est aussi la fréquence réduite, et le facteur de qualité

$Q = \omega_0 \tau_e$:

$$\underline{q}_m = \frac{a_m \exp(j\phi_e)}{-\omega^2 + j\frac{\omega}{\tau_e} + \omega_0^2} = \frac{a_m \exp(j\phi_e)}{\frac{jx\omega_0^2}{Q} + \omega_0^2(1-x^2)} = \frac{Q a_m \exp(j\phi_e) / \omega_0^2}{x \left[j + Q \left(\frac{1}{x} - x \right) \right]}$$

Il en résulte que : $q(t) = q_m \cos[\omega t + \phi_q]$ avec :

$$q_m = \frac{a_m}{[(-\omega^2 + \omega_0^2)^2 + \omega^2/\tau_e^2]^{1/2}} \text{ et } \tan(\phi_q - \phi_e) = \frac{\omega/\tau_e}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Ce que nous retiendrons sous la forme :

$$q_m = \frac{Q a_m / \omega_0^2}{x [1 + Q^2 (x - 1/x)^2]^{1/2}} \text{ et } \tan(\phi_q - \phi_e) = \frac{1}{Q(x - \frac{1}{x})} \text{ avec } a_m = \frac{e_m}{L}$$

3.2.2.3.5 Intensité du courant dans le circuit en régime établi

Perrez et al, en 2012 ont établi que l'intensité du courant dans le circuit est donnée par \dot{q} Écrivons \dot{q} sous la forme :

$$\underline{\dot{q}}(t) = i_m \exp[j(\omega t + \phi_i)] = \underline{i}_m \exp(j\omega t) \text{ où } \underline{i}_m = i_m \exp(j\phi_i)$$

est l'amplitude complexe de l'intensité du courant, i_m son amplitude et ϕ_i sa phase à l'origine.

Or, d'après ce qui précède : $\underline{q}(t) = \underline{q}_m \exp(j\omega t)$ d'où $\underline{\dot{q}}(t) = j\omega \underline{q}_m \exp(j\omega t)$. En identifiant, on obtient :

$$\underline{i}_m = j\omega \underline{q}_m = jx\omega_0 \underline{q}_m = \frac{Q a_m \exp(j\phi_e) / \omega_0}{1 + jQ \left(x - \frac{1}{x} \right)} = \frac{Q \underline{a}_m / \omega_0}{1 + jQ \left(x - \frac{1}{x} \right)}$$

On en déduit :

$$i_m = \omega q_m = \frac{Q a_m / \omega_0}{\left[1 + Q^2 \left(x - \frac{1}{x} \right)^2 \right]^{1/2}} \text{ et } \tan(\phi_i - \phi_e) = -Q \left(\frac{x - 1}{x} \right)$$

Le courant $i(t) = \dot{q}(t)$ est ainsi en avance de phase de $\pi/2$ rad par rapport à la charge $q(t)$ et donc à la tension aux bornes du condensateur $u(t) = q(t)/C$.

Cette Étude théorique, nous permet de détecter certaines difficultés que les Élèves éprouvent sur le concept d'oscillateurs électriques. Notamment sur le choix de l'outil mathématique pour la résolution des Équations. Une autre difficulté est aussi due sur le concept en lui-même créant ainsi chez les Élèves un conflit cognitif.

4 ..tude des conceptions des apprenants

4.1 Essais de définitions du mot ' conception ^a

Selon Cossette Nathalie (1999), les conceptions sont des productions originales, ou mieux, comme un univers construit de significations, mettant en jeu des savoirs accumulés et plus ou moins structurés, proches ou éloignés des connaissances scientifiques qui leur servent de références (Cossette, 1998).

Les conceptions sont aussi d'après Giordan (1987), un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes, mais surtout il met en évidence l'idée que cet ensemble traduit une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles (Giordan, 1987).

4.2 Notion de conceptions des Élèves en didactique des sciences

Dans les travaux de recherche en didactique des sciences, les didacticiens ont souligné que Migne (1970) est le premier chercheur qui a évoqué la notion de conceptions des Élèves en employant le terme de ' représentations ^a. Ensuite, cette notion a été transposée du champ de la psychologie sociale où le terme de représentations, a fait l'objet de plusieurs recherches en didactique des sciences ont été recommandé l'emploi de la dénomination de conceptions. La substitution du terme de représentations par celui de conceptions se justifie par la polysémie liée à ce premier terme employé dans plusieurs champs de savoir tels que la psychologie et la sociologie (Ouarzeddine, 2019).

Dans le livre, Les origines du savoir par Giordan et De Vecchi (1987, p.87), les auteurs soumettent les différentes composantes d'une conception. Ils écrivent que la conception est composée du problème, du cadre de référence, des opérations mentales, du réseau sémantique ainsi que des signifiants. Expliquons ces différentes composantes. Le problème se compose de l'ensemble des questions que l'apprenant se pose afin de mettre en place la conception. Le cadre de référence est l'ensemble des connaissances de l'apprenant qui lui sert pour formuler sa conception. Les opérations mentales sont celles qui servent à l'apprenant pour faire des analogies entre les différents items de son cadre de référence afin d'utiliser sa conception. Le réseau sémantique sert à produire le sens de la conception puisqu'il fait des liens entre le cadre de référence et les opérations mentales. " Les signifiants qui regroupent l'ensemble des signes,

traces, symboles sont utilisés en vue de produire et d'expliquer la conception" (Giordan et De Vecchi, 1987, p.90).

Comme on vient de le constater, la conception n'est pas quelque chose que l'on peut négliger puisqu'elle met en place tout un ensemble de composantes qui se tissent afin de former une explication à une question. C'est pourquoi, lorsque nous devons transformer une fausse conception, il nous faut découvrir le pourquoi des explications fournies par l'élève. Cette tâche est ardue puisque la fausse conception provient de plusieurs composantes qui se sont tissées pour former quelque chose de durable dans la tête de l'apprenant. D'une manière générale, nous pouvons dire que les conceptions des élèves représentent des ensembles de connaissances, organisées dans des systèmes opérationnels, acquises avant l'apprentissage scolaire des sciences. Ces systèmes explicatifs sont erronés par rapport au cadre explicatif des théories scientifiques. Après cette présentation concise des définitions de la notion didactique de conceptions, nous nous interrogeons sur les origines de celles-ci et sur leurs caractéristiques de base.

4.3 Origines et caractéristiques des conceptions des apprenants

4.3.1 Les origines des conceptions des apprenants

Les didacticiens prêtent aux conceptions au moins cinq origines principales qui ont le mérite de pouvoir être rattachées à des cadres théoriques bien circonscrits (Ambomo et al., 2021 ; Mouliom, 2024 ; Kouakam, 2024 ; Awomo, 2022) :

- des origines psychogénétiques (théorie de Piaget) : les conceptions sont dues à l'inachèvement du développement de l'enfant. Des adhérences aux fonctions intellectuelles de l'enfant (adualisme, anthropomorphisme, animisme, égocentrisme, artificialisme, réalisme) entravent la prise en compte de la réalité objective. Des correspondances ont d'ailleurs été établies entre les niveaux de formulation et les stades piagétiens ;
- des origines épistémologiques (théorie de Bachelard) : il existe des modes de pensée pré ou non-scientifiques qui génèrent des obstacles à l'apparition de la pensée scientifique. Ces obstacles sont entre autres l'opinion, l'anthropocentrisme et tout ce « complexe impur des intuitions premières »^a. Un exemple d'obstacle épistémologique : comprendre qu'il existe une infinité de nombres entre 13 et 14. D'autres chercheurs postulent que les obstacles rencontrés par les élèves renvoient à la nature même des savoirs et, par

extrapolation, proposent que certaines conceptions reprennent les errements des sciences au cours de l'histoire ;

- des origines didactiques : les difficultés sont ici générées par les situations didactiques elles-mêmes, la manière dont les savoirs scolaires construisent une réalité propre à instituer des conventions qui ne sont plus remises en cause. Un exemple d'obstacle didactique est la manière dont est présenté le planisphère, avec des équivalences entre le nord, le haut et le dessus ;
- des origines sociologiques (théorie de Moscovici) : elles proviennent dans ce cas des représentations sociales et des préjugés. Par exemple, la pensée commune sur la raison forcément exogène de la maladie empêche de penser les maladies génétiques ;
- des origines psychanalytiques (théorie de Freud) : les conceptions relèvent alors du fantasmatique, des contenus psychiques, de l'affect et de l'histoire personnelle de l'individu.

4.3.2 Caractéristiques fondamentales des conceptions des apprenants

Les données dégagées des travaux de recherche relatives aux conceptions confirment que les conceptions manifestent une résistance aux changements qui les ciblent dans l'enseignement scolaire des sciences (Johsua et Dupin, 1993). Une telle propriété s'explique principalement par l'organisation des conceptions dans des systèmes explicatifs personnels et opérationnels (Astolfi et al., 1997, p. 147). Dans le même sens, les conceptions sont importantes et pertinentes pour les élèves car elles représentent le seul cadre leur permettant d'expliquer et de comprendre les phénomènes scientifiques vécus (Giordan, 1996). De telles considérations nous permettent de savoir les raisons de l'attachement fort des élèves à ces systèmes explicatifs erronés.

Dans de nombreuses recherches réalisées, les didacticiens des sciences ont soulevé la capacité des conceptions à s'adapter aux différentes situations rencontrées par les élèves. Ainsi, une sorte de souplesse caractérise ces conceptions (Ouarzeddine, 2019, p.101). D'une manière évidente, cette propriété de cohabitation traduit la capacité d'adaptation des conceptions aux différentes situations dont elles sont susceptibles d'intégrer de nouveaux éléments de savoir y compris les connaissances scientifiques présentées en classe (Ayina et al., 2000).

Ambomo et al., (2021) ont présenté sommairement les caractéristiques des conceptions des apprenants :

- très grande variabilité des conceptions possibles, ce qui est déroutant pour l'observateur et qui peut être source d'incompréhension ;
- coexistence possible de différentes conceptions, ou systèmes explicatifs, n'entrant pas pour autant en conflit, parce que pensées comme relevant de différents domaines de validité ;
- ignorance du sujet quant au modèle sous-jacent de ses conceptions, ce qui a pour effet de masquer les incohérences entre différents systèmes ;
- caractère évolutif, plastique, fonctionnant par intégration successive d'éléments nouveaux ;
- très grande résistance de l'appareil explicatif. Les observateurs, comme les acteurs, font tous le constat que les séquences d'enseignement ne viennent pas à bout des représentations. L'illusion est cependant entretenue par la réussite régulière aux évaluations... dès lors que celles-ci en appellent explicitement au cours et à l'exercitation qui l'accompagne. Ainsi Astolfi fait apparaître une dualité propre aux conceptions : à partir de la référence scolaire : si le problème est canonique, c'est – à dire reconnu à l'intérieur du contrat didactique, alors les connaissances scolaires sont mobilisées. Mais si, par contre, il n'est pas reconnu, c'est – à dire s'il se situe hors de la référence scolaire, alors ce sont bien les conceptions qui sont utilisées.

4.3.3 Les conceptions alternatives : obstacles à l'apprentissage

Le plus grand obstacle que peuvent rencontrer les enseignants et les étudiants de sciences, et de la physique en particulier, est la présence de conceptions alternatives dans l'esprit de ces derniers (Ouarzeddine, 2019). Une conception est 'alternative' quand elle constitue une connaissance propositionnelle ou conceptuelle différente de la définition scientifiquement acceptée d'un concept, ou incompatible avec celle-ci (Cornier, 2014). Selon les auteurs, les conceptions sont aussi parfois nommées 'conceptions nées', 'conceptions', 'conceptions erronées', 'représentations initiales', 'croyances initiales', 'pre-instructional conceptions, etc... (Cornier, 2014). Pour parler de ces conceptions, la traduction littérale 'conceptions alternatives' sera utilisée. Bien que cette appellation soit fautive en français, il n'existe aucune traduction satisfaisante pour signifier ce que les Anglo-saxons appellent alternatives conceptions. Par souci de concision, à partir d'ici seront utilisés de façon interchangeable les termes 'conceptions' et 'conceptions alternatives'. (Cornier, 2014. p.11).

Comme les concepts de physique sont souvent contre-intuitifs et évoqués par des termes ayant un sens différent dans la vie de tous les jours, et que les relations entre eux sont parfois confuses, il est difficile pour les apprenants de mettre de l'ordre dans leur apprentissage pour avoir un portrait clair et sans ambiguïté de la matière à l'étude (Cornier, 2014).

Selon Driver et Easley (1978), les conceptions erronées (mis conceptions) sont les idées qu'ont les élèves, que ceux-ci utilisent dans un ensemble de situations et qui ont les caractéristiques de théories ou de modèles élémentaires. Cette appellation a une connotation évidente d'idée incorrecte, d'erreur.

Les cadres conceptuels alternatifs sont quant à eux des systèmes construits par les élèves, de façon autonome, pour s'expliquer leur propre expérience du monde physique. Pour les apprenants plus vieux, qui étudient des concepts plus avancés n'étant pas perceptibles par l'expérience physique du monde. Le cadre conceptuel alternatif peut trouver ses origines dans des concepts appris en classe, mais à propos desquels les apprenants ont tiré des conclusions ou élaboré des explications qui ne sont pas en accord avec la théorie scientifique (Cornier, 2014.p.12). Ces conclusions et ces ébauches d'explications témoignent de l'effort que les étudiants mettent à assimiler un contenu qui peut leur sembler incompatible avec leurs connaissances antérieures. Ils cherchent des similitudes entre des concepts et 'remplissent les trous » que l'enseignement laisse derrière lui.

Les représentations des apprenants ne sont pas toujours à proprement parler 'erronées' ^a. En effet, parfois les apprenants se représentent incorrectement une partie du modèle, ou appliquent dans de mauvaises circonstances une partie de la théorie, sans qu'on doive pour autant les taxer d'avoir des représentations erronées, puisque ces représentations peuvent être valides dans certains contextes (Cornier, 2014.p.12). Parler de conceptions erronées porte la signification qu'il existe une vérité fondamentale aux observations et aux modèles scientifiques qui seraient 'vrais' ^a, ce qui correspond à une position épistémologique idéaliste de la science (Cossette, 1999).

Le cadre conceptuel alternatif des apprentissages scientifiques, il est difficilement reconnu dans le cours normal de l'enseignement, car un apprentissage peut sembler réussi parce que l'apprenant parvient, au terme de la leçon, à répondre à une évaluation de ses connaissances, tout en conservant une idée incohérente avec le modèle accepté qu'on a tenté de lui enseigner. Cornier (2014) souligne pourtant l'importance de connaître les connaissances antérieures des élèves : 'le facteur influençant de la façon la plus déterminante l'apprentissage est ce que l'apprenant connaît. Assurez-vous de savoir ce qu'il connaît et enseignez en conséquence » (Cornier, 2014.p.13). Les conceptions alternatives peuvent aussi constituer un cadre de

référence qui semble valide aux apprenants, car ces derniers les arrangeant en un tout satisfaisant parce que cohérent pour eux. Elles sont d'autant plus difficiles à reconnaître parce qu'elles sont organisées en un « système explicatif, personnel et fonctionnel, qui n'est pas nécessairement exprimé au cours des activités scolaires » (Astolfi et al., p. 147). Pour les repérer, le chercheur doit donc déployer des techniques particulières.

Les connaissances antérieures, dans lesquelles on peut trouver des conceptions alternatives, sont le résultat d'un apprentissage préalable, réalisé avant le moment considéré. Le paradigme constructiviste de l'apprentissage suppose que « les connaissances antérieures constituent la base à laquelle recourent les étudiants dans le processus de construction de nouvelles connaissances » (Cornier, 2014, p. 14). Lorsqu'elles sont présentes dans les connaissances antérieures des apprenants, les conceptions alternatives peuvent mener à des erreurs dans les réponses à des questions traditionnelles en sciences, mais aussi parfois à des explications incorrectes pour des réponses par ailleurs correctes. C'est pourquoi la présence de conceptions peut être difficile à reconnaître, parce que le comportement manifeste (la réponse à la question) n'est pas nécessairement représentatif de la réalité cognitive latente (la représentation de l'étudiant) (Osborne, 1996).

C'est dans ces circonstances que la présence de telles conceptions alternatives pose problème pour l'apprentissage : lorsque l'étudiant se verra enseigner une nouvelle notion entrant en conflit avec son cadre conceptuel alternatif, la nouvelle notion risque d'être soit mal interprétée en raison de ses connaissances antérieures déviantes, soit carrément évitée parce que trop contradictoire par rapport à ce qu'il « sait » déjà. L'apprentissage, dans un cas comme dans l'autre, sera en péril. Dans cette perspective, les conceptions alternatives peuvent avoir un impact négatif sur l'apprentissage puisque les connaissances antérieures sur lesquelles celui-ci s'appuie sont teintées d'idées qui ne sont pas en accord avec la théorie scientifique (Cornier, 2014.p.15).

Les étudiants peuvent toutefois avoir d'autres difficultés que les conceptions alternatives avec l'apprentissage de la physique. Notamment, de telles difficultés surviennent s'il y a de la confusion dans leurs connaissances antérieures, qui même si elles sont exactes, peuvent ne pas être organisées de façon à être invoquées à bon escient pour résoudre une tâche. Ou encore, les apprenants peuvent donner de mauvaises réponses ou de mauvaises explications quant à un phénomène si leurs connaissances sont lacunaires ou même parcellaires. Comme le précise Astolfi, justement pour nuancer le concept des connaissances antérieures : ' Les apprentissages scientifiques ne résultent pas d'une simple juxtaposition à des connaissances

antérieures ; le progrès intellectuel résulte plutôt de la réorganisation d'un ensemble, souvent complexe, qui s'y opère » (Astolfi, 2008).

Les conceptions, par leur plasticité, répondent ainsi à de nombreuses situations et suffisent généralement au sujet pour ses besoins quotidiens. Ils lui assurent une certaine tranquillité cognitive et le maintien de l'image de soi, mais génèrent un conservatisme qui fait obstacle à l'acquisition de la plupart des connaissances scolaires. Nous allons développer dans ce qui suit les types de conceptions des apprenants liées aux différents obstacles.

4.4 La classification des conceptions des apprenant en didactique des sciences

4.4.1 Les conceptions alternatives liées aux obstacles épistémologiques

Pour pouvoir classifier nos conceptions, il nous faut trouver une typologie qui convienne à ce qui nous intéresse. En recensant les écrits, Cossette (1999) a élaboré une typologie qui comprend des catégories selon les obstacles épistémologiques. Il s'agit :

- l'obstacle de l'expérience première qui consiste à expliquer un phénomène en se fiant aux apparences (exemple : le soleil tourne autour de la Terre) ;
- l'obstacle verbal qui consiste à expliquer un phénomène simplement en ayant recours à un mot, une expression, une image (exemple : un œuf qui cuit adhère à une poêle en fonte parce que ses molécules forment " comme une espèce de ventouse") ;
- l'obstacle substantialiste qui consiste à expliquer un phénomène en postulant l'existence d'une substance (exemple : " le froid s'infiltré" par les fenêtres peu étanches) ;
- l'obstacle de la connaissance générale qui consiste à expliquer un phénomène en ayant recours à un concept général de façon abusive (exemple : la glace fond à cause de l' "Énergie") ;
- l'obstacle de la connaissance unitaire qui consiste à expliquer un phénomène en le qualifiant simplement de normal, habituel ou naturel (exemple : il neige en hiver parce que "c'est naturel" qu'il en soit ainsi) ;
- l'obstacle de la connaissance pragmatique qui consiste à expliquer un phénomène physique en se basant sur son apparente utilité ou inutilité (exemple : Voltaire ne voyait pas d' "utilité" à la période de précession des Équinoxes, donc, selon lui, c'était un phénomène inexistant) ;

- l'obstacle animiste qui consiste à expliquer un phénomène en attribuant une volonté aux objets (exemple : le mouvement d'une pierre en chute libre est accéléré parce qu'elle a hâte de rencontrer le sol) ;
- l'obstacle créé par le mythe de la digestion qui consiste à expliquer un phénomène en l'identifiant à une assimilation (exemple : un malade guérit parce que "son mal a été digéré") ;
- l'obstacle créé par le mythe du germe universel qui consiste à expliquer un phénomène en l'identifiant à une forme de germination (exemple : la vie apparaît sur une nouvelle île volcanique parce que "toute pierre contient des semences") ;
- l'obstacle de la connaissance quantitative qui consiste à expliquer un phénomène physique par une simple opération sur des nombres (exemple : une petite quantité d'eau à 10°C mélangée à une grande quantité d'eau à 30°C va donner de l'eau à 20°C).

De cette liste, 4 obstacles épistémologiques sont retenus par Cossette Nathalie (1999) puisque les autres se retrouvent davantage au niveau de l'enseignement au primaire. Il s'agit de l'obstacle de l'expérience première, de l'obstacle verbal, de l'obstacle substantialiste et de l'obstacle de la connaissance générale. À cette liste, l'auteur ajoute un cinquième élément soit les explications de nature scientifique, c'est-à-dire la conception que l'on recherche et qui donne une explication scientifique à la question posée.

4.4.2 Les conceptions alternatives liées aux obstacles psychologiques ou ontologiques

Cette idée d'obstacle se retrouve également chez Piaget qui le voyait du point de vue épistémologie génétique : pour Piaget l'obstacle est dû aux limitations psychologiques. Certaines erreurs sont les faits des limites du développement intellectuel de l'enfant à un moment donné. Ainsi, selon le stade auquel il appartient, il existera un certain type d'erreurs. Piaget démontre notamment que la conservation des quantités numériques n'est pas acquise avant l'âge de sept ans (Ayina Bouni, Ambomo et Owono Owono, 2021).

4.4.3 Les conceptions alternatives liées aux obstacles didactiques

Ce sont les obstacles les plus nombreux et qui sont liés aux situations d'enseignement dans lesquelles sont plongés l'élève et l'enseignant. Ambomo et al., (2021) parle de l'obstacle didactique, si les choix pédagogiques de l'enseignant ou du système éducatif sont erronés, ces derniers vont fonctionner comme obstacle à l'apprentissage des nouvelles connaissances et induire l'élève en erreur. « Un obstacle didactique est une représentation de la tâche, induite par un apprentissage antérieur, étant la cause d'erreurs systématiques et faisant obstacle à

l'apprentissage actuel ». « Il y a obstacle lorsque les conceptions nouvelles à former contredisent les conceptions antérieures bien assises de l'apprenant » (Ayina Bouni et al., 2021).

Il en existe trois types d'obstacles didactiques :

- **Les obstacles dus à la transposition didactique**

La transposition didactique caractérise le passage du ' savoir savant ' en ' savoir à enseigner ». Cette démarche contraint parfois l'enseignant à simplifier les connaissances en évitant de les dénaturer. Cette simplification peut entraîner parfois certaines erreurs des élèves dues aux connaissances incomplètes ou erronées.

Exemple : la difficulté des élèves à pouvoir écrire l'équation différentielle d'un circuit RLC en régime sinusoïdale forcée pendant la charge du condensateur :

$$\frac{d^2 U_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{LC} U_c = \frac{E}{LC}$$

Cela est due au fait que le concept d'oscillateur électrique ne soit pas suffisamment construit par l'apprenant.

- **Les obstacles liés à la technologie pédagogique de l'enseignant**

Les incompréhensions de l'élève peuvent être liées aux techniques et aux procédés employés par l'enseignant dans le langage, le contrat didactique, etc.

Exemple : La confusion des registres dans la lecture du sens des tensions dans les portions d'un circuit RLC et l'application des lois des mailles dans un tel circuit.

- **Les obstacles liés à l'insuffisante maîtrise des outils méthodologiques de l'élève et aux connaissances initiales.**

Le manque de savoirs méthodologiques induit beaucoup d'erreurs. L'élève ne cherche pas à bien comprendre la consigne, il se limite aux indicateurs de surface d'un problème et ceci entraîne un mauvais choix des outils pour résoudre le problème.

Exemple : En physique, les élèves confondent souvent le courant électrique à l'intensité du courant électrique.

L'idée d'obstacle s'avère donc féconde dans la mesure où l'obstacle peut fournir un levier à l'apprentissage dans l'idée d'un dépassement ou même d'une rupture d'avec les anciennes conceptions.

4.5 Difficultés d'apprentissage en physique liées aux conceptions alternatives

L'importance des recherches sur les conceptions des élèves et des enseignants ainsi que leur rôle dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences n'est plus à démontrer. Ce champ de recherche est devenu l'un des domaines les plus importants dans la didactique des sciences

o pendant plus de trois dÈcennies, les chercheurs ont ÈtudiÈ les conceptions des ÈlÈves en physique, en chimie et en biologie (Mouliom Ndam, 2024.p.21).

Dans le domaine de la didactique des sciences, plusieurs chercheurs ont montrÈ que les conceptions d'origines individuelles sont parfois partiellement ou totalement erronÈes, car lorsqu'elles sont impliquÈes dans un projet d'apprentissage, elles entrent, dans la majoritÈ des cas, en opposition avec le savoir scientifique visÈ. D'où l'appellation de conceptions erronÈes ou alternatives attribuÈes ¶ ces derniÈres (Mouliom Ndam, 2024.p.22). ¶ cet Ègard, plusieurs chercheurs en didactique des sciences physiques ont tentÈ d'identifier plusieurs de ces conceptions. Mais, du fait de leur diversitÈ et de leur spÈcificitÈ, Mouliom Ndam et bien d'autres chercheurs en didactique suggÈrent de s'intÈresser aussi à l'identification de leur origine afin de surmonter les difficultÈs d'apprentissages qu'elles causent aux apprenants. Dans le domaine d'enseignement-apprentissage des sciences physiques, les recherches sur les conceptions ont montrÈ que de nombreux apprenants, ¶ tous les niveaux d'enseignement, ont des conceptions alternatives sur les concepts de base de chimie mÈme aprÈs plusieurs annÈes d'Ètudes dans ce domaine (Awomo Ateba, 2022 ; Mouliom Ndam, 2024 ; Ambomo, 2022 ; Ayina Bouni et al., 2021).

Ainsi, il ressort de ces diffÈrentes Ètudes que plusieurs de ces conceptions alternatives sont les rÈsultats des facteurs tels que :

- les ÈlÈves qui ne maÓrisent pas le langage scientifique qui est dans la plupart de cas diffÈrent du langage familier de la vie courante ;
- les idÈes et expÈriences personnelles antÈrieures des ÈlÈves ainsi que leurs antÈcÈdents culturels ;
- les ÈlÈves qui n'ont pas acquis les concepts scientifiques de base avant les activitÈs d'apprentissage qui nÈcessitent la mobilisation de ces derniers ;
- l'enchevÈtrement des concepts scientifiques ;
- l'application des concepts scientifiques qui ne sont plus adaptÈs à un contexte particulier donnÈ ;
- l'existence de nombreuses dÈfinitions, modÈles et thÈories scientifiques dÈroutantes pour les apprenants dans les manuels et dans la vie quotidienne des apprenants ;
- l'interaction des ÈlÈves avec leurs pairs et des mÈdias de masse ;
- les reprÈsentations incorrectes de certains concepts dans les manuels scolaires et l'enseignement en classe ;

- les enseignants qui n'ont pas opéré de changement conceptuel sur certains concepts tout au long de leur cursus et, involontairement, il continue de transmettre les idées erronées aux élèves.

5 Apprentissage du concept d'oscillateurs électriques

Le concept d'oscillateurs électriques occupe une place très importante dans la compréhension de certains phénomènes scientifiques. Par exemple, les montages électroniques permettant de générer spontanément des oscillations électriques sont innombrables. Cela tient aux spécifications du cahier des charges qui sont d'une variété infinie : forme de l'onde, gamme de fréquences de fonctionnement, stabilité, bruit, sensibilité à la température, charge, amplitude, composants utilisés, éléments de commande, tension d'alimentation, consommation, volume et masse, coût ... etc (Palermo et Torres, 2015).

Dès lors, une meilleure compréhension du concept d'oscillateur électriques est très importante, puisqu'il s'agit d'un concept fondamental et opérationnel en physique tant au niveau secondaire qu'au niveau universitaire. Si ce concept n'est pas véritablement conceptualisé par les apprenants, ces derniers éprouveront des difficultés considérables dans la résolution des situations conceptuellement problématiques qui nécessitent sa mobilisation quel que soit le domaine d'étude. C'est la raison pour laquelle dans la sous-partie suivante, nous allons examiner la transposition du concept d'oscillateurs électrique dans les curricula réels et formels du Cameroun pour voir si elle est susceptible de faciliter son apprentissage auprès des apprenants.

5.1 La transposition didactique dans les programmes d'Étude et dans les manuels scolaires de la classe de terminale scientifique au Cameroun.

5.1.1 Analyse de la transposition didactique du concept de résonance d'intensité dans les programmes de physique de la classe de terminale scientifique au Cameroun.

Nous examinons dans les programmes officiels de physique en application dans les lycées et collèges du Cameroun, la transposition didactique du concept de résonance d'intensité. Il existe plusieurs façons d'aborder l'étude des oscillateurs électriques. Ces désynthésisations différentes correspondent à autant de transpositions didactiques différentes, où le sens de chaque notion est lui-même différent. Il y a : l'introduction électrostatique, l'introduction énergétique, l'introduction du travail des forces électriques. C'est l'introduction sui generis qui fait l'objet de l'électrocinétique dont la plupart des notions sont introduites expérimentalement et indépendamment les unes des autres. C'est la situation qui prévaut actuellement dans l'enseignement au collèges et lycées (Joshua & Dupin, 1993, p. 230-231).

