

UNIVERSITÉ DE YAOUNDE I

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

UNITÉ DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE SCIENCE
DE L'ÉDUCATION ET DE
L'INGÉNIERIE ÉDUCATIVE



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

POST GRADUATE SCHOOL FOR THE
SOCIAL AND EDUCATIONAL
SCIENCES

DOCTORAL UNIT OF RESEARCH AND
TRAINING IN SCIENCE OF
EDUCATION AND EDUCATIONAL
ENGINEERING

Construction du concept du courant électrique a travers la démarche
d'investigation comme mode de transposition didactique par les élèves
de 4^{ème} année industrielle du lycée technique industriel et commercial
d'Ekounou.

Filière : Didactique des disciplines

Spécialité : Didactique de chimie

Mémoire présenté et soutenu le 07 juin 2022

Par

TIDO David

Matricule : 17S3959



JURY

Présidente :	NKECK BIDIAS Renée Solange Maître de Conférences	Université de Yaoundé 1
Rapporteur :	AYINA BOUNI Maître de Conférences	Université de Yaoundé 1
Membre :	NJINGTI NFOR Chargé de cours	Université de Yaoundé 1

À mes deux parents

Monsieur Tédongmo Étienne

et

Madame Tiakouang Suzanne

REMERCIEMENTS

Je remercie le DIEU très haut d'avoir suscité en moi l'envie de retourner à l'école et surtout d'avoir mis dans mon esprit la volonté au travail et l'espérance au succès. Ma gratitude va à l'endroit de tous ceux qui, de près ou de loin se sont impliqués dans ce travail en m'accordant leurs violons.

- Mon Encadreur, le professeur AYINA BOUNI, d'abord pour avoir accepté d'être mon directeur de mémoire et en suite pour ses précieuses orientations et sa magnanimité.
- Tous les Enseignants du département de didactique des disciplines de la faculté des sciences de l'éducation de l'université de Yaoundé1 pour leur accompagnement, plus particulièrement le Professeur Solange NKECK, Chef de de Département pour nous avoir implémenté l'ardeur au travail et le gout de la recherche.
- Madame TEGA Jeannette, Proviseur du Lycée Technique Industriel et Commercial d'Ekounou pour avoir accepté que je puisse collecter les données dans son établissement et en m'accordant toute l'encadrement possible pendant mon séjour.
- ONDOUA MEBA Rosette, secrétaire du Proviseur du Lycée Technique Industriel et Commercial d'Ekounou pour son humour et la description géographique et infrastructurelle du LTICE, ainsi que de l'organisation du personnel enseignant et administratif qu'elle m'a présenté de cette institution.
- Mon ami, le Professeur TCHICHOUA Jean de l'Université de Yaoundé 2 sans qui les calculs statistiques de ce travail n'auront pu avoir lieu.
- Tous mes promotionnaires de Master ainsi que tous les doctorants **du groupe de recherche sur les problèmes de chez nous** que dirige le Professeur AYINA BOUNI.
- TIELA MOUAFFO Palestine, ma moitié qui m'a beaucoup soutenu et encouragé pendant cette dure période en me conseillant de ne, sous aucun prétexte lâcher prise avec cette recherche.

Enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la mise sur pied de ce document.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
ABSTRAT.....	v
LISTE DES ABRÉVIATIONS	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE	5
CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE.....	6
CHAPITRE 2 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	20
PARTIE 2 : PARTIE EXPÉRIMENTALE.....	- 50 -
CHAPITRE 1 : MÉTHODOLOGIE	- 51 -
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES RES SULTATS	- 75 -
CHAPITRE 3 : INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET IMPLIQUATION	- 87 -
CONCLUSION	- 91 -
BIBLIOGRAPHIE	- 93 -
ANNEXE.....	- 96 -

RÉSUMÉ

Le travail exposé dans ce mémoire porte sur la construction du concept de courant électrique en électricité en physique par les élèves des 4^e Années industrielles des lycées et collèges d'enseignement techniques au Cameroun. La revue de littérature indique que depuis plus de deux décennies, plusieurs chercheurs en didactique des sciences ont montré que beaucoup d'élèves dont l'âge varie entre huit (08) et vingt-deux (22) ans éprouvent beaucoup de difficultés à comprendre les concepts de l'électricité, notamment la détermination de l'intensité du courant électrique dans des circuits séries et parallèles simples (Tiberghien, 2004). En effet la DI, investie comme mode de transposition didactique dans cette recherche et mise à l'épreuve des performances des élèves dans la construction de leurs propres savoirs sur la notion de courant électrique, nous a conduit à émettre l'hypothèse générale suivante : « Lorsque l'enseignement du concept du courant électrique se déroule sous le prisme de la DI comme mode de transposition didactique en situation classe, celle-ci devient un levier important dans le processus enseignement -apprentissage qui aide les élèves de 4^e Année industrielle du LTIE à performer significativement dans la construction de ce concept ». En nous servant des étapes de la démarche d'investigation, nous avons émis trois hypothèses secondaires. Notre recherche étant quasi expérimentale, elle s'est déroulée avec les élèves des classes de 4^e Année industrielle du LTICE. En effet, suite à la technique d'échantillonnage par cota, Nous avons obtenu un échantillon de quarante élèves répartis en deux (2) groupes équivalents : vingt (20) dans le groupe témoin et vingt (20) dans le groupe expérimental. Dans un premier temps, nous avons administré un pré test aux deux groupes dans le but de récolter leurs conceptions. Nous avons obtenu un pourcentage de bonne réponse de 25,3% dans le groupe expérimentale et 27% dans le groupe témoin. Dans un deuxième temps, le groupe expérimental a subi un test alors que le groupe témoin a subi un enseignement habituel pendant la même durée. Par la suite, nous avons admis un post test pour voir si les conceptions des apprenants ont évolué. La récolte et l'analyse des données du post test dans les deux groupes montrent que le pourcentage de bonnes réponses dans le groupe témoin est de 90%. Par contre dans le groupe expérimental, ce pourcentage est de 55%. De plus, toutes nos hypothèses secondaires ont été validées au seuil de signification $\alpha=0,05$ du test de t-soudent de comparaison de deux échantillons indépendants, ce qui nous a conduit à valider l'hypothèse générale de notre recherche.

Mots clés : démarche d'investigation, transposition didactique, intensité de courant électrique, électricité.

ABSTRACT

This work focuses on the construction of the concept of electric current in electricity in physics by students of the fourth year industrial of high schools and technical colleges in Cameroon. The literature review indicates that for more than two decades, several researchers in science education have shown that many students whose age varies between eight (08) and twenty-two (22) years old find it very difficult to understand the concepts of electricity, including the determination of current intensity in parallel and series circuits (Tiberghien, 2004). Indeed, the investigation method, invested as a transposition mode in this research obliges us to bring out this general hypothesis:

“When the teaching of the electric current takes place under the prism of an investigative process as a method of didactic transposition into a classroom situation, it helps fourth year industrial students to perform better in the construction of this concept”. Using the steps of the investigative process, we made three secondary hypotheses. As a quasi - experimental, it took place with the students of the fourth year industrial of LTICE. We obtained a sample of forty students divided into two (2) equivalent groups: twenty (20) in the group following a teaching sequence with their teacher or normal class and twenty (20) in the experimental group. Firstly, we administered a pre-test to the two groups in order to collect their conceptions on the intensity of the electric current we record a percentage of 25,3% for the experiment group and 27% for the control group. Secondly, the experimental group underwent a test while the other group underwent usual teaching for the same duration. Subsequently, we admitted a post-test to see if the conceptions of the learners have evolved. The collection and the analysis of the post-test data in the two groups shows that the percentage of correct answers in the control group is 55%. On the other hand, in the experimental group, the percentage is 90%. In addition, all our secondary hypotheses were validated at the significance level $\alpha = 0.05$ of the Student T-test of comparison of two independent samples, which led us to validate the general hypothesis of our research.

Key Words: investigation method, didactic transposition, intensity of electric current, electricity

LISTE DES ABRÉVIATIONS

APC : Approche Par Compétences

Ddl : Degré de liberté

DI : Démarche d'investigation

EE : Electricité d'équipement

FC : Froid et climatisation

Ha : Hypothèse alternative

Ho : Hypothèse nulle

HP : hypothèse Principale

HS : Hypothèse spécifique

LTICE : Lycée technique industriel et commercial d'Ekounou.

LTICBY : Lycée technique industriel commercial bilingue de Yaoundé

MACO : Maçonnerie

MEFEU : Métaux en feuilles

MINESEC : Ministère des Enseignements Secondaires

MINEPAT : Ministère de l'économie et de la planification du territoire

P.C.T : Physique – Chimie – Technologie

PPO : pédagogie par objectif

SPSS: Statistical package for social science

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Valeurs de l'intensité du courant électrique dans un circuit série.....	36
Figure 2 Valeurs de l'intensité du courant électrique dans un circuit parallèle.....	36
Figure 3 Rôle d'une résistance dans un circuit série	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Récapitulatif de l'évolution des raisonnements de 56 élèves	39
Tableau 2 Récapitulatif du raisonnement emprunté par 56 élèves sur les branches parallèles.....	40
Tableau 3 : Fréquence des conceptions à la question au débute de la séquence :.....	42
Tableau 4 : Fréquence des conceptions à la question « expliquer par écrit et au moyen d'un dessin pourquoi un petit moteur relié aux bornes d'une pile tourne »	43
Tableau 5 : performance des élèves en fonction de la démarche utilisée :.....	44
Tableau 6 :Répartition de la population accessible	- 52 -
Tableau 7 : Répartition de la population au quota de 30% par classe.....	- 52 -
Tableau 8 : Répartition en groupe témoin et groupe expérimental	- 54 -
Tableau 9 : Distribution des élèves selon le groupe	- 75 -
Tableau 10 : Distribution des élèves selon leur sexe.....	- 76 -
Tableau 11 : Distribution des performances en émission d'hypothèse, en activité d'expérience et en activité d'interprétation.	- 77 -
Tableau 12 : Distribution des résultats au post test	- 79 -
Tableau 13 : Distribution des résultats du Post test.....	- 79 -
Tableau 14 : Distribution des résultats du Post test.....	- 80 -
Tableau 15 : Variabilité du niveau de développement des performances générales en fonction du groupe.....	- 81 -
Tableau 16 : Test - t de variabilité du niveau de développement des performances générales en fonction du sexe.....	- 82 -
Tableau 17 : Test-t comparant le niveau de développement des performances en émission d'hypothèse dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin.....	- 83 -
Tableau 18 : Test-t comparant le niveau de développement des performances en expérimentation du concept dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin	- 84 -
Tableau 19 : récapitulatif de de la vérification des hypothèses de recherche par le test-t au Le seuil de signification $\alpha = 0,05$	- 86 -