Le concept d'oscillateur électrique est très large, il existe deux types de représentation schématique des oscillateurs électriques : en série et en parallèle. Dans le programme d'étude de physique de la classe de terminales CDE vu l'arrêté ministérielle N°90/22/MINESEC/IGE du 18 mars 2022 qui place l'étude des oscillateurs électriques dans le module 4 intitulé : évolution temporelle des circuits électriques et électroniques. Ainsi l'évolution temporelle des circuits électrique met en évidence l'étude des oscillateurs électriques montés en série. Il s'agit d'étudier : la charge et décharge d'un condensateur, les circuits électriques (R, L, C) en régime sinusoïdale forcée, les oscillateurs électriques harmoniques et les oscillateurs électriques amortis. Dans ce programme, on localise la position de la séquence d'enseignement sur la résonance d'intensité intitulée '...tude des oscillateurs électriques en régime sinusoïdale forcées'. Ce programme exige que les notions suivantes soient développées : l'explication du phénomène de résonance, l'explication du phénomène de surtension à la résonance d'intensité, la détermination de la fréquence de résonance, la détermination de la bande passante et le facteur de qualité. Les objectifs poursuivis dans le programme sont :

- tracer la courbe de résonance ;
- expliquer le phénomène de résonance d'intensité ;
- expliquer le phénomène de surtension à la résonance d'intensité ;
- déterminer la fréquence de résonance d'intensité ;
- déterminer la bande passante ;
- déterminer le facteur de qualité

Le programme déclina enfin les connaissances et les capacités à évaluer chez les élèves en fin d'étude de la résonance d'intensité. Dans cette dernière partie, il est précisé à la page 12 dudit programme que « d'une manière générale, l'élève devra être capable de tracer la courbe de résonance ; d'exploiter les courbes obtenues à l'écran de l'oscilloscope ou résultant des mesures ; de déterminer la largeur de la bande passante et le facteur de qualité

5.1.2 Analyse de la présentation du savoir du concept de résonance d'intensité dans le manuel scolaire des classes de terminale scientifique.

5.1.2.1 Dans le manuel

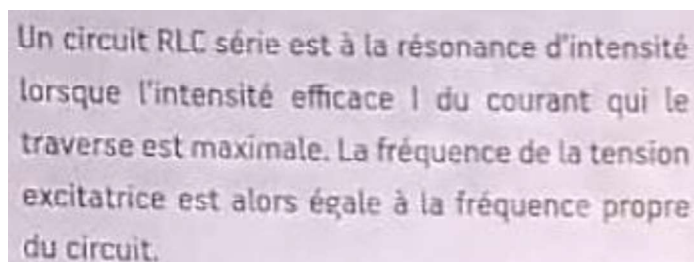
Le manuel de physique de terminales CDE mis en place par le ministre en charge est L'excellence en physique terminales CDE et TI, Collection NMI EDUCATION, Livre de l'élève et de l'enseignant. Dans ce paragraphe, nous faisons une brève analyse de la présentation de l'étude de la résonance dans le manuel scolaires de physique utilisés par les enseignants et les élèves des classes de terminales de l'enseignement secondaire général du Cameroun. Cette

analyse porte sur un aspect didactique qui questionne la conformité du manuel avec le programme officiel ainsi que son impact sur la préparation des cours des enseignants et les apprentissages des élèves. Sur ce plan didactique, nous recherchons dans le manuel analysé : le nombre de séquence de cours qui traitent de la résonance d'intensité ; les objectifs assignés à l'étude de la résonance d'intensité ; la présentation des contenus relatifs au concept résonance d'intensité et les activités préconisées par le manuel pour l'étude de la résonance d'intensité.

Le manuel scolaire "Excellence en physique" est le manuel utilisé par les enseignants et les élèves des classes de terminale des lycées et collèges du Cameroun. Les contenus sont répartis en quatre grands modules conformément aux prescriptions du programme officiel. Dans ce manuel, l'étude du concept de résonance d'intensité est introduite au module 3 qui porte sur d'oscillations électriques en régime sinusoïdale forcées. Les objectifs assignés à ce module 3 dans le manuel sont les mêmes que ceux formulés dans le programme officiel à savoir ' l'explication du phénomène de résonance ^a, ' l'explication du phénomène de surtension à la résonance d'intensité^a, ' la détermination de la fréquence de résonance ^a, ' la détermination de la bande passante ^a et la ' détermination du facteur de qualité^a. La résonance d'intensité est abordée dans la séquence 3 du module qui est réservée à l'étude des oscillations électriques forcées en régime sinusoïdale. Le manuel propose deux activités à mener par les élèves pour l'apprentissage de ce concept. Il présente entre autres la définition des oscillations forcées, la définition de la résonance, du facteur de qualité, de la bande passante et de la puissance moyenne en régime forcées. La figure 2 suivante présente la définition de la résonance d'intensité dans le manuel scolaire.

Figure 24

Définition de la résonance d'intensité dans le manuel scolaire « Excellence en physique »^a (p.160)

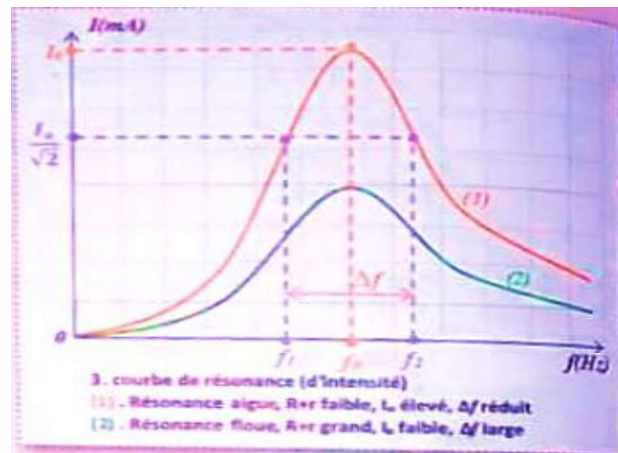


Un circuit RLC série est à la résonance d'intensité lorsque l'intensité efficace I du courant qui le traverse est maximale. La fréquence de la tension excitatrice est alors égale à la fréquence propre du circuit.

Pour réaliser l'étude expérimentale de la résonance d'intensité, le manuel ne présente le matériel à utiliser lors de la réalisation du montage électrique mais ne présente que les différentes courbes observées de la résonance d'intensité. Ces courbes sont représentées dans la figure 16 suivante.

Figure 25

Les courbes de résonance d'intensité. Extrait du manuel scolaire ' Excellence en physique ' (p.160).



Le manuel précise que ' le phénomène de surtension est observé lorsque l'amplitude de la tension observée à l'oscilloscope aux bornes du condensateur ou de la bobine est supérieure à l'amplitude de la tension délivrée par le générateur. ' a

5.1.2.2 Analyse d'une séquence d'enseignement dans le manuel de physique de terminale CDE et TI : analyse de la courbe de résonance d'intensité d'un circuit RLC en régime sinusoïdale forcé.

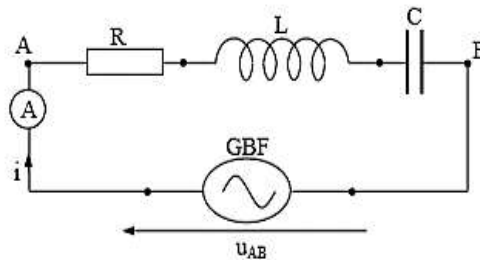
Dans cette partie, nous présentons un élément d'analyse du manuel scolaire de physique de terminale CDE utilisés dans les lycées et collèges. Cet exemple est tiré de la séquence de cours consacrée à l'étude de la « résonance d'intensité d'un circuit RLC en série ' a qui correspond selon le programme ‡ la réalisation schématique du circuit, au tracer de la courbe de résonance et ‡ son interprétation. Cette séquence de cours sera effectuée de manière traditionnelle.

La structure généralement adoptée dans le manuel repose sur la présentation d'une expérience, généralement sous forme d'une fiche d'activité en début de séquence avec une situation d'apprentissage et la réalisation du circuit.

La leçon débute par une partie ' expérimentale ' a qui permet de réaliser schématiquement le circuit en utilisant les symboles des composants électriques.

Figure 26

Schéma expérimental du dipôle RLC à la résonance d'intensité. Extrait du livre collection excellence en physique terminale CDE et TI. p.160



Les valeurs des composants sont : $L = 1 \text{ H}$ et $C = 10 \mu\text{F}$; $R = 100 \Omega$ ou $R = 300 \Omega$

La tension efficace U du GBF étant fixée, on fait varier sa fréquence N et on note les valeurs de l'intensité efficace I du courant qui circule dans le circuit RLC. Les résultats des mesures les deux valeurs de R figurent dans les tableaux respectifs ci-dessous pour $R=100 \Omega$ et $R = 300 \Omega$

Tableau 8

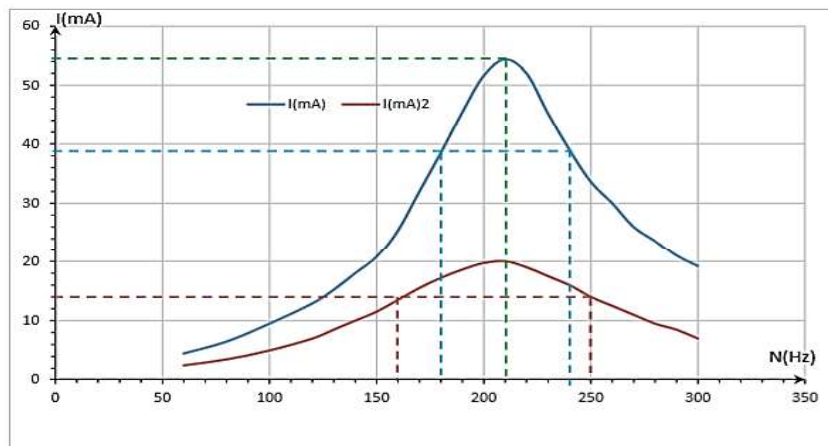
Les résultats des mesures de l'intensité du courant et de la fréquence

N(Hz)	60	80	100	120	130	140	150	160	170	180	190
I (mA)	4,5	6,5	9,5	12,9	15,2	18	20,8	25,4	32	38,5	45,4
N(Hz)	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
I (mA)	51,6	54,4	52,0	45,2	39,6	33,6	30,0	26,0	23,6	21,0	19,2

Le tracé des courbes $I = f(N)$ nous permettent d'avoir les courbes suivantes :

Figure 27

Les courbes à la résonance d'intensité. Extrait du manuel scolaire ' collection excellence ' en physique terminale cde et TI. p.162



L'exploitation de ces courbes, nous permettent de déterminer l'intensité et la fréquence de résonance. Lorsque la fréquence du GBF est égale à la fréquence propre du circuit, l'intensité efficace I du courant atteint sa valeur maximale notée I_0 : c'est la résonance d'intensité.

- Pour $R = 100 \Omega$: Le maximum d'intensité efficace I_0 est : $I_0 = 54,4 \text{ mA}$.

- Pour $R = 300\Omega$: Le maximum d'intensité efficace I_0 est : $I_0 = 20\text{mA}$.

D'après ces différentes valeurs obtenues on peut conclure que : l'intensité efficace I_0 du courant à la résonance diminue lorsque R augmente.

De même pour $R = 100\Omega$ et $R = 300\Omega$. La fréquence de résonance N_0 correspond à l'intensité I maximale. Graphiquement, on obtient pour les deux valeurs des résistances une même fréquence de résonance : $N_0 = 211\text{ Hz}$. On peut donc conclure que : La fréquence de résonance d'un circuit RLC est indépendante de la résistance R . La fréquence propre du circuit est égale à la fréquence de résonance.

5.2 L'apprentissage scolaire suivant les grandes orientations des théories de l'apprentissage dans le champ de la psychologie cognitive.

5.2.1 L'apprentissage suivant le model constructiviste

5.2.1.1 Définitions

Plusieurs définitions se trouvent dans les différents dictionnaires et ouvrages de référence.

- Constructivisme : théorie psychologique principalement inspirée de travaux de connaissance génétique de Jean Piaget. L'hypothèse générale de la théorie constructive est de considérer que par un processus d'assimilation et d'accommodation, le sujet construit activement ses schémas relatifs au monde physique et au monde social. (Martinard, 1994).
- Constructivisme : L'une des plus grandes figures du constructivisme au XXème siècle est la psychologie genevoise de Jean PIAGET. Sa théorie qui refuse tant l'empirisme que l'innéisme, décrit l'intelligence comme la forme la plus générale des coordinations des actions et opérations d'un sujet qui se construit en construisant, restructurant logiquement son environnement (action, développement cognitif, logique). Cette théorie est l'une des sources essentielles d'inspiration du courant constructiviste interdisciplinaire actuel en sciences cognitives (Osbonne, 1993).
- Constructivisme : En psychologie, position théorique qui admet que le développement d'un individu est un processus permanent de construction et d'organisation des connaissances, chaque état de connaissance est représentatif d'un niveau de développement. La théorie opératoire élaborée par Jean PIAGET est le plus célèbre des théories constructivistes [...] c'est l'interaction permanente entre l'individu et les objets (le monde) qui permet de construire les

connaissances d'où le nom de constructivisme attribué à cette théorie de l'acquisition des connaissances (Quintana-Roblès, 1997).

5.2.1.2 Choix du constructivisme comme démarche d'apprentissage des oscillateurs Électriques.

Notre Étude repose sur un cadre constructiviste, selon lequel les connaissances sont construites par des sujets, dans un contexte et des conditions spécifiques afin d'atteindre un but visé. Modéliser un phénomène physique en général et des oscillateurs Électriques en particulier rejoint une approche constructiviste de l'apprentissage, puisque cela tient compte des besoins de tous afin d'adapter l'accompagnement offert à chacun en fonction de ses forces et faiblesses, de son rythme, de ses intérêts et de son profil d'apprenant. Il n'y a pas de voie unique pour parvenir à un État de savoir, savoir-faire ou savoir-Être donné. Les théories d'apprentissage décrivent et cherchent à expliquer les différentes formes possibles de construction de comportement nouveau^a (Belebenie, 2017).

Dans le courant constructiviste, l'enseignant occupe le rôle d'accompagnateur : il aide l'apprenant à construire de nouveaux savoirs puis à les consolider au moyen d'activités pertinentes amenant l'apprenant à se questionner et à faire appel à ses connaissances et expériences antérieures pour résoudre les problèmes. Il a la tâche d'établir les règles, de donner des pistes de réflexion, puis de laisser l'apprenant découvrir la solution. Cette approche exige de la part de l'enseignant un haut niveau de compétences, car il lui faut notamment inventer des situations propices à l'enseignement de nouveaux savoirs. L'apprenant, quant à lui, agit comme décideur dans sa démarche de construction des connaissances. Il apprend au moyen de la découverte et de l'expérience ; il mobilise sa réflexion et ses schémas antérieurs pour en construire de nouveaux (Alipour, 2018, P. 13).

Dans le cadre des oscillateurs Électriques, une analyse faite dans le manuel scolaire de l'élève que la construction d'un savoir par les élèves nécessite une bonne transposition didactique du concept d'oscillateur électrique. L'enseignant propose alors une situation problème qui amène les élèves à une réflexion et que chacun doit proposer les éléments de réponse. On peut prendre comme exemple d'une situation problème le texte suivant : lors d'une visite d'étude à la radio concorde, les élèves de la terminale C du Collège bilingue Frantz Fanon apprennent d'un technicien que cette radio peut être captée sur la fréquence 92.5 kHz sur la bande FM. Il existe d'autres fréquences proches de celle de la radio. Chaque poste récepteur, pour éviter le chevauchement de station, doit avoir un circuit sélectif qu'on peut vérifier avec la courbe de résonance d'intensité. De retour en classe, ils veulent vérifier cette information.

Aider les a : tracer la courbe de résonance d'intensité, d'expliquer le phénomène de résonance d'intensité et de déterminer la fréquence de résonance.

Dans le cadre de cette situation, les Élèves mobilisent leurs connaissances antérieures afin de construire des nouvelles connaissances. Il va falloir qu'il se place dans un contexte où ils auront besoin des connaissances telles que : l'établissement de l'équation différentielle, l'expression de la fréquence propre du circuit RLC, l'identification de la courbe de résonance.

Pour le modèle constructivisme, apprendre c'est chercher à résoudre :

- la connaissance se construit, en transformant de représentations (qui sont des modèles explicatifs du monde : façons de voir et de comprendre le monde) et en créant un nouvel équilibre ;
- apprendre, c'est rompre avec ses représentations ;
- apprendre, c'est construire des concepts plus pertinents, de savoir-faire plus efficaces.

Pour PIAGET, apprendre c'est donc passer d'un état de déséquilibre (dû aux obstacles rencontrés) à un état d'équilibre supérieur. Le rééquilibre se fait à travers le processus de l'assimilation, accommodation qui génère une compétence nouvelle dans la mesure où la personne élargit son champ de compréhension et d'action : d'où la place aussi du socio constructivisme.

5.2.2 L'apprentissage suivant le model socio constructiviste

Il a été introduit par Vygotski à partir des années 1980 ; il se propose de considérer l'apprentissage comme une participation active à des activités en situation réelle, l'approche sociocognitive ou socio-constructive introduit une dimension supplémentaire à celle du constructivisme : celle des interactions, des échanges, de co-construction, de collaboration. Dans cette approche, l'apprentissage est alors considéré comme le produit d'activités sociocognitives liées aux échanges didactiques enseignant – Élèves et Élèves - élèves. C'est là que se manifeste la zone proximale de développement : l'écart existant entre le niveau actuel de l'enfant (ce qu'il est capable de produire seul) et son niveau potentiel (ce qu'il est capable de réaliser avec l'aide de l'adulte) (Alipour, 2018, p. 11).

Chez les socioconstructivistes, l'apprentissage est lié au contexte social, et par ricochet, nécessite une interaction sociale. Lorsque l'enseignant propose une situation problème au cours d'une séquence d'enseignement/apprentissage, l'élève développe ainsi la capacité à questionner, à trouver des solutions à une énigme au moyen d'une démarche et d'un raisonnement scientifique, en développant pour ce faire des habiletés diverses, ce qui permet à

l'élève de construire ses connaissances et d'acquérir des compétences dans l'action, se situant ainsi dans une logique constructiviste qui place l'apprenant au centre de l'apprentissage. La difficulté créée par la situation didactique au départ, ne donne pas toujours à l'apprenant la solution au problème posé. C'est à travers son sens d'investigation que l'élève mobilise les ressources nécessaires pour apporter la ou les solutions attendues (Alipour, 2018, P. 15).

Le concept d'oscillateur électrique est un concept difficile à appréhender dans l'apprentissage. L'utilisation d'un modèle pour illustrer ce concept permet à l'élève de se placer au centre des apprentissages. Cela peut nécessiter une expérimentation afin de confronter les résultats aux hypothèses théoriques. Ce travail peut se faire entre élève-élève et entre enseignant-élève.

Dans une salle de classe, il y aura collaboration entre les apprenants qui seront mis en situation d'apprentissage pendant les activités pédagogiques. C'est en effet à partir de leur expérience sociale que les apprenants donnent un sens aux activités d'apprentissage et au savoir. Les apprenants s'approprient mieux les savoirs, savoir-faire et savoir-être qu'ils ont contribué à installer, sur lesquels ils ont réfléchi ou effectué une recherche préalable. La formule de pédagogie participative du socioconstructivisme se révèle très motivante de par l'implication et l'autonomie qu'elle sous-entend. L'acquisition des connaissances passe par un processus qui va du social (connaissances interpersonnelles) à l'individuel (connaissances intra personnelles). Une nouvelle connaissance peut être soit subjective (propre à un individu), soit objective (commune à un groupe). L'enseignant, dans cette perspective, a un rôle de « facilitateur des apprentissages », de « médiateur ». Le professeur n'est plus celui qui sait et qui délivre son savoir. C'est un guide, un éducateur qui oriente les apprenants mais qui ne détient pas la solution clé en main. L'apprentissage est construit en deux schèmes : les schèmes représentatifs et les schèmes communicatifs. Les premiers correspondent à l'interaction avec le milieu dans ses aspects physiques, alors que les seconds correspondent à l'interaction avec le milieu social. La méthode socioconstructiviste s'appuie sur les représentations des élèves auxquelles les observations sont confrontées. De manière générale, l'instituteur va les mettre dans une situation telle que leurs représentations seront mises à l'épreuve. « L'observation n'est donc plus en soi le seul moteur de l'apprentissage. Le véritable moteur, c'est l'inadéquation, le déséquilibre, le conflit entre les idées ou modèles préexistants et les observations issues du monde extérieur. ^a Ce sont les élèves qui doivent trouver des hypothèses et déterminer comment les tester (Bachelard, 1938).

5.2.3 L'apprentissage suivant la théorie de la transposition didactique

La notion de transposition didactique est devenue de nos jours un usage courant en sciences de l'éducation et notamment dans les diverses didactiques des disciplines (Awomo, 2022, p.82).

5.2.3.1 La transposition didactique dans le processus enseignement/apprentissage.

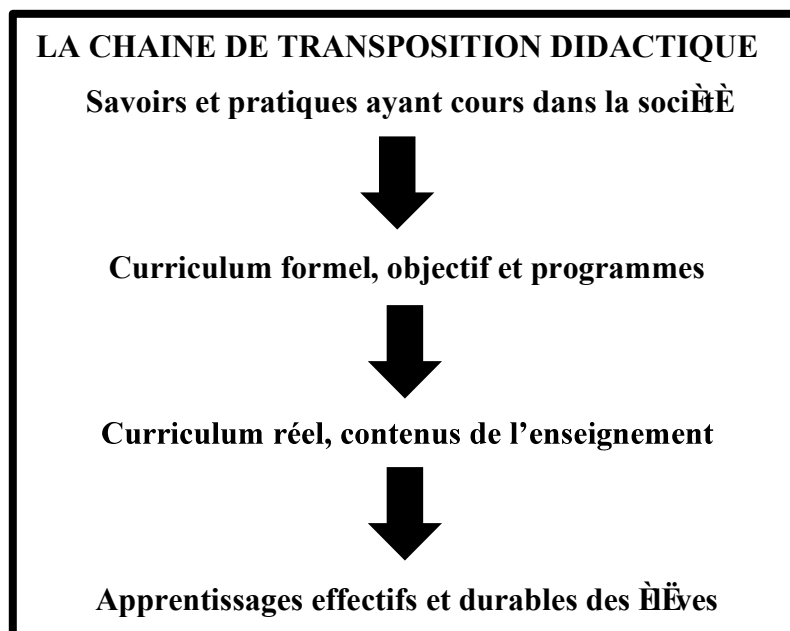
Le concept de transposition didactique qui est de nos jours fondamental dans le processus enseignement-apprentissage dans tous les domaines d'apprentissage a été créé par le sociologue Michel Verret en 1975.

Un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir ≠ enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte ≠ prendre place parmi les objets d'enseignement. Le "travail" qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement est appelé la transposition didactique (Moulioum Ndam, 2024, p.27).

Perrenoud (1998) propose la chaîne de transposition didactique (figure 1) où il ajoute d'une part, en dehors des savoirs savants, les pratiques sociales de référence et d'autre part, l'apprentissage effectif et durable des apprenants.

Figure 28

La chaîne de transposition didactique proposée par Perrenoud (1998)



Dans cette chaîne, en allant du haut vers le bas, la première flèche indique la transformation des savoirs savants et des pratiques sociales en programmes scolaires que Perrenoud et Chevallard ont appelé respectivement curriculum formel ou prescrit et

transposition didactique externe. La seconde flèche indique à son tour, la transformation des programmes en contenus effectifs de l'enseignement que Perrenoud et Chevallard ont respectivement nommé curriculum réel et transposition interne qui relève largement de la marge d'interprétation, voire de création des enseignants (Perrenoud, 1998). Enfin, la troisième et dernière flèche indique le processus d'apprentissage, d'appropriation, de construction des savoirs et des compétences dans l'esprit des élèves que Perrenoud a appelé apprentissages effectifs et durables des élèves.

La théorie de la transposition didactique nous parle d'un objet : les phénomènes de transposition didactique ; Car toute science a pour objectif d'éclairer le réel, en d'autres termes, ' Tout projet de science est indissociablement tentative continue de problématiser le réel ; de le faire apparaître comme problématique. En toute entreprise de science, la recherche des voies de la problématisation constitue le premier effort, mobilise les premières énergies, et peut seule assurer le décollage de l'œuvre collective. » (Chevallard, 1985). Partant du constat qu'entre les notions de mathématiques, de physiques des érudits savants aux notions de mathématiques et physiques enseignés à l'école primaire, au secondaire jusqu'à l'université il y'a un clivage, une distance ; et cette distance est relative de par nos origines culturelles et sociales. Il est donc important, de mettre sur pied des mécanismes de transmissions et d'acquisitions des savoirs, permettant de passer d'un savoir savant, à un savoir à enseigner, puis à un savoir appris (Joshua et Dupin, 1993, P.196).

En effet, l'enseignement d'un savoir, est toujours la réalisation d'un projet social, plus ou moins largement partagé, porté par au moins certains groupes sociaux. Le concept de transposition didactique, renvoyant donc au passage du savoir savant au savoir enseigner (Awomo, 2022, P.82). C'est un ' *Outil qui permet de prendre du recul, d'interroger les évidences, d'éroder les idées simples, de se déprendre de la familiarité trompeuse de son objet d'étude, bref, d'exercer sa vigilance épistémologique. Il est l'un des instruments de la rupture que la didactique doit opérer pour se constituer en son domaine propre ; il est ce par quoi l'entrée du savoir dans la problématique de la didactique passe de la puissance à l'acte. » (Chevallard, 1982, P.122).*

Pour l'enseignant, la transposition didactique vient ébranler sa pratique ; Car pour que l'enseignement d'un élément de savoir soit possible, il faudrait que cet élément subisse au préalable certaines déformations, qui le rendront apte à être enseigné ce qui nous montre que le savoir enseigné, diffère du savoir à enseigner. Voilà donc la clé du concept de transposition didactique. (Awomo, 2022, P.82).

5.2.3.1.1 Du savoir savant en savoir enseigner

La nécessité de la désynthétisation ne s'arrête pas au modèle, pris au sens de système des relations abstraites. Il s'étend aussi aux relations de ce système avec l'ensemble des situations expérimentales qui lui sont liées. « La désynthétisation du modèle savant en vue de son introduction progressive, celle-ci ajoute une rupture temporelle entre les expositions didactiques du phénomène et celles du (ou des) concept(s) et par la séquentialisation des niveaux d'approches du problème » (Joshua et Dupin, 1993, p. 205). Dans cette même lancée, un recours systématique à l'expérimental et au concret comme point de départ d'un enseignement est très souvent souhaité par les chercheurs en didactique des sciences physiques (Awomo, 2022, p.84).

Yves Chevallard (1985) propose les deux grandes étapes de la transposition didactique : il s'agit d'une part de la transposition didactique externe qui correspond au passage du savoir savant au savoir à enseigner, et d'autre part de la transposition didactique interne qui correspond au passage du savoir à enseigner au savoir enseigné (Chevallard, 1980).

Le savoir savant est appelé savoir scientifique ou savoir de référence, c'est un savoir scientifique produit par la communauté scientifique. Le savoir à enseigner est plus qu'une simple reformulation du savoir savant, c'est à dire le savoir qu'on retrouve décrit dans les programmes officiels et les manuels scolaires (Sowayssi, 2019, p.40). Le savoir enseigné, ou "savoir-tel-qu'il-est-enseigné" comme le nomme Chevallard (1989) est différent du savoir à enseigner (Chevallard, 1989). Le professeur s'approprie le savoir qui se trouve dans les manuels scolaires et le reconstruit à sa façon pour le mettre en œuvre dans la classe. Le savoir enseigné est donc associé à une classe particulière, il est en jeu dans les productions discursives de la classe (incluant les gestes) et correspond au savoir mis en œuvre dans la classe par le professeur et les élèves pendant les séquences d'enseignement (Tiberghien et al., 2008).

5.2.3.1.2 Du savoir savant au savoir à enseigner

Le premier type de transposition correspond au passage du savoir savant au savoir à enseigner, c'est la transposition externe car elle a lieu hors du système d'enseignement, hors de la classe. Parmi les savoirs savants, produits par la communauté scientifique, un choix sera fait pour sélectionner et déterminer ceux qui seront des objets d'enseignements et définir les programmes d'enseignement de chaque discipline scolaire (Sowayssi, 2019, p.41). Ce découpage du savoir enseigner au savoir partiel est ce que Chevallard appelle la noosphère.

La noosphère est alors formée par l'ensemble des personnes qui pensent les contenus d'enseignements comme les universitaires, les auteurs des manuels d'études, les représentants

du système d'enseignement, les didacticiens, les représentants du monde politique (Awomo, 2022, p.84).

5.2.3.2 Du savoir à enseigner au savoir enseigné

Le deuxième type de transposition correspond au passage du savoir à enseigner tels qu'il apparaît dans les programmes officiels et les manuels scolaires au savoir enseigné, c'est la transposition didactique interne car elle a lieu au sein de l'institution scolaire, au sein de la classe. C'est le travail de l'enseignant qui par sa pratique dans la classe conduit à l'apprentissage de ce savoir par les élèves (Chevallard, 1991).

Au regard de ces deux formes de transposition didactique, on peut aussi désigner une transposition intermédiaire. Il s'agit du travail collaboratif mené dans des groupes d'enseignants et de chercheurs en didactique qui construisent des ressources d'enseignement pour les enseignants en respectant le contenu des programmes officiels. Les professeurs avec leurs expériences d'enseignement, et les chercheurs avec leurs connaissances didactiques de la discipline pensent ensemble non seulement le quoi mais aussi le comment pour un meilleur apprentissage des élèves. Ils construisent la séquence d'enseignement en rédigeant exercices, activités et parties de cours (Sowayssi, 2019, p.42).

Cette pratique conduit à la construction d'un savoir intermédiaire entre le savoir à enseigner et le savoir enseigné, elle précède la transposition didactique interne qui se fait dans la classe. Dans le cadre de cette recherche nous allons étudier le cas d'une séquence d'enseignement construite suivant cette pratique innovante concernant les oscillateurs électriques.

5.2.3.3 Contraintes de la transposition didactique

Chevallard distingue en fait deux types de contraintes qui conditionnent la transformation des objets de savoir à l'occasion de la transposition didactique :

- des contraintes externes liées à la place du système d'enseignement dans la société et aux relations qu'il est amené à entretenir avec son environnement ;
- des contraintes internes qui interviennent dans le traitement par lequel un objet de savoir, désigné pour être enseigné, devient un objet d'enseignement.

Nous nous intéressons aux contraintes internes dans le cadre de la présente étude. Chevallard énumère cinq contraintes inhérentes au système didactique, toutes empruntées au sociologue Michel Verret. Ces contraintes correspondent à la désynchronisation du savoir, la dépersonnalisation du savoir, la publicité du savoir, la programmabilité du savoir et le contrôle social des apprentissages. Nous nous attarderons particulièrement sur la désynchronisation et la

programmabilité du savoir appliqués : l'étude de la résonance d'intensité en classe de terminale scientifique (Élèves de 17-19 ans).

Par désyncrétisation du savoir, Chevallard entend le découpage d'un savoir complexe en champs spécialisés : les liens qui existaient entre les éléments de savoir des chercheurs sont rompus. La conséquence majeure qui découle de cette délimitation est qu'elle fait perdre sa cohérence au savoir scientifique. *« la désynchronisation du modèle savant en vue de son introduction progressive, celle-ci ajoute une rupture temporelle entre les expositions didactiques du phénomène et celles du (ou des) concept(s) et par la séquentialisation des niveaux d'approches du problème »* (Johsua et Dupin, 1993, p. 205). La rupture évoquée par Johsua et Dupin se situe en situation d'enseignement entre le registre empirique et le registre des modèles.

La programmabilité du savoir consiste à organiser le savoir de manière linéaire et selon un ordre "logique" dans un temps accordé par les instructions officielles et défini dans les programmes scolaires pour aborder une notion. Cela conduit à un découpage du savoir à enseigner en savoirs partiels. C'est la noosphère qui est responsable de la programmabilité du savoir. Ainsi, et contrairement aux apparences, les savoirs à enseigner ne s'imposent pas d'eux-mêmes, mais ils sont toujours largement reconstruits et axiomatisés, en fonction de besoins didactiques et sociaux (Awomo, 2022, p. 83). Mais si l'on se place cette fois du point de vue du savoir enseigné, interviennent les adaptations particulières : chaque enseignant, il convient alors, de distinguer une progression linéaire et une progression logique.

- La première est définie par les programmes ; elle fixe un rythme linéaire pour les principaux apprentissages et pour l'acquisition des différentes notions.
- La seconde règle la linéarité du cours. Par rapport à ce dernier point Chevallard insiste sur le fait que le savoir à enseigner est amené à progresser dans le temps à partir d'une contradiction « ancien-nouveau ». Le savoir à transmettre étant ici explicitement défini, il devient savoir à enseigner. Chevallard insiste sur le poids de cette contrainte, tant dans le choix des objets de savoir à transposer qu'au niveau de certaines transformations appliquées à ces objets (Tiberghien et Develay, 1989),

La progression du savoir à enseigner dans le temps à partir d'une contradiction « ancien-nouveau » soulignée par Chevallard est comprise, du point de vue des niveaux de signification, en termes de développement des significations d'un objet d'apprentissage. En effet, dans cette progression, un concept jadis axiomatique voit s'enrichir sa signification qui se rapproche de plus en plus de sa signification scientifique (Awomo, 2022, p. 85).

5.3 Raisonnement : des idées tacites aux réponses manifestes

Dans le cadre de la didactique des sciences physiques, Mouliom Ndam se base sur les travaux de la psychologie cognitive pour démontrer que les idées et les concepts sont reconstruits dans la tête des personnes qui font le raisonnement, et du fait que l'accès à leurs modèles mentaux est impossible de l'extérieur, ils sont tacites (inexprimés). De ce fait, la sollicitation de la réponse à une question, nécessitant la mobilisation desdits modèles mentaux (idées ou concepts), déclenche immédiatement le mécanisme du raisonnement qui engendre une réponse qui, à son tour, est manifeste (Mouliom, 2024, p.97). Mais puisque le raisonnement (savoir réfléchir) est la capacité d'un individu à faire appel à sa raison pour dominer ses réponses trop rapides et impulsives (intuitions, croyances et émotions) (Mouliom, 2024), la question qui se pose est celle de savoir quel type de lien le raisonnement entretient avec les conceptions alternatives ? dominer ses réponses trop rapides et impulsives (intuitions, croyances et émotions) la question qui se pose est celle de savoir quel type de lien le raisonnement entretient avec les conceptions alternatives ?

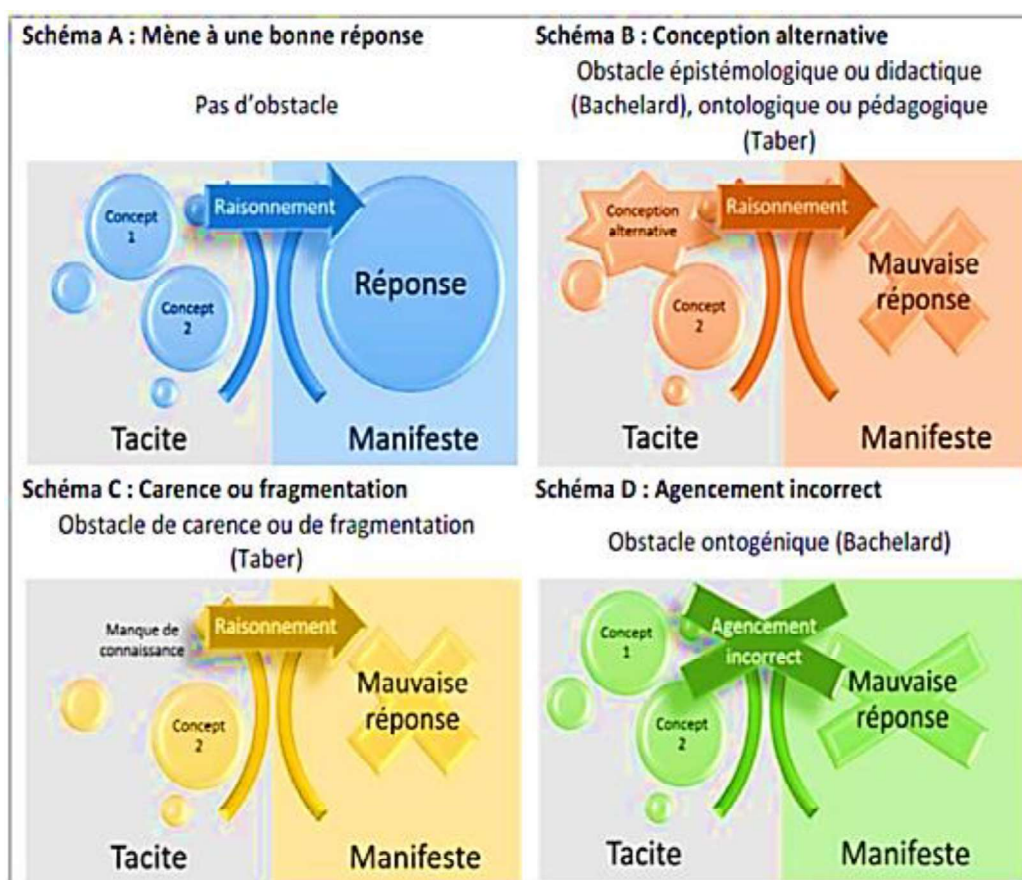
Une réponse à cette question vient une fois de plus de l'étude de Mouliom Ndam (2024) dans laquelle elle résume en quatre catégories (voir figure 19) la façon dont les modèles mentaux tacites mènent à une réponse manifeste (modèles mentaux réponse). Dans sa catégorisation, Caroline Cormier prend en compte les différentes typologies d'obstacles répertoriées en éducation, plus particulièrement dans l'apprentissage des sciences, et qui prédisposent les apprenants à formuler les mauvaises réponses. Parmi les typologies d'obstacles, nous avons :

- les obstacles épistémologiques, les obstacles ontogéniques et les obstacles didactiques catégorisés par Gaston Bachelard dans l'apprentissage des sciences (Bachelard, 1967). Les obstacles ontogéniques sont attribuables au niveau de développement cognitif des apprenants ; les obstacles épistémologiques attribuables, à leur tour, à la nature et à l'évolution historique même des concepts scientifiques ; et enfin les obstacles didactiques qui trouvent leur source dans l'enseignement lui-même ;
- les obstacles liés à une carence conceptuelle, les obstacles de fragmentation, les obstacles ontologiques et les obstacles pédagogiques. Les obstacles liés à une carence conceptuelle et les obstacles de fragmentation sont liés aux lacunes ou à un manque d'organisation dans les connaissances des apprenants. Ils sont souvent moins problématiques et peuvent être corrigés très facilement par des interventions didactiques simples ou moins lourdes. Les obstacles ontologiques

proviennent, à leur tour, de l'incompatibilité des objets d'enseignement avec les conceptions des apprenants du monde. Les obstacles pédagogiques, équivalents aux obstacles didactiques de Gaston Bachelard, trouvent également leur origine dans l'enseignement, c'est-à-dire lorsque les objets d'enseignement présentés aux apprenants entrent en contradiction avec l'apprentissage effectué précédemment par exemple (Cormier, 2014).

Figure 29

Schématisation des processus des modèles mentaux tacites qui conduisent à une réponse manifeste (Mouliom Ndam, 2024, p. 99)



Mouliom Ndam explique les modélisations de ces différents mécanismes cognitifs que les apprenants mettent en scène lorsqu'ils sont appelés à fournir des réponses (mauvaises ou bonnes) à des questions comme suit :

- dans la mémoire de l'apprenant, le mécanisme de raisonnement qui conduit à une bonne réponse (schéma A) s'appuie sur un modèle mental construit qui est cohérent avec la théorie scientifiquement acceptée. C'est la raison pour laquelle ce type de raisonnement conduit à une réponse correcte, puisqu'il est fondé sur la logique. Par conséquent, malgré que deux

concepts coexistent dans le cerveau de l'apprenant qui donne une bonne réponse, il parvient tout de même à les coordonner de façon appropriée dans un processus de raisonnement ;

- dans le processus de raisonnement qui conduit plutôt à une mauvaise réponse, plusieurs cas de figure se présentent. Premièrement, la présence d'une conception alternative dans les modèles mentaux de l'apprenant (schéma B). Bien que cette conception alternative ne soit pas en elle-même la réponse à la question, le simple fait que le raisonnement de l'apprenant s'appuie sur elle, peut, malgré tout, conduire à la formulation d'une mauvaise réponse même si ce raisonnement s'avère logique. Deuxièmement, la mauvaise réponse peut aussi provenir du fait qu'un apprenant manifeste une carence ou une fragmentation d'outil conceptuel nécessaire pour mener un raisonnement logique afin de répondre à une question (schéma C). Cette situation peut se justifier par le fait que soient ces outils conceptuels ne lui ont jamais été enseignés, soit il ne les a en réalité jamais appris ou conceptualisés. Dans ce cas précis, Mouliom Ndam (2024) reprenant Cormier (2014) suggère de surmonter au préalable cet obstacle avant que tout autre apprentissage dans le domaine soit entrepris ; de peur que le nouveau matériel d'apprentissage soit incompris s'il ne peut pas s'attacher sur des connaissances antérieures existantes. Toujours dans ce cas du schéma C, la mauvaise réponse peut plutôt provenir des connaissances présentes dans la mémoire de l'apprenant en morceaux et dont il ne perçoit pas leur utilité ou la relation avec la situation à laquelle il fait face. Mais du fait de l'impossibilité d'accéder de l'extérieur aux modèles mentaux tacites et des difficultés qui entourent le sondage des connaissances en fragments dans la mémoire de l'apprenant (Mouliom, 2024, p.100). Enfin, une mauvaise formulation de la réponse à une question par l'apprenant peut provenir d'une inadéquation entre les exigences conceptuelles d'un contenu enseigné et le degré de compétence de raisonnement des élèves à qui ce contenu est enseigné (schéma D). C'est-à-dire dans le raisonnement les concepts appropriés sont invoqués pour construire la réponse, mais la façon dont ils sont mis en relation les uns avec les autres mène à la mauvaise réponse. C'est la raison pour laquelle Mouliom Ndam parle de l'agencement incorrect de concepts dans ce cas (Mouliom, 2024).

6 Questions, hypothèses et objectifs secondaires

6.1 Questions secondaires

Nous avons élaboré notre question principale de la manière suivante : **Quelles sont les conceptions des apprenants de la classe de terminale scientifique sur le concept d'oscillateur électrique ?**

Les questions secondaires qui en découlent sont définies telles que :

6.1.1 Question secondaire 1

Quels sont les types de conceptions des Élèves de terminales scientifiques sur le concept d'oscillateurs électriques ?

6.1.2 Question secondaire 2

Quelles sont les origines des conceptions des Élèves de terminales scientifiques sur le concept d'oscillateurs électriques?

6.2 Hypothèses de recherche

Cette recherche ayant été motivée par un problème de fond et donc l'hypothèse générale est **les Élèves des classes de terminales scientifiques camerounais ayant reçu un enseignement sur le concept d'oscillateurs électriques présentent toujours plusieurs conceptions alternatives sur ce concept.** Ainsi, nous formulons nos hypothèses secondaires de la manière suivante :

6.2.1 Hypothèse secondaire 1

Les conceptions des élèves de terminale scientifique sur le concept d'oscillateurs électriques sont classées suivant des obstacles d'ordre ontologique, épistémologique et didactique.

6.2.2 Hypothèse secondaire 2

Les Élèves de terminale scientifique camerounais possèdent des conceptions sur le concept d'oscillateurs électriques dont les origines sont d'ordre psychogénétique, épistémologique et didactique.

6.3 Les objectifs de recherche

Dans le cadre de notre étude, nous avons pour objectif général **d'identifier les conceptions des élèves de classe de terminale scientifique sur le concept d'oscillateurs électriques au Cameroun.** Nos objectifs secondaires sont définis ainsi que suit :

6.3.1 Objectif secondaire 1

Nous voulons déterminer les origines des conceptions des Élèves de terminales scientifiques dans l'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques.

6.3.2 Objectif secondaire 2

Nous voulons répertorier la typologie des conceptions des Élèves de terminales scientifiques sur le concept d'oscillateurs électriques.

Nous avons présenté les différents éléments théoriques dégagés de l'ensemble des recherches exposées précédemment et sur lesquels notre étude empirique s'appuie. Nous avons défini dans ce présent chapitre : Les définitions des concepts liés à notre étude ; l'étude historique et épistémologique du concept oscillateur électrique ; l'étude théorique du concept d'oscillateurs électriques ; l'étude des conceptions des apprenants ; les questions, hypothèses et objectifs secondaires

Ce bilan des travaux sur les difficultés d'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques en classe terminale scientifique dans les lycées et collège en contexte camerounais n'a jamais été étudié. C'est pourquoi nous avons choisi de conduire une recherche sur la question et développerons notre cadre méthodologique dans la partie suivante.

**PARTIE 2 : CADRE
METHOLOGIQUE
ET OPERATOIRE
DE LA
RECHERCHE**

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Dans le présent chapitre, nous avons explicité, dans un premier temps, les motivations qui sous-tendent le type de recherche choisi dans le cadre de notre étude. Dans un second temps, la description de la population de notre étude et de l'outil de collecte des données utilisé est faite, ainsi que les raisons qui ont conduit à leur choix. Par la même occasion, la description du déroulement de la collecte et de l'analyse des données est donnée.

1 Le type de recherche, le site de l'étude et la population étudiée

1.1 Le type de recherche

En guise de rappel, la présente recherche vise à identifier les conceptions des apprenants camerounais des séries scientifiques (terminales) de l'enseignement secondaire général lorsqu'ils étudient le concept d'oscillateurs électriques. Pour faire cela, dans un premier temps, nous allons répertorier la typologie des conceptions des élèves de terminales scientifiques sur le concept d'oscillateurs électriques. Dans un second temps, nous allons déterminer les origines des conceptions des élèves de terminales scientifiques dans l'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques.

À cet égard, la présente recherche est de type quantitatif. Elle vise, grâce à un test papier-crayon à trois paliers qui sera décrit par la suite, à déterminer les causes des conceptions des apprenants. Cette démarche est adoptée parce qu'elle nous permet d'identifier et de catégoriser la typologie des conceptions des élèves interrogés ainsi que leurs origines lorsqu'ils étudient le concept d'oscillateurs électriques.

1.2 Le site de l'étude

Au début de notre travail, nous avons voulu élargir au maximum notre terrain de recherche (lycées et collèges) mais nous étions toutefois soumis à de nombreuses contraintes, notamment des raisons financières et temporelles, ce qui nous a amené à restreindre notre recueil de données à cinq établissements (un lycée et quatre collèges) d'enseignement secondaire général. Il s'agit de ceux dont la proximité nous est plus confortable.

À cet effet, nous avons restreint notre étude dans le département du Mfoundi, plus précisément dans l'arrondissement de Yaoundé 4. Notre étude se fera dans les établissements d'enseignement secondaire général plus précisément dans les deux Collèges Bilingues Frantz Fanon, le Lycée Bilingue d'Ekounou, les deux Collèges Marie Albert.

1.3 Population d'étude

Les participants de la présente recherche sont des élèves du secondaire. Ils sont issus des différentes classes de séries scientifiques notamment en terminales C, D et TI du second cycle

des établissements d'enseignement secondaire général du Cameroun. Âgés entre 17 et 21 ans. Ce choix est motivé d'une part par le fait qu'ils ont déjà reçu un enseignement sur les circuits Électriques RLC en série, plus précisément sur les régimes sinusoïdaux forcés et libres au cours de l'année scolaire. D'autre part, ce choix est aussi motivé par notre intention d'identifier globalement les principales difficultés que rencontrent les élèves de terminales scientifiques interrogés lorsqu'ils mobilisent ou conceptualisent le concept d'oscillateurs électriques.

Nous prenons comme Échantillon soixante (60) élèves qui seront soumis à l'étude. Les critères de sélection est basé sur un choix aléatoire. La répartition desdits élèves est consignée dans le tableau 1 suivant.

Tableau 9

Nombre d'élèves recrutés par établissement

..tablissements	Classes			Total par Établissement
	T ^{le} C	T ^{le} D	T ^{le} TI	
Collège Bilingue Frantz Fanon Kondengui	07	04	02	20
Collège Bilingue Frantz Fanon ' le Majestueux ^a	03	04	00	
Collège Marie Albert 1	06	04	01	20
Collège Marie Albert 2	06	03	00	
Lycée Bilingue d'Ekounou	10	08	02	20
Total par classes	32	23	05	60

2 Méthode de collecte des données et justification du choix de l'outil de collecte de données

Dans cette partie, il s'agit de présenter les méthodes de collecte liée à notre étude et le justificatif du choix de l'outil de collecte de données

2.1 Méthode de collecte des données

Les données liées aux conceptions des élèves lorsqu'ils sont interrogés sur des questions liées aux oscillateurs Électriques, ainsi que sur les concepts Élémentaires qui organisent son apprentissage ont été recueillies au courant des mois de mars 2025 à l'aide d'un questionnaire. Ce questionnaire leur est adressé directement par leurs enseignants de physique † leurs heures de cours respectives dans les classes de séries C, D et TI. Il est conçu sous forme de tests papier-crayon † trois paliers ou niveaux, de telle sorte qu'ils puissent répondre aux différentes questions que ce dernier comporte en opérant † chaque fois au premier niveau, un choix parmi les réponses qui leur sont proposées pour chacune des questions. Par la suite, au deuxième niveau, ils doivent justifier ou exprimer librement le raisonnement qui a conduit au choix fait au premier niveau. Enfin, ils doivent indiquer au troisième niveau, le degré de confiance qu'ils

accordent à leurs choix ainsi qu'à leurs justifications. Pour ce faire, ils disposaient de 50 min au maximum pour répondre aux neuf questions du questionnaire. Ils doivent eux-mêmes lire et répondre directement par écrit sur les feuilles du questionnaire.

2.2 Justification du choix de l'outil de collecte de données

Dans la partie théorique, plusieurs études didactiques que nous avons présentées ont montré que les difficultés d'apprentissage conceptuel en sciences physiques et plus particulièrement en physique peuvent être liées aux conceptions alternatives présentes dans la mémoire à long terme de l'apprenant. La conception alternative a été retenue pour désigner les idées fausses d'un apprenant sur un objet d'apprentissage, car nous avons défini une conception comme une représentation mentale ou une idée qu'une personne a vis-à-vis du fonctionnement des choses et qui sous-tend sa compréhension du monde. Bien entendu que cette idée peut être pertinente dans un contexte et non-pertinente dans un autre contexte. Nous avons aussi montré dans la partie théorique que les difficultés d'apprentissage peuvent également être liées aux carences conceptuelles, aux mauvais agencements conceptuels, à l'utilisation de l'outil mathématique, au niveau du développement cognitif de l'apprenant, etc. Nous avons ainsi choisi un test à trois niveaux pour collecter nos données.

Les tests à trois niveaux ou paliers ont été développés sur la base des études menées sur le développement des outils de collectes de données dans le cadre des recherches en didactiques des sciences. À ce sujet, Mouliom Ndam (2024) a analysé et comparé les instruments de diagnostic des conceptions des apprenants développés et utilisés dans 273 articles publiés en didactique des sciences entre 1980 et 2014. Il ressort de cette analyse que les outils de diagnostic des conceptions des apprenants les plus couramment utilisés sont les guides d'entretien (53 %) suivi des questionnaires. En ce qui concerne les questionnaires, les tests ouverts (34 %) et les tests à choix multiples classiques (32 %) sont les plus utilisés comparativement aux tests à plusieurs niveaux (13 %).

De plus, au cours de l'entretien, les préjugés de l'intervieweur peuvent influencer les résultats et l'analyse des données est un peu difficile et fastidieuse aussi. De même, l'utilisation de la carte conceptuelle exige que les élèves soient capables de maîtriser le vocabulaire dans l'ordre afin d'exprimer leurs idées de manière logique. Pareillement, l'utilisation des questions ouvertes, bien qu'elle permette à l'apprenant de mieux réfléchir afin d'élaborer sa réponse, n'est malheureusement réalisable qu'avec des échantillons réduits limitant ainsi la généralisation des résultats à l'ensemble de la population-cible.

Toutefois, il ressort aussi que la recherche faite par Mouliom Ndam (2024) mentionne que les tests à choix multiples classiques font partie des instruments papier-crayons de collecte

des données les plus utilisées et les plus appréciées par les enseignants de sciences et les chercheurs en didactique des sciences. Ils sont faciles à noter et à administrer. Ils permettent aux enseignants et aux chercheurs d'évaluer efficacement la compréhension des élèves ou leurs idées fausses sur les concepts scientifiques qu'on veut leur faire acquérir, afin de mieux planifier leur remédiation à l'aide des approches pédagogiques appropriées. Les tests à choix multiples permettent aussi de couvrir un large éventail de sujets en un temps relativement court, comparativement à d'autres méthodes. Ils sont objectifs en termes de notation et donc plus fiables. Ils sont également bons pour les étudiants qui connaissent leur sujet, mais ont une mauvaise main d'écriture. Ces paramètres font des tests à choix multiples des alternatives viables aux entretiens et d'autres outils qualitatifs pour évaluer la compréhension des élèves ou pour déterminer la prévalence et la distribution des idées fausses dans une population.

Les questionnaires à choix multiples à plusieurs niveaux innovent par le fait qu'ils permettent à la fois d'identifier les difficultés des apprenants et leurs origines à travers le raisonnement que ces derniers proposent pour justifier leurs choix. Parmi eux, nous avons les tests à l'aide d'items à choix multiples à deux paliers développés principalement par Treagust (1988). Le premier niveau est constitué des questions à choix multiples avec une seule réponse juste et des réponses distractrices. Parmi les réponses distractrices, l'on doit y retrouver celles qui tiennent compte des conceptions alternatives des apprenants déjà identifiées dans d'autres études semblables ou par une étude préliminaire et celles qui peuvent être attribuées à un manque de connaissances. Le deuxième niveau est réservé aux raisonnements où l'interrogé doit justifier le choix de la réponse qu'il a opérée au premier niveau pour permettre au chercheur de déceler le type de raisonnements qui sous-tend ce choix. Ce niveau peut être présent sous deux formes. Une première qui consiste à présenter à l'enquêté, comme au premier palier, plusieurs modes de raisonnements au choix. Et parmi ces raisonnements, un doit être scientifiquement correct et les autres raisonnements doivent être des conceptions alternatives des apprenants déterminées par les tests préliminaires, des entretiens, les questions ouvertes ou dans la littérature. Une deuxième qui est plutôt ouverte pour laisser l'enquêté exprimer librement sa pensée ou son raisonnement. Cette dernière forme est difficile à dépouiller, mais très révélateur des raisonnements qui conduisent aux réponses fournies par les enquêtés et peut bien remplacer les questions d'entrevue (Mouliom Ndam, 2024. p.163).

Dans les tests à trois niveaux, en plus de deux premiers niveaux du questionnaire à deux paliers, un troisième niveau est ajouté. Il s'agit d'une échelle demandant le niveau de confiance que les apprenants accordent à leurs réponses aux deux premiers niveaux. Les tests à trois niveaux ont aussi l'avantage de discriminer les apprenants en manque de connaissances ou les

apprenants qui agencent mal les concepts appris lors de la résolution des tâches qui les impliquent, de ceux qui ont les conceptions non scientifiques ou alternatives face à un concept (Mouliom Ndam, 2024.p.166).

3 ..laboration et validité du questionnaire

3.1 ..laboration du questionnaire

Le questionnaire que nous avons élaboré est constitué de neuf questions. Parmi ces questions, deux (Q1 jusqu'à Q2) sont centrées sur les notions élémentaires pivots qui sont nécessaires pour sa conceptualisation du concept d'oscillateurs électriques (la charge et la décharge d'un condensateur, l'utilisation de la base de Fresnel). Ces questions sont présentées aux apprenants, soit sous la forme littérale et sous forme schématique. L'utilisation de la représentation graphique (schématique) pour vérifier si les élèves peuvent identifier les composants du circuit électrique.

Toutes ces questions sont élaborées à partir des conceptions répertoriées dans les écrits scientifiques, et de notre expérience d'enseignement en physique. Le premier palier de chacune de ces neuf questions propose plusieurs réponses aux choix parmi lesquelles une seule réponse est juste et les autres sont des réponses distrayantes. Le deuxième palier de chacune d'elles est ouvert pour laisser la latitude à chaque participant d'exprimer librement le raisonnement qui a guidé le choix qu'il a opéré au premier palier. Enfin, le troisième palier permet à chaque participant de signifier s'il est sûr ou pas de ses réponses. En plus du niveau de confiance que les apprenants accorderont à leurs réponses, les raisonnements qu'ils proposeront aussi au deuxième palier de chaque question vont jouer un rôle très important dans cette recherche. Car les combinaisons des réponses des trois paliers que nous présenterons dans la partie suivante vont nous permettre de distinguer les apprenants qui manifestent un manque de connaissances conceptuelles de ceux qui agencent mal les concepts appris ou qui ont les conceptions alternatives. Cela lorsqu'ils mobilisent leurs ressources sur le concept d'oscillateurs électriques ainsi que les notions pivots qui organisent son apprentissage pour répondre de façon erronée aux questions qui les impliquent.

Dire qu'on pose un diagnostic des conceptions des apprenants reviendrait à considérer ces conceptions comme nécessairement fautives, alors que d'une part, les conceptions même les plus squelettiques peuvent servir de tremplin à l'apprentissage d'une notion scientifique, et que d'autre part, les observations scientifiques, dans une perspective constructiviste, ne sont pas des vérités fondamentales, mais plutôt une construction efficace dans le cadre d'un projet défini par la communauté (Cormier, 2014).

Un exemple des questions à trois paliers inclus dans le questionnaire de la présente recherche est présenté selon le modèle suivant

Question 1 : Un condensateur, soumis à la tension $U = 10 \text{ V}$, présente, sur une plaque, la charge $q = 10^{-5} \text{ C}$.

1.1. Calculer la capacité de ce condensateur	a) $C = 100 \text{ kF}$; b) $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$; c) $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$ d) Autre réponse à préciser.....
1.2. Justifier votre réponse :	
1.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Oui b) Non

Dans l'élaboration dudit questionnaire, nous avons choisi de limiter le nombre de questions pour donner le temps aux participants de bien justifier leurs réponses. Car lorsque nous avons examiné plusieurs recherches similaires à la nôtre visant à identifier les conceptions des apprenants lors de la résolution des problèmes sur le concept d'oscillateurs électriques. Nous avons fait certains constats. Premièrement, le nombre de questions était supérieur à vingt. Deuxièmement, les questions centrées sur un des objets de leur recherche, à savoir les circuits électriques en électrocinétique, étaient placées à la fin du questionnaire. Par conséquent, aucune conclusion n'a été tirée sur la plupart de ces questions, car plus de 65 % des étudiants interrogés n'avaient pas répondu à ces questions. Et lorsque ces chercheurs les ont interviewés pour comprendre la cause, ils ont constaté que plus de trois-quarts ont déclaré qu'ils étaient fatigués et c'est la raison pour laquelle ils n'ont pas répondu à ces questions (Mouliom, 2024. P.170).

Dans ce questionnaire, nous avons aussi tenu compte du fait qu'il est nécessaire pour les apprenants d'avoir des connaissances conceptuelles profondes et qualitatives qui vont au-delà du simple maniement des formules et des nombres pour répondre aux différentes questions. Parce que plusieurs études antérieures en didactique de la physique portant sur les concepts en électrocinétique que nous avons présentées dans la problématique montrent que les apprenants ont des difficultés conceptuelles sur la notion d'oscillateurs électriques, même après son enseignement, malgré le fait qu'ils peuvent répondre correctement aux questions dans les exercices numériques. C'est la raison pour laquelle les questions de notre questionnaire abordent plusieurs aspects conceptuels clés que l'apprenant doit maîtriser pour mieux conceptualiser le concept d'oscillateurs électriques. Parmi ces aspects conceptuels, nous avons :

- La charge et la décharge d'un condensateur : l'élève doit pour déterminer soit la tension de charge, soit la capacité du condensateur ou soit la charge portée par les armatures du condensateur.
- La représentation de Fresnel : l'élève doit être capable d'appliquer la représentation de Fresnel dans un montage comportant en série les dipôles RL, RC ou LC.

Ces notions de base ont été formulées dans les questions 1 et 2 de notre questionnaire.

3.2 Validation du questionnaire

Lorsque nous avons terminé la conception du questionnaire, il a été évalué par trois enseignants expérimentés de la physique au secondaire ayant chacun au moins 10 ans de service et titulaire d'un Master en didactique de la physique en plus de leur diplôme de qualification. Il a également été évalué par un enseignant d'université détenant un Doctorat PhD en didactique de la physique. Cela dans le but de s'assurer que toutes les questions essentielles à l'atteinte de nos objectifs ont été posées et bien formulées, et que les réponses proposées étaient aussi suffisamment claires. C'est à la suite de ces évaluations que le questionnaire a reçu sa forme définitive comportant environ 3 pages.