INTRODUCTION

L'amélioration de la qualité du processus enseignement – apprentissage demeure une question d'actualité face à la remise permanente en question des systèmes éducatifs dans le monde, notamment en Afrique subsaharienne car il est essentiel de comprendre qu'éduquer et former un homme moderne demeure une tâche houleuse, complexe et difficile, le plus souvent considéré dans bon nombre de pays comme un problème dédié uniquement aux acteurs de l'éducation (parents, enseignants et politiques éducatives), mais de haute importance. C'est la raison pour laquelle nous pouvons affirmer avec Demal (2001) que le défi auquel se heurte tout système éducatif, c'est de rester en permanence au service de la société. Cependant, comment comprendre et expliquer que dans les pays en voie de développement, les systèmes éducatifs suscitent tant de critiques et de suggestions qui vont jusqu'à la remise en question de tout l'ensemble des programmes de formation, surtout dans le domaine des sciences et des technologies. (UNESCO, 2000) promeut le concept d'une éducation de qualité pour tous. L'assurance d'une éducation de qualité pour tous passe inéluctablement par une croisade d'interrogations sur la qualité du processus enseignement – apprentissage et des instruments d'évaluation des acquis scolaires dans les disciplines scientifiques et technologiques. Dans la quête des performances scolaires à travers les procédures d'enseignement, le Cameroun est passé du paradigme PPO au paradigme APC qui met l'élève au centre de son apprentissage. C'est donc dire que penser et repenser les procédures d'enseignement-apprentissage demeure une tâche fastidieuse, mais de haute signification car c'est un bon moyen pour améliorer les performances des élèves dans la construction des concepts en science. Au Cameroun, dans le domaine de l'enseignement technique, les pouvoirs institutionnels prescrivent au niveau du premier cycle deux objectifs majeurs ayant des buts curriculaires et des contributions aux domaines de vie de l'apprenant en électricité. Dans le premier cas, les apprenants doivent maîtriser les notions de base de l'électricité qui les aideront dans la production et dans l'amélioration des biens de consommation et des services ou de leurs intégrations dans leur milieu social. Par ailleurs, en dehors d'initier les apprenant à l'élaboration des projets, l'apprentissage des concepts en électricité permet l'acquisition et la consolidation des savoirs technologiques et méthodologiques qui seront développés au niveau des compétences terminales de chaque spécialité des techniques industrielles (MINESEC, 2018). L'électricité en classe de 4^{ième} année industrielle donne des notions de base sur le circuit électrique et l'énergie électrique : Comment les utiliser et comment gérer l'énergie électrique. Ce qui interpelle

l'apprenant au regard des problèmes qu'il pose au quotidien dans le domaine de sa vie sociale, économique, familiale, citoyenne, environnementale et de son bien-être. Cependant en dépit d'un savoir bien élaboré et un enseignement formel sur le concept d'intensité de courant électrique, **les élèves des 4e Années industrielles éprouvent des difficultés à déterminer l'intensité de courant électriques dans des circuits séries et parallèles simples.** Dans le cadre de cette recherche intitulée « construction du concept du courant électrique en électricité par les élèves des 4e Années industrielles des Lycées et collèges d'enseignement technique à travers la démarche d'investigation comme mode de transposition didactique ». L'enjeu est de renouveler les pratiques d'enseignement de l'électricité en cherchant à rendre l'apprentissage plus actif et plus motivant et en proposant aux élèves des tâches plus ouvertes leur laissant plus d'autonomie (Boilevin, 2013a ; Calmettes, 2012). A ce sujet, Les littératures abondent depuis plusieurs décennies sur les travaux de recherche en didactique des sciences ayant identifié un grand nombre de difficultés conceptuelles en terme de compréhension du concept du courant électrique chez les élèves donc l'âge varie entre 08(huit) et 20 (vingt) ans (Tiberghien 1983). Les plus rependus parmi ces formes de raisonnement sont: le raisonnement à « courant unipolaire » (Tiberghien & Delacote 1976 ; Benhamida, 1960 ; Osborne, 1981 ; Closset, 1983 ; Von Rhöneck, 1983), le raisonnement à « courant antagoniste » (Tiberghien & Delacote, 1976 ; Osborne, 1983 ; Shipstone, 1984) ; le raisonnement « circulatoire avec épuisement du courant » (FRedette & Lochhead, 1980 ; Shipstone, 1984; Maichle, 1991) ; le raisonnement « local » Shipstone, 1984) ; le raisonnement à « courant constant » (Missonnier & Closset, 2004) : le raisonnement « séquentiel » (Shipstone, 1984 ; Closset et Viennot, 1984 ; Closset, 1989). Des constats et observations faites lors des conseils du département, notre réflexion va être porté sur la manière dont les élèves apprennent et la procédure d'enseignement des concepts en électricité. En 1976 Mr Goery Delacote et Mme Andrée Tiberghien mènent une étude en France chez les enfants de 7 à 12 ans dans le but de comprendre comment ils manipulent et représentent les circuits électriques simples en guise de conception. En 1995, Reinders DuiL et Christoph Von Rhôneck conduisent en Allemagne une étude dans le but de comprendre comment les jeunes enfants de l'école primaire apprennent et comprennent les concepts clés de l'électricité. En 2004, Marie-France Missonnier et Jean- Louis Closset conduisent une étude sur un échantillon de 56 élèves en France pour observer le chemin d'apprentissage des bases de l'électricité chez les élèves du secondaire. Cette étude a non seulement pour but de hiérarchiser les différentes conceptions chez les participants, mais également de les faire évoluer au moyen d'une séquence d'enseignement. Leurs travaux ont contribué à valider l'hypothèse de la hiérarchisation des raisonnements émis par les élèves à savoir que : courant local ; courant

séquentiel ; courant constant ; raisonnement correct pris dans cet ordre peuvent constituer des étapes d'apprentissage de l'électricité chez les apprenants de cette tranche d'âge. De même les deux chercheurs ont poursuivi leur étude en observant un échantillon de 145 élèves à travers une séquence d'enseignement sur la construction du concept du courant électrique. Au cours de la même Année (2004), Abdelmadjid BENSEGHIR en Algérie mène une étude sur une population de 149 élèves de 9e Année des collèges novices dont l'âge varie entre 09 et 14 ans. Le but de cette recherche est d'amener les participants à s'approprier du modèle circulatoire du circuit électrique par le biais d'une démarche hypothético-déductive à travers une séquence d'enseignement. L'outil de récolte des données est un test papier-crayon et la séquence avait une phase privilégiée sur l'expérience-test à l'aide d'une boussole.

Tous ces travaux avaient un souci partagé : répertorier et faire évoluer les conceptions chez les enquêtés. Malheureusement, certaines conceptions demeurent au regard des résultats obtenus. C'est dans cette logique que notre étude s'inscrit dans l'enseignement par investigation adossé fortement à l'expérimentation car selon Costa et al (2020) cette approche génère plus de résultats. Elle cherche à répondre à la question suivante : **Dans quelle mesure une séquence d'enseignement-apprentissage basée sur la démarche d'investigation améliore-t-elle la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4^e Année des lycées et collèges d'enseignement techniques au Cameroun.**

Pour opérationnaliser cette question, l'objectif suivant a été fixé : **vérifier qu'une séquence d'enseignement - apprentissage basée sur la démarche d'investigation comme mode de transposition didactique améliore la construction du concept du courant électrique dans un circuit résistif par les élèves de 4^e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignements technique au Cameroun.** L'atteinte de cet objectif ne peut se faire qu'à travers la validation de l'hypothèse ci-après :

Lorsque l'enseignement du concept d'intensité de courant électrique se déroule sous le prisme d'une démarche d'investigation comme mode de transposition didactique en situation classe, celle-ci devient un outil pertinent du processus enseignement-apprentissage qui aide les élèves de 4^e Année industrielle à mieux performer dans la construction de ce concept.

Nous avons réparti notre travail en deux parties essentielles : le cadre théorique et l'expérimentation. Le cadre théorique recouvre deux chapitres respectivement intitulés problématique de l'étude et insertion théorique. La problématique de l'étude qui revisite

d'abord le conteste de l'enseignement des sciences au Cameroun, pose le problème de l'enseignement de l'électricité pour finir par une question générale de recherche.

Le deuxième chapitre présente la théorie qui marche avec l'étude. Nous dégageons une clarification des concepts clés qui seront utilisés dans l'opérationnalisation du concept du courant électrique avant de getter un regard critique sur les travaux antérieurs relatifs à notre étude.

L'expérimentation quant à elle généralise un contenu de trois chapitres. Le chapitre trois (03) retrace le cadre méthodologique de notre étude.

Le quatrième chapitre présente et analyse les résultats obtenus au pré-test et au post test par le groupe expérimental et le groupe témoin.

Le cinquième chapitre présente l'interprétation des résultats et l'implication professionnelle de ceux-ci.

Une conclusion générale clôtüre cette recherche.

PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE

CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE

Nous présentons dans ce chapitre, le contexte général de l'étude suivit du problème, nous posons ensuite nos questions de recherches et les objectifs poursuivis par notre étude

1. Contexte et justification de l'étude.

1.1 Contexte de l'étude

Le problème de l'enseignement – apprentissage des sciences et des technologies dans le système éducatif camerounais se pose avec acuité.

La maîtrise du processus enseignement - apprentissage est un facteur de développement économique et socio-politique pour le Cameroun (Gineno, 1984). L'émergence socio-économique de ce pays en 2035 passera sans doute par l'assurance de la qualité de son système éducatif, notamment l'enseignement et l'apprentissage des sciences en prenant surtout en compte l'enseignement de ses habiletés supérieures. C'est grâce à ces habiletés supérieures que nous disposerons des ingénieurs ; des médecins ; des économistes et des ressources intellectuelles en recherche scientifique en quantité suffisante (MINEPAT, 2009a). L'éducation scientifique au Cameroun est d'ailleurs une préoccupation majeure de l'UNESCO qui a construit à Yaoundé en 2014 un centre d'excellence en biosciences pour expérimenter et publier les résultats de certaines recherches en biosciences.

Cependant, au moment où les acteurs de l'éducation et toute la classe dirigeante du Cameroun compte sur le dynamisme de sa jeunesse pour sortir de la précarité, celle-ci se trouve confrontée à plusieurs échecs liés aux difficultés d'apprentissage et d'acquisition des contenus disciplinaires en sciences. Les taux de réussite aux examens officiels des séries scientifiques en sont une conséquence.

Ces taux alarmants donnent matière à réfléchir et incitent à s'interroger sur les causes d'une telle décrépitude. Les discours sur l'éducation deviennent sombres au jour le jour face à un constat d'échec et de régression. Des échecs récurrents qui ont généré des décrochages scolaires en grand nombre et ont suscité une croisade d'interrogations sur les causes qui sont à l'origine des tels écarts et parfois des conflits au milieu des acteurs du système éducatif qui, eux aussi se jettent l'anathème les uns sur les autres. Un rapport de (UNESCO, 2013) s'intéresse aux déterminants de la réussite scolaire et pose que cette dernière est liée au facteur environnemental ou extra-scolaire et au facteurs liés à l'école car les élèves performant mieux en science, lorsque

les méthodes d'enseignement tiennent. Dans cette perspective, notre attention est retenue par les travaux en didactique des sciences expérimentales menés par COQUIDE (1998) qui mettent en évidence l'impact des travaux pratiques sur les performances des élèves dans l'enseignement des sciences à travers la méthode de la « *main à la pâte* ».

En effet, elle a analysé les textes officiels français, des guides d'enseignants et a recueilli des opinions d'enseignants concernant l'intérêt et la mise en œuvre d'une pratique expérimentale en science. Elle a ainsi mis en lumière, des conceptions sur l'intérêt didactique des activités expérimentales dans l'enseignement des sciences. Les enseignants voudraient faire participer les élèves à une élaboration théorique et en même temps à une validation empirique en laissant cependant peu de place à l'exploration. Cela a amené Coquidé à s'interroger sur les modes didactiques des activités expérimentales, non seulement dans son domaine qui est la biologie, mais aussi pour les sciences physiques et chimiques. Pour cela, elle utilise la notion de référent empirique, introduit par Bachelard (1938) et utilisé par Martinand (1986) dans la coordination de travaux sur la modélisation. Elle considère que les pratiques expérimentales, que ce soit dans l'enseignement de la biologie ou de la physique-chimie, contribuent à la constitution d'un référent empirique pour les élaborations conceptuelles ou modélisâtes, et à l'apprentissage des compétences à travers les activités didactiques.