Pour sa validation finale, il a été soumis à 8 élèves de terminale C qui ne participaient pas à l'enquête. Cela pour nous rassurer également que la formulation des questions ne posait pas de problème de compréhension chez les apprenants et que les 30 min accordées sont suffisantes pour répondre à toutes les questions. À la suite de cette validation, certaines questions ont été révisées en fonction des commentaires des élèves lorsqu'ils étaient jugés comme pertinents et le temps définitif pour répondre au questionnaire arrêté à 50 min.

4 Analyse a priori du questionnaire

Notre questionnaire est divisé en deux thèmes qui constituent les oscillateurs électriques en régime sinusoïdale libre et forcés.

4.1 Analyse des questions du premier thème : oscillations électriques libres

Il s'agit des questions 1, 2, 3 et 4.

4.1.1 Analyse de la première question

La première question est centrée sur la détermination de la capacité d'un condensateur. Elle va comme suit : un condensateur, soumis à la tension $U = 10 \text{ V}$, présente, sur une plaque, la charge $q = 10^{-5} \text{ C}$.

1.1. Calculer la capacité de ce condensateur	a) $C = 100 \text{ kF}$; b) $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$; c) $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$; d) Autre réponse ; préciser.....
1.2. Justifier votre réponse :	
1.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S° re b) Pas s° re

Plus précisément, il s'agit de déterminer la capacité d'un condensateur. Dans ce cas, la tâche devrait être probablement assez facile pour l'apprenant, car il doit tout simplement appliquer la formule mathématique qui permet de calculer la capacité du condensateur qui est la suivante : $C = \frac{q}{U}$ et faire l'application numérique. La réponse correcte est donc la proposition (c) ; savoir $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$ avec une justification pertinente et être sûr de sa réponse.

L'apprenant qui va choisir d'autres réponses (a ou b) ou qui va proposer autre réponse (d) a des conceptions alternatives ou ; un manque de connaissances sur la notion de la capacité d'un condensateur. Cela en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'il accordera à sa réponse. Notons aussi que, le choix de la proposition (d), où l'apprenant propose autre réponse, peut surtout être dû ; une erreur de calcul liée ; une mauvaise coordination conceptuelle de la part de l'apprenant.

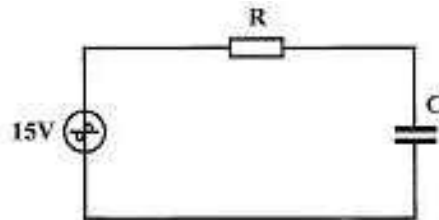
Par exemple, celui qui va choisir la réponse (a) fait une confusion conceptuelle entre la la capacité du condensateur et l'inverse de la charge électrique et, par conséquent, ne maîtrise pas soit la définition de la capacité, soit la formule pour la calculer. Celui qui choisit la réponse (b) fait, en plus d'une confusion conceptuelle entre la capacité du condensateur et la tension électrique (il utilise plutôt la formule $C = q \cdot U$ au lieu de $C = \frac{q}{U}$). Par conséquent, ces catégories d'apprenants, en fonction des justifications qu'ils vont proposer et du niveau de confiance qu'ils accorderont à leurs réponses, manquent peut-être de connaissances sur la notion de capacité ou ont des idées fausses sur la capacité (conceptions alternatives), car ils ne tiennent pas compte la formule de la tension d'un condensateur qui est $U = \frac{q}{C}$.

Enfin, les apprenants qui opteront pour la réponse (c) ont peut-être une compréhension de la notion de la capacité d'un condensateur, mais ne parviennent pas à la mobiliser correctement dans des situations conceptuellement problématiques comme celle-ci. Ils puisent plutôt leur inspiration dans leur cadre routinier interprétatif où dans un exercice, dès qu'il y a la tension et la charge électrique, on procède directement au calcul de la capacité sans vérifier

qu'il faut tout d'abord exprimer la tension en fonction de la capacité et de la charge électrique. Cela nous amènera à présumer de leur incapacité à résister à leur habitude interprétative afin de s'adapter aux situations nouvelles ; un manque de connaissances notionnelles ou à l'existence des conceptions alternatives qui entravent la construction du concept, selon la confiance qu'ils accorderont à leurs réponses.

4.1.2 Analyse de la deuxième question

La deuxième question est centrée sur la détermination de la tension aux bornes du condensateur dans un circuit comportant un résistor, un condensateur et un transformateur. Elle s'énonce comme suit : Le circuit suivant comprend une résistance et un condensateur. Il est alimenté par un transformateur branché sur le secteur, qui délivre une tension de 15V. On mesure la tension aux bornes de la résistance, on trouve : $U_R = 12V$. On mesure ensuite la tension aux bornes du condensateur (désignée par U_C)



2.1. Calculer la tension U_C aux bornes du condensateur.	a) $U_C = 3V$ b) $U_C = 9V$ c) $U_C = 6V$ d) Autre réponse à préciser.....
2.2. Justifier votre réponse :	
2.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S°re b) Pas s°re

Dans cette question, il est demandé concrètement aux apprenants de calculer la tension qui traverse le condensateur. Par rapport à la première question (Q1), la question Q2 est un peu plus complexe. Elle présente un niveau de difficulté conceptuelle élevé pour sa résolution, car il s'agit ici d'appliquer le diagramme de Fresnel pour répondre à cette question. L'apprenant doit alors connaître l'utilisation du diagramme de Fresnel puisque nous sommes en courant alternatif.

La réponse correcte est la proposition (b) à savoir $U_C = 9V$. Pour cela, l'apprenant qui va choisir d'autres réponses (a ou c) ou qui va proposer une autre réponse (d) a des conceptions alternatives ou un manque de connaissances sur la notion de représentation de Fresnel en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'il accordera à sa réponse. De plus, une

erreur de calcul de la part de ce dernier liée par exemple à un mauvais agencement conceptuel peut conduire à une réponse autre que celles qui lui sont proposées aux choix (d).

Comme illustration, les apprenants qui vont opter pour la réponse (b) ont peut-être une idée assez claire de la notion de représentation de Fresnel, mais ne maîtrisent pas ou ont un manque des ressources cognitives sur le caractère intensif. Pour cela, nous pourrions présumer qu'ils se réfèrent plutôt à leur cadre routinier interprétatif (aux habitudes interprétatives) où dans un exercice, dès qu'on associe un résistor et un condensateur. Cela pourra traduire leur incapacité à résister aux habitudes interprétatives pour s'adapter aux situations nouvelles, un manque de connaissance notionnelle ou la présence des conceptions alternatives qui entravent la conceptualisation de la représentation de Fresnel, car elle s'applique uniquement sur les circuits à courant alternatif. Ainsi, ils doivent donc utiliser le triangle rectangle de Fresnel où la tension délivrée par le transformateur est considérée comme l'hypoténuse et celle qui traverse le résistor est considérée comme l'un des autres côtés. On applique alors la formule :

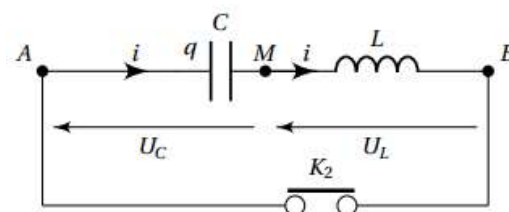
$$U_C = \sqrt{15^2 - 12^2} = 9V$$

L'apprenant qui va choisir la réponse (a, c ou d) font une confusion entre un circuit à courant alternatif et un circuit à courant continu. Ils s'appliquent plutôt la loi des mailles (courant continu) plutôt que le diagramme de Fresnel (courant alternatif).

Ces catégories d'apprenants, en fonction des justifications qu'ils vont donner et du niveau de confiance qu'ils accorderont à leurs réponses, n'ont peut-être aucune connaissance sur la notion de diagramme de Fresnel ou des idées fausses sur le diagramme de Fresnel (conceptions alternatives).

4.1.3 Analyse de la troisième question

La troisième question est centrée sur la détermination de l'équation différentielle dans un circuit en série d'un dipôle LC. Elle s'énonce comme suit : on considère le schéma ci-contre. Le condensateur est initialement chargé. Lorsqu'on appuie sur l'interrupteur K2, le condensateur se décharge de façon oscillante dans la bobine.



<p>3.1. Déterminer l'équation différentielle régissant les oscillations électriques dans le circuit.</p>	<p>a) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{\omega_0} q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{LC}$</p> <p>b) $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0 q = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$</p>
--	---

	c) $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ d) Autre réponse à préciser.....
3.2. Justifier votre réponse :	
3.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S° re b) Pas s° re

Cette question est plus complexe que les questions 1 et 2. Car l'apprenant doit connaître les notions de base de l'électrocinétique à savoir :

- L'expression de la tension aux bornes d'un condensateur ;
- L'expression de la tension aux bornes d'une bobine pure
- Appliquer la loi des mailles dans le circuit.

La réponse correcte est donc la proposition (c) à savoir :

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0 \text{ avec } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s° r) accordé à la réponse. Les apprenants qui vont choisir les réponses (a ou b) ou qui vont proposer une autre réponse (d) ont des conceptions alternatives ou ont un manque de connaissances sur la notion de l'étude d'un dipôle LC, et ce, en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'ils accorderont à leur réponse. Tout comme dans les questions précédentes, les erreurs de calcul liées à un mauvais agencement conceptuel peuvent conduire à d'autres propositions des réponses fausses.

De plus, les apprenants qui vont choisir la réponse (a) ou (b) ont une confusion conceptuelle de l'étude d'un dipôle LC et par conséquent ne maîtrise pas les notions de base de l'électrocinétique. Les apprenants qui opteront, à leur tour, pour la proposition (d) en proposant une justification pertinente disposent des ressources cognitives superficielles sur l'étude des dipôles LC.

Donc pour ceux des apprenants qui choisissent la réponse (c) disposent d'une certaine mesure des notions de base de l'électrocinétique. Car il suffit dans ce cas d'appliquer la loi des mailles dans ce circuit fermé comme suit :

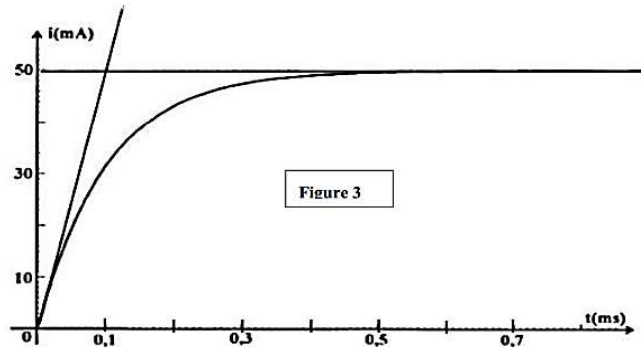
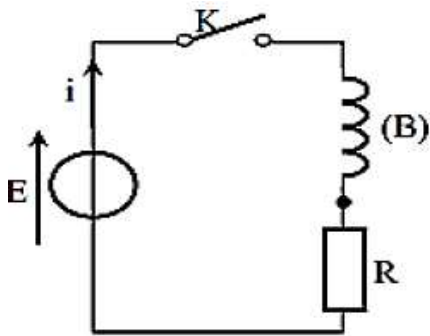
$$U_C + U_L = 0$$

$$\frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = 0; \text{ or } i = \frac{dq}{dt} \text{ d'où } \frac{q}{C} + L \frac{dq^2}{dt^2} = 0; \text{ donc } \frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0 \text{ avec } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

4.1.4 Analyse de la question 4

La quatrième question est centrée sur la détermination graphique de la constante de temps

d'un dipôle RL en série. Elle s'énonce comme suit : Dans le cadre de la réalisation d'un projet scientifique, un professeur de physique demande à un groupe d'élèves de déterminer expérimentalement la valeur de la constante de temps τ afin de vérifier si elle correspond à la valeur théorique $\tau = \frac{L}{R} = \frac{1}{10} = 0,1s$. Pour ce faire, les élèves réalisent le circuit électrique représenté sur la figure ci-contre. Ils obtiennent le graphe de la figure 3.



4.1. En utilisant le graphe, la constante de temps τ est :	a) $\tau = 0,22ms$ b) $\tau = 0,2ms$ c) $\tau = 0,1ms$ d) Autre réponse à préciser.....
4.2. Justifier votre réponse :	
4.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S° re b) Pas s° re

Cette question est moins complexe que les précédentes questions. Elle permet aux apprenants de pouvoir interpréter graphiquement une courbe. Car l'apprenant doit pouvoir déterminer la constante de temps et de donner sa signification physique. La bonne réponse est la proposition (c) à savoir : $\tau = 0,1ms$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s° r) accordé à la réponse. Les apprenants qui vont choisir les réponses (a ou b) ou qui vont proposer une autre réponse (d) ont des conceptions alternatives ou ont un manque de connaissances sur la notion de constante de temps d'un circuit RL, et ce, en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'ils accorderont à leur réponse. Tout comme dans les questions précédentes, les erreurs de calcul liées à un mauvais agencement conceptuel peuvent conduire à d'autres propositions des réponses fausses.

De plus, les apprenants qui vont choisir la réponse (a) ou (b) ont une confusion conceptuelle de l'étude d'un dipôle RL et par conséquent ne maîtrise pas l'étude graphique du circuit RL. Les apprenants qui opteront, à leur tour, pour la proposition (d) en proposant une justification pertinente disposent des ressources cognitives superficielles sur l'étude des dipôle RL.

Donc pour ceux des apprenants qui choisissent la réponse (c) disposent d'une certaine mesure des notions sur le circuit RL mais peuvent mal interpréter graphiquement la constante de temps. Car il suffit dans ce cas de faire un prolongement sur l'axe des temps du point de rencontre de la droite montrant la fin de la charge avec la tangente à la courbe et de lire la valeur correspondante.

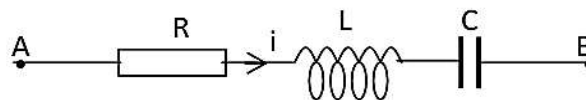
4.2 Analyse des questions du deuxième thème : oscillations électriques forcées

Il s'agit des questions 5,6,7,8 et 9.

4.2.1 Analyse de la question 5

La cinquième question est centrée sur la détermination de l'impédance d'un circuit RLC en série. Elle s'énonce comme suit : Une portion de circuit AB est constituée d'une résistance $R = 200 \Omega$, d'une bobine d'inductance $L = 0,5 \text{ H}$ et de résistance négligeable, d'un condensateur de capacité $C = 2.10^{-6} \text{ F}$ associés en série. On applique entre A et B une tension

$$U(t) = U_0 \sqrt{2} \cos(100\pi t); \text{ où } U_0 = 10 \text{ V.}$$



5.1. Calculer l'impédance Z de la portion de circuit AB	a) $Z = 1449 \Omega$ b) $Z = 930 \Omega$ c) $Z = 1160 \Omega$ d) Autre réponse à préciser.....
5.2. Justifier votre réponse :	
5.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S' re b) Pas s' re

Cette question est moins difficile que les précédentes, car elle permet à l'apprenant de pouvoir déterminer l'impédance d'un circuit RLC en série. Ainsi l'apprenant doit connaître les notions sur les caractéristiques d'une fonction sinusoïdale, à savoir :

- La tension efficace ou maximale ;
- La pulsation ou la période ;
- La phase.

Ainsi, la bonne réponse est la proposition (a) d'où savoir : $Z = 1449 \Omega$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s' re) accordé à la réponse. Les apprenants qui vont choisir les réponses (b ou c) ou qui vont proposer une autre réponse (d) ont des conceptions alternatives ou ont un manque de connaissances sur la notion d'impédance d'un circuit RLC, et ce, en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'ils accorderont à

leur réponse. Tout comme dans les questions précédentes, les erreurs de calcul liées à un mauvais agencement conceptuel peuvent conduire à d'autres propositions des réponses fausses.

De plus, les apprenants qui vont choisir la réponse (a) ou (b) ont une confusion conceptuelle de l'étude d'un dipôle RLC et par conséquent ne maîtrise pas la formule mathématique qui permet de calculer l'impédance. Les apprenants qui opteront, à leur tour, pour la proposition (d) en proposant une justification pertinente disposent des ressources cognitives superficielles sur l'étude des dipôle RLC.

Donc pour ceux des apprenants qui choisissent la réponse (a) disposent à une certaine mesure des notions sur le circuit RLC mais peuvent se tromper sur l'utilisation de la pulsation, ou la fréquence, ou la période dans la formule du calcul de l'impédance. Car il suffit dans ce cas d'appliquer la formule suivante et de faire l'application numérique :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = \sqrt{200^2 + \left(0,5 \times 100\pi - \frac{1}{2 \times 10^{-6} \times 100\pi}\right)^2} = 1449\Omega$$

4.2.2 Analyse de la question 6

La sixième question est centrée sur la détermination du facteur de qualité théorique d'un circuit RLC en série. Elle s'énonce comme suit : Un circuit électrique comprend une bobine d'inductance $L=0,2H$ et de résistance $r=10\Omega$, montée en série avec un condensateur de capacité C . L'ensemble constitue un dipôle rlc série. La fréquence qui traverse le circuit est $f=50Hz$.

6.1. La valeur du facteur de qualité est :	a) $Q= 6,28$ b) $Q= 5,23$ c) $Q= 4,63$ d) Autre réponse à préciser.....
6.2. Justifier votre réponse :	
6.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S° re b) Pas s° re

Cette question permet de déterminer une des propriétés d'un circuit RLC en série. Elle permet à l'apprenant de pouvoir donner les caractéristiques du circuit. L'apprenant doit connaître la formule mathématique du facteur de qualité en fonction des éléments du circuit.

Ainsi, la bonne réponse est la proposition (a) à savoir : $Q= 6,28$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s° r) accordé à la réponse. Les apprenants qui vont choisir les réponses (b ou c) ou qui vont proposer une autre réponse (d) ont des conceptions alternatives ou ont un manque de connaissances sur la notion de facteur de qualité d'un circuit RLC, et ce, en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'ils

accorderont † leur réponse. Tout comme dans les questions précédentes, les erreurs de calcul liées à un mauvais agencement conceptuel peuvent conduire à d'autres propositions des réponses fausses.

De plus, les apprenants qui vont choisir la réponse (b) ou (c) ont une confusion conceptuelle de l'étude d'un dipôle RLC et par conséquent ne maîtrise pas la formule mathématique qui permet de calculer le facteur de qualité. Les apprenants qui opteront, † leur tour, pour la proposition (d) en proposant une justification pertinente disposent des ressources cognitives superficielles sur l'étude des dipôle RLC.

Donc pour ceux des apprenants qui choisissent la réponse (a) disposent † une certaine mesure des notions sur le circuit RLC mais peuvent se tromper sur l'utilisation de la pulsation, ou la fréquence, ou la période dans la formule du calcul du facteur de qualité. Car il suffit dans ce cas d'appliquer la formule suivante et de faire l'application numérique :

$$Q = \frac{2\pi Lf}{r} = \frac{2 \times 3,14 \times 0,2 \times 50}{10} = 6,28$$

4.2.3 Analyse de la question 7

La question 7 est centrée sur la détermination de l'équation différentielle d'un circuit RLC en série au cours de la décharge du condensateur. Elle s'énonce comme suit : Un circuit oscillant est constitué d'un condensateur de capacité $C = 1\mu\text{F}$, d'une bobine d'inductance $L = 0,2\text{H}$ et de résistance $r = 2\Omega$ et d'un conducteur ohmique de résistance $R = 3\Omega$. On réalise le montage schématisé par la figure 1. Le branchement d'un oscilloscope est indiqué sur cette figure. La f.é.m. du générateur est : $E = 10\text{ V}$. Lorsqu'on bascule l'interrupteur K en position (1), le condensateur est totalement chargé et la tension entre ses bornes est $U_{AM} = U_0$. Lorsqu'on met l'interrupteur K en position (2) le condensateur se décharge. † la date t , le circuit est parcouru par un courant d'intensité i et l'armature (A) porte la charge q .

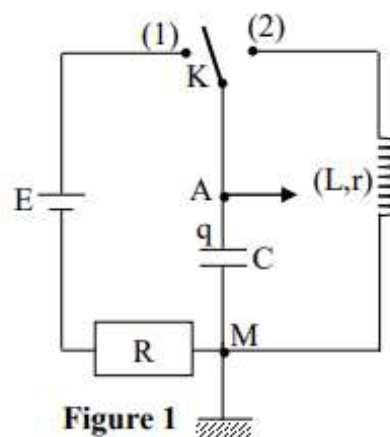


Figure 1

<p>7.1. L'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $U_{AM} = U_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est :</p>	<p>a) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{r}{C} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$ b) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{L}{C} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{rC} U_C = 0$ c) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{1}{LC} \frac{dU_C}{dt} + \frac{r}{C} U_C = 0$ d) Autre réponse à préciser.....</p>
<p>7.2. Justifier votre réponse :</p>	
<p>7.3. Confiance accordée à votre réponse :</p>	<p>a) S° re b) Pas s° re</p>

Cette question est un peu plus compliquée que la question 3 (où il fallait déterminer l'équation différentielle d'un circuit LC). L'apprenant doit connaître plusieurs outils mathématiques et savoir appliquer la loi des mailles dans ce circuit, tout en sachant que lorsque l'interrupteur est en position (2), le condensateur se décharge dans la bobine et le conducteur ohmique ne fait plus parti de ce circuit. En plus de ces savoirs, l'apprenant doit pouvoir déterminer les expressions des tensions électriques qui traversent chaque portion du circuit et qu'ils soient aussi capable de donner l'expression mathématique de l'intensité du courant en fonction de la tension aux bornes du condensateur.

Ainsi, la bonne réponse est la proposition (a) à savoir :

$$\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$$

avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s° r) accordé à la réponse. Les apprenants qui vont choisir les réponses (b ou c) ou qui vont proposer une autre réponse (d) ont des conceptions alternatives ou ont un manque de connaissances sur l'étude d'un circuit RLC en régime sinusoïdale forcée et qui permet de déterminer l'équation différentielle d'un tel circuit, et ce, en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'ils accorderont à leur réponse. Tout comme dans la question 3 précédente, les erreurs peuvent être liées à un mauvais agencement conceptuel peuvent conduire à d'autres propositions des réponses fausses.

De plus, les apprenants qui vont choisir la réponse (b) ou (c) ont une confusion conceptuelle de l'étude d'un dipôle RLC et par conséquent ne maîtrise pas l'application de la loi des mailles, l'expression mathématique des tensions aux différentes bornes du circuit et aussi le choix de l'outil mathématiques. Les apprenants qui opteront, à leur tour, pour la proposition (d) en proposant une justification pertinente disposent des ressources cognitives superficielles sur l'étude des dipôle RLC.

Donc pour ceux des apprenants qui choisissent la réponse (a) disposent des notions certaines sur le circuit RLC mais peuvent se tromper sur l'utilisation l'application de la loi des mailles. Car il suffit dans ce cas d'appliquer cette loi des mailles comme suit :

$$U_C + U_L = 0; \text{ or } U_L = ri + L \frac{di}{dt} = ri + LC \frac{d^2U_C}{dt^2} \text{ d'où } rC \frac{dU_C}{dt} + LC \frac{d^2U_C}{dt^2} + U_C = 0$$

On obtient finalement :

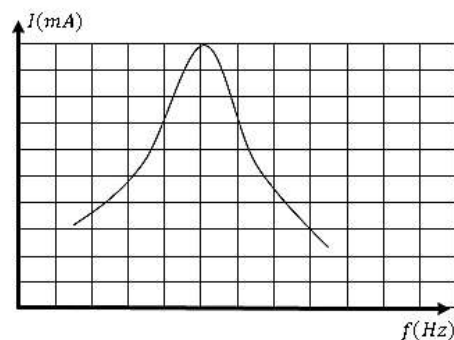
$$\frac{d^2U_C}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$$

Cette équation à la particularité qu'elle permet de décrire les différents régimes des oscillations.

4.2.4 Analyse de la question 8

La question 8 est centrée sur la détermination de la largeur de la bande passante d'un circuit RLC en série. Elle s'énonce comme suit : on réalise une expérience d'un montage en série d'un dipôle RLC. Au cours de cette expérience, on a obtenu le graphe suivant :

..chelle : 1 carreau pour 10mA et
1 carreau pour 100Hz



8.1. La valeur de la largeur de la bande passante est :	a) $\Delta f = 200Hz$ b) $\Delta f = 190Hz$ c) $\Delta f = 220Hz$ d) Autre réponse à préciser.....
8.2. Justifier votre réponse :	
8.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S° re b) Pas s° re

Cette question est un peu moins compliquée que toutes les questions précédentes. L'apprenant doit savoir interpréter graphiquement la courbe et savoir déterminer la fréquence et l'intensité du courant à la résonance.

Ainsi, la bonne réponse est la proposition (a) à savoir : $\Delta f = 200Hz$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s° r) accordé à la réponse. Les apprenants qui vont choisir les réponses (b ou c) ou qui vont proposer une autre réponse (d) ont des conceptions alternatives ou ont un manque de connaissances sur l'étude de la résonance d'intensité d'un circuit RLC en régime sinusoïdale forcée, et ce, en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'ils accorderont à leur réponse. Tout comme les questions précédentes, les erreurs peuvent être liées à un mauvais agencement conceptuel peuvent conduire à d'autres propositions des réponses fausses.

De plus, les apprenants qui vont choisir la réponse (b) ou (c) ont une confusion conceptuelle de l'étude de la résonance d'intensité d'un dipôle RLC et par conséquent ne maîtrisent pas l'interprétation de la courbe de résonance. Les apprenants qui opteront, à leur tour, pour la proposition (d) en proposant une justification pertinente disposent des ressources cognitives superficielles sur l'étude de la résonance d'intensité des dipôle RLC.

Donc pour ceux des apprenants qui choisissent la réponse (a) disposent des notions certaines sur la résonance d'intensité du circuit RLC mais peuvent se tromper sur l'interprétation de la courbe. Car il suffit dans ce cas de regarder le sommet de la courbe et de faire une projection sur l'axe vertical (axe des intensités) et sur l'axe horizontal (axe des fréquences) et de lire graphiquement les valeurs respectives de l'intensité du courant et de la fréquence à la résonance (ici qui sont respectivement $I_0 = 10A$ et $f_0 = 500Hz$ en utilisant l'échelle donnée). De plus pour retrouver la bande passante il faudrait d'abord que l'apprenant sache la condition notamment à la valeur correspondante $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7,0A$. Cette valeur doit être placée sur l'axe verticale des intensités. La projection de cette valeur sur la courbe la coupe en deux points qui seront projetés sur l'axe des fréquences et les apprenants doivent lire ces valeurs respectives en $f_1 = 400Hz$ et en $f_2 = 600Hz$. La bande passante est lors la différence de ces valeurs telle que : $\Delta f = f_2 - f_1 = 600 - 400 = 200Hz$.

Cette question à la particularité qu'elle permet de donner une interprétation physique du phénomène de résonance d'intensité.

4.2.5 Analyse de la question neuf

La question neuf est centrée sur la détermination de la puissance instantanée dans un circuit RLC en régime sinusoïdale forcée. Elle s'énonce comme suit : La tension instantanée aux bornes d'un dipôle est $u(t) = 169 \cos 100\pi t$ (en V) ; l'intensité au même instant traversant le circuit est $i(t) = 0,254 \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ en A.

9.1. La valeur de la puissance instantanée est :	a) $p(t) = -21,46 \sin (200\pi t)$ b) $p(t) = 42,92 \cos (100\pi t) \sin \left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ c) $p(t) = 21,46 \cos (200\pi t)$ d) Autre réponse à préciser.....
9.2. Justifier votre réponse :	
9.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S° re b) Pas s° re

Cette question permet de déterminer une des propriétés d'un circuit RLC en série notamment la puissance instantanée du circuit en courant alternatif. L'apprenant doit connaître la formule mathématique en trigonométrie permettant de déterminer la puissance instantanée. Ainsi, la bonne réponse est la proposition (a) : savoir $p(t) = -21,46 \sin(200\pi t)$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s°r) accordé à la réponse. Les apprenants qui vont choisir les réponses (b ou c) ou qui vont proposer une autre réponse (d) ont des conceptions alternatives ou ont un manque de connaissances sur la notion de puissance instantanée d'un circuit RLC, et ce, en fonction de la justification et du niveau de confiance qu'ils accorderont à leur réponse. Tout comme dans les questions précédentes, les erreurs de calcul liées à un mauvais agencement conceptuel peuvent conduire à d'autres propositions des réponses fausses.

De plus, les apprenants qui vont choisir la réponse (b) ou (c) ont une confusion conceptuelle de l'étude d'un dipôle RLC et par conséquent ne maîtrise pas la formule mathématique en trigonométrie qui permet de calculer la puissance instantanée. Les apprenants qui opteront, à leur tour, pour la proposition (d) en proposant une justification pertinente disposent des ressources cognitives superficielles sur l'étude des dipôle RLC.

Donc pour ceux des apprenants qui choisissent la réponse (a) disposent à une certaine mesure des savoirs nécessaires à l'étude du circuit RLC mais peuvent confondre la puissance instantanée à la puissance moyenne. Car il suffit dans ce cas d'appliquer la formule suivante et de faire l'application numérique :

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = 169 \cos(100\pi t) \times 0,254 \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Ensuite utiliser les relations trigonométriques telles que :

$$\cos(p) \cos(q) = \frac{1}{2} [\cos(p+q) + \cos(p-q)]$$

$$\text{et } \cos(p+q) = \cos(p) \cos(q) - \sin(p) \sin(q)$$

En appliquant tout d'abord la 1^{ère} relation trigonométrique :

$$p(t) = 42,92 \cos(100\pi t) \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

On obtient

$$p(t) = \frac{42,92}{2} \cos\left(200\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

De plus à cette nouvelle expression de p(t), on applique la 2^{ème} relation trigonométrique, et on obtient finalement :

$$p(t) = -21,46 \sin(200\pi t)$$

5 Méthode d'analyse des données

Les questionnaires répondus par les élèves interrogés ont été dépouillés. Dans le cadre de ce dépouillement. Les questions ont été analysées suivant la grille catégorielle du tableau ci-dessous que nous avons élaboré. Cette grille est inspirée de la technique d'analyse de donnée utilisée par Mouliom Ndam (2024) lorsqu'il a étudié les difficultés rencontrées par les élèves sur la compréhension conceptuelle de la concentration en chimie du secondaire.

Tableau 10

La grille catégorielle

Types de réponses	Palier des questions		
	Palier 1	Palier 2	Palier 3
Réponses justes	Correct	Correct	Sur
	Correct	Correct	Pas sur
Réponse fautive : la présence d'une conception alternative	Incorrect	Incorrect	Sur
Réponse fautive : un manque de connaissances	Incorrect	Incorrect / correct	Pas sur
	Correct	Incorrect	Pas sur
	Incorrect/ Correct/ Absence de réponse	Absence de justification	Pas sûr / Sûr / Absence de niveau de confiance
Réponse fautive : un mauvais agencement conceptuel	Correct	Incorrect	Sur
	Incorrect	Correct	Sur

Selon cette grille, une réponse sera considérée comme juste pour une question, si l'élève répond correctement au premier et au deuxième palier et déclare au troisième palier qu'il est sûr de ses réponses. C'est-à-dire si la réponse choisie au premier palier de la question est correcte, la justification qui l'accompagne au deuxième palier est également pertinente ou correcte et il est sûr des réponses qu'il a proposées au premier et au deuxième palier. Dans le cas contraire, elle sera considérée comme fautive. Les réponses des participants qui ont également répondu correctement au premier et aux deuxième paliers, mais ont déclaré qu'ils n'étaient pas sûrs de leurs réponses au troisième palier ont été exceptionnellement considérées comme juste. Car nous avons supposé qu'ils manquaient tout simplement de confiance dans leurs réponses. Dans le cas d'analyse des réponses fautes, étant donné qu'elles peuvent être dues à plusieurs types de raisonnement, seuls les critères liés à la présence des conceptions

alternatives dans la mémoire des apprenants, un manque de connaissances, ou un mauvais agencement conceptuel ont été prises en compte. Car dans le cadre de ce mémoire, l'objectif est d'identifier les difficultés que les apprenants éprouvent, plus particulièrement celles qui sont liées aux conceptions alternatives. Ainsi, une réponse fautive sera due à :

- la présence d'une conception alternative dans la mémoire de l'élève si le choix qu'il opère au premier palier est incorrect et le raisonnement qu'il propose au deuxième palier pour justifier ce choix est également incorrect (non-pertinent) et il déclare au troisième niveau qu'il est sûr de sa réponse et de sa justification ;
- un manque de connaissances conceptuelles si l'élève opère un bon ou un mauvais choix de réponse au premier palier et il propose une justification incorrecte ou non pertinente au deuxième palier, mais signifie au troisième palier qu'il n'est pas sûr de sa réponse et de sa justification. De même, un manque de connaissances sera aussi constaté si l'élève opère un mauvais choix au premier palier, mais propose une justification, présumément incorrecte au deuxième palier et déclare au troisième palier qu'il n'est pas sûr de ses réponses. Pour une question, un manque de connaissances sera également constaté lorsque le participant donne une réponse correcte au premier, mais ne justifie pas sa réponse au deuxième palier même s'il déclare qu'il est sûr ou pas sûr de sa réponse. Exceptionnellement, dans le cadre de notre analyse, une question non répondue dans les questionnaires retenus sera attribuée à un manque de connaissances, car nous supposons que les interrogés ne disposent pas des ressources cognitives nécessaires pour formuler une réponse ;
- un mauvais agencement conceptuel lorsque l'élève choisit une bonne ou mauvaise réponse au premier palier, mais propose au deuxième palier un raisonnement approximativement correct ou incorrect dans lequel il a mal agencé les concepts appropriés pour justifier son choix et déclare au troisième palier qu'il est sûr de sa réponse.

Au cours de l'analyse, nous avons regroupé les résultats des questions par thème. Ainsi, les résultats des questions 1,2,3 et, qui traitent directement sur les oscillations électriques libres. Les résultats des questions 5,6,7,8 et 9, qui traitent à leur tour les oscillations électriques forcées sont analysés et interprétés indépendamment. Enfin, les fréquences des différentes réponses par items ont été calculées à l'aide du programme Microsoft Excel professionnel 2021.

CHAPITRE 4 : PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

Ce chapitre est destiné à la présentation et à l'analyse des résultats liés à notre étude. Pour analyser les résultats du questionnaire administré aux apprenants, nous avons utilisé Microsoft Excel professionnel 2021. Pour cette phase le questionnaire à trois paliers (pour chaque question, choix multiples, justification ouverte et degré de confiance) a été utilisé. Dans cette section, les résultats du premier palier seront d'abord présentés sommairement (sous forme d'histogramme), puis un aperçu de la combinaison réponse-justification-degré de confiance suivra pour les analyses et nous ferons une discussion.

1 Présentation et analyse des résultats du premier thème

Les questions qui concernent le premier thème sur les oscillations électriques libres sont 1,2,3 et 4

1.1 Présentation et analyse des résultats de la question 1

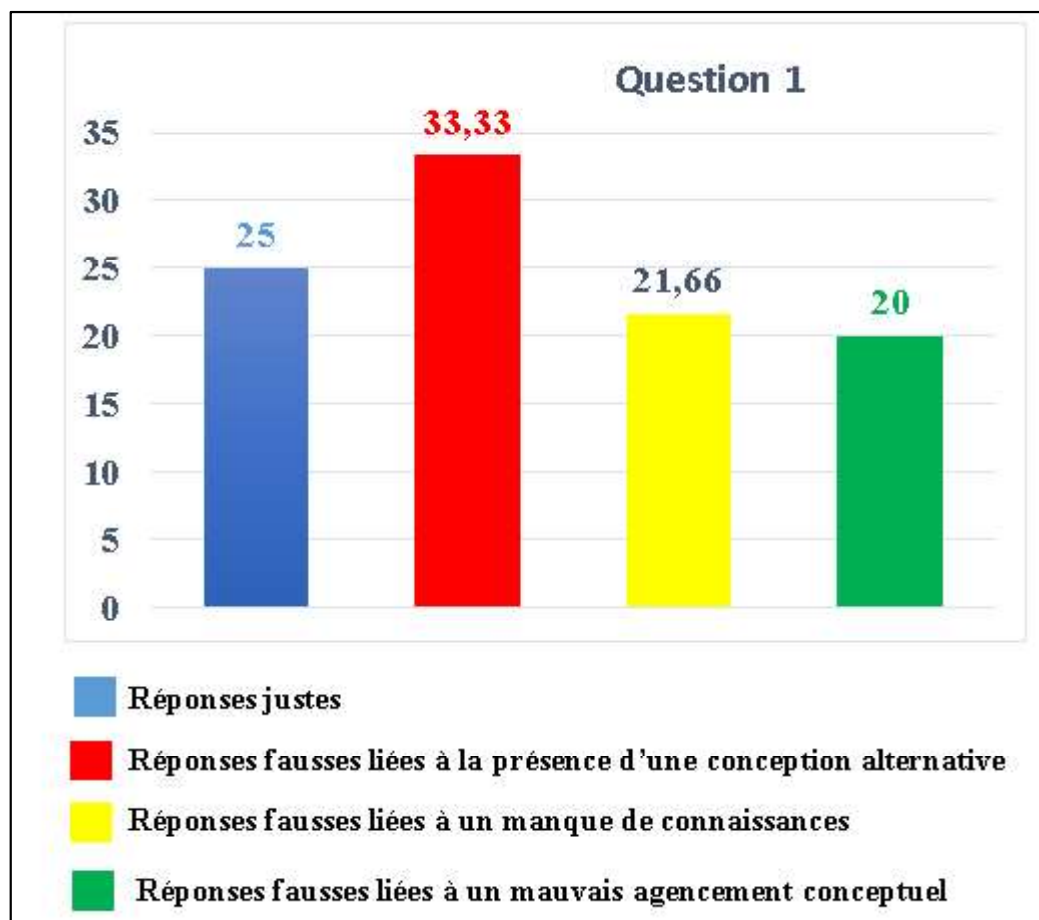
1.1.1 Présentation des résultats de la question 1

La question 1 est formulée de la manière suivante :

Question 1 : Un condensateur, soumis à la tension $U = 10 \text{ V}$, présente, sur une plaque, la charge $q = 10^{-5} \text{ C}$.

1.1. Calculer la capacité de ce condensateur	a) $C = 100 \text{ kF}$; b) $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$; c) $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ d) Autre réponse à préciser.....
1.2. Justifier votre réponse :	
1.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sure b) Pas sure

Comme nous avons montré au niveau de l'analyse a priori dans le chapitre sur la méthodologie, il est demandé aux élèves de déterminer la capacité d'un condensateur. La réponse correcte est donc la proposition (c) à savoir $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ avec une justification pertinente et être sûr ou pas sûr de sa réponse. Le diagramme 1 présente les résultats de cette question.

Diagramme 1*Résultats de la question 1*

Source : auteur, analyse des données de terrain, avril 2025.

Les résultats de ce diagramme 1 montrent que 25,00% des apprenants ont répondu de manière correcte à la question 1, contre 74,99% qui ont répondu de façon erronée. Lorsque nous avons analysé les raisonnements des participants qui conduisent aux réponses fausses qu'ils ont choisies pour cette question ainsi que le niveau de confiance qu'ils accordent à leurs réponses, il ressort que :

- 33,33% ont des réponses liées à la présence d'une conception alternative sur la capacité d'un condensateur.
- 21,66% ont des réponses fausses liées au manque de connaissances.
- 20,00% ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

1.1.2 Analyse des résultats de la question 1

Les résultats de la question 1 nous montrent que les apprenants ont des difficultés à conceptualiser la capacité d'un condensateur en régime libre. Cela est due aux faits que les apprenants ne maîtrisent pas les concepts de base des oscillateurs électriques. On peut donc

prendre pour exemple d'un élève donc le raisonnement est lié à une conception alternative et qui conduit au choix d'une réponse fautive (b) pour la question 1.

Figure 30

Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fautive (b) due au manque de connaissances pour la question 1

1.1. Calculer la capacité de ce condensateur	a) $C = 100 \text{ kF}$; b) $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$; c) $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$ d) Autre réponse à préciser.....
1.2. Justifier votre réponse : <div style="text-align: center;"> $C = q/U$ AN $C = 10^{-5} \times 10 = 10^{-4}$ $C = 10^{-4} \text{ F}$ </div>	
1.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

Les élèves qui raisonnent de cette façon ont également des difficultés pour déterminer la capacité d'un condensateur. Ils considèrent dans leurs calculs que la capacité d'un condensateur est donnée par la formule $C = U \times q$. Or cette formule est erronée.

Ces modes de raisonnement montrent que la plupart des élèves raisonnent en puisant plutôt leur inspiration dans leur cadre routinier interprétatif et confondent avec l'expression de la charge du condensateur $q = U \times C$. Et lorsque nous regardons la confiance accordée au choix de la réponse, ils sont sûrs de leur choix. Cela montre que les apprenants qui mènent ces raisonnements sont incapables de résister à leur habitude et possèdent des conceptions alternatives sur la capacité du condensateur.

Les raisonnements conduisant aux choix des réponses fautes opérés par les participants liés aux conceptions alternatives qui viennent d'être décrits sont aussi prédominants chez les élèves interrogés qui manifestent un mauvais agencement conceptuel sur la capacité du condensateur. Ces élèves confondent les sous multiples du Farad ($1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$ et $1 \mu\text{F} = 10^{-4} \text{ F}$). Pourtant d'après les lois de la mathématique $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$. on peut donc prendre comme exemple les élèves qui raisonnent de la sorte l'extrait de la figure 2 suivante.

Figure 31

Exemple de raisonnement due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 1

1.1. Calculer la capacité de ce condensateur	a) $C = 100 \text{ kF}$; b) $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$; c) $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$; d) Autre réponse à préciser.....
1.2. Justifier votre réponse :	$C = 9.4$ AN $C = 10^{-5} \times 10 = 10^{-4}$ $C = 10^{-4} \text{ F}$
1.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

D'autres élèves par contre choisissent au hasard la réponse et tombent sur le meilleur résultat mais qui sont incapable d'opérer une justification pertinente de leur choix de réponse et en plus, ils sont sûre de leur résultat. Les élèves qui raisonnent de la sorte possèdent un manque de connaissances sur la capacité du condensateur. On peut prendre comme exemple l'extrait de la figure 3.

Figure 32

Exemple de raisonnement due au manque de connaissances pour la question 1

1.1. Calculer la capacité de ce condensateur	a) $C = 100 \text{ kF}$; b) $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$; c) $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$; d) Autre réponse à préciser.....
1.2. Justifier votre réponse :	
1.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

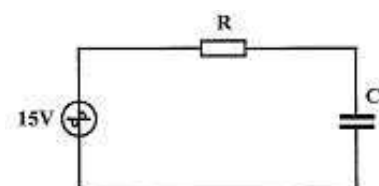
1.2 Présentation et analyse des résultats de la question 2

1.2.1 Présentation des résultats de la question 2

La question 2 est formulée de la manière suivante :

Question 2 : Le circuit suivant comprend une résistance et un condensateur. Il est alimenté par un transformateur branché sur le secteur, qui délivre une tension de 15V.

On mesure la tension aux bornes de la résistance, on trouve :



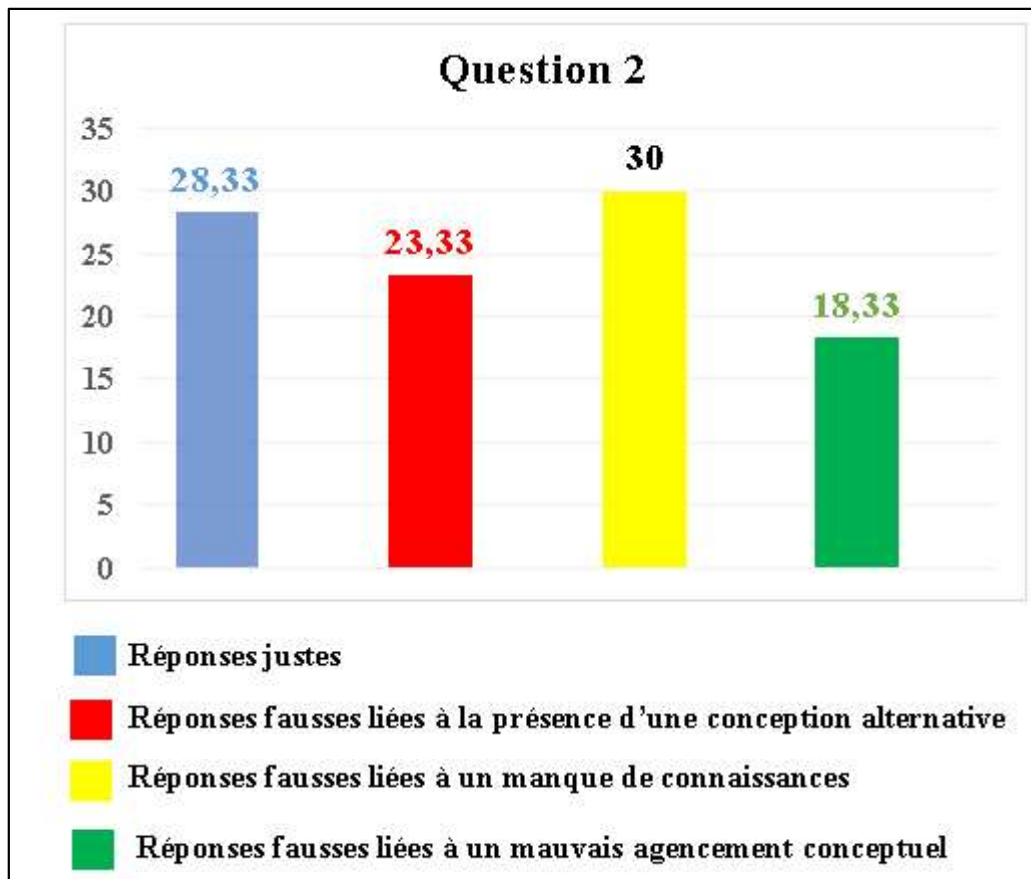
$U_R = 12V$. On mesure ensuite la tension aux bornes du condensateur (désignée par U_C)

2.1. Calculer la tension U_C aux bornes du condensateur.	a) $U_C = 3V$ b) $U_C = 9V$ c) $U_C = 6V$ d) Autre réponse à préciser.....
2.2. Justifier votre réponse :	
2.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S°re b) Pas s°re

La deuxième question est centrée sur la détermination de la tension aux bornes du condensateur dans un circuit comportant un résistor, un condensateur et un transformateur. La réponse correcte est la proposition (b) à savoir $U_C = 9V$. Le diagramme 2 présente ces résultats.

Diagramme 2

Résultats de la question 2



Source : auteur, analyse des données de terrain, avril 2025.

Les résultats de ce diagramme 2 montrent que 28,33% des apprenants ont répondu de manière correcte à la question 2, contre 71,66% qui ont répondu de façon erronée. Lorsque nous avons analysé les raisonnements des participants qui conduisent aux réponses fausses

qu'ils ont choisies pour cette question ainsi que le niveau de confiance qu'ils accordent à leurs réponses, il ressort que :

- 23,33% ont des réponses liées à la présence d'une conception alternative sur la détermination de la tension aux bornes d'un dipôle.
- 30,00% ont des réponses fausses liées au manque de connaissance.
- 18,33% ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel

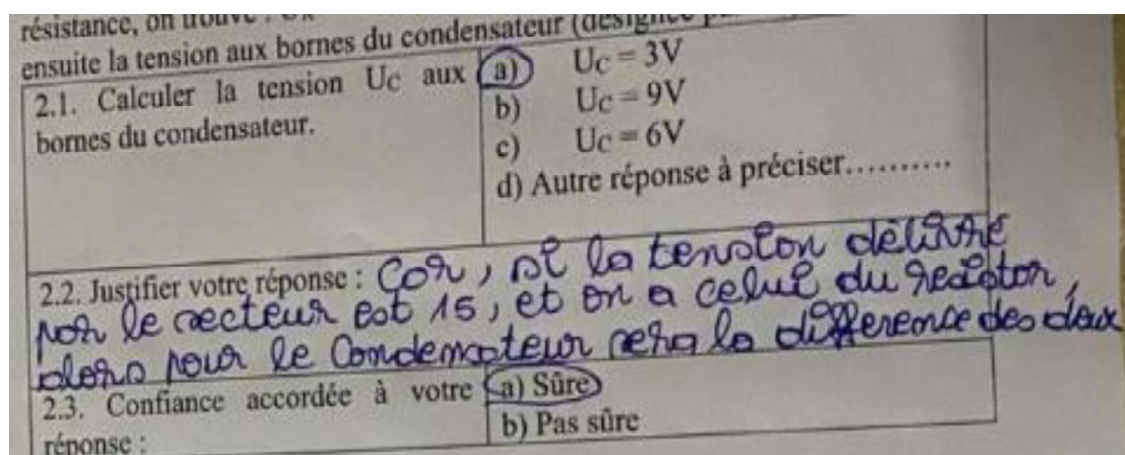
1.2.2 Analyse des résultats de la question 2

Les résultats de la question 2 nous montrent que les apprenants ont des difficultés à conceptualiser la tension qui traverse un condensateur. Les apprenants ont une confusion conceptuelle entre la représentation de Fresnel et la loi des mailles. Cette confusion est due à la transposition didactique dans le manuel scolaire de l'élève. L'enseignant enseigne plutôt à l'élève la représentation de Fresnel uniquement pour des fonctions sinusoïdales.

Lorsque nous analysons le choix des élèves pour la réponse (a) de la question 2 illustrée dans la figure 4, il en ressort que dans la justification, les apprenants qui justifient de cette façon ne parviennent pas à donner un raisonnement cohérent, ils ont plutôt appliqué la loi des mailles qui leur a été enseigné en classe, pourtant il s'agit ici d'appliquer la loi de Fresnel sur les composants électriques. Ces apprenants, à partir du choix du degré de confiance qu'ils apportent à leurs réponses ils sont sûrs de leur choix. La cause immédiate est que ces apprenants présentent des conceptions alternatives. Lorsque nous avons analysé les différentes réponses données par les apprenants sur cette question 2, il n'en ressort qu'aucun apprenant n'a pu trouver le bon résultat de cette question. On peut donc conclure que cette difficulté d'appréhension est liée à la transposition didactique.

Figure 33

Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (a) pour la question 2



Les raisonnements conduisant aux choix des réponses fausses opérés par les participants liés aux conceptions alternatives qui viennent d'être décrits sont aussi prédominants chez les élèves interrogés qui manifestent un manque de connaissances. La différence est qu'ils raisonnent pareillement, mais ils signifient qu'ils ne sont pas sûrs de leur réponse comme l'indique l'extrait de la figure 5 suivante.

Figure 34

Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fautive (a) due à un manque de connaissances pour la question 2

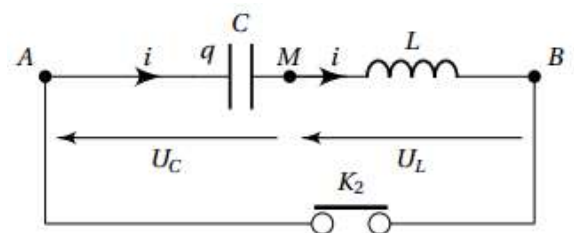
2.1. Calculer la tension U_C aux bornes du condensateur.	a) $U_C = 3V$ b) $U_C = 9V$ c) $U_C = 6V$ d) Autre réponse à préciser.....
2.2. Justifier votre réponse : $U = U_R + U_C \Rightarrow U_C = U - U_R$ <p>AN. $U_C = 15 - 12 = 3V$ $\Rightarrow U_C = 3V$</p>	
2.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

1.3 Présentation et analyse des résultats de la question 3

1.3.1 Présentation des résultats de la question 3

La question 3 est formulée de la manière suivante :

Question 3 : on considère le schéma ci-contre. Le condensateur est initialement chargé. Lorsqu'on appuie sur l'interrupteur K_2 , le condensateur se décharge de façon oscillante dans la bobine.



3.1. Déterminer l'équation différentielle régissant les oscillations électriques dans le circuit.	a) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{\omega_0} q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{LC}$ b) $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0 q = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ c) $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ d) Autre réponse à préciser.....
3.2. Justifier votre réponse :	
3.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

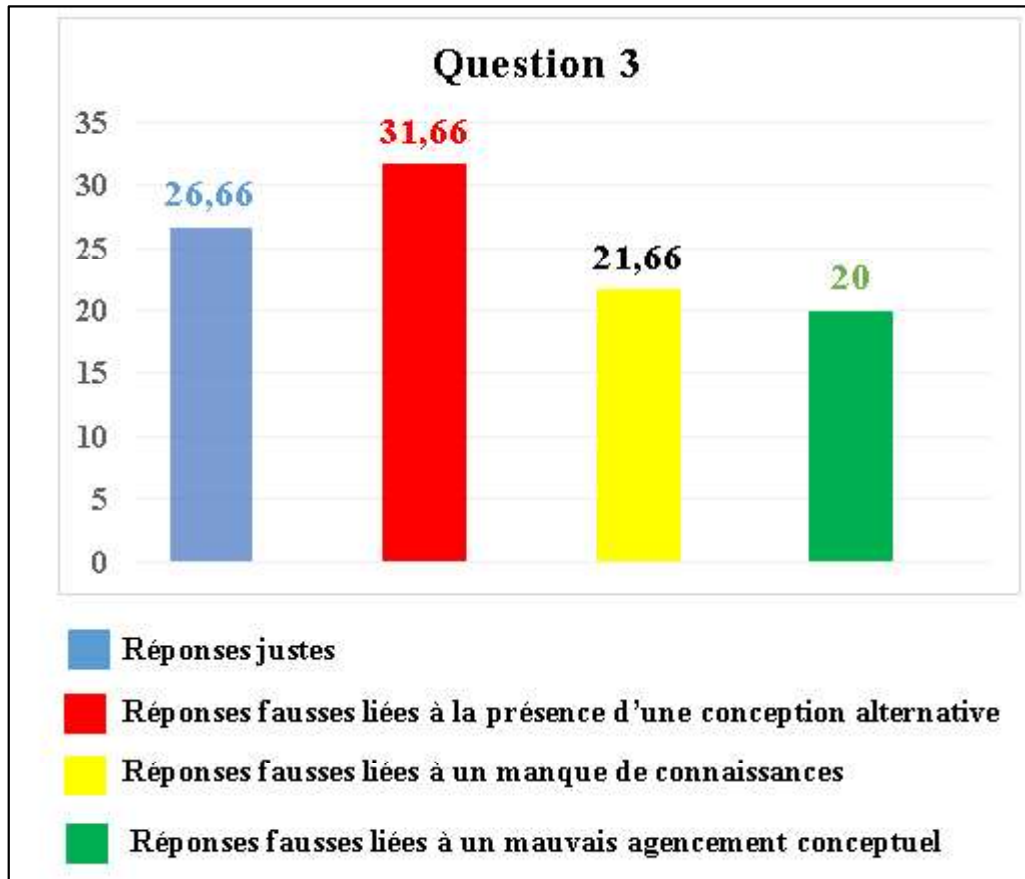
La troisième question est centrée sur la détermination de l'équation différentielle dans un circuit en série d'un dipôle LC. La réponse correcte est donc la proposition (c) à savoir :

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0 \text{ avec } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

avec une justification pertinente et un niveau de confiance Elevé (s° r) accordé à la réponse. Le diagramme 3 présente les résultats.

Diagramme 3

Résultats de la question 3



Source : auteur, analyse des données de terrain, avril 2025.

Les résultats de ce diagramme 3 montrent que 26,66% des apprenants ont répondu de manière correcte à la question 3, contre 73,32% qui ont répondu de façon erronée. Lorsque nous avons analysé les raisonnements des participants qui conduisent aux réponses fausses qu'ils ont choisies pour cette question ainsi que le niveau de confiance qu'ils accordent à leurs réponses, il ressort que :

- 31,66% ont des réponses liées à la présence d'une conception alternative sur la détermination de l'équation différentielle d'un dipôle LC.
- 21,66% ont des réponses fausses liées au manque de connaissance.
- 20,00% ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement

1.3.2 Analyse des résultats de la question 3

L'analyse révèle également que parmi les raisonnements liés aux conceptions alternatives, le plus fréquent (38,33%) est ceux des élèves qui choisissent la réponse (b). Ces résultats montrent que ceux des apprenants qui choisissent la réponse (b) possèdent un mauvais agencement conceptuel. Ils disposent des ressources nécessaires et appliquent normalement la loi des mailles dans le circuit, mais ils agencent mal les concepts de bases. C'est le cas par exemple d'un apprenant qui a choisis la réponse (b) et qui sont sûre de leur choix. Cet exemple est donné dans la figure 6 suivante

Figure 35

Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives qui conduit au choix de la réponse fausse (b) due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 3

<p>3.1. Déterminer l'équation différentielle régissant les oscillations électriques dans le circuit.</p>	<p>a) $\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{\omega_0} q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{LC}$ (b) $\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0 q = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ c) $\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ d) Autre réponse à préciser.....</p>
<p>3.2. Justifier votre réponse :</p> <p>D'après la loi des mailles, on a :</p> $U_{AM} + U_{BM} = 0 \Leftrightarrow \frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = 0$ <p>or $i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow L \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{C} q = 0$</p> $\Rightarrow \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{LC} q = 0$ $\Leftrightarrow \frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$	
<p>3.3. Confiance accordée à votre réponse :</p>	<p>a) Sûre b) Pas sûre</p>

D'autres élèves ont un raisonnement purement théorique, ils n'écrivent aucune loi mathématique, aucune loi des mailles mais parviennent à choisir la bonne réponse et qui sont sûre de leur choix. Ces élèves qui réagissent ainsi ne connaissent pas l'outil mathématique qu'ils doivent utiliser pour retrouver l'équation différentielle du dipôle LC. Ils ont donc par conséquent un manque de connaissance. Un exemple de ce raisonnement est illustré dans la figure 7

Figure 36

Exemple de raisonnement lié aux conceptions alternatives due à un manque de connaissances pour la question 3

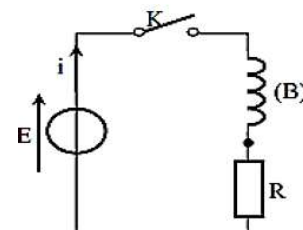
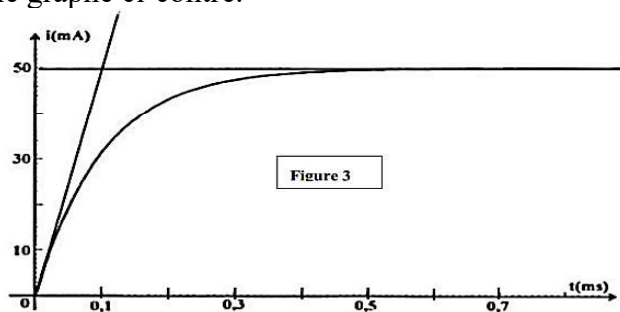
<p>3.1. Déterminer l'équation différentielle régissant les oscillations électriques dans le circuit.</p>	<p>a) $\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{\omega_0} q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{LC}$ b) $\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0 q = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ c) $\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ d) Autre réponse à préciser.....</p>
<p>3.2. Justifier votre réponse :</p> <p style="text-align: center;"><i>Car d'après la loi des mailles on somme la tension aux bornes du condensateur et celle au borne de la bobine, nous allons ressortir cette équation.</i></p>	
<p>3.3. Confiance accordée à votre réponse :</p>	<p>a) Sûre b) Pas sûre</p>

1.4 Présentation et analyse des résultats de la question 4

1.4.1 Présentation des résultats de la question 4

La question 4 est formulée de la manière suivante :

Question 4: Dans le cadre de la réalisation d'un projet scientifique, un professeur de physique demande à un groupe d'élèves de déterminer expérimentalement la valeur de la constante de temps τ afin de vérifier si elle correspond à la valeur théorique $\tau = \frac{L}{R} = \frac{1}{10} = 0,1s$. Pour ce faire, les élèves réalisent le circuit électrique représenté sur la figure ci-contre. Ils obtiennent le graphe ci-contre.