Pour Giordan (1987), les cause de ces difficultés d'apprentissage sont multiples à savoir : le grand nombre d'élèves dans une classe, la perte de l'intérêt pour le savoir enseigné, la dispersion des connaissances au travers de multiples disciplines, la diminution de l'aura de l'enseignant, l'élève apparaît trop souvent comme le présent absent du système éducatif. Il est dans la classe mais, l'enseignant n'en tient presque pas compte. Il ignore le plus souvent qu'il sait ou croit savoir, Il ne prend pas en compte .sa façon d'apprendre. Pour cet auteur, la déconstruction des conceptions des élèves demeure essentielle dans le processus enseignement-apprentissage. IL explique ce processus à travers sa méthode dite 'modèle allostérique'.

La psychologue Dolly (2013), a fait des études sur des élèves en échec scolaire et a montré que ceux-ci manquent de compétition métacognitive, ils sont incapables de retrouver une stratégie spécifique à la tâche. Dans son étude, elle montre l'intérêt d'apprendre la métacognition aux élèves. Pour elle les élèves en échec « ne savent pas ce qu'ils savent ni ce qu'ils ne savent pas. Ils sont inactifs, se jettent à la tâche sans prise de conscience, s'appuient sur les indices de surface et décodent mal les tâches, ils ne comprennent pas ce qu'ils font. Ils s'abandonnent devant l'échec et sont dépendants de l'aide l'extérieur, mais sans pouvoir l'aider

à les aider ». En résumé, Dolly montre que la méta connaissance est une aide à l'acquisition des connaissances et au transfert dans l'enseignement de la science.

Tout comme ces auteurs, bien d'autres ont travaillé dans le même sens et tous ont pu conclure que dans un contexte social qui valorise l'éducation scolaire en général et en particulier la formation scientifique et technologique comme outil d'adaptation et d'insertion sociale, les multiples échecs et difficultés rencontrés par les élèves dans l'apprentissage des sciences posent des défis importants aux enseignants du secondaire et à ceux qui ont pour tâche de les former. Legendre (1994) à travers son article sur les problématiques de l'apprentissage et de l'enseignement au secondaire a recensé quelques problèmes reliés aux difficultés d'apprentissage des sciences qu'il faille rappeler.

- Problèmes reliés aux difficultés d'apprentissage en sciences.
- La nature du vocabulaire scientifique
- Le formalisme de la science
- La motivation scolaire
- Les contenus et la structure des programmes scolaires

1.2 Contexte institutionnel

Les politiques éducatives ont procédé à plusieurs reformes sur les méthodes d'enseignement, des contenus curriculaires et la formation continue des enseignants en science physique pour montrer l'importance qu'elles attachent à cette discipline au sein de son système éducatif. Les difficultés socio-économiques, la démobilisation des acteurs face aux défis pédagogiques et didactique qui les interpellent constituent un obstacle à la dynamique de l'enseignement des sciences physiques. Alors que ce pays à travers le(MINEPAT,2009a,2010b) s'est fixé certains objectifs nobles tels que :

- former les spécialistes en ingénierie et des techniques industrielles capables de diversifier des infrastructures routières, énergétiques et les télécommunications
- former des pharmaciens industriels, des médecins biologistes, des techniciens et ingénieurs dans le domaine de l'assainissement des eaux qui contribueront à augmenter l'espérance de vie des camerounais.

Au regard de ces objectifs, il est urgent de relever la quantité et la qualité des élèves dans les filières scientifiques.

Les attitudes défaitistes qu'adoptent plusieurs élèves, à l'égard de l'apprentissage des sciences, seraient-elles un sous-produit de leurs échecs ? En effet, des recherches (Blouin, 1985 ; Blouin, 1988 ; Covington, 1985 ; Dweck, 1989 ; Schunk, 1984 ; Weiner, 1984) ont montré que les perceptions d'insuccès qu'ont les élèves et les causes auxquelles ils attribuent leurs succès ou leurs échecs ont un impact important sur leurs stratégies personnelles d'apprentissage. Les échecs en mathématiques et en sciences ne sont donc pas attribuables uniquement au caractère formel de la science ou aux représentations préalables qui interfèrent avec cet apprentissage. Ils ne dépendent pas non plus seulement de l'inefficacité de certaines méthodes d'enseignement. Ils résultent également d'un manque d'intérêt, qui apparaît lui-même comme un sous-produit des sentiments d'échecs souvent générés par la confrontation à cette discipline. S'il existe des difficultés inhérentes à l'apprentissage des sciences physiques et chimiques, comme il existe d'ailleurs des difficultés inhérentes à l'apprentissage de n'importe quelle autre matière, ce ne sont pas nécessairement celles que perçoivent les élèves. L'image que ces derniers se font de leurs propres capacités d'apprentissage et des difficultés inhérentes aux sciences est souvent inexacte. C'est pourquoi Lemke (1990) insiste sur l'importance de combattre, dans l'enseignement, une certaine mystification de la science qui a pour effet de miner la confiance que les élèves ont de leur propre jugement.

La façon donc les sciences sont enseignées poserait un vrai problème aux apprenants (Rutherford et Ahlgren, 1990) notamment en contexte Camerounais. L'enseignement des sciences est théorique dans la plupart des établissements scolaire camerounais au lieu d'être associé à l'expérimentation et pour cause, ces établissements sont peu ou pas du tout équipés en matériel scientifique de base (Bad-UNESCO, 1996). Les enseignants pour la plupart donnent une priorité aux exposés théoriques.

Les élèves ne font pas leurs devoirs à la maison et accumulent les leçons sans comprendre. Cette situation est si préoccupante que de nombreux chercheurs en didactique des sciences se sont accordés sur l'urgence à redynamiser le processus enseignement-apprentissage en didactique des sciences en s'attardant sur la base motivationnelle dudit processus dans leurs travaux.

1.3. Contexte spécifique aux sciences physiques

Au-delà d'une généralisation des problèmes de l'éducation sur le plan international, les facteurs qui influencent le processus enseignement-apprentissage des sciences physiques sont nombreux en contexte camerounais aux rangs desquelles nous pouvons citer les difficultés socio-culturelles, les difficultés économiques, des difficultés pédagogiques et les difficultés didactiques.

1.3.1. Les difficultés socio-culturelles

Dans les sociétés camerounaises, les phénomènes observés ont une interprétation métaphysique dominée par la culture des apprenants au plan social. L'éducation des élèves reste conflictuelle sur le plan institutionnel et sur le plan informel. L'apprenant devrait faire un effort d'adaptation car sa culture ne le prépare pas à une étude scientifique. L'enseignant est dès lors face à l'obstacle représenté par l'hétérogénéité des représentations des apprenants. Le facteur de langue demeure un problème crucial au Cameroun étant donné que l'enseignant de physique doit s'exprimer en français ou en anglais pour expliciter un concept. La compréhension du concept en jeu en physique dans l'apprentissage passe par la maîtrise de la langue et le répertoire de ses référents. On note que l'enfant comprend mieux les explications du concept dans sa langue maternelle. Le manque de tout ceci conduit l'apprenant à faire appel à sa mémoire cognitive pour retenir ce qu'il ne comprend pas du tout pour restituer le contenu sur une page blanche le moment venu : c'est du psittacisme donc la conséquence immédiate est parfois le surmenage.

1.3.2. Les difficultés économiques

Pratiquer en science demande du matériel adéquat pour un enseignement propre aux sciences physiques sans oublier le personnel de maintenance technique pour l'entretien de ce matériel. L'eau courante et potable est presque inexistante dans la plupart de nos institutions scolaires publiques. Quant à l'énergie électrique, n'en parlons pas dans les zones reculées des centres urbains car dans ces zones, quand bien même il y a de l'énergie électrique, les coupures intempestives qui s'étendent quelques fois sur plusieurs semaines constituent le calvaire des populations. L'usage des groupes électrogènes reste une solution alternative réservée aux privilégiés.

Cependant, le coût d'acquisition n'est pas à la portée de toutes les bourses. Les sciences physiques et chimiques sont des sciences à caractère expérimentale, de ce fait devrait être enseignées comme telles. Malheureusement, on note sur toute l'étendue du territoire national une insuffisance de laboratoires, de salles spécialisées, de produits

chimiques pour expérimentation. Les lycées et collèges ne disposent pas du matériel expérimental, lequel matériel permettrait à l'apprenant d'acquérir toutes les compétences nécessaires et d'exercer le transfert sur des situations similaires. Il faut noter que le facteur économique constitue dès lors le plus grand problème à résoudre s'il faut vraiment promouvoir l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques et chimiques au Cameroun.

1.3.3. Les difficultés pédagogiques et didactiques

Les difficultés économiques induisent forcément les difficultés pédagogiques étant donné que le manque d'électricité et d'eau potable dans les villages pousse les populations à migrer vers les zones urbaines. Ce flux migratoire vers les grandes villes comme Douala et Yaoundé entraîne un surpeuplement de la capitale économique et politique au détriment des zones rurales. Cette forte concentration des masses populaires implique les effectifs pléthoriques dans les salles de classe des lycées et collèges, par conséquent, enseigner devient un acte difficile. On ne peut plus parler de l'enseignement de qualité car contenir le groupe classe n'est plus facile pour un enseignant quel que soit sa stratégie d'enseignement. Le temps de l'enseignement est affecté car ne peut plus suffire : la marge de temps préparé pour la gestion de la classe à participer à la Co-construction d'un concept avec l'enseignant n'est plus évidente. L'enseignant des sciences physiques et chimiques, face à cette situation doit trouver une stratégie appropriée pour gérer le groupe classe et faire passer son enseignement dans le respect et l'éthique de sa profession.

Une autre difficulté qui n'est pas la moindre est non seulement le manque de matériel didactique, mais aussi le manque d'enseignants formés, surtout dans les zones éloignées des grands centres urbains. A la base de cette carence, les enseignants affectés dans les villages dans le cadre leur activité n'y demeurent pas pour longtemps et préfèrent retourner dans les zones de grandes concentration urbaines. Devant le manque d'enseignants dans les zones reculées, la formation des jeunes apprenants d'un même pays est déséquilibrée car d'un côté on a des enseignants non formés et de l'autre des enseignants formés sortis des institutions étatiques. Cette question soulève toute une problématique au-delà de celle de l'usage du matériel de récupération pour réaliser les Travaux pratiques en sciences physiques et chimiques dans les établissements d'enseignement générale et ceux d'enseignement technique.

1.3.4. Problèmes que soulève l'enseignement de l'électricité en physique

L'électricité est un sous-thème de la physique qui dispose de plusieurs concepts en interaction entre elles. Il faut donc comprendre que le processus enseignement-apprentissage de l'électricité exige non seulement une bonne stratégie d'enseignement, mais aussi une mise en cohérence global des différents concepts qui constituent cette partie. Au centre de ces concepts, le courant électrique nous préoccupe au plus haut niveau dans sa détermination par les apprenants, étant donné que ce concept leur pose un problème de compréhension aussi bien dans sa détermination qualitative que quantitative (numérique) dans un circuit électrique. Beaucoup d'obstacles empêchent les élèves du secondaire de faire évoluer leurs représentations et de résoudre un problème relatif au courant électrique dans une situation-problème en termes de compétence et de transfert.