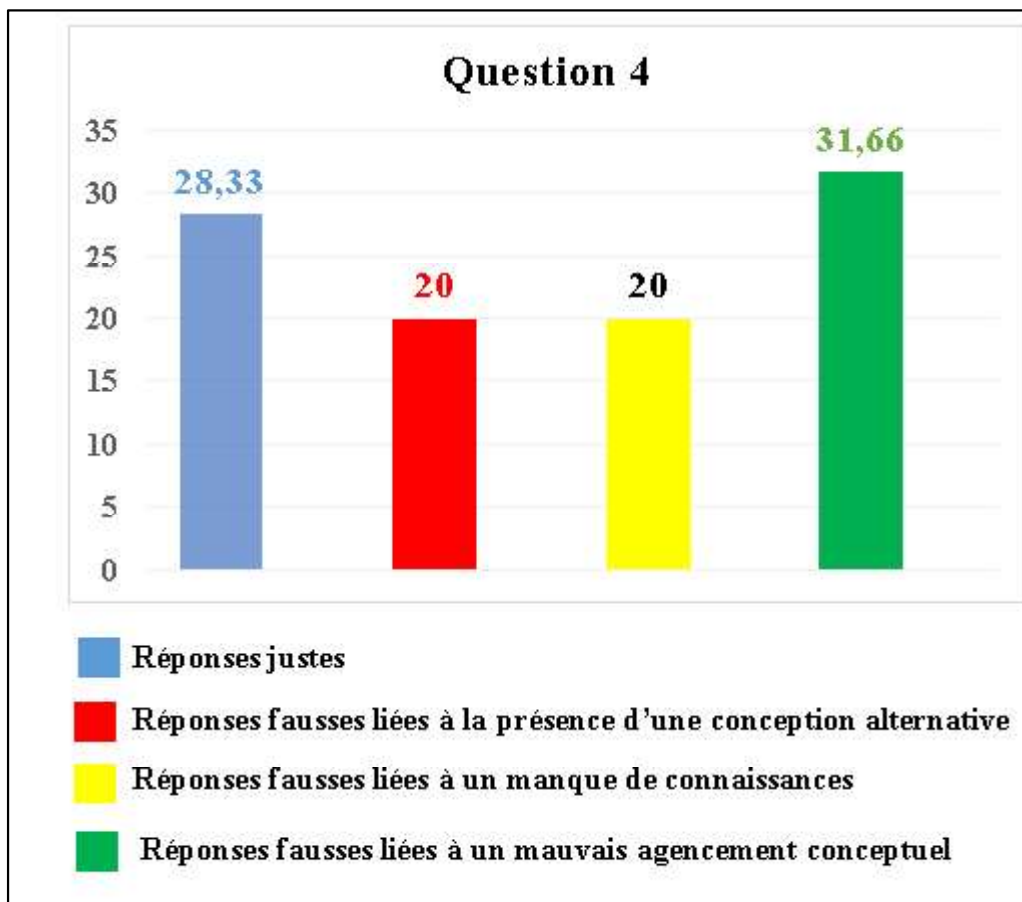


<p>4.1. En utilisant le graphe, la constante de temps τ est :</p>	<p>a) $\tau = 0,22ms$ b) $\tau = 0,2ms$ c) $\tau = 0,1ms$ d) Autre réponse à préciser.....</p>
<p>4.2. Justifier votre réponse :</p>	
<p>4.3. Confiance accordée à votre réponse :</p>	<p>a) S' re b) Pas s' re</p>

La quatrième question est centrée sur la détermination graphique de la constante de temps d'un dipôle RL en série. La bonne réponse est la proposition (c) avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s°r) accordé à la réponse. Le diagramme 4 présente les résultats.

Diagramme 4

Résultats de la question 4



Source : auteur, analyse des données de terrain, avril 2025.

Les résultats de ce diagramme 4 montrent que 28,33% des apprenants ont répondu de manière correcte à la question 4, contre 71,66% qui ont répondu de façon erronée. Lorsque nous avons analysé les raisonnements des participants qui conduisent aux réponses fausses qu'ils ont choisies pour cette question ainsi que le niveau de confiance qu'ils accordent à leurs réponses, il ressort que :

- 20,00% ont des réponses liées à la présence d'une conception alternative sur la détermination expérimentale de la constante de temps.
- 20,00% ont des réponses fausses liées au manque de connaissance.
- 31,66% ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

1.4.2 Analyse des résultats de la question 4

Les résultats de la question 4 montrent que 28,33% des apprenants ont répondu de manière correcte à la question 4, contre 71,66% qui ont répondu de façon erronée. Au vu de ces résultats, les apprenants ont toujours les conceptions alternatives dont le taux est très élevé. Cela s'explique par le fait que les apprenants ont un manque de connaissances (20,00%) et ont aussi un mauvais agencement conceptuel (31,66%).

On peut prendre un exemple des élèves qui choisissent le bon résultat mais donc la justification n'est pas correcte. Cet exemple est illustré dans la figure 8

Figure 37

Exemple de raisonnement d'une réponse correcte (c) et donc la justification est fautive due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 4

4.1. En utilisant le graphe, la constante de temps τ est :	a) $\tau = 0,22ms$ b) $\tau = 0,2ms$ <input checked="" type="radio"/> c) $\tau = 0,1ms$ d) Autre réponse à préciser.....
4.2. Justifier votre réponse :	<i>Car lorsqu'on projette la tangente à la courbe sur l'axe des temps, l'on obtient 0,1ms</i>
4.3. Confiance accordée à votre réponse :	<input checked="" type="radio"/> a) Sûr <input type="radio"/> b) Pas sûr

Les apprenants qui réagissent ainsi ont des conceptions alternatives dues un manque de connaissances et aussi un mauvais agencement conceptuel sur la détermination expérimentale de la constante de temps d'un circuit LC. Ces apprenants ne maîtrisent pas la définition de la constante de temps. Ils utilisent un raisonnement fait au hasard pour la détermination de la constante de temps.

1.5 Conclusion partielle pour les questions traitant sur les oscillations électriques libres

Il ressort des résultats des questions 1,2,3 et 4 que les apprenants qui ont répondu de manière correcte ont un taux de 28,08% ; ceux qui ont répondu de manière erronée et ayant des conceptions alternatives ont un taux de 27,08% ; ceux des apprenants qui ont donné des réponses fausses liées aux manques de connaissances ont un taux de 23,33% et ceux des apprenants qui ont donné des réponses fausses liées au mauvais agencement conceptuel ont un taux de 22,49%. Au vu de ces résultats, on constate que 72,9% des apprenants ont répondu de façon erronée contre 28,08%. On peut donc dire que les apprenants ont des conceptions alternatives. Parmi les principales causes des difficultés rencontrées par les apprenants, nous avons :

- La non prise en compte des concepts de base des oscillateurs électriques ;

- La non prise en compte du choix de l'outil mathématique ;
- La confusion conceptuelle entre la loi des mailles et la loi de Fresnel.

Ces résultats confirment ceux obtenus par Cossette caroline (2014) ; OUARZEDDINE Ammar (2019) qui constatent que les concepts initiaux en Électrocinétique sont utiles pour analyser les conceptions initiales des apprenants.

2 Présentation et analyse des résultats du deuxième thème

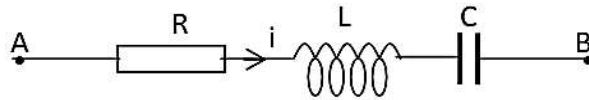
Le deuxième thème est intitulé : oscillations électriques forcées. Il est constitué des questions 5,6,7,8 et 9.

2.1 Présentation et analyse des résultats de la question 5

2.1.1 Présentation des résultats de la question 5

La question 5 est formulée de la manière suivante :

Question 5 : Une portion de circuit AB est constituée d'une résistance $R = 200 \Omega$, d'une bobine d'inductance $L = 0,5 \text{ H}$ et de résistance négligeable, d'un condensateur de capacité $C=2.10^{-6}\text{F}$ associés en série. On applique entre A et B une tension $U(t) = U_0\sqrt{2}\cos(100\pi t)$; où $U_0=10 \text{ V}$.

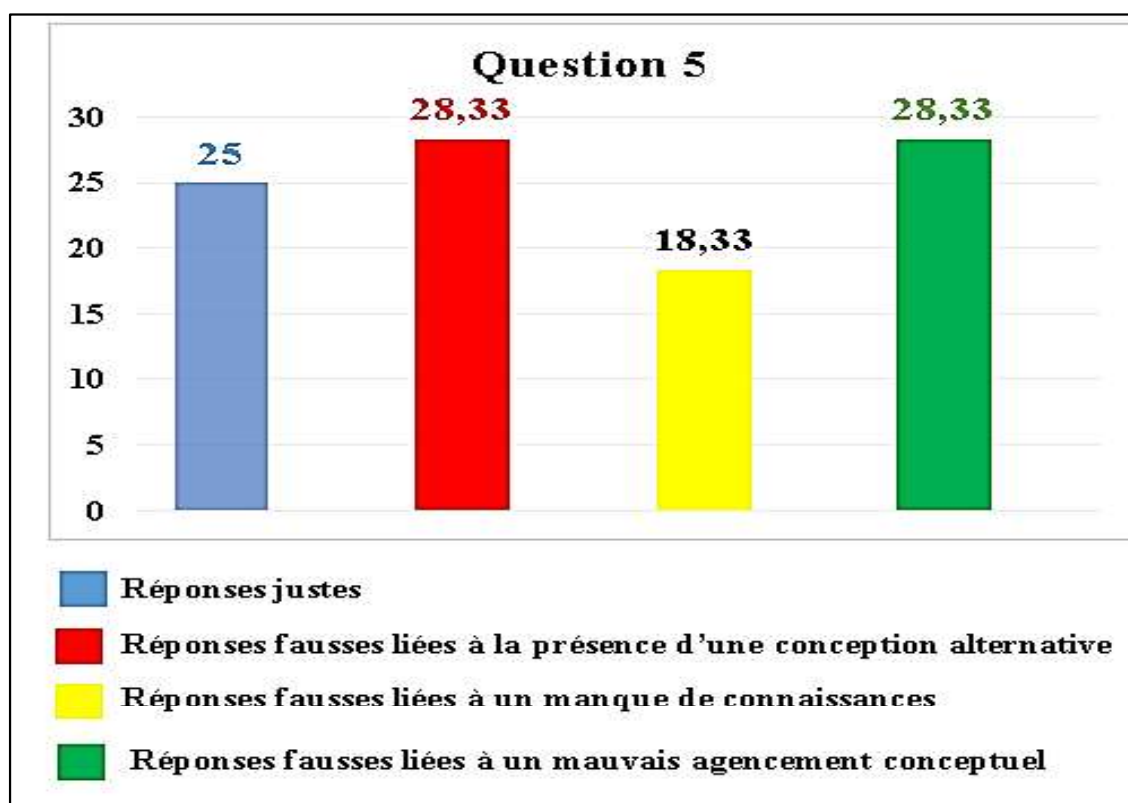


5.1. Calculer l'impédance Z de la portion de circuit AB	a) $Z = 1449\Omega$ b) $Z = 930\Omega$ c) $Z = 1160\Omega$ d) Autre réponse à préciser.....
5.2. Justifier votre réponse :	
5.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) S° re b) Pas s° re

La cinquième question est centrée sur la détermination de l'impédance d'un circuit RLC en série. La bonne réponse est la proposition (a) à savoir : $Z = 1449\Omega$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s° r) accordé à la réponse. Le diagramme 5 présente les résultats.

Diagramme 5

RÉSultats de la question 5



Source : auteur, analyse des données de terrain, avril 2025.

Les résultats de ce diagramme 5 montrent que plus de la moitié des participants (74,99 %) répondent de façon erronée à la question 5 contre 25,00 % qui répondent correctement.

Lorsque nous analysons ces résultats, il en ressort que :

- 28,33% des apprenants ont des réponses fausses liées à la présence d'une conception alternative sur la détermination de l'impédance d'un circuit RLC.
- 18,33% des apprenants ont des réponses fausses liées à un manque de connaissances.
- 28,33% des apprenants ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

2.1.2 Analyse des résultats de la question 5

L'analyse de justification et du niveau de confiance des apprenants à cette question nous montrent que les apprenants ne parviennent pas à écrire la formule qui permet de calculer l'impédance d'un circuit RLC en série. Cela est due chez les apprenants la présence des conceptions alternatives. Un exemple de ce type de justification est donné dans la figure 9.

Figure 38

Exemple de raisonnement fausse (b) liée à une conception alternative due au mauvais agencement conceptuel pour la question 5

5.1. Calculer l'impédance Z de la portion de circuit AB	a) $Z = 1449\Omega$ b) $Z = 930\Omega$ c) $Z = 1160\Omega$ d) Autre réponse à préciser.....
5.2. Justifier votre réponse :	
$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ $Z = \sqrt{20^2 + (0,5 \times 100\pi - \frac{1}{2 \times 10^{-6} \times 100\pi})^2} = 930\Omega$	
5.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

Lorsqu'on observe la justification donnée par les apprenants qui raisonnent de la sorte, nous nous rendons compte que ces apprenants ne parviennent pas à écrire la meilleure formule de l'impédance du circuit. Et aussi ces apprenants sont sûre de leur choix. Ainsi cela est due aux faites que les apprenants écrivent des formules sans toutefois vérifier la relation mathématique.

D'un autre côté, il y a des apprenants qui écrivent correctement la formule mais donc l'application numérique ne correspond pas au bon résultat. On peut donc dire que ces apprenants ont une carence conceptuelle. Un exemple de ce type de raisonnement est illustré dans la figure 10

Figure 39

Exemple de raisonnement fausse (c) liée à une conception alternative due au mauvais agencement conceptuel pour la question 5

5.1. Calculer l'impédance Z de la portion de circuit AB	a) $Z = 1449\Omega$ b) $Z = 930\Omega$ c) $Z = 1160\Omega$ d) Autre réponse à préciser.....
5.2. Justifier votre réponse :	
$Z^2 = R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2$ $AN: Z^2 = 20^2 + (0,5 \times 100\pi - \frac{1}{2 \times 10^{-6} \times 100\pi})^2$ $Z = 1160\Omega$	
5.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

2.2 PrÉsentation et analyse des rÉsultats de la question 6

2.2.1 PrÉsentation des rÉsultats de la question 5

La question 6 est formulÉe de la maniÈre suivante :

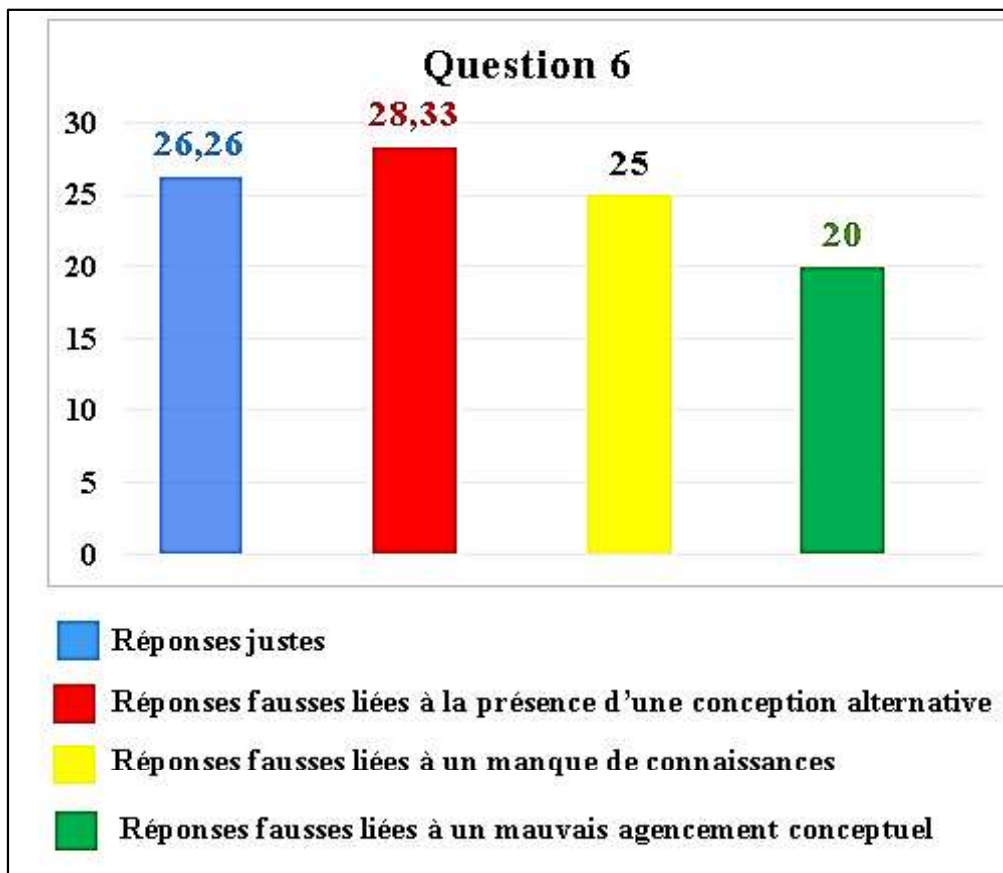
Question 6: Un circuit Électrique comprend une bobine d'inductance $L=0,2H$ et de rÉsistance $r=10\Omega$, montÉe en sÉrie avec un condensateur de capacitÉ C . L'ensemble constitue un dipÔle rlc sÉrie. La frÉquence qui traverse le circuit est $f=50Hz$.

6.1. La valeur du facteur de qualitÉ est :	a) $Q= 6,28$ b) $Q= 5,23$ c) $Q= 4,63$ d) Autre rÉponse à prÉciser.....
6.2. Justifier votre rÉponse :	
6.3. Confiance accordÉe à votre rÉponse :	a) S°re b) Pas s°re

La sixiÈme question est centrÉe sur la dÉtermination du facteur de qualitÉ thÉorique d'un circuit RLC en sÉrie. La bonne rÉponse est la proposition (a) à savoir : $Q= 6,28$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance ÉlevÉ (s°r) accordÉ à la rÉponse. Le diagramme 6 prÉsente les rÉsultats.

Diagramme 6

RÉsultats de la question 6



Source : auteur, analyse des donnÉes de terrain, avril 2025.

Les résultats de ce diagramme 6 nous montre que plus de la moitié des apprenants ont des réponses erronées (73,33%) contre 26,26%. L'analyse des réponses erronées montre que :

- 28,33% des apprenants ont des conceptions alternatives sur la détermination du facteur de qualité d'un circuit RLC.
- 25,00% des apprenants ont des réponses fausses liées à un manque de connaissances.
- 20,00% des apprenants ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

2.2.2 Analyse des résultats de la question 6

Lorsque nous regardons la justification des apprenants et du niveau de confiance qu'ils ont sur leur réponse choisie, nous constatons que certains apprenants écrivent correctement la formule mathématique qui permet de calculer le facteur de qualité et qui sont sûre de leur choix. Un exemple de ce type d'apprenant est illustré dans la figure 11

Figure 40

Exemple de raisonnement correcte (a) pour la question 6

6.1. La valeur du facteur de qualité est :	<input checked="" type="radio"/> a) Q= 6,28 <input type="radio"/> b) Q= 5,23 <input type="radio"/> c) Q= 4,63 <input type="radio"/> d) Autre réponse à préciser.....
6.2. Justifier votre réponse :	<p>Car $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ or $f = 200$ Hz et $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ • Après avoir trouvé la constante, nous avons remplacé dans la formule.</p>
6.3. Confiance accordée à votre réponse :	<input checked="" type="radio"/> a) Sûre <input type="radio"/> b) Pas sûre

D'autres part, nous avons aussi des apprenants qui font une confusion conceptuelle entre la détermination du facteur de qualité théorique et le facteur de qualité expérimental. Cela conduit à une réponse fausse due à un manque de connaissances. Un exemple de ce type de raisonnement est illustré dans la figure 12. Ils choisissent alors la réponse (d).

Figure 41

Exemple de raisonnement fausse (d) liée à une conception alternative due au manque de connaissances pour la question 6

6.1. La valeur du facteur de qualité est :	<input type="radio"/> a) Q= 6,28 <input type="radio"/> b) Q= 5,23 <input type="radio"/> c) Q= 4,63 <input checked="" type="radio"/> d) Autre réponse à préciser.....
6.2. Justifier votre réponse :	<p>$Q = \frac{\omega_2}{ \Delta\omega } = \frac{\omega_0}{ \omega_2 - \omega_1 }$ Je manque les données de ω_2 et ω_1 donc on ne peut pas faire l'application numérique</p>
6.3. Confiance accordée à votre réponse :	<input type="radio"/> a) Sûre <input checked="" type="radio"/> b) Pas sûre

2.3 Présentation et analyse des résultats de la question 7

2.3.1 Présentation des résultats de la question 7

La question 7 est formulée de la manière suivante :

Question 7 : Un circuit oscillant est constitué d'un condensateur de capacité $C = 1\mu\text{F}$, d'une bobine d'inductance $L = 0,2\text{H}$ et de résistance $r = 2\Omega$ et d'un conducteur ohmique de résistance $R = 3\Omega$. On réalise le montage schématisé par la figure 1. Le branchement d'un oscilloscope est indiqué sur cette figure. La f.è.m. du générateur est : $E = 10\text{ V}$. Lorsqu'on bascule l'interrupteur K en position (1), le condensateur est totalement chargé et la tension entre ses bornes est $U_{AM} = U_0$. Lorsqu'on met l'interrupteur K en position (2) le condensateur se décharge. à la date t , le circuit est parcouru par un courant d'intensité i et l'armature (A) porte la charge q .

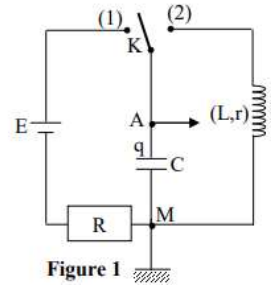


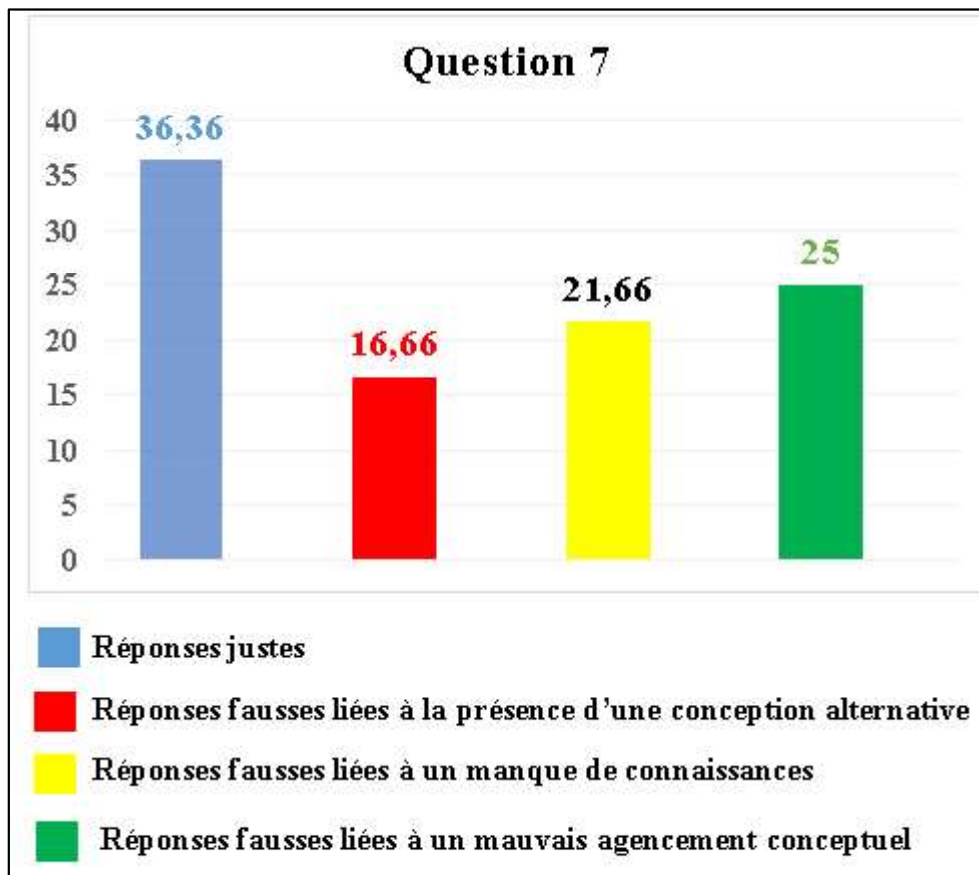
Figure 1

<p>7.1. L'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $U_{AM} = U_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est :</p>	<p>a) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$ b) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{L}{C} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{rC} U_C = 0$ c) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{1}{LC} \frac{dU_C}{dt} + \frac{r}{C} U_C = 0$ d) Autre réponse à préciser.....</p>
<p>7.2. Justifier votre réponse :</p>	
<p>7.3. Confiance accordée à votre réponse :</p>	<p>a) S° r b) Pas s° r</p>

La question 7 est centrée sur la détermination de l'équation différentielle d'un circuit RLC en série au cours de la décharge du condensateur. Ainsi, la bonne réponse est la proposition (a) à savoir :

$$\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$$

avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (s° r) accordé à la réponse. Le diagramme 7 présente les résultats.

Diagramme 7*r*ésultats de la question 7

Source : auteur, analyse des données de terrain, avril 2025.

Les résultats du diagramme 7 montre que 36,36% des apprenants ont répondu de manière correcte à la question 7 ; 16,66% des apprenants ont des conceptions alternatives sur la détermination de l'équation différentielle d'un circuit RLC en régime sinusoïdale forcée ; 21,66% des apprenants ont des réponses fausses liées à un manque de connaissances et 25,00% des apprenants ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

2.3.2 Analyse des résultats de la question 7

Au regard de ces résultats, nous remarquons que les apprenants ont toujours des conceptions alternatives très élevées (63,32%). Lorsque nous analysons la justification et le niveau de confiance qui donne le choix de la réponse, nous constatons que les apprenants qui choisissent la réponse (d) ne disposent aucune connaissance, un mauvais agencement conceptuel sur la détermination de l'équation différentielle d'un circuit RLC au cours de la décharge du condensateur. De même ces apprenants ne maîtrisent pas les concepts de base, ni appliquer la loi des mailles, ni le choix de l'outil mathématique à appliquer. Un exemple de ce type d'apprenants est illustré dans la figure 13.

Figure 42

Exemple de raisonnement fausse (d) lié à un manque de connaissance pour la question 7

<p>7.1. L'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $U_{AM} = U_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est :</p>	<p>a) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$ b) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{L}{C} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{rC} U_C = 0$ c) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{1}{LC} \frac{dU_C}{dt} + \frac{r}{C} U_C = 0$ (d) Autre réponse à préciser.....</p>
<p>7.2. Justifier votre réponse : <i>car la loi des mailles fait intervenir toutes les composantes du circuit.</i></p>	
<p>7.3. Confiance accordée à votre réponse :</p>	<p>a) Sûre (b) Pas sûre</p>

D'autres types d'élèves font une confusion conceptuelle entre le circuit fermé (la charge du condensateur) et le circuit ouvert (la décharge du condensateur). Dans la question 7, les apprenants appliquent correctement la loi des mailles dans le circuit et mobilisent les ressources correctes à la détermination de l'équation différentielle mais ne parviennent pas à retrouver le bon résultat. Cela est due chez les apprenants la présence des conceptions alternatives. Un raisonnement de ce genre pour les apprenants est donné dans la figure 14.

Figure 43

Exemple de raisonnement fausse (d) lié à une conception alternative pour la question 7

<p>7.1. L'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $U_{AM} = U_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est :</p>	<p>a) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$ b) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{L}{C} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{rC} U_C = 0$ c) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{1}{LC} \frac{dU_C}{dt} + \frac{r}{C} U_C = 0$ (d) Autre réponse à préciser.....</p>
<p>7.2. Justifier votre réponse : <i>D'après la loi des mailles : $U_R + U_r + U_C + U_L = 0 \Rightarrow Ri + ri + U_C + L \frac{di}{dt} = 0$ or $i = C \frac{dU_C}{dt}$ d'où $R C \frac{dU_C}{dt} + r C \frac{dU_C}{dt} + U_C + L C \frac{d^2 U_C}{dt^2} = 0$ $\Rightarrow \frac{d^2 U_C}{dt^2} + \frac{R+r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$</i></p>	
<p>7.3. Confiance accordée à votre réponse :</p>	<p>(a) Sûre b) Pas sûre</p>

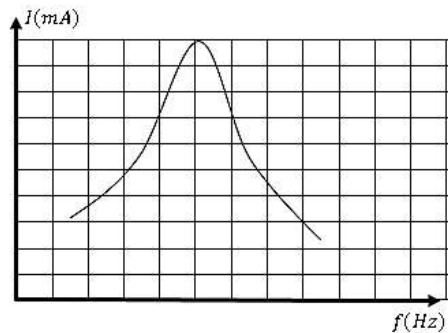
2.4 PrÉsentation et analyse des rÉsultats de la question 8

2.4.1 PrÉsentation des rÉsultats de la question 8

La question 1 est formulÉe de la maniÈre suivante :

Question 8 : on rÉalise une expÉrience d'un montage en sÉrie d'un dipÔle RLC. Au cours de cette expÉrience, on a obtenu le graphe suivant :

..chelle : 1 carreau pour 10mA et 1 carreau pour 100Hz

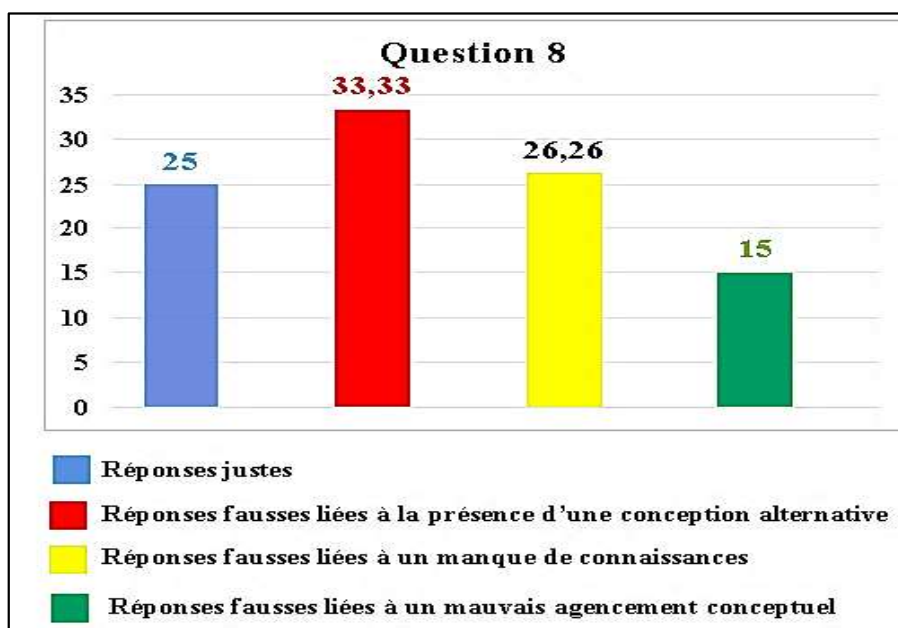


8.1. La valeur de la largeur de la bande passante est :	a) $\Delta f = 200Hz$ b) $\Delta f = 190Hz$ c) $\Delta f = 220Hz$ d) Autre rÉponse à prÉciser.....
8.2. Justifier votre rÉponse :	
8.3. Confiance accordÉe à votre rÉponse :	a) S° re b) Pas s° re

La question 8 est centrÉ sur la dÉtermination de la largeur de la bande passante d'un circuit RLC en sÉrie. Ainsi, la bonne rÉponse est la proposition (a) à savoir : $\Delta f = 200Hz$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance ÉlevÉ (s° r) accordÉ à la rÉponse. Le diagramme 8 prÉsente les rÉsultats.

Diagramme 8

RÉsultats de la question 8



Source : auteur, analyse des donnÉes de terrain, avril 2025.

Les résultats du diagramme 8 montre que 25,00% des apprenants ont répondu de manière correcte à la question 8 ; 33,33% des apprenants ont des réponses fausses liées à la présence d'une conception alternative ; 26,26% des apprenants ont des réponses fausses liées à un manque de connaissances et 15,00% des apprenants ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

2.4.2 Analyse des résultats de la question 8

Au regard des résultats de cette question, nous remarquons que chez certains apprenants, les réponses sont correctes mais la justification est faite de manière volatile. Les apprenants ne maîtrisent pas l'écriture scientifique. Les apprenants qui raisonnent de la sorte possèdent un mauvais agencement conceptuel. Un tel résultat est donné dans la figure 15.

Figure 44

Exemple de raisonnement correcte (a) mais une justification erronée et un niveau de confiance sure pour la question 8

8.1. La valeur de la largeur de la bande passante est :	<input checked="" type="radio"/> a) $\Delta f = 200\text{Hz}$ <input type="radio"/> b) $\Delta f = 190\text{Hz}$ <input type="radio"/> c) $\Delta f = 220\text{Hz}$ <input type="radio"/> d) Autre réponse à préciser.....
8.2. Justifier votre réponse : <p style="color: blue; font-family: cursive;">Car après projection de 02 points de la courbe sur l'axe des fréquences la différence de ces 02 fréquences nous donne 200Hz.</p>	
8.3. Confiance accordée à votre réponse :	<input checked="" type="radio"/> a) Sûre <input type="radio"/> b) Pas sûre

D'autres élèves par contre justifient correctement mais donnent un résultat erroné. Cela peut être due à une confusion conceptuelle et lorsque l'on regarde leur niveau de confiance, ils sont surs du choix fait. Ils ont donc pour cela donné une fausse réponse due à la présence des conceptions alternatives. On peut prendre un exemple donné dans la figure 16 chez les apprenants.

Figure 45

Exemple de raisonnement fausse (d) liée à une conception alternative due à un mauvais agencement conceptuel pour la question 8.

8.1. La valeur de la largeur de la bande passante est :	a) $\Delta f = 200\text{Hz}$ b) $\Delta f = 190\text{Hz}$ c) $\Delta f = 220\text{Hz}$ d) Autre réponse à préciser.....
8.2. Justifier votre réponse : $\Delta f = f_2 - f_1 \quad f_1 = 300\text{Hz} ; f_2 = 700\text{Hz}$ $\Delta f = 700 - 300 = 400\text{Hz}.$	
8.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

2.5 Présentation et analyse des résultats de la question 9

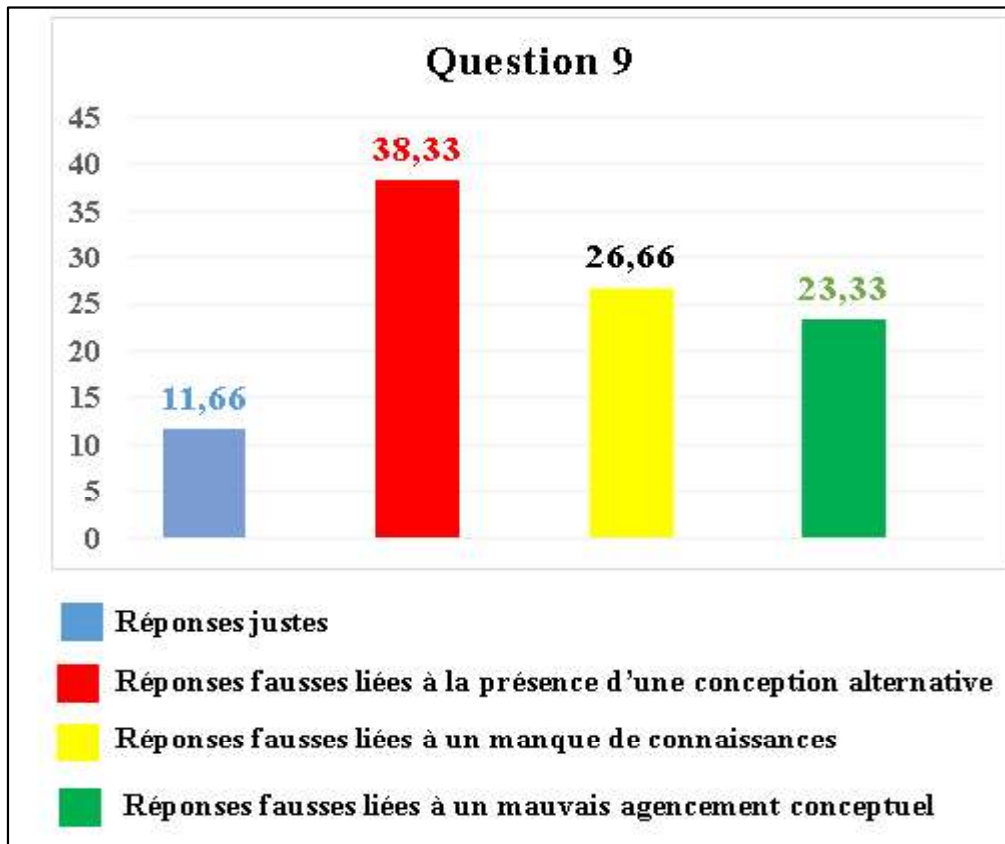
2.5.1 Présentation des résultats

La question 1 est formulée de la manière suivante :

Question 9 : La tension instantanée aux bornes d'un dipôle est $u(t) = 169 \cos 100\pi t$ (en V) ; l'intensité au même instant traversant le circuit est $i(t) = 0,254 \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ en A

9.1. La valeur de la puissance instantanée est :	a) $p(t) = -21,46 \sin(200\pi t)$ b) $p(t) = 42,92 \cos(100\pi t) \sin \left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ c) $p(t) = 21,46 \cos(200\pi t)$ d) Autre réponse à préciser.....
9.2. Justifier votre réponse :	
9.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

La question neuf est centrée sur la détermination de la puissance instantanée dans un circuit RLC en régime sinusoïdale forcé. Ainsi, la bonne réponse est la proposition (a) à savoir : $p(t) = -21,46 \sin(200\pi t)$ avec une justification pertinente et un niveau de confiance élevé (sûre) accordé à la réponse. Le diagramme 9 présente les résultats.

Diagramme 9 :*RÉSultats de la question 9*

Source : auteur, analyse des données de terrain, avril 2025.

Les résultats du diagramme 9 montre que : 11,66% des apprenants ont des réponses fausses liées à une conception alternative sur la détermination de la puissance instantanée d'un circuit RLC en régime forcée ; 38,33% des apprenants ont des réponses fausses liées à un manque de connaissance et 23,33% des apprenants ont des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

2.5.2 Analyse des résultats de la question 9

Les résultats de la question 9 montre que 73,32% des apprenants ont répondu de façon erronée à cette question. Ce taux est le plus élevé par rapport aux questions précédentes. Cette question est un peu plus complexe que les précédentes questions. Elle met en évidence le choix de l'outil mathématique, le choix des formules trigonométriques et la détermination de la formule de la puissance électrique. Certains apprenants confondent la puissance instantanée et la puissance moyenne.

Certains apprenants, face à leur raisonnement nous fait remarquer qu'ils ne maîtrisent aucun concept de base; ni le choix de la formule trigonométrique à utiliser. Ils possèdent alors de ce fait un manque de connaissances à la détermination de la puissance électrique en régime

sinusoïdale forcée et en plus ils ne sont pas sûrs du choix pour la réponse faite. Nous pouvons donc illustrer un exemple de tel raisonnement dans la figure 17.

Figure 46

Exemple de raisonnement fautive (b) liée à une conception alternative due à un manque de connaissances pour la question 9

circuit est : $i(t) = 0,254 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{2})$ en A	
9.1. La valeur de la puissance instantanée est :	a) $p(t) = -21,46 \sin(200\pi t)$ b) $p(t) = 42,92 \cos(100\pi t) \sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})$ c) $p(t) = 21,46 \cos(200\pi t)$ d) Autre réponse à préciser.....
9.2. Justifier votre réponse :	car le produit de $u(t)$ et $i(t)$ nous permet de retrouver $P(t)$, et utiliser de la formule ! $P(t) = U_m I_m [\cos(2\omega t + \varphi) + \cos \varphi]$
9.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

D'autres part choisissent la réponse correcte (a) au hasard mais ne parviennent pas à donner une justification pertinente de leur choix. Ils ne maîtrisent pas la formule pour déterminer la puissance électrique. Pourtant les valeurs de la tension électrique et de l'intensité du courant sont bien données. Et lorsqu'on regarde leur niveau de confiance ils sont sûrs de leur choix. Ce genre d'apprenant ont donc un mauvais agencement conceptuel. On peut donc prendre le cas des élèves qui raisonnent de la sorte et qui ne sont pas sûrs de leur choix. La figure 18 illustre ce genre d'apprenants.

Figure 47

Exemple de raisonnement correcte (a) et donc la justification est liée à une conception alternative due au mauvais agencement conceptuel pour la question 9.

circuit est : $i(t) = 0,254 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{2})$ en A	
9.1. La valeur de la puissance instantanée est :	a) $p(t) = -21,46 \sin(200\pi t)$ b) $p(t) = 42,92 \cos(100\pi t) \sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})$ c) $p(t) = 21,46 \cos(200\pi t)$ d) Autre réponse à préciser.....
9.2. Justifier votre réponse :	$P = UI \Rightarrow P = (169 \cos(100\pi t)) \times (0,254 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{2}))$ $\Rightarrow P = 42,9 \cos(100\pi t) \sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})$
9.3. Confiance accordée à votre réponse :	a) Sûre b) Pas sûre

2.6 Conclusion partielle pour les questions traitant sur les oscillations Électriques forcées

Les questions 5,6,7,8 et 9 traitent sur les oscillations électriques forcées. Lorsque l'on regarde ces résultats, il en ressort que :

- 24,86% des apprenants ont répondu de manière correcte aux différentes questions ;
- 28,99% des apprenants ont répondu de manière incorrecte due à la présence d'une conception alternative ;
- 23,66% des apprenants ont donné des réponses fausses dues à un manque de connaissances ;
- 22,33% des apprenants ont donné des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel.

Nous remarquons que 74,88% des apprenants ont répondu de façon erronée aux différentes questions proposées. Les causes des difficultés que les apprenants ont sont :

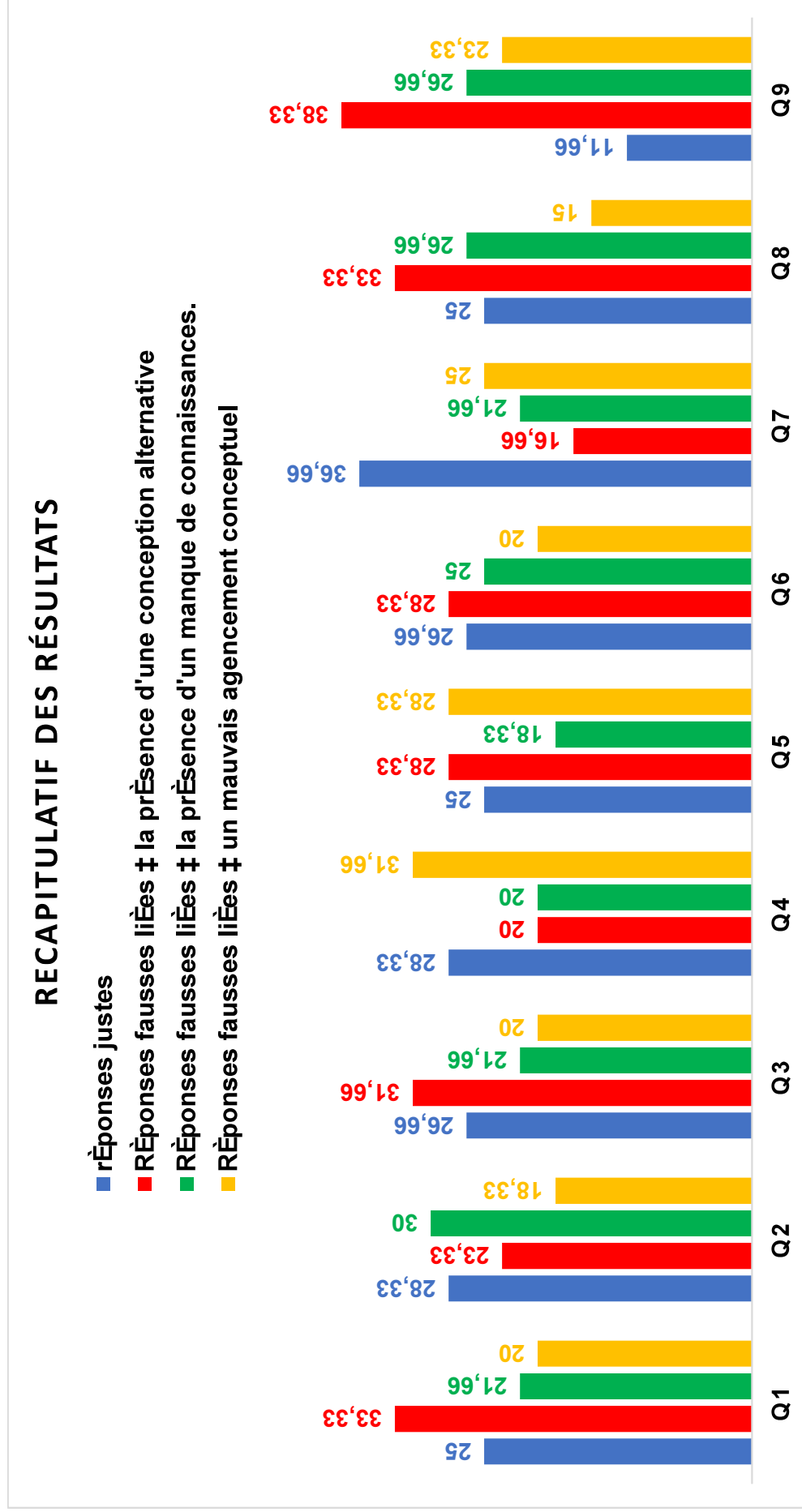
- La non prise en compte du choix de l'outil mathématique à appliquer ;
- La non prise en compte des formules des concepts de base (relation entre la tension, l'intensité et la charge du condensateur) ;
- La mauvaise organisation théorique des formules mathématiques.

Ces causes confirment les travaux faites par Cossette Nathalie (1999) ; Clotilde MERCIER – DEQUIDT (2015) qui confirment que les apprenants font un mauvais choix de l'outil mathématique à appliquer dans la résolution des problèmes en sciences physiques.

2.7 Récapitulatif des résultats

Diagramme 10

Récapitulatif des résultats



Source : auteur, analyse des données de terrain, mars 2025.

Le diagramme 10 présente entre autres le récapitulatif des résultats des différentes questions de notre questionnaire. Il est défini en pourcentage et en fonction des réponses justes ; des réponses fausses liées à la présence d'une conception alternative ; des réponses fausses liées à un manque de connaissances et des réponses fausses liées à un mauvais agencement conceptuel. En observant ce tableau, nous constatons que les apprenants ont donné plus de réponses erronées que de réponses justes et par conséquent disposent des difficultés dans la résolution des problèmes dues aux conceptions alternatives.

3 Discussion des résultats

3.1 Bref historique de la recherche

Notre recherche est dans le cadre de la didactique de physique. Le sujet porte sur l'étude des difficultés d'apprentissage sur le concept d'oscillateurs électriques par les élèves de terminale scientifique au Cameroun. Nous avons constaté que les apprenants ont des difficultés lors de la conceptualisation et de la mobilisation du concept d'oscillateurs électriques. Ces difficultés sont liées à la nature théorique de ce concept (cours des enseignants) et à l'existence chez les apprenants de conceptions alternatives. Ces difficultés d'apprentissages sont aussi liées aux carences conceptuelles, aux mauvais agencements conceptuels au niveau du développement cognitif de l'apprenant.

Nous voulons donc à partir de ce problème répondre à notre question générale de recherche : Quelles sont les conceptions des apprenants de la classe de terminale scientifique sur le concept d'oscillateur électrique ?

3.2 Résultats du questionnaire

Le but de notre recherche est d'analyser les conceptions des élèves de terminale scientifique sur le concept d'oscillateurs électriques. Pour mener à bien cette étude, nous avons procédé à une étude quantitative. Nous avons utilisé comme outils de collecte de données, un questionnaire à trois paliers qui a été administré à 60 élèves de terminale scientifique. Le questionnaire a été partagé aux élèves sur papier crayon et tous les élèves questionnés ont répondu au questionnaire.

Dans nos études primaires, réalisées aux chapitres 1 et 2 de notre travail, nous avons fait un constat sur le terrain. Ce constat, nous a amené à nous poser des différentes questions de notre recherche, les différentes théories et les recherches antérieures de notre étude. Ainsi il est primordial de discuter de nos résultats en rapport avec ceux antérieurs dans les paragraphes suivants. Tout d'abord nous allons faire un récapitulatif des résultats du questionnaire inscrit dans le tableau suivant.

Tableau 11

Récapitulatif des résultats du questionnaire

Type de réponses	Question 1	Question 2	Question 3	Question 4	Question 5	Question 6	Question 7	Question 8	Question 9
Réponse juste	25 %	28,33%	26,66%	28,33%	25,00%	26,66%	36,66%	25,00%	11,66%
Réponse fausse liée à la présence d'une conception alternative	33,33%	23,33%	31,66%	20,00%	28,33%	28,33%	16,66%	33,33%	38,33%
Réponse fausse liée à un manque de connaissances	21,66%	30,00%	21,66%	20,00%	18,33%	25,00%	21,66%	26,66%	26,66%
Réponse fausse liée à un mauvais agencement conceptuel	20,00%	18,33%	20,00%	31,66%	28,33	20,00%	25,00%	15,00%	23,33%

Les résultats de ce tableau montrent que, nous avons une moyenne de **25,92%** de réponses juste que les apprenants ont répondu dans les neuf questions du questionnaire. En ce qui concerne les réponses fausses liées à une conception alternative, nous avons une moyenne de **28,14%**. De ce qui est des réponses fausses liées à un manque de connaissances, nous avons une moyenne de **23,51%**. Les réponses fausses de apprenants qui sont liées à un agencement conceptuel donne une moyenne de **22,40%**. Au regard de ces résultats, il ressort que les apprenants éprouvent d'énormes difficultés dans la mobilisation et la conceptualisation du concept d'oscillateurs électriques. Nous avons un taux très élevé des réponses erronées (**74,11%**).

Nous allons donc détailler les origines et la typologie des conceptions alternatives que les apprenants ont sur le concept d'oscillateurs électriques au cours de cette recherche.

3.2.1 Origine des conceptions menant des modèles mentaux aux mauvaises réponses

Parmi les différentes causes dégagées des justifications, certaines relevaient d'une erreur factuelle, d'autres, d'un raisonnement fallacieux, d'autres encore, d'idées naïves. Si les mauvaises réponses à des questions conceptuelles ont différentes causes cognitives, il semble avantageux de les classifier selon ces causes probables pour éventuellement les traiter par des dispositifs différenciés. Comme mentionné précédemment, il n'existe pas actuellement de typologie satisfaisante pour les conceptions en physique sur les oscillateurs électriques. En effet, les rares typologies existantes considèrent le niveau de certitude des chercheurs en sciences physiques sur l'existence des conceptions (Ayina Bouni et al.,2021) ou le degré d'exactitude d'une réponse partiellement correcte (Mouliom Ndam, 2024 ; Kouakam Nelson, 2024 ; Awomo Jérémie, 2022).

Une typologie fructueuse pour les erreurs de raisonnement ne s'applique pas à toutes les erreurs relevées dans la présente recherche. Aucune typologie ne considère cependant à la fois les erreurs logiques, les conceptions alternatives, la fragmentation des connaissances et le manque de connaissances. Comme toutes ces causes mènent à de mauvaises réponses à des questions conceptuelles, elles devraient toutes être considérées dans l'enseignement. La recherche a jusqu'à présent fait peu de distinction entre les conceptions alternatives et les autres causes de mauvaises réponses. On y trouve quatre conceptions alternatives (des idées en désaccord avec la théorie scientifique), deux obstacles de fragmentation (des idées correctes, mais incomplètes ou mal organisées), un obstacle de carence (des 'trous' dans les connaissances) et un agencement incorrect de concepts (un raisonnement incorrect parce que contrevenant à l'expression de la logique). Cette typologie repose toutefois sur une base empirique et une analyse didactique qui en assurent, sinon l'exhaustivité, du moins la rigueur.

3.2.1.1 Des conceptions menant des modèles mentaux aux mauvaises réponses dont les origines sont d'ordre ontologiques

Cette conception alternative est probablement la plus nuisible à l'apprentissage de la physique. Certains extraits des raisonnements des apprenants ont été faits. Les constats ont été réalisés dans la mesure où ils ne parviennent pas à associer les concepts de base qu'ils ont vu dans les classes antérieures et des nouveaux concepts des oscillateurs électriques. Ainsi la difficulté d'appréhension repose donc sur le fait que chez certains apprenants, il existe les connaissances oubliées chez les apprenants. Leur développement psychogénétique est la cause de certaines réponses erronées que les élèves ont illustrées dans leur raisonnement au niveau du choix des réponses dans le questionnaire.

3.2.1.2 Des conceptions menant des modèles mentaux aux mauvaises réponses dont les origines sont d'ordre épistémologiques

Certaines erreurs des apprenants trouvent leur origine en physique lorsqu'ils sont face à un apprentissage. Nous avons relevé les réponses fausses données par les apprenants dans le questionnaire. Nous avons pour cela noté les conceptions alternatives des réponses fausses donc les origines étaient liées à un mauvais agencement conceptuel. Nous avons aussi noté les conceptions alternatives des réponses fausses donc les origines étaient liées à un manque de connaissance des apprenants sur certains concepts, une confusion conceptuelle et une fragmentation conceptuelle.

3.2.1.3 Des conceptions menant des modèles mentaux aux mauvaises réponses dont les origines sont d'ordre didactiques

Des modèles mentaux aux réponses dont les origines sont d'ordre didactiques constituent des barrières dans l'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques créées par des choix pédagogiques inappropriés, des présentations peu claires, des exemples mal adaptés ou d'autres aspects de la méthode d'enseignement. Les origines de ces obstacles peuvent être liées : au langage, à la simplification excessive du savoir, à la nature du savoir lui-même, à des notions nécessaires à la compréhension du concept (prérequis), aux manuels scolaires, au style d'apprentissage de l'apprenant.

Nous avons noté les réponses fausses des apprenants dues aux connaissances incomplètes. Certains réponses fausses qui étaient dues aux connaissances erronées. Nous avons analysé les justifications de certains élèves qui donnaient des réponses incomplètes dans leur raisonnement ou ils ne parvenaient pas à faire un choix de l'outil mathématique dans la prise en compte d'une équation différentielle. Ceci rend l'apprentissage difficile.

De ce qui précède, nous avons relevé les conceptions des élèves sur le concept d'oscillateurs électriques dont les origines sont liées aux obstacles ontologiques, épistémologiques et didactique. Ces résultats sont conformes avec les recherches antérieures portant sur les conceptions des apprenants en sciences physiques (Cormier Nathalie, 2014 ; Kouakam Nelson, 2024 ; Mouliom Ndam, 2024 ; Ayina Bouni et al, 2021).

À partir des résultats de notre questionnaire nous pouvons confirmer notre hypothèse 1 de notre recherche : les élèves de terminale scientifiques ont des conceptions dont les origines sont d'ordre ontologique, épistémologique et didactique. ^a

3.2.2 Typologie des conceptions des apprenants sur le concept d'oscillateurs électriques.

Selon nos résultats, nous remarquons que notre échantillonnage d'apprenants possède des conceptions de tous les types soit expérience première, obstacle verbal, substantialiste, connaissance générale et connaissance scientifique. Par contre, lorsque le sujet d'étude a déjà été présenté en classe ou bien que l'apprenant se sent concerné sur le plan socio-affectif, les conceptions de type connaissance générale et connaissance scientifique sont en plus grand nombre. Ces résultats nous démontrent bien que les élèves apprennent mieux lorsqu'ils se sentent concernés. C'est pourquoi les enseignants devraient constamment faire des rapprochements entre les nouvelles notions et des choses concrètes que l'apprenant connaît déjà. Ainsi, les liens se tisseraient mieux pour les apprenants et les apprentissages scientifiques n'en seraient qu'améliorés.

Lorsque le sujet d'étude est connu des élèves soit par l'apprentissage à l'école ou par la culture personnelle, les conceptions de types connaissance générale et scientifique sont utilisées par environ la moitié des répondants. En effet, l'enjeu socio-affectif et l'interaction qu'il doit y avoir pour que l'élève fasse des apprentissages sont plus souvent mis en jeu lorsqu'il connaît le sujet. Ayant déjà le goût d'apprendre. Il s'investit davantage et les apprentissages se font plus facilement. L'enseignant doit donc essayer de provoquer des enjeux socio-affectifs pour favoriser la réussite des élèves en science. Ainsi les élèves n'auront pas deux systèmes explicatifs, mais bien un seul qui expliquera les notions de façon scientifique (Cossette Nathalie, 1999). Dans notre questionnaire, nous avons regroupé les questions suivant des conceptions alternatives, les conceptions alternatives liées à un manque de connaissances et les conceptions alternatives liées au mauvais agencement conceptuel. Ainsi les types de conceptions présentées plus haut deviennent des obstacles d'ordre psychogénérique, épistémologique et didactiques. Nous pouvons donc à partir de ces résultats confirmer notre hypothèse 2 qui s'énonce comme suit : les élèves de terminales scientifiques

au Cameroun possèdent des conceptions qui sont classées suivant le plan ontologique, épistémologique et didactique.

À partir des résultats de notre recherche, des origines et des types de conceptions qu'ont les apprenants nous listons quelques causes majeures des difficultés des élèves dans l'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques que nous avons identifiées :

- l'incapacité des apprenants à faire fonctionner la formule de la détermination de la capacité d'un condensateur ($C = U/q$). Ils ne maîtrisent pas cette formule et la confondent avec celle de la tension ;
- la confusion conceptuelle entre la charge et la décharge d'un condensateur dans un circuit comportant : les bobines, les résistors, les condensateurs, les interrupteurs, l'ampèremètre, le voltmètre... les apprenants ne connaissent identifier l'appellation d'un circuit « ouvert^a ou ' fermé^a ;
- l'attribution des valeurs numériques incorrectes aux variables dans la formule de l'impédance d'un circuit RLC pour procéder rapidement au calcul numérique ;
- l'incapacité des apprenant à faire le choix de l'outil mathématiques lors de la détermination de l'équation différentielle d'un circuit RLC au cours de charge ou la décharge d'un condensateur ou même aussi lors de la détermination de la puissance instantanée en régime forcé ;
- la présence dans la mémoire des apprenants des conceptions alternatives selon lesquelles la tension du courant électrique est la même dans toutes les portion d'un circuit en série ;
- l'interprétation erronée des énoncés ;
- la mobilisation des heuristiques telles que ' *des valeurs numériques dans un énoncé impliquent automatiquement des calculs numériques dans la réponse*^a ;

Ces difficultés qu'ont les apprenants à déterminer correctement les concepts liés †

l'étude des oscillateurs électriques ainsi que leurs causes corroborent les résultats de plusieurs recherches en didactique des sciences physiques (Adjibi, H. et al, 2016 ; Saddouki, S et al., 2016) selon lesquels l'imbrication conceptuelle autour de la mobilisation des oscillateurs électriques dans l'électrocinétique rendrait son apprentissage difficile pour les apprenants.

Le chapitre mis à notre étude s'intitule la présentation et l'analyse des résultats de notre recherche. Il était question ici tout d'abord de présenter de manière descriptive des résultats du questionnaire administré aux élèves et de donner une analyse des résultats obtenus.

Les résultats de notre recherche montrent que, nous avons une moyenne de **25,92%** de réponses justes que les apprenants ont répondu dans les neuf questions du questionnaire. En ce qui concerne les réponses fausses liées à une conception alternative, nous avons une moyenne de **28,14%**. De ce qui est des réponses fausses liées à un manque de connaissances, nous avons une moyenne dont le pourcentage est de **23,51%**. Les réponses fausses des apprenants qui sont liées à un manque d'agencement conceptuel donne une moyenne de **22,40%**. Au regard de ces résultats, il ressort que les apprenants éprouvent d'énormes difficultés dans la mobilisation et la conceptualisation du concept d'oscillateurs électriques. Nous avons un taux très élevé des réponses erronées (**74,11%**).

Grâce à ses résultats notre hypothèse générale est vérifiée dans la mesure où les apprenants après avoir reçu un enseignement sur le concept d'oscillateurs électriques disposent toujours des conceptions alternatives sur ce concept.