De nombreux travaux dans le monde ont identifié des obstacles chez les élèves du secondaire en termes de conceptions, notamment leurs représentations erronées sur le modèle circulatoire à épuisement du courant électrique qu'ils ont pour expliquer le transfert de l'énergie électrique (Joshua et Dupin 1986). En effet, ce modèle conduit à postuler la diminution du courant électrique à la traversée d'un récepteur, et donc à considérer, contrairement au résultat des expériences que l'ordre dans lequel sont placés les dipôles influence leurs fonctionnements. Des recherches en didactique de physique ont permis de mettre en exergue dans le cadre du fonctionnement des circuits électriques simples, le recours par les élèves à plusieurs formes de raisonnements erronés contrairement à ceux élaborés dans le cadre de la théorie des circuits électriques. Les plus répandus parmi ces raisonnements sont :

- **Le raisonnement à « courant unipolaire »** (Tiberghien et Delacote, 1976 ; Benhamida, 1980 ; Osborne, 1981 ; Closset, 1983 ; Von Rhoneck, 1983).
- **Le raisonnement à « courants antagonistes »** (Tiberghien et Closset, 1976 ; Osborne, 1983 ; Shisptone, 1984).
- **Le raisonnement « circulaire avec épuisement du courant »** (Fredette et Lochhead, 1980 ; Shisptone, 1984 ; Mainchle, 1991).
- **Le « raisonnement local »** (Shisptone, 1984)
- **Le raisonnement à « courant constant »** (Missonnier et Closset, 2004)
- **Le « raisonnement séquentiel »** (Shisptone, 1984 ; Closset et Vienot 1984 ; closset, 1989)

- **Le « raisonnement s'appuyant sur l'habitation de plusieurs courants indépendamment les uns les autres dans un même conducteur »** (Louvoie et al, 1991)

Les difficultés d'apprentissages reflétées par les mauvaises notes montrent que la plupart d'élèves ont conservés des représentations erronées de la notion du courant électrique malgré un enseignement formel.

Notons que la plupart des travaux ayant investis sur les représentations des élèves, ont traité spécifiquement des circuits électriques simples faisant allusion aux travaux pratiques à travers des séquences d'investigations, de manipulations et de problématisation par les élèves ont partiellement atteint leurs objectifs.

Ce qui nous amène à penser que les enseignements formels, quelques soient les théories convoquées, le cadre et le contexte dans lesquels ils se déroulent, confère à l'apprenant une compréhension partielle que nous estimons entre 40 et 60 % au regard des indicateurs de performances (moyenne générale de la classe, plus grande note, plus petite note) des élèves. Pour remonter les valeurs numériques de ces indicateurs et booster la performance entre 80 et 90 %, en termes d'acquis et de réussite, nous pensons que la DI adossé à l'expérience-test reste un moyen adéquat à la portée des enseignants pour modéliser d'avantage les concepts en électricité.

1.4. Justification du choix du sujet

Dans un contexte camerounais en plein expansion économique, industrielle et démographique, le secteur de l'électricité demeure vital au regard de l'importance qu'il génère en main d'œuvre dans la création des barrages hydroélectriques et dans le domaine du transport de l'énergie électrique. L'industrie de la production et de la vente du matériel électrique demandent une ressource humaine importante en main d'œuvre. Au moment où le Cameroun a besoin des ingénieurs et des techniciens qualifiés en électricité dans un contexte de l'expansion démographique et de l'habitat, les indicateurs de performance (plus haute moyenne ; moyenne générale de la classe ; plus basse moyenne) des élèves de la classe de 4e année industrielle semblent remettre en question les stratégies d'enseignement en électricité (MINEPAT, 2009). Le système éducatif camerounais est passé de la Pédagogie par Objectif à l'Approche par les Compétences(APC) qui met l'apprenant au centre de son propre apprentissage. Ce changement de paradigme intervient dans le souci d'améliorer le processus enseignement-apprentissage. Pendant notre stage

académique au LTICBY, nous avons remarqué que les enseignements étaient beaucoup plus théoriques en électricité. Cette situation n'était pas motivante pour les élèves dont certains exprimaient les signes de fatigue par du sommeil avant la fin du cours. Partant de ce constat, nous voulons vérifier si DI est un levier important qui peut générer de bonnes performances dans la construction du concept d'intensité du courant électrique, étant donné que cette approche combine la démarche par situation-problème avec la méthode par « la main à la pâte ». La méthode par « la main à la pâte » privilégie la construction des connaissances par l'exploration, l'expérimentation et la discussion. C'est une pratique scientifique par action, construction collective et non l'apprentissage d'énoncés figés et mémorisés. Les élèves apprennent par interaction avec les pairs en exposant leur point de vue et en les confrontant à d'autres points de vue et aux résultats expérimentaux pour en éprouver la pertinence et la validité. Quant à l'approche par situation-problème, cette démarche incite et fait participer les élèves à la construction de leur propre compétence. C'est une méthode qui procède par des situations où l'élève est appelé à agir pour résoudre un problème de manière satisfaisante en faisant appel à ses propres connaissances (Charpack, 1995).

1.5. Formulation du problème de recherche.

Depuis plus de deux décennies, de nombreux travaux de recherche tant en didactique des disciplines qu'en psychologie sociale et génétique se sont penchés sur le problème de motivation des élèves en situation de classe afin de relever leur compréhension sur l'enseignement des concepts scientifiques et les amener à donner un sens aux activités de classe, au contenu d'enseignements scientifiques et à leur nature (Legendre, 1994). Or, en dépit d'un enseignement formel en électricité, les apprenants ont gardé des représentations qui s'érigent le plus souvent en obstacles, les empêchant de comprendre et d'apprendre ce que l'enseignant met au centre de son activité comme objet du savoir à acquérir (Deuil et Rhôneck, 1995). Par exemple, ils considèrent en électricité que le courant électrique est à l'image d'un fluide matériel. Ce fluide matériel transporte quelque chose qui fait briller la lampe (charges électriques). « Cette chose s'épuise au fur et à mesure qu'il traverse les récepteurs ». « Le générateur de courant électrique a un débit constant ». « Une résistance dans un circuit électrique n'a pas d'effet » sur ce dernier en terme de diminution ou d'augmentation d'intensité de courant électrique. « Le courant électrique diminue à l'entrée d'une résistance et reprend sa valeur dès qu'il sort de cette dernière ». « L'introduction d'un composant dans un circuit n'a d'effet qu'en amont et non en aval du

composant ». Les élèves ignorent complètement qu'il faut mettre tous les éléments du circuit électrique en interaction afin de déterminer l'intensité de courant dans ce dernier. Au regard de ces malheureuses observations, ce qui pose problème et mérite d'être élucidé est **la difficulté de la détermination de l'intensité du courant électrique dans un circuit résistif série et parallèle simple en électricité par les élèves de 4e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignement technique au Cameroun**. Cette triste réalité des faits nous amène à croire qu'une fracture existerait entre la méthode que l'enseignant utiliserait pour aborder le concept du courant électrique dans un circuit résistif et la construction des savoirs sur cette notion par les élèves de 4e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignement technique. Cette situation nous interpelle et nous incite à proposer dans le cadre de cette recherche une méthode que nous estimons adéquat pour infléchir sur le mode de raisonnement d'élèves et leur donner la capacité de comprendre et d'apprendre les ressources en milieu scolaire avec la possibilité d'exercer le transfert.

1.6. Questions de recherche.

Cette recherche propose une méthode d'enseignement en électricité sur le concept du courant électrique. Elle ambitionne de faire évoluer les obstacles épistémologiques générés par les conceptions des apprenants en même temps qu'elle veut bâtir la construction du courant électrique sur ce socle. Ainsi la question principale peut se formuler de la manière suivante.

1.6.1. Question principale de recherche

Dans quelle mesure une séquence d'enseignement-apprentissage basée sur la démarche d'investigation améliore-t-elle la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4e année industrielle du LTICE ?

1.6.2. Questions spécifiques

A la question principale, nous greffons trois questions spécifiques.

➤ Question spécifique N°1

Quelle est l'influence de l'émission d'hypothèses par les élèves de 4e année industrielle du LTICE sur la construction du concept du courant électrique ?

➤ Question spécifique N°2

Dans quelle mesure l'expérience-test est-elle un outil pertinent dans la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4e année industrielle du LTICE ?

➤ **Question spécifique N°3**

Comment l'interprétation des résultats d'une expérience améliore – t- elle la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4e année industrielle du LTICE ?

1.7. Objectif de l'étude

Cette recherche a deux objectifs : un objectif principal de recherche et des objectifs spécifiques.

1.7.1. Objectif principal de recherche

Nous voulons évaluer l'influence de la DI comme mode de transposition didactique sur la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignements technique au Cameroun.

1.7.2. Objectifs spécifiques.

Nous nous proposons d'évaluer :

- **Objectif spécifique N°1** ; le développement des performances en activités émission d'hypothèses sur la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle du LTICE
- **Objectif spécifique N°2** : le développement des performances en activités d'expérience-test sur la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année du LTICE.
- **Objectif spécifique N°3** : le développement des performances en activités d'interprétation sur la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle du LTTICE

1.8. Intérêt de l'étude

Notre travail revêt un intérêt scientifique, social, pédagogique, didactique et psychologique que nous présentons dans cette partie.

1.8.1. Intérêt scientifique.

Notons que sur le plan scientifique, cette étude vient améliorer la réflexion de l'élève sur les problèmes qui lui sont posés scientifiquement en électricité en général et singulièrement sur le concept du courant électrique dans un circuit résistif simple. Notre étude vient pallier plusieurs obstacles et lacunes lorsque l'apprenant est dans une situation-problème tant à l'école que dans un milieu extra-scolaire. Grâce à cette étude, l'élève pourra désormais s'en sortir face aux problèmes d'électricité qui se posent dans son milieu de vie en terme du courant électrique, parce qu'il aurait beaucoup appris à travers ses paires

suite aux conflits cognitif introduits par les débats de classe qui les auraient opposés. Cette manière de faire pourrait développer en lui des attitudes tel que l'évidence, l'objectivité, l'honnêteté intellectuelle, l'ouverture d'esprit, le sens de l'observation, et l'esprit critique.

Au Cameroun, sauf avis contraire, aucune recherche ne s'est encore faite dans le domaine de l'électricité sur le concept de courant électrique de façon à développer les capacités des apprenants à donner un sens à ce concept dans les institutions scolaires d'enseignement *technique*. *C'est donc dire que cette recherche scientifique vient combler un vide sur la thématique portant sur l'enseignement de l'électricité dans les pays en voie de développement en général et au Cameroun en particulier. Ce travail de recherche guidera les générations futures dans les recherches portant sur un enseignement adossé à une DI en électricité.*

1.8.2. Intérêt pédagogique

Sur le plan pédagogique, ce travail améliorera les pratiques pédagogiques de l'enseignement des différents concepts qui composent l'électricité en classe de 4^e année industrielle des lycées et collèges d'enseignement technique. Notre travail tient également ses retombées dans l'amélioration du processus enseignement-apprentissage en prenant en compte la formation des enseignants dans les écoles normales ainsi que leur formation continue qui reste un enjeu de grande envergure pour notre système éducatif, si les politiques éducatives veulent que la démarche d'investigation soit implémentée dans notre système éducatif en guise de la redynamisation et de la promotion d'un enseignement de qualité pour ce siècle, car faut-il le souligner, cette pédagogie active génère moins les échecs scolaires et permet d'atteindre les objectifs.

1.8.3. Intérêt didactique.

Sur le plan didactique, notre travail propose un outil essentiel dans l'enseignement de l'électricité dans les lycées et collèges d'enseignement techniques relatif au concept du courant électrique dans un circuit résistif simple. Ce travail stimule un enseignement de qualité grâce à l'usage du matériel de récupération que sont les conducteurs, les dominos et quelques fois les panneaux constitués de vieux contreplaques dont la mise en œuvre des circuits électriques et leur exploitation en terme de valeur d'intensité de courant est l'œuvre des élèves eux-mêmes. Ceci vient pallier le manque du matériel didactique en électricité quand on sait que la hiérarchie d'un établissement a souvent beaucoup de difficultés à s'en procurer financièrement. Ce travail vient aussi montrer que la connaissance seule ne suffit pas, il faut parfois une volonté opérationnelle pour concrétiser la synergie d'action entre la

pédagogie et la didactique afin que l'élève comprenne mieux le sens de la construction de son savoir.

1.8.4. Intérêt social

Notons que les cours théoriques en électricité ne permettent pas le développement des compétences et le transfert chez l'apprenant. C'est pourquoi l'usage des circuits participe de la modélisation qui leur permet de mieux fixer les repères pour gérer les processus d'apprentissage en termes d'accommodation, d'assimilation, de rééquilibrage et d'adaptation à la nouvelle connaissance. De l'usage des circuits et de ses composants dans la détermination du courant électrique pourrait se développer des habiletés professionnelles chez les apprenants en qualité de maintenance. Ce travail pourra professionnaliser et optimiser les enseignements d'électricité et permettre une meilleure intégration des apprenants dans leurs milieux sociaux. Dans la mesure où quand on parle de l'électricité, on pense à l'énergie électrique. Cela nous amène à croire que les élèves, après la séquence d'investigation seront apte à appréhender les phénomènes de chute de tension en ligne, le transport de l'énergie électrique, le fonctionnement des récepteurs électriques (frigo ; congélateurs ; lampes : chauffe-eau) dans les installations industrielles et à usages domestiques.

1.8.5. Intérêt psychologique

Sur le plan psychologique, la démarche d'investigation est très motivante pour l'élève tout le long du processus car elle rend l'élève actif en mobilisant toute sa zone proximale de développement dans la recherche pour résoudre le problème de la situation déclenchante, conduit à la maîtrise et à la construction de son propre savoir. L'enseignant intègre les aspects psychologiques de son enseignement à travers les objectifs obstacles en se fondant sur les théories appropriées, objet de plusieurs dizaines d'années de recherche.

1.9. Délimitation de l'étude

Nous avons limité notre travail sur le plan thématique, spatial et temporel.

1.9.1. Délimitation thématique

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche en didactique des sciences, singulièrement celle de la physique. La méthode de travail est la DI. Elle nous conduit à aborder les conceptions des apprenants comme obstacles épistémologiques et comme tremplin dans la construction de leur savoir sur le concept d'intensité du courant électrique dans une dimension qualitative. Nous limitons notre recherche sur les circuits résistifs

séries et parallèles simples et nous mobilisons les apprenants sur un circuit mixte en termes de réinvestissement des ressources acquises pendant la séquence. Nous tentons de mettre en interaction les concepts de conducteur électrique, le concept de tension électrique, le concept de résistance avec le concept de courant électrique.

1.9.2. Délimitation spatiale

Cette recherche s'effectue en milieu scolaire : le LTICE. Il s'agit d'un établissement scolaire d'enseignement secondaire technique situé dans l'arrondissement de Yaoundé IV du Département de Mfoundi dans la Région du Centre

Cet établissement partage le même bassin pédagogique avec le Lycée bilingue d'Ekounou, le Lycée bilingue de Mimboman et le lycée d'Anguissa.

1.9.3. Délimitation temporelle.

Notre étude s'est déroulée au mois d'avril 2021. A cette période, l'essentiel des enseignements s'est déjà déroulés pour les classes de 4e année industrielle des Collèges et Lycées d'enseignement technique au Cameroun.

CHAPITRE 2 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Dans cette partie nous nous intéressons d'abord à la définition des concepts clés, ensuite à la revue de littérature en passant par la théorie liée au sujet avant de proposer la définition des variables et indicateurs.

1. Clarification conceptuelle

Les notions à définir sont généralement celles contenues dans le sujet de recherche. Nous les définissons d'abord selon le dictionnaire courant, ensuite selon les auteurs afin de mieux nous les approprier au sein de cette thématique.

1.2. Construction

D'après le dictionnaire Larousse, construire c'est une action et une manière d'agencer les divers éléments d'un ensemble. C'est faire exister en organisant les éléments mentaux.

Dans le cadre de cette recherche, construire c'est mettre en un tout cohérent les étapes à contribution dans la démarche d'investigation en vue de la compréhension du concept d'intensité de courant.

1.3. Concept

D'après le dictionnaire le Robert 2020, c'est l'idée générale et abstraite que se fait l'esprit humain d'un objet de pensée concret ou abstrait et qui lui permet de rattacher à ce même objet les diverses perceptions qu'il en a et d'en organiser les connaissances. C'est une représentation mentale abstraite et objective, stable munie d'un support verbal.

1.4. Electricité

Selon Saïd et Sabonadierré (2015), c'est un sous-thème de la « physique qui traite des charges électriques et du magnétisme. Les charges électriques sont des ions positifs ou négatifs ou des charges élémentaires. Le magnétisme traite des aimants qu'on associe au passage du courant électrique induit ou réel pour observer les phénomènes de champs.

Le langage commun confond électricité à énergie électrique, courant électrique à intensité de courant. Or ce sont des concepts bien différents.

1.5. Courant électrique

Selon Ayina (2007), le courant électrique est « un déplacement des porteurs de charge : les électrons dans les conducteurs ohmiques, les ions dans les solutions ».

Classiques africains (2015) le définit comme étant un mouvement ordonné des charges électriques dans un conducteur métallique. La somme des courants entrant en un point du circuit est égale à la somme des courants qui en sortent. Il n'y a pas d'accumulation en un point du circuit ni à l'entrée d'un composant du circuit et le courant n'est pas consommé par celui-ci.

Le courant électrique est une notion abstraite puisqu'il n'est pas observable à l'œil nu. Il se caractérise par la manifestation de ses effets à savoir : l'effet calorifique (l'ampoule qui s'allume) ; l'effet chimique (l'eau qui se décompose dans un électrolyseur), l'effet mécanique (moteur qui tourne).

1.6. Intensité du courant électrique

L'intensité du courant électrique est une mesure dont l'unité est l'Ampère (A) du taux d'écoulement des charges électriques. Lorsqu'un courant d'un Ampère circule en un point du circuit, cela signifie que $6,25 \times 10^{18}$ électrons passent par ce point chaque seconde. L'intensité du courant dépend de la vitesse de dérive des électrons qui portent la charge négative, de la densité des électrons et de la section d'air du conducteur (Classiques africains, 1992).

Selon (Biwolé et *al.*, 2001 P.68), c'est la « quantité d'électricité qui traverse une portion de circuit à un instant donné »

On peut toutefois aussi dire que les significations de mot intensité dans les langages des apprenants sont plus proches de la signification du mot « énergie » que de l'intensité. On peut ainsi comprendre que l'éventail de signification du mot « intensité » a une prédominance pour l'idée de « énergie en électricité » (Delacote et Tiberghien, 1976).

C'est pourquoi une bonne compréhension de ce concept par les apprenants nécessite une mise en cohérence de la manière de parler des phénomènes de l'électricité de l'enseignant avec celle des apprenants dans le processus de construction de leur savoir.

1.7. Expérience et expérimentation

D'après le dictionnaire Larousse, l'expérience est une épreuve instituée pour étudier la façon dont se passent les phénomènes naturels en recherchant les lois qui les régissent, en les reproduisant artificiellement.

Pour Ayina (2013), « l'expérience est la seule preuve logique de toute question concernant les objets réels ».

Selon Astolfi (2001), l'expérience correspond à un « essai effectué pour étudier un phénomène ». Cette définition consiste en la mise au point d'un protocole expérimental permettant de construire les savoirs.

Expérimentation vient du verbe expérimenter, c'est par définition avoir recours à l'expérience. Pour Develay (1989), expérimenter c'est commencer par émettre une hypothèse, puis réaliser une expérience et enfin analyser ses résultats. L'expérimentation ne représente qu'une partie de la démarche expérimentale. Il est important de noter que les élèves peuvent avoir des conceptions pendant cette expérimentation.

Selon Develay, L'émission d'une hypothèse va permettre aux élèves d'expliquer un phénomène à partir de ce qu'ils connaissent, de ce qu'ils savent ou de ce qu'ils imaginent. Elle permet à l'enseignant d'accéder aux représentations mentales des élèves dans le but de les faire évoluer. Selon Giordan, l'hypothèse permet aux élèves de « proposer un possible tout en ayant le droit de se tromper car celle-ci est faite pour être vérifiée ».

Dans le cadre de cette recherche, l'expérience est une étape phare de la démarche d'investigation, car c'est par elle que les apprenants de 4e année industrielle vont confronter leurs hypothèses avec le réel afin qu'elles soient validées ou rejetées.

1.8. Transposition didactique

Le concept de transposition didactique a été créé par le sociologue Michel Verret (1975) et est aujourd'hui central en didactique à la suite de son introduction en didactique de mathématique par Yves Chevallard. Pour lui, la transposition didactique est « la transmission d'un savoir acquis. Transmission de ceux qui savent à ceux qui ne savent. De ceux qui ont appris à ceux qui apprennent » (cité par Bertone et al., 2013). Il fait remarquer que le savoir ne peut être transmis tel qu'il est produit au sein des communautés savantes. On ne peut pas enseigner sans transformer le savoir, le concept de transposition didactique permet donc de rendre compte de la transmission scolaire des savoirs savants.

Pour Chevallard (1985) la transposition didactique se définit ainsi « un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à 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. » (Jean-Benoit Clerc, 2006, p. 1). Il rend compte de toutes les transformations subies par un savoir et les phases que ce savoir doit parcourir pour être transformé d'abord en savoir

enseignable (sélection, programmation) puis un objet enseigné (présentation, explication, évaluation) et enfin à un objet d'apprentissage.

Develay (1992), illustre la chaîne de transformations qui d'un savoir savant et/ou pratiques sociales, conduit un concepteur de programmes à convenir d'un savoir à enseigner, l'enseignant à son tour transformant ce savoir à enseigner en un savoir enseigné, qui deviendra au niveau de l'élève le savoir appris. Cette chaîne de transformations est qualifiée de transposition didactique (Jean-Benoit Clerc, 2006).

En outre, Colin (2006) donne un sens définitionnel à ce concept de transposition didactique. Pour lui, les enseignants sont confrontés à deux problèmes essentiels dans leur pratique enseignante : la gestion du curriculum et la gestion de la classe. L'un des points les plus importants est la construction scientifique du savoir scolaire. En effet, les savoirs scientifiques subissent des multiples transformations afin de se constituer en tant que savoir scolaire. Il désigne donc la transposition didactique l'ensemble des transformations que subit un savoir scientifique afin de parvenir en savoir scolaire. Il précise que ces transformations sont de deux types : externe et interne. Celui-ci montre également que ces différentes mutations des savoirs sont complexes et parfois influencées.

Presque tous les auteurs et chercheurs en science de l'éducation valident la définition selon laquelle, la transposition didactique consiste à transformer les savoirs savants en savoirs à enseigner et en savoirs enseignés. Elle a deux grandes phases qui sont la transposition externe (une opération qui consiste à faciliter le passage des savoirs savants en savoirs à enseigner) et la transposition interne (processus par lequel les savoirs à enseigner sont transformés en savoir enseigné).

(Jean-Benoît Clerc, Patrick Minder, Guillaume Roduit, 2006)

1.9. Démarche d'investigation

Dominique Rojat (2013) propose une définition schématique de la démarche d'investigation en six étapes toutes reliées entre elles. Pour lui, la démarche d'investigation n'est pas figée. C'est un enchaînement d'étapes aux modalités divers qui donnent du sens à ce que l'élève apprend.

Selon B Calmette (2009), l'investigation est un mot communément associé à des valeurs de nature humaniste et scientifique qui lui assure une légitimité des faits. De plus l'investigation

a la vertu de s'opposer aux méthodes traditionnelles reposant sur la transmission frontale du point de vue cognitif et d'un dogme à caractère scientifique du point de vue épistémologique.

(Linn et Bell, 2004) cité dans Rocard et al (2007), définit la démarche d'investigation comme un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de planification des recherches, de recherche d'hypothèses, d'information, de contribution de modèle, de débat avec ses pairs et de formulation d'arguments cohérents.

La démarche d'investigation est donc une approche pédagogique fondée sur le questionnement et sur l'investigation constitutive des disciplines scientifiques. Les élèves s'interrogent, agissent de manière raisonnée et communiquent pour construire eux-mêmes leur apprentissage (Rocard et al, 2007).

Ainsi, la DI requiert plusieurs définitions selon les différents curricula dans le monde qui mettent l'accent sur l'un ou l'autre de ses aspects. Selon Venturini et Tiberghien (2012), la déclinaison française de la démarche comprend sept moments :

- 1- Le choix d'une situation problème.
- 2- L'appropriation du problème par les élèves.
- 3- La formulation des conjectures, d'hypothèses explicatives, prototypes possibles.
- 4- Investigation ou la résolution du problème conduit par les élèves.
- 5- Echange argumenté autour des propositions élaborées.
- 6- L'acquisition et la structuration des connaissances.
- 7- L'opérationnalisation des connaissances.

Dans le cadre de ce travail que nous menons sur la détermination de l'intensité de courant en électricité, nous déroulons la DI en six (06) étapes :

- 1- Proposition d'une situation- Problème.
- 2- Appropriation du de la situation-problème et émission d'hypothèses possibles par les apprenants.
- 3- Débat sur le choix et le calibre de l'instrument de mesure.
- 4- Expérience test d'après les hypothèses retenues.
- 5- Mise en commun - interprétation des résultats obtenus et structuration de la connaissance.
- 6- Opérationnalisation.

2. Origine de la démarche d'investigation

Plusieurs travaux en didactique des sciences sur l'amélioration de la compréhension des concepts à travers la DI se sont penchés sur l'histoire de celle-ci. Dans le cadre de cette recherche COSTA et al (2020) nous en donne un résumé.

2.1. Avènement par les sciences

La formation scientifique est une problématique récurrente dans l'histoire de l'enseignement en France. Impulsées par la Révolution Industrielle qui oblige à penser la formation des futurs ingénieurs, c'est en 1860 que les sciences font leur entrée à l'école primaire avec la création d'une bibliothèque dans chaque école. Le récit devient alors le mode privilégié d'accès aux connaissances scientifiques et technologiques.

A la fin du XIXème siècle, l'enseignement des sciences se théorise en un principe éducatif appelé "la leçon de choses". Plus intuitive, la leçon de choses vise la compréhension de phénomènes abstraits par l'observation et la manipulation d'objets concrets. Malgré une légère amélioration quant à l'engagement de l'élève dans la tâche, ce dernier reste néanmoins spectateur dans l'acquisition des nouveaux savoirs.

Dès 1960, les nouvelles théories du développement de l'enfant montrent les limites d'une méthode d'apprentissage basée sur l'observation. Nous admettons alors, que "l'élève n'est pas un vase vide qu'il faudrait remplir" (M. MONTAIGNE, XVIème siècle), mais bel et bien une personne à part entière avec des connaissances déjà établies. C'est la naissance de la pédagogie de l'éveil qui consiste, non plus en la mémorisation d'informations comme le voulait son prédécesseur, mais en la reconstruction des nouveaux savoirs par l'enfant lui-même via ses représentations initiales.

Mal accueillie par l'opinion publique sous prétexte que les missions principales de l'école primaire sont d'apprendre à lire, écrire et compter, la démarche expérimentale est peu à peu écartée et les sciences servent de délasserment en fin d'après-midi. En 1985, les nouveaux programmes ne font pas disparaître la démarche expérimentale de l'école pour autant, mais la ramènent à une place moins centrale. Les sciences deviennent ainsi des activités secondaires dans le parcours scolaire.

2.2. Georges Charpack, fondateur de La main à la pâte

Membre de l'Académie des sciences, chargée depuis 1666 de veiller à la qualité de l'enseignement des sciences à l'école, prix Nobel de physique 1992, G Charpack va jouer un rôle probant dans l'enseignement des sciences en France (G Charpack 1995).

Il s'est avéré que jusqu'en 1995, l'enseignement des sciences est peu présent à l'école. En effet, des enquêtes de terrain révèlent que l'enseignement de cette discipline est dispensé dans très peu de classes. S'ajoute à cela le fait que moins de 10% de cet enseignement scientifique se base sur une démarche expérimentale.

Conscient de la désertion des enseignements scientifiques, G. CHARPAK s'est intéressé à la façon dont cet enseignement se déroule aux Etats-Unis, et plus précisément à Chicago. En se rendant sur place, il a pu lui-même découvrir le programme d'enseignement des sciences "Hands on" qui, fondé sur l'expérimentation, permet de lutter considérablement contre l'échec scolaire et la violence dans les quartiers difficiles et défavorisés.

Ainsi, dès son retour en France et fort de son expérience, G. CHARPAK initie en 1996 la démarche d'investigation au sein de l'enseignement des sciences à travers le projet La main à la pâte. Sous son impulsion et avec l'aide de l'Académie des sciences, l'Education Nationale développe le projet. Transformé en fondation en 2011, La main à la pâte vise tout d'abord à promouvoir l'enseignement scientifique en s'appuyant sur la démarche expérimentale qui favorise chez les enfants l'expérimentation, l'observation et l'investigation. De plus, la fondation apporte une aide précieuse aux instituteurs en leur offrant un soutien scientifique dans la mise en place d'une telle démarche.

En 1999, le projet touche près de 2% des écoles françaises. Les effets positifs de cette pédagogie novatrice sont évidents en ce qui concerne l'acquisition du savoir scientifique. D'autre part, de manière plus générale, ces effets s'étendent dans les domaines du comportement social et moral, de l'expression dans la langue française et de la formation de l'esprit critique de l'enfant.

Dans la continuité de la rénovation de l'enseignement des sciences, le Ministère de l'Éducation Nationale en fait sa priorité. De ce fait, il met en place le Plan de Relance de l'Enseignement des sciences et de la Technologie à l'école pour la rentrée 2000.

2.3. Le PRESTE (Plan de Relance de l'Enseignement des sciences et de la Technologie à l'école) d'après COSTA et al (2020).

Ce dispositif quinquennal vise en tout premier lieu l'enseignement effectif des sciences et de la technologie dans toutes les classes, qui doit s'inscrire dans le cadre horaire spécifié par l'arrêté du 22 février 1995, assorti aux programmes. Par ailleurs, les programmes ministériels effectifs pour la rentrée 2002 mettent en avant la place de l'enseignement des sciences à l'école. D'autre part, ce plan consiste à susciter la curiosité des élèves, de sorte qu'ils s'interrogent et construisent leurs apprentissages en étant acteurs des activités scientifiques proposées. Ils sont amenés à conduire des investigations.

Pour mener à bien ce plan de rénovation, plusieurs actions d'accompagnement ont été pensées. Au niveau national, une dotation spécifique est attribuée à chaque département au cours des trois années de mise en place du plan. Elle facilite l'accès des classes à un certain nombre d'équipements scientifiques. S'ajoute à cela la mise en place des outils d'accompagnement pour les maîtres, tels que diverses documentations pédagogiques et des supports réfléchis pour le bon déroulé des activités scientifiques en classe.

Du point de vue académique, des groupes de suivi sont formés afin de garantir la cohérence du dispositif et soutenir les projets. En règle générale, les actions sont axées sur la documentation, l'expertise du contenu pédagogique, la formation et la mobilisation de partenariats avec la communauté scientifique.

Enfin, il revient au niveau départemental de contribuer à la constitution du fond académique et de le répartir. Ainsi, ces ressources permettent d'affecter des maîtres dans le but de former les enseignants et leurs élèves aux manipulations et aux investigations dans le domaine des sciences

2.4 Quelques caractéristiques de la démarche d'investigation

D'après Casta et al (2020), la DI a les caractéristiques suivantes :

- Elle favorise la construction des savoirs par l'élève sans faire référence à un modèle pédagogique ou théorique.

- Elle est ouverte aux différentes approches pédagogiques pour éviter d'enfermer l'élève ou l'enseignant dans une procédure rigidifiée

- Elle privilégie la construction des savoirs par l'élève qui comprend la distinction entre faits et hypothèses vérifiables d'une part, opinions et croyances d'autre part à travers la manipulation, le questionnement et l'observation.

- La DI respecte le principe d'unicité qui s'appuie sur une continuité entre le questionnement initial des élèves, l'investigation réalisée pour y répondre ; l'acquisition des connaissances et des savoir-faire.

- Elle respecte le principe de diversité qui recommande de ne pas se limiter à la seule investigation expérimentale mais d'explorer d'autres modalités d'investigation, notamment la réalisation matérielle. ; L'observation directe ou assistée par un instrument : recherche sur document ; enquête ou visite. Le rôle du professeur est d'aider les élèves à gérer toutes les synthèses sans préciser toutes les modalités pour donner le sens aux pratiques expérimentales et dégager toutes les enseignements.

- La DI s'oppose à une démarche de « présentation » ou « d'illustration ». Et valorise une démarche déductiviste dans l'enseignement des sciences

- La DI dispose de sept moments où on y retrouve une démarche hypothético-déductive avec un accent supplémentaire mis sur l'activité des élèves, un protocole expérimental non suggéré ou imposé aux élèves par le professeur, lesquels le conçoivent et le réalisent pour tester leurs hypothèses.

3. Epistémologie et histoire de l'électricité

Au regard de nombreuses applications de l'électricité sans cesse croissantes au début de ce siècle naissant, de nombreuses langues la considèrent comme une technique du 21^e siècle alors qu'elle tire ses origines vers le début du 18^e siècle. C'est dans cette perspective que les travaux de Saïd et Sabonadierré (2015) ont retenu notre attention

Selon ces auteurs, trois courants de pensée ont marqué le 18^e siècle en électricité : l'électrostatique, le magnétisme et le courant électrique.

3.1. L'électrostatique

C'est aux alentours de 600 ans avant Jésus-Christ que Thalès de Millet observa qu'en frottant une tige d'ambre avec une peau de chat il créait un phénomène d'attraction des corps légers par la tige d'ambre. Il nomma ce phénomène « elektron » ce qui en grec désigne l'ambre jaune qui est une résine fossile. Cette découverte ne trouve pas d'application pratique jusqu'au début du XVII^e siècle où Otto de Guericke, Bourgmestre de Magdebourg va la compléter en

utilisant plusieurs corps différents comme le rubis, le saphir et l'améthyste. Il va même créer une machine permettant d'obtenir des frottements en utilisant une boule de soufre qui était frottée en tournant autour d'un axe qui la traversait. Ce fut la première machine électrostatique qui produisait de l'électricité statique qui engendrait des étincelles. C'est durant la même période que l'on découvrit que, par frottement du verre, il était possible d'obtenir des effets électriques plus importants que le soufre ou l'ambre. C'est également pendant cette période féconde pour l'électrostatique que l'on met en évidence la présence de deux formes d'électricité : Celle que l'on obtient par le frottement de corps transparents comme le verre ou le cristal et celle qui provient de corps bitumineux ou résineux comme l'ambre. Les uns comme les autres repoussent les corps qui ont engendré une électricité de même nature et attirent ceux dont l'électricité est de nature différente. Le concept d'électricité positive et négative vient de voir le jour sous les vocables d'électricité vitrée et électricité résineuse. Une nouvelle étape sera franchie avec Stephen GRAY qui montre que l'on peut véhiculer l'électricité par des fils de soie, de métal, ou même à travers le corps humain à des substances qui ne la possèdent pas. Il parvient même à produire l'électrification sans contact (aujourd'hui nous disons par influence). Il va diviser les corps en conducteurs et non conducteurs (isolants). A ce moment-là on admit l'existence d'un fluide électrique qui peut se propager dans les conducteurs et que l'on peut même stocker dans des appareils que l'on nommerait aujourd'hui condensateurs et dont le prototype est la « bouteille de Leyde ».

3.2. Le magnétisme

Pour les déplacements terrestres et la navigation. Les propriétés des aimants donneront lieu à de nombreuses expérimentations et en particulier celle très importante de l'aimant brisé puis ressoudé qui met en évidence. Dans l'antiquité on connaissait également la « pierre de Magnésie », d'où le terme de magnétisme qui recouvre les aimants permanents constitués de la « magnétite » qui est un oxyde de fer (Fe_3O_4). Cette découverte donnera lieu rapidement à des applications à travers les boussoles la multiplication des pôles. Ce n'est qu'au 16^e siècle que l'on met en évidence que la terre est un aimant en expliquant l'inclinaison et la déclinaison des aiguilles aimantées (Saïd et Sabonadierré, 2015).

3.3. Le courant électrique

En 1746, Louis Guillaume Lemonnier obtient un courant électrique temporaire dans un long conducteur qu'il avait relié aux deux armatures d'une bouteille de Leyde. Il observe que la vitesse de déplacement de la matière électrique était au moins trente fois plus grande que la vitesse du son. Mais, la véritable révolution en fin de cette période est l'invention par Volta

de la pile électrique qui, de statique, va rendre l'électricité dynamique. Cette pile est un assemblage de disques de zinc et de cuivre, chacun étant séparé du précédent par un carton humide. L'avantage de cet appareil était celui des grandes batteries de condensateurs mais avec l'immense avantage de se recharger instantanément, ce qui permettait de produire des courants électriques à volonté. Désormais, l'électricité n'est plus une curiosité de salon mais entre dans les laboratoires scientifiques où les chercheurs vont essayer de produire des courants électriques pendant de longues durées. La voie est ainsi ouverte pour utiliser l'électricité pour la création de travail, de chaleur ou de lumière (Saïd et Sabonadierré, 2015).

3.4. L'explosion de l'industrie électrique au 19e siècle.

Elle est le fruit des grandes découvertes de l'électromagnétisme et des inventions de machines électriques qui se succèdent à partir des années 1820 sans que l'on sache toujours très bien établir leurs interactions (Saïd et Sabonadierré, 2015).

3.5. Relation entre le champ magnétique et le courant électrique.

La découverte primordiale du 19e siècle découle de l'observation par le physicien danois Christian Oersted en 1819 qu'un conducteur parcouru par un courant d'un champ magnétique modifie celui créé par un aimant. L'année suivante, c'est au tour des physiciens français Jean-Baptiste Biot et Félix Savart de montrer que le champ magnétique créé par le courant est perpendiculaire au conducteur et varie en sens inverse de la distance du point de mesure au conducteur. La même année Pierre Simon de Laplace en déduit la formule dite de Biot et Savart. C'est cependant à André-Marie Ampère que revient l'énoncé des lois quantitatives relatives au champ magnétique créé par un courant et à l'interaction entre les champs magnétiques créés par plusieurs conducteurs. De là, le théorème connu sous le nom de théorème d'Ampère qui décrit le champ magnétique créé par un courant (Saïd et Sabonadierré, 2015).

3.6. L'électromagnétisme

A partir de ces observations les découvertes vont se succéder pour aboutir aux lois de l'électromagnétisme énoncées par James Clerk Maxwell. En observant l'aimantation du fer par le courant électrique, François Arago en déduit la possibilité de créer un électroaimant par enroulement autour d'un noyau de fer doux d'un bobinage parcouru par un courant. De là, l'effet thermoélectrique qui décrit l'apparition d'un courant électrique en présence de deux métaux dont les soudures sont à des températures différentes, ce qui ouvrait une voie directe de transformation de l'énergie thermique en énergie électrique. D'après Hadj Saïd et Sabonadierré (2015), c'est au cours des années 1820 que Georg Simon Ohm établit la constante de

proportionnalité, qu'il appela résistance électrique, entre la différence de potentiel aux bornes d'un circuit électrique et le courant parcouru par ce dernier. C'est cependant à Michael Faraday que l'on doit la découverte en 1830 du phénomène d'induction électromagnétique qui est la création d'un courant électrique à l'intérieur de conducteurs placés dans un champ magnétique variable ou qui se déplacent à l'intérieur un champ magnétique constant. Cette découverte fondamentale va être à l'origine de tout le développement de l'industrie électriques : machines électriques tournantes, transformateurs, éclairage. Faraday crée, en outre, le mot électrolyse pour caractériser l'action entre un courant électrique et un fluide conducteur qui est décomposé et dont les composants qu'il nomme « ions » se déposent sur des bornes qu'il appelle « anode » et « cathode ». A travers ces découvertes Faraday ouvre la voie à la compréhension de la propagation de proche en proche des actions électromagnétiques. C'est alors que James Clerk Maxwell, au cours des années 1850, propose une théorie qui permet de relier le champ électrique et le champ magnétique en prévoyant l'existence d'ondes électromagnétiques qui, d'après ses calculs, avaient la même nature et, dans le vide, la même vitesse de propagation que les ondes lumineuses. Cette prévision sera confirmée en 1887 par Heinrich Hertz qui, par-là, jettera la base de toute la radiotechnique actuelle.

3.7. La machine électrique

C'est en 1832 que Nicolas Constant réalise la première machine électrique à induction comprenant un aimant qui tournait en face des pôles d'un électroaimant fixe. Il s'agit d'un générateur à courant alternatif qui peut être redressé grâce à un commutateur rustique permettant l'inversion de polarité. Cette invention n'aura cependant pas d'application puisqu'à cette époque seul le courant continu était utilisé de manière usuelle. Malgré diverses inventions donnant lieu à quelques applications ponctuelles tant aux Etats Unis qu'en Europe il faudra attendre 1869 pour voir apparaître la première machine opérationnelle et brevetée : la dynamo de Zénobe Gramme. Cette machine à courant continu était originale car elle utilisait un collecteur, fait de nombreuses lames de cuivre isolées, qui permettait d'obtenir un courant continu de bonne qualité. La diffusion de l'électricité sous forme de courant continu se

Généralise alors, en particulier grâce à l'invention, en 1879, par Thomas Edison, de la lampe à incandescence. Au cours de la première moitié des années 1880, tous les éléments d'une nouvelle industrie se mettent en place. La construction d'une centrale hydraulique de 7 kW à Saint Moritz en Suisse amorce ce qu'Aristide Bergès dénommera la « houille blanche ». En août 1883, Marcel Deprez réalise une expérience de transport d'électricité à courant continu de 14 km pour éclairer, à partir de Vizille, une halle du centre de Grenoble. La même année

Lucien Gaulard propose le concept de transformateur pour élever la tension du courant alternatif. Devant le scepticisme de ses compatriotes, il s'associera à John Dixon Gibbs pour réaliser en septembre 1884 une liaison bouclée à 133 Hertz (Hz) de 80 km alimentée en 2000 Volts autour de Turin. L'introduction par Galileo Ferraris du concept de champ tournant préfigure la construction par l'ingénieur serbe Nikola Tesla des machines à courant alternatif, en particulier triphasés. L'intérêt de ce courant pour le transport de l'électricité à haute tension est en effet bien reconnu malgré les tentatives d'Edison pour le déconsidérer en invoquant la possibilité d'électrocution directe ou par induction (Saïd et Sabonadierré, 2015).

3.8. L'expansion industrielle au 20^e siècle

A la fin du 19^e siècle, tous les éléments scientifiques et techniques sont réunis pour la mise en place des systèmes électriques : la production avec des machines qui produisaient généralement de la puissance en courant alternatif sous forme triphasée, bien que des génératrices à courant continu soient aussi utilisées; le transport avec à la base des transformateurs, très proches des transformateurs actuels, pour élever et abaisser la tension afin de limiter les pertes par effet Joule sur les lignes à haute tension qui pouvaient effectuer le transport sur de grandes distances ; l'utilisation avec les dispositifs de transformation de l'électricité sous forme de chaleur, de travail, d'éclairage et d'électrochimie. Tout au long du 20^e siècle les machines, les lignes et les dispositifs de transformation vont être perfectionnés pour accéder à des rendements très élevés. La taille des machines et la longueur des lignes vont atteindre des dimensions impensables lors de leur invention, mais grâce auxquelles l'électricité s'est installée dans toutes les parties du monde où ses qualités en font l'un des vecteurs énergétiques préférés. L'électricité est ainsi devenue l'une des bases de la civilisation moderne. Pour les applications domestiques, concernant le chauffage et l'eau chaude sanitaire, l'électricité est, dans les pays industrialisés, utilisée de manière courante pour satisfaire ces deux besoins fondamentaux. Dans l'utilisation quotidienne des appareils électroménagers, l'électricité est le moyen unique de fonctionnement des fours, réfrigérateurs, lave-linge, lave-vaisselle, aspirateurs et autres, au point que l'on imagine mal dans la maison un jour sans électricité ! Pour les déplacements, la plupart des moyens de transport public sur rail (trains, métros, tramways) fonctionnent grâce à l'énergie électrique. Même les voitures particulières en sont tributaires pour le démarrage du moteur thermique et les divers accessoires de bord (lave-vitres, lève-vitres, positionnement des fauteuils, autoradios). Elle pénètre dans les bateaux de transport et de croisière où, à partir d'un générateur de grande puissance associé au système de

propulsion du navire, des moteurs électriques auxiliaires placés sur les bords permettent de réaliser en toute sécurité les manœuvres.

Plus récemment dans l'aéronautique les commandes de positionnement des volets de gouverne, jusqu'à présent mécaniques, sont désormais remplacées par des systèmes électriques. Il faut également mentionner que tous les systèmes de télécommunication fonctionnent grâce à l'électricité pour leur alimentation comme pour la transmission. Utilisations auxquelles s'ajoutent les apports extraordinaires de l'électricité à la médecine dans le fonctionnement des centres chirurgicaux mais aussi et surtout dans tous les appareils qui permettent de l'imagerie médicale : scanners souvent alimentés par des bobinages supraconducteurs ou appareils d'Imagerie à Résonance Magnétique (IRM) qui utilisent des aimants permanents à haute performance. Il est donc impossible, dans notre vie quotidienne, de ne pas, à un moment ou un autre, faire appel à l'électricité. C'est la raison qui a conduit à considérer l'électricité comme un vecteur essentiel du développement humain. Le Rapport mondial sur le développement humain a établi un certain nombre d'indicateurs qui décrivent, au sein d'un pays, diverses formes du développement dont rend compte l'Indicateur du Développement Humain (IDH). Ce dernier est la moyenne de 3 indicateurs : l'espérance de vie à la naissance, l'éducation, et le Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant. Chacun de ces indicateurs est exprimé par des nombres sans dimension, le résultat final étant la moyenne arithmétique des trois. La croissance de cet IDH est fortement corrélée avec la consommation annuelle d'électricité par habitant jusqu'à 5 000 kWh, ce qui illustre bien l'impact de l'électricité sur le développement humain (Saïd et Sabonadierré, 2015).

4. Travaux antérieurs

4.1. Manipulation et représentation des circuits électriques simples par les enfants de 7 à 12 ans :

Delacote et Tiberghien (1976).

a) Idée générale

Cet article s'inscrit dans la suite des travaux de Tiberghien et Delacote en électricité. En effet en 1976 en France, dans le cadre d'une introduction des circuits électriques à l'école primaire, les deux auteurs mènent une étude pour savoir comment les enfants observent et manipulent ce matériel, comment ils se représentent les phénomènes observés et les interactions qui existent entre leurs représentations et leurs modes de manipulation.

b) Méthodologie

L'échantillon est constitué de dix élèves de CM2 d'une école primaire rochelaise en France. L'outil de récolte des données est un test papier-crayon et un entretien semi-directif sur la manipulation d'un matériel constitué de :

2 piles cylindriques de 1,5 V de tailles différentes

- 1 pile plate de 4,5 V
- 1 ampoule de 3,5 V et une ampoule de 7 V avec un verre plus volumineux
- 1 fil de cuivre non isolé de 20 cm

L'expérimentateur demande aux enfants d'allumer l'ampoule de 3,5 V à l'aide du fil, de la plus grosse pile cylindrique disposés devant eux. Une fois que la consigne est exécutée (ampoule allumée), débute une série de questions donc voici la structuration.

c) Résultats

-74% de l'échantillon pense que la pile donne l'électricité à l'ampoule.

-58% de l'échantillon pense qu'un courant négatif sort de la borne négative de la pile et l'autre sort de la borne positive et les deux courants allument l'ampoule.

- 42% pense qu'un courant sort de la pile et y retourne en s'épuisant à la traversée de chaque récepteur.

- 37% dit que la pile est un réservoir d'électricité.

d) Limites de l'article.

Cet article s'est limité à l'exploration des conceptions et n'a pas montré le chemin de l'évolution des conceptions chez les apprenants.

4.2. Apprendre et comprendre les concepts clés de l'électricité :

Deuil & Rhôneck (1995) en Allemagne

a) Idée générale

Partant du postulat que les conceptions constituent des obstacles à l'apprentissage en même temps qu'elles sont importants dans la construction des connaissances des élèves par eux-mêmes dans tout processus enseignement -apprentissage, les deux auteurs en Allemagne

cherchent à comprendre les conceptions des élèves sur l'intensité du courant électrique, la tension électrique et la résistance électrique dans le domaine des circuits résistifs en électricité, notamment l'idée de « la consommation du courant », le « raisonnement local », et le « raisonnement séquentiel » à travers certaines tâches affectées aux élèves.

b) Méthodologie

L'échantillon est constitué de 1200 élève de 14 à 15 ans de l'école secondaire. En affectant certaines tâches aux apprenants sur un circuit électrique constitué d'une pile et d'une ampoule, puis sur un circuit électrique comprenant des lampes et des résistances dans des configurations série et parallèle, les auteurs récoltent les représentations des apprenants sur les concepts d'intensité de courant électrique et de l'énergie électrique notamment l'idée de la « consommation du courant électrique ».

Bon nombre d'élèves pensent qu'un seul fil entre la pile et l'ampoule est suffisant pour allumer l'ampoule et que le deuxième fil sert à amener plus de courant électrique dans l'ampoule

- **Courant électrique antagoniste :** Les deux types de courant électrique sortant de la pile appelé courant (-) et courant (+) crée un conflit dans l'ampoule qui le fait s'allumer ou qu'il y a une sorte de réaction chimique qui conduit la lumière fournie par l'ampoule (Osborne, 1983)
- **Consommation du courant électrique :** La conception selon laquelle le courant électrique est consommé reste persistante chez les apprenants, même après enseignement et englobe l'aspect de la dévaluation et de la diminution du courant électrique.

Dans une tâche qui réfère à l'idée de consommation du courant électrique, trois affirmations sont présentées en lien avec une ampoule allumée et une pile. Seule une minorité de l'échantillon totale approuve la conservation du courant électrique (15%) « tout le courant électrique qui va de la pile à l'ampoule retourne à la pile » à côté de 25% qui disent que « l'ampoule utilise tout le courant électrique » et 35% pensent que « l'ampoule utilise un peu le courant électrique ». 25% n'ont pas de prévision. L'idée de la conservation du courant électrique est en désaccord avec l'idée persistante « que la pile doit se vider ».

Dans une autre tâche, on propose un circuit électrique avec deux résistances (figure 1).

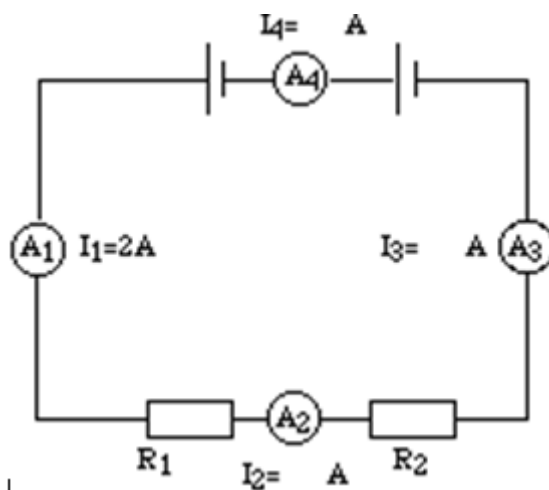


Figure 1 : Valeurs de l'intensité du courant électrique dans un circuit série.
Source : Deuil et Rhôneck (1995)

On demande aux élèves d'écrire sur chacun des Ampèremètre ce qu'il pense qu'il indique. 50% de l'échantillon donne une réponse correcte ($I = \text{constante} = 2\text{A}$) et 50% donne une réponse fausse.

- **Le raisonnement local :** Ce raisonnement décrit le fait que les élèves concentrent leur attention sur un point du circuit et ignorent ce qui se passe ailleurs. La pile est considérée comme une source de « *courant électrique constant* » et de ce fait, délivre un courant électrique constant au circuit qui le relie à la pile, indépendamment de ce dernier. Le raisonnement local se manifeste aussi dans la déclaration suivante « *la résistance modifie le courant électrique qui reste constant à l'entrée et à la sortie de celle-ci* »

La tâche ci-dessous mobilise le raisonnement local. Dans le circuit ci-après (figure 2), compléter les intensités de courant $I_1 : I_2 : I_3$ sachant que les lampes ont identiques

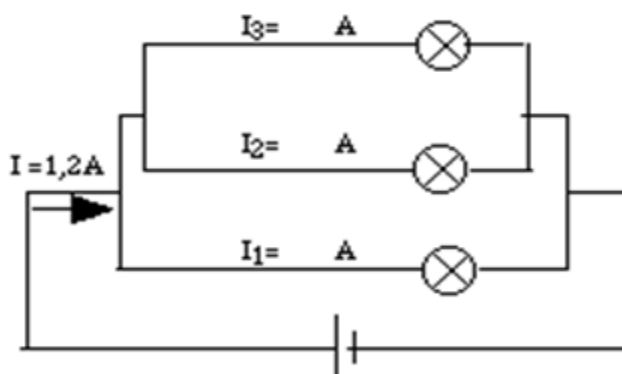


Figure 2 Valeurs de l'intensité du courant électrique dans un circuit parallèle.
Source : Deuil et Rhôneck (1995)

60% de l'échantillon estiment que $I_1 = 0,6$ A et que $I_2 = I_3 = 0,3$ A. Les courants électriques sont partagés à chaque nœud du circuit en deux parties égales. Ce partage n'est pas influencé par ce qui se trouve en aval dans le circuit. Les apprenants indiquent que « le courant électrique ne sait pas ce qui se passe dans le circuit » au niveau des nœuds. On peut donc conclure que les élèves présentent de nombreuses tendances à justifier leurs réponses sur la seule base des courants électriques. Le courant électrique dans une seule portion de circuit ne se voit pas comme la conséquence de la présence de la résistance dans cette celle-ci.

Raisonnement séquentiel : C'est un raisonnement qui se manifeste selon que dans un circuit, un élément tel que la résistance est modifiée. Ce type de raisonnement postule que les élèves analysent le circuit en termes de « avant » et « après » que le courant électrique « passe » à cet endroit. Une modification au début du circuit influence les éléments qui sont situés après alors qu'une modification à la fin n'influence pas les éléments qui sont situés avant. L'information de la modification est transmise par le courant électrique. Le courant électrique dans un circuit est influencé par une résistance lorsqu'il arrive à cet élément et il transmet l'information dans la direction du flux et non dans la direction opposée.

Les auteurs ont mobilisé ce type de raisonnement avec la tâche ci-après (figure 3) :

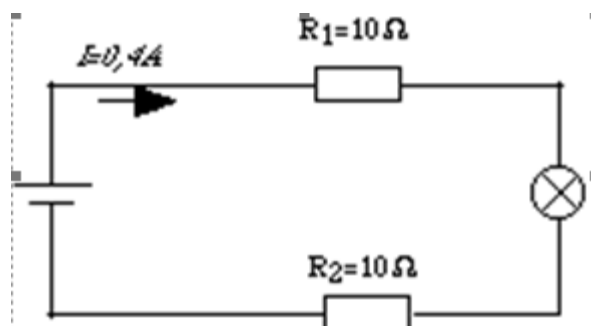


Figure 3 Rôle d'une résistance dans un circuit série.

Source : Deuil et Rhôneck (1995)

La résistance $R_2 = 40$ Ohm sera remplacée par une résistance de 50 Ohm. Cochez la case correspondant à la bonne réponse.

- L'intensité du courant I_2 augmente.
- L'intensité du courant I_2 reste la même.
- L'intensité de courant I_2 diminue.
- L'intensité de courant I_1 reste la même

Seulement 20 % de l'échantillon total d'élèves concernés par l'enquête trouve que I_1 reste la même et I_2 diminue (bonne réponse). Pour comprendre cette tâche 12% de l'échantillon utilise une relation inverse entre la résistance et le courant électrique et pensent qu'une augmentation de la résistance conduit à une augmentation de l'intensité de courant électrique. 20% considère la source comme une source à intensité de courant électrique constante et cochent que l'intensité de courant électrique ne change pas. 10% utilise un raisonnement séquentiel et prédisent que toutes les intensités de courants électriques seront les mêmes puisque la résistance R_2 est placée à la fin du circuit et que le changement de R n'influence pas les courants électriques « avant » les résistances.

c) Limite des résultats obtenus

En dépit de l'intérêt que soulève cet article sur les activités qui recueillent les différentes représentations des enquêtés sur les concepts en électricité au secondaire, les deux chercheurs n'ont pas montré comment procéder pour faire évoluer les conceptions chez les apprenants.

4.3. Observation de chemins suivis par les élevés dans des bases de l'électrocinétique :

Missonnier & Closset (2004) en FRANCE

a) idée générale

Cet article valorise l'enseignement de l'électricité par la séquence à la suite d'une expérimentation sur deux groupes : un groupe expérimental et un groupe témoin. Elle met en évidence les étapes suivies par les élèves de la classe de 2^{nde} en France pour apprendre le concept de courant électrique relatif aux montages en série et en dérivation.

b) Méthodologie

Le plan de la séquence prévoit :

Étape1 : un questionnaire préliminaire auquel l'élève répond à l'aide de ses représentations.

Étape2 : une mise en commun des réponses, les élèves les expriment et les discutent.

Étape3 : formulations des hypothèses retenues à tester par l'expérience.

Étape4 : expérimentation de tests (l'observation de l'expérimental contredit les prévisions, cela rend la situation plus énigmatique et met l'élève dans la quête d'explication)

Étape5 : apport de l'enseignant