CONCLUSION GENERALE

Rendu au terme de notre travail qui avait pour thème : ETUDE DES DIFFICULTES D'APPRENTISSAGE DU CONCEPT D'OSCILLATEURS ELECTRIQUES EN CLASSE DE TERMINALE SCIENTIFIQUE AU CAMEROUN. Cette recherche s'intéresse à identifier les difficultés que les apprenants éprouvent face au concept d'oscillateurs électriques.

Notre recherche est dans le cadre de la didactique de la physique. Nous avons choisi de conduire cette étude dans la mesure où les apprenants ne comprennent pas le concept des oscillateurs électriques. C'est ainsi que le choix de ce sujet vient résoudre un problème fondamental en didactique des sciences physiques en général et sur les oscillateurs électriques en particulier. Une observation préliminaire dans les lycées et collèges nous a permis de constater que la compréhension et l'acquisition d'un enseignement en électrocinétique notamment dans les oscillateurs électriques ne semblent pas si aisées chez les apprenants en classe de terminale scientifique. Cette complexité de compréhension est due à la présence chez les apprenants des conceptions alternatives.

Dans le cadre de notre étude, nous voulons déterminer les conceptions des apprenants dans l'apprentissage du concept d'oscillateurs électriques. Pour mener à bien cette étude afin d'aboutir à notre objectif, nous avons procédé à une méthodologie basée sur un questionnaire que nous avons administré à 60 apprenants de terminale scientifique. Pour analyser les données recueillies par le questionnaire, nous avons utilisé le logiciel EXCEL professionnel plus 2021.

Les résultats de notre recherche montrent que nous avons **25,92%** de réponses justes que les apprenants ont répondu dans les neuf questions du questionnaire. En ce qui concerne les réponses fausses liées à une conception alternative, nous avons **28,14%**. De ce qui est des réponses fausses liées à un manque de connaissances, nous avons **23,51%**. Les réponses fausses des apprenants qui sont liées à un manque d'agencement conceptuel donne une moyenne de **22,40%**. Au regard de ces résultats, il ressort que les apprenants éprouvent d'énormes difficultés dans la mobilisation et la conceptualisation du concept d'oscillateurs électriques. Nous avons un taux très élevé des réponses dues aux conceptions erronées (**74,11%**).

Quelles perspectives pouvons-nous donner à ce travail ?

Les limites : Notre recherche s'est effectuée sur un échantillon moindre dans une zone urbaine. Elle a recouvert juste quelques élèves de cinq établissements de la ville de Yaoundé.

Perspectives : Dans nos prochaines recherches, nous allons étendre sur plusieurs établissements du Cameroun des zones urbaines et rurales, nous allons appliquer un outil de remédiation qui permettra aux apprenants camerounais des séries scientifiques de

l'enseignement secondaire général francophone de mieux surmonter les difficultés d'apprentissage sur le concept d'oscillateurs électriques.

Intérêts didactiques : Les résultats que nous avons obtenu du questionnaire ont un impact sur le plan didactique. Le but principal de cette recherche est d'identifier les conceptions des apprenants sur le concept d'oscillateurs électriques. Les résultats récents liés à notre étude ont eu des limites, dans la mesure où les enseignants ne transposent pas bien certains concepts de base des oscillateurs électriques vus dans les classes antérieures.

Intérêt scientifique : Cette étude s'intéresse aux conceptions des apprenants. À l'école, la physique est une des rares disciplines où les apprenants sont confrontés à plusieurs problèmes de compréhension disent-ils que la physique est très difficile. À notre connaissance, aucune recherche ne s'est intéressée à la didactique des oscillateurs électriques au Cameroun. Cette recherche viendra ainsi combler ce vide scientifique dans les thématiques portant sur la didactique de l'électrocinétique en Afrique en générale et au Cameroun en particulier. Elle servira donc de guide pour les recherches futures en didactique des sciences, dans les écoles normales supérieures, les facultés de sciences de l'éducation...

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjibi Hilaire, AVOSSEVOU Gabriel Y. H, MOUSSILIOU Chérif Abdoulaye, BRIAUD Phillipe (2017). Difficultés de l'utilisation de l'outil mathématique dans l'enseignement des sciences physiques : cas des circuits RLC en régime sinusoïdal forcé 3(4)
- Aktouf, O. (1987). *Méthodologie des sciences sociales et approche qualitative des organisations : une introduction à la démarche classique et une critique*. Montréal: Les Presses de l'Université du Québec.
- Alipour, M. (2018). Approche socioconstructiviste pour l'enseignement-apprentissage du lexique spécialisé : apport du corpus dans la conception d'activités lexicales. [thèse de doctorat]. Université de Montréal.
- Alter, B. (1997). Whose Nature of Science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Amiques, R et Caillot, M. (1990). Les représentations graphiques dans l'enseignement et l'apprentissage de l'électricité. *European Journal of Psychology of Education*, 477-488.
- Awomo Ateba, J. (2022). Difficultés des élèves dans l'apprentissage du concept de réaction chimique limitée au secondaire camerounais. Contribution à une épistémologie appliquée à la construction curriculaire [thèse de doctorat]. Université de Yaoundé 1.
- Ayina Bouni et Awomo Ateba, J. (2019). Modélisation du concept de chaleur par les jeunes apprenants du CETIC de Nsem à travers le récit comme mode de transposition didactique. 8(2), 143-165.
- Awomo Ateba Jérémie, MANTO MBA Adrienne Victorine, AMBOMO Nicole Aimée, Ayina Bouni, (2024). ..tude des conceptions du poids d'un corps chez les apprenants des classes de troisième (13-15 ans) de l'enseignement secondaire général camerounais. 2(3), p.282-301.
- Ayina Bouni, Mouliom Ndam, E., Potvin, P. & Ntede Nga. (2021). Enseignement-apprentissage du concept de la concentration en chimie: quel impact pour une remédiation impliquant le contrôle inhibiteur ? RISEY, 1, 104-140.
- Astolfi, J.-P. (1992). Apprendre par franchissement d'obstacles ? *Représentations*(5), 103-116.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bœhntold, M. (2018). ..pistémologie et didactique de la physique. Des interrelations multiples et fécondes [thèse de doctorat]. Université de Montpellier.
- Belebenie, I. (2017, Mars). Prise en compte des représentations des apprenants dans l'enseignement de la mécanique suivant le modèle centré sur les habiletés d'investigations

scientifiques (C.H.I.S) et les performances des Élèves. [Mémoire de master]. Université de Yaoundé 1.

Bélanger, M. & Verreault, J.-S. (2001). Les conceptions des Élèves à propos de la mole. Recueil de textes didactique des sciences.

Benseghir, A et Closset, J-L. (1993). Prénance de l'explication électrostatique dans la construction du concept de circuit électrique : points de vue historique et didactique. Didaskalia, 2(1), 31-47.

Benzidia, B., Alioua, H. A., Ouasri, A. & Abid, M. (2021). Identification des difficultés des apprenants du secondaire collégial marocain dans l'apprentissage des concepts de transformation chimique – transformation physique. European Journal of Education studies, 8(3), pp. 246-265. <https://doi:10.46827/ejes.v8i11.3991>

Boilevin, J.M et Brandt-Pomares, P. (2008, juin). Didactique des sciences physiques, didactique de la technologie, et usage des TICE. 4(2), 245-254.

BROUSSEAU, G. (1988). Le contrat didactique, le milieu recherche en didactique des mathématiques. Paris: .d. du Seuil.

Carretto, J., & Viovy, R. (1994). Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique

Cormier, C. (2014). .tude des conceptions alternatives et des processus de raisonnement des Étudiants de chimie du niveau collégial sur la molécule, la polarité et les phénomènes macroscopiques [thèse de doctorat]. Université de Montréal.

Chateigner, M. B. (2007). *Manuel de génie électrique : Rappels de cours, méthodes, exemples*. Paris: Dunod. Récupéré sur 1. ' un exemple d'étude d'oscillateur quasi-sinusoidal: l'oscillateur à pont de Wien ^a

Chekour, M., Laafou, M. et Janati-Idrissi, R. (2015). Les facteurs influençant l'acquisition des concepts en Électricité Cas des lycéens marocains. Adjectif. Consulté à l'adresse <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article354>

Chevallard, Y. (1980). Pourquoi la transposition didactique ? Repéré à [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Pourquoi la](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Pourquoi_la_transposition_didactique) transposition didactique.

Chevallard, Y. (1982). Les processus de transposition didactique et leur théorisation. Repéré à [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Les processus de transposition.pdf](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Les_processus_de_transposition.pdf)

Coquidé, M. (2003). .ducation, formation : Nouvelles questions, nouveaux métiers. Paris : ESF

Coquidé, M. (2010) Face à l'expérimental scolaire : Éducation. École normale supérieure de Cachan.

- Cossette, N. (1999). Les conceptions des Élèves de quatrième secondaire en sciences physiques 416 et 436. Rapport de recherche à l'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC EN ABITIBI-TISCAMINGUE.
- D'Amore, B. (2001). Une contribution au débat sur les concepts et objets mathématiques : la position naïve dans une théorie réaliste contre le modèle anthropologique dans une théorie pragmatique. *Paedagogica Experimentalis*. Gent, Belgio. XXXVIII, 1, p. 17-46.
- Devaley, M. (1992). De l'apprentissage à l'enseignement. Paris: E.S.F.
- Dumas-Carre, A. et Caillot, M. (1993) : Résolution de problèmes et apprentissage de la physique. In S. Johsua et J. Dupin : Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques (125-145). Paris, PUF.
- Gallauziaux, T et Fedullo, D. (2018). LE GRAND LIVRE DE L'ELECTRICITE. Éditions EYROLLES, Paris CEDEX 5.
- Giordan, A. (1989). Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique. *Construction Des Savoirs : Obstacles et Conflits*, 240–257.
- Giordan, A. (2008). Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage. *Laboratoire de Didactique et d'épistémologie Des Sciences*, 1–10. <https://andregiordan.com/article/apprendre/concepttapp.html> (consulté le 13 mars 2023)
- Johsua, S. et Dupin J.-J. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques, P.U.F.
- Kouakam Gontio, W.N (2019). Expérience d'intégration d'un didacticiel d'optique géométrique dans l'enseignement de la focométrie auprès des apprenants de première scientifique du secondaire [*Mémoire de master*]. Université de Yaoundé 1.
- Kouakam Gontio, W.N., Ngnoulaye, J. et Ngnokam, E (2022). Expérience d'intégration d'un didacticiel d'optique géométrique dans l'enseignement de la focométrie auprès des apprenants de première scientifique du secondaire. *Les cahiers de l'ACAREF*, 4(10/Octobre 2022), 252-274.
- Le Strat, S (1989). *Épistémologie des sciences physiques*. France, NATHAN
- Masselot, P. et Robert A. (2007). Le rôle des organisateurs dans nos analyses didactiques de pratiques de professeurs enseignant les mathématiques. *Recherche et formation*, (56), 15-32. doi : 10.4000/rechercheformation.841
- Mercier, J. (1934). Sur les différents genres d'oscillations électriques. *J. Phys. Radium*, 5(3), 126-131.

- Mercier-Dequidt, C et Morge, L. (2014). Analyse épistémique et didactique d'une nouvelle analogie pour enseigner l'électrocinétique. *Canadian Journal of science, Mathematics and Technology Education* 14, 187-206.
- Mohammed, R et al. (2021). Identification de quelques difficultés d'enseignement-apprentissage des concepts d'électricité au cycle collégial marocain. Recupéré en 2021 sur le site <https://doi.org/10.1051/itmconf/20213902003>.
- Mouhouche, A et EL-Hajjami, A. (2010). Histoire des sciences. ...tude de la rÉsonance : quels obstacles ÉpistÉmologiques (599-613).
- Mouliom Ndam, E. (2024). Étude de l'impact d'une remédiation impliquant le changement de prÉvalence conceptuelle sur les difficultÉs rencontrÉes dans l'apprentissage du concept de concentration en chimie : cas des ÈÈves des sÈries scientifiques du Cameroun. [thèse de doctorat]. Université de YaoundÉ 1.
- Osborne, J. (1996). Beyond constructivism. *Science ..ducation*, 80(1), 53-82.
- Ouarzeddine, A. (2019). Conceptions initiales des ÈÈves et leur importance opÉrationnelle dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences. *INRE Educ recherche*, 9(2).
- Palermo, C et Torres, J. (2015). PrÉcis d'ÉlectricitÉ Edition DUNOD.
- PÈissier, L. (2012). Étude des pratiques d'enseignement des savoirs de l'épistémologie en classe de physique de lycÈe gÈnÈral. [thèse de doctorat]. Université de Toulouse 2 Le Mirail.
- Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique † partir de pratiques : des savoirs aux compÈtences. *Revue des sciences de l'Éducation*, 24(3), 487-514.
- Piaget, J. (2018). La représentation du monde chez l'enfant. Presses universitaires de France.
- Riopel, M. (2005, septembre 3). ..pistÉmologie et enseignement des sciences. *Chicoutimi : Les classiques des sciences sociales*. RÈcupÈrÈ sur http://classiques.uqac.ca/contemporains/riopel_martin/epistemologie ens sciences/Epistemologie enseign sc. pdf (consultÈ le 3 septembre 2006).
- Robardet, G. (1997). Le jeu des rÉsistors : une situation visant † Èbranler des obstacles ÉpistÉmologiques en ÉlectrocinÉtique. *Aster : Recherche en didactiques des sciences expÉrimentales*, 24(1), 59-79.
- Saddouki, S. (2019). Enjeux dans l'appropriation de la dÈmarche d'investigation par des enseignants : Cas de l'enseignement de la rÉsonance Électrique en terminale scientifique [thèse de doctorat]. Université de Bretagne occidentale.
- Saddouki, S et al. (2016). Impact de la situation-problème sur la pratique de l'enseignant en classe : Cas de la rÉsonance d'intensité, 3(2), p. 297-305.

Talayrach, B. (1999). L'électricité : son origine, ses dangers et sa réglementation [thèse de doctorat]. Université de LIMOGES.

Thouin, M. (1953). Réaliser une recherche en didactique. La nature de l'activité scientifique (43-44). Edition multimonde. Québec.

Tremblay, R. et Perrier, Y. (2006). Savoir plus: outils et méthodes de travail intellectuel. Paris : Les Éditions de la Chenelière inc.

Vergnaud, G. (1990) : La théorie des champs conceptuels. In Recherches en Didactique des Mathématiques, 10(2-3)133-170.

Vygotski L. (1985b): La pensée et le mot, In B. Schneuwly et J.-P. Bronckart (Eds.)

Zènlème, Y.S. (2017). La motivation à apprendre les sciences physiques chez les élèves de 3^e en contexte camerounais : l'apport des simulateurs associés à un exerciceur.

ANNEXES

ANNEXE 1 : AUTORISATION DE RECHERCHE

<p>REPUBLIQUE DU CAMEROUN ***** <i>Peace - Travail - Patrie</i> ***** UNIVERSITE DE YAOUNDE I ***** FACULTE DES SCIENCES DE L'EDUCATION ***** DEPARTEMENT DE DIDACTIQUE DES DISCIPLINES</p>		<p>REPUBLIC OF CAMEROON ***** <i>Peace - Work - Fatherland</i> ***** UNIVERSITY OF YAOUNDE I ***** FACULTY OF EDUCATION ***** DEPARTMENT OF DIDACTICS</p>
<p>N° — /UY/PS/ED</p>	<p>Yaoundé, le ... 02 DEC 2022</p>	
<p><u>AUTORISATION DE RECHERCHE</u></p>		
<p>Je soussigné, BELA Cyrille Bienvenu, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé I, autorise AMBOE Eric matricule 21v3363 inscrit (e) en Master 2 dans le Département de Didactique des Disciplines, Option : Physique, dont le sujet traite de: «<i>Enseignement/Apprentissage de la physique : Modélisation des oscillateurs électriques en classe de terminales scientifiques.</i>».</p>		
<p>L'intéressé, dans le cadre de ses travaux de recherche, a besoin d'une bonne connaissance du terrain à acquérir auprès des Lycées et Collèges.</p>		
<p>En foi de quoi la présente autorisation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.</p>		
<p>Par ordre du Doyen</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="text-align: center;">  <p style="color: blue; font-weight: bold; margin-top: 5px;">GILBERT ETIENNE Professeur</p> </div> </div>		

ANNEXE 2 : SELECTION EN MASTER 2 DIDACTIQUES DES DISCIPLINES

REPUBLICQUE DU CAMEROUN
 Paix – Travail – Progrès
 UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I
 B.P. 337 Yaoundé,
 Tél/Fax : (237) 222.13.20

Direction des Affaires Académiques et de la Coopération
 Division de l'Enseignements et des Personnels Enseignants
 Service des Programmes et des Diplômes

REPUBLIC OF CAMEROON
 Peace – Work – Progress
 UNIVERSITY OF YAOUNDÉ I
 P.O. BOX : 337 Yaoundé
 Phone number/FAX (237) 22.22.13.20

Department of Academic Affairs and Cooperation
 Sub-Department of Teaching and Teaching Staff
 Programme and Certification Service

22-01356
 Décision N° JUYV/REPDTIC/DAAC/D-FNE/DRPD/CRFD-SHISE/SE/SR du 19 OCT 2022
 portant sélection des candidats en Master 2 Centre de Recherche et de Formation Doctorale en Sciences Humaines, Sociales et Éducatives de l'Université de Yaoundé I au titre de l'année académique 2022-2023.

- Vu la Constitution ;
 Vu la Directive N° 01/06-UEAC-019-CM-14 du 11 mars 2006 portant application du système LMD (Licence, Master, Doctorat) dans les Universités et Établissements d'enseignement Supérieur de l'espace CEMAC ;
 Vu le Décret n° 93/026 du 19 janvier 1993 portant création des Universités ;
 Vu le Décret n° 93/036 du 29 janvier 1993 portant organisation administrative et académique de l'Université de Yaoundé I ;
 Vu le Décret n° 2012/433 du 1er octobre 2012 portant organisation du Ministère de l'Enseignement Supérieur ;
 Vu le Décret n° 2012/333 du 29 juin 2012 portant nomination du Recteur de l'Université de Yaoundé I ;
 Vu la correspondance n° 222692/JUYV/REPDTIC du 28 septembre 2022 relative aux travaux de la Commission Centrale de Sélection consacrée à l'examen des dossiers de demande de sélection en Master 2 et en Doctorat/Ph.D. au titre de l'année académique 2022-2023 ;
 Vu les délibérations des travaux de la Commission Centrale de Sélection en Master 2 et en Doctorat/Ph.D. au titre de l'année académique 2022-2023.

DÉCIDÉ :

Article 1^{er} : Les étudiants dont les noms suivent sont autorisés à s'inscrire en Master 2, au Centre de Recherche et de Formation Doctorale en Sciences Humaines, Sociales et Éducatives de l'Université de Yaoundé I au titre de l'année académique 2022-2023.

CENTRE DE RECHERCHE ET DE FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES HUMAINES, SOCIALES ET EDUCATIVES
 (POST GRADUATE SCHOOL FOR SOCIAL AND EDUCATIONAL SCIENCES)

UNITE DE RECHERCHE ET DE FORMATION DOCTORALE EN SCIENCES DE L'ÉDUCATION ET INGÉNIERIE ÉDUCATIVE
 (RESEARCH AND DOCTORAL TRAINING UNIT FOR SCIENCE OF EDUCATION AND EDUCATIONAL ENGINEERING)

SPÉCIALITÉ : DIDACTIQUE DE PHYSIQUE

N°	NOMS ET PRÉNOMS	MATRICULES	THÈMES	DIRECTEURS/ CODIRECTEURS	GRADES
65	KEKIME JÉRÉMIE	21V3348	Analyse de contenu des manuels scolaires et difficultés d'enseignement-apprentissage du concept de lumière au lycée.	AYINA BOUNI	MC
66	NYAMA NSOI ANDRÉ ROLAND	21V3336	Construction du concept de réaction nucléaire en classe de terminale scientifique et développement des savoirs.	AYINA BOUNI	MC
67	AMBOE Éric	21V3363	Enseignement/apprentissage de la physique: modélisation de l'oscillateur électrique en classe de terminale scientifique au Collège bilingue Frantz Fanon.	AYINA BOUNI	MC

Article 2 : Le Vice-Recteur Chargé des Enseignements, de la Professionnalisation et du Développement des Technologies de l'Information et de la Communication, le Directeur des Affaires Académiques et de la Coopération, le Doyen de la Faculté des Sciences de l'Éducation et le Coordonnateur du Centre de Recherche et de Formation Doctorale en Sciences Humaines, Sociales et Éducatives sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'application des dispositions de la présente décision.

Article 3 : La présente décision sera enregistrée et communiquée partout où besoin sera.

Fait à Yaoundé, le _____

LE RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I



Pr. Maurice Aurélien Sossé

Ampliations :

- VREPDTIC
- DAAC
- D/FSE
- Coordonnateur CRFD-SHISE
- Intéressés
- Chrono/Archives.

ANNEXE 3 : QUESTIONNAIRE

QUESTIONNAIRE ADMINISTRÉ AUX ÉLÈVES DES COLLÈGES BILINGUES FRANZ FANON ; DES COLLÈGES MARIE ALBERT 1,2 ; LYCÉE BILINGUE D'EKOUNOU

THÈME DE RECHERCHE : ÉTUDE DES DIFFICULTÉS D'APPRENTISSAGE DU CONCEPT OSCILLATEURS ÉLECTRIQUES EN CLASSE DE TERMINALES SCIENTIFIQUES AU CAMEROUN.

INFORMATIONS PERSONNELLES DE L'ÉLÈVE

..tablissement scolaire.....
 Classe.....Série.....
 Sexe.....Âge.....
 Durée : 50min

Consignes : lire attentivement puis mettre un cercle autour de la lettre qui correspond à la bonne réponse de chaque question posée. Justifier votre réponse puis encrer la lettre qui correspond au niveau de confiance que vous accordez à votre réponse. Chaque question posée a une seule bonne réponse.

THÈME 1 : OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES LIBRES

Question 1 : Un condensateur, soumis à la tension $U = 10 \text{ V}$, présente, sur une plaque, la charge $q = 10^{-5} \text{ C}$.

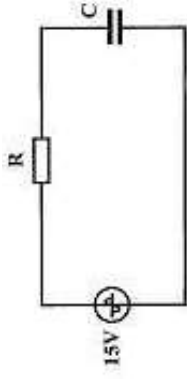
- 1.1. Calculer la capacité de ce condensateur
- a) $C = 100 \text{ kF}$;
 - b) $C = 100 \text{ } \mu\text{F}$;
 - c) $C = 1 \text{ } \mu\text{F}$
 - d) Autre réponse à préciser.....

1.2. Justifier votre réponse :

1.3. Confiance accordée à votre réponse :

- a) S'ore
- b) Pas s'ore

Question 2 : Le circuit suivant comprend une résistance et un condensateur. Il est alimenté par un transformateur branché sur le secteur, qui délivre une tension de 15V.



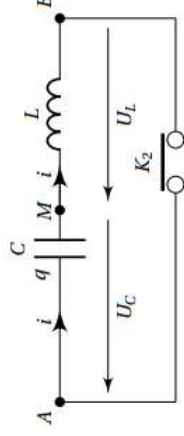
On mesure la tension aux bornes de la résistance, on trouve : $U_R = 12 \text{ V}$. On mesure ensuite la tension aux bornes du condensateur (désignée par U_C)

- 2.1. Calculer la tension U_C aux bornes du condensateur.
- a) $U_C = 3 \text{ V}$
 - b) $U_C = 9 \text{ V}$
 - c) $U_C = 6 \text{ V}$
 - d) Autre réponse à préciser.....

2.2. Justifier votre réponse :

- 2.3. Confiance accordée à votre réponse :
- a) S'ore
 - b) Pas s'ore

Question 3 : on considère le schéma ci-contre. Le condensateur est initialement chargé. Lorsqu'on appuie sur l'interrupteur K_2 , le condensateur se décharge de façon oscillante dans la bobine.



- 3.1. Déterminer l'équation différentielle régissant les oscillations électriques dans le circuit.
- a) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{\omega_0} q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{LC}$
 - b) $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0 q = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$
 - c) $\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$ avec $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
 - d) Autre réponse à préciser.....

3.2. Justifier votre réponse :

3.3. Confiance accordée à votre réponse : a) S' re b) Pas s' re

Question 4: Dans le cadre de la réalisation d'un projet scientifique, un professeur de physique demande à un groupe d'élèves de déterminer expérimentalement la valeur de la constante de temps τ afin de vérifier si elle correspond à la valeur théorique $\tau = \frac{L}{R} = \frac{1}{10} = 0,1s$. Pour ce faire, les élèves réalisent le circuit électrique représenté sur la figure ci-contre. Ils obtiennent le graphe ci-contre.

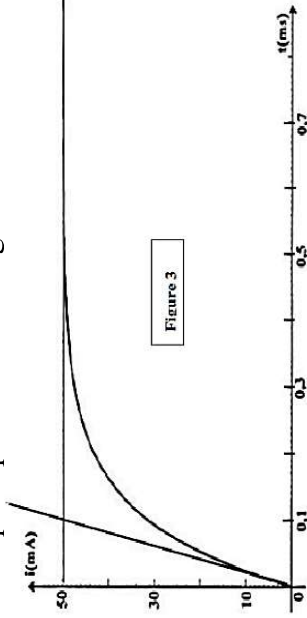


FIGURE 3

4.1. En utilisant le graphe, la constante de temps τ est : a) $\tau = 0,22ms$ b) $\tau = 0,2ms$ c) $\tau = 0,1ms$ d) Autre réponse à préciser.....

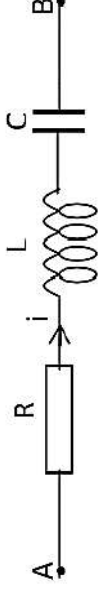
4.2. Justifier votre réponse :

4.3. Confiance accordée à votre réponse : a) S' re b) Pas s' re

THEME 2 : OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

Question 5 : Une portion de circuit AB est constituée d'une résistance

$R = 200 \Omega$, d'une bobine d'inductance $L = 0,5 H$ et de résistance négligeable, d'un condensateur de capacité $C = 2.10^{-6} F$ associés en série. On applique entre A et B une tension $U(t) = U_0 \sqrt{2} \cos(100\pi t)$; $U_0 = 10 V$.



5.1. Calculer l'impédance Z de la portion de circuit AB

- a) $Z = 1449\Omega$
 b) $Z = 930\Omega$
 c) $Z = 1160\Omega$
 d) Autre réponse à préciser.....

5.2. Justifier votre réponse :

5.3. Confiance accordée à votre réponse : a) S' re b) Pas s' re

Question 6: Un circuit électrique comprend une bobine d'inductance $L = 0,2 H$ et de résistance $r = 10 \Omega$, montée en série avec un condensateur de capacité C . L'ensemble constitue un dipôle en série. La fréquence qui traverse le circuit est $f = 50 Hz$.

6.1. La valeur du facteur de qualité est : a) $Q = 6,28$ b) $Q = 5,23$ c) $Q = 4,63$ d) Autre réponse à préciser.....

6.2. Justifier votre réponse :

6.3. Confiance accordée à votre réponse : a) S' re b) Pas s' re

Question 7 : Un circuit oscillant est constitué d'un condensateur de capacité $C = 1\mu\text{F}$, d'une bobine d'inductance $L=0,2\text{H}$ et de résistance $r=2\Omega$ et d'un conducteur ohmique de résistance $R=3\Omega$. On réalise le montage schématisé par la figure 1. Le branchement d'un oscilloscope est indiqué sur cette figure. La f.É.m. du générateur est : $E = 10\text{ V}$. Lorsqu'on bascule l'interrupteur K en position (1), le condensateur est totalement chargé et la tension entre ses bornes est $U_{AM} = U_0$. Lorsqu'on met l'interrupteur K en position (2) le condensateur se décharge. À la date t , le circuit est parcouru par un courant d'intensité i et l'armature (A) porte la charge q .

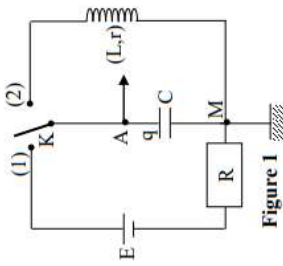


Figure 1

7.1. L'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $U_{AM} = U_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est :

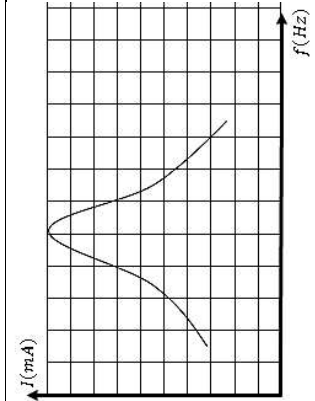
- a) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{r}{L} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{LC} U_C = 0$
- b) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{L}{C} \frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{rC} U_C = 0$
- c) $\frac{dU_C^2}{dt^2} + \frac{1}{LC} \frac{dU_C}{dt} + \frac{r}{C} U_C = 0$
- d) Autre réponse à préciser.....

7.2. Justifier votre réponse :

7.3. Confiance accordée à votre réponse :

- a) S° re
- b) Pas s° re

Question 8 : on réalise une expérience d'un montage en série d'un dipôle RLC. Au cours de cette expérience, on a obtenu le graphe suivant :



..chelle : 1 carreau pour 10mA et 1 carreau pour 100Hz

8.1. La valeur de la largeur de la bande passante est :

- a) $\Delta f = 200\text{Hz}$
- b) $\Delta f = 190\text{Hz}$
- c) $\Delta f = 220\text{Hz}$
- d) Autre réponse à préciser.....

8.2. Justifier votre réponse :

8.3. Confiance accordée à votre réponse :

- a) S° re
- b) Pas s° re

Question 9 : La tension instantanée aux bornes d'un dipôle est $u(t) = 169 \cos 100\pi t$ (en V) ; l'intensité au même instant traversant le circuit est : $i(t) = 0,254 \cos \left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ en A

9.1. La valeur de la puissance instantanée est :

- a) $p(t) = -21,46 \sin(200\pi t)$
- b) $p(t) = 42,92 \cos(100\pi t) \sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$
- c) $p(t) = 21,46 \cos(200\pi t)$
- d) Autre réponse à préciser.....

9.2. Justifier votre réponse :

9.3. Confiance accordée à votre réponse :

- a) S° re
- b) Pas s° re

Nous vous remercions pour votre participation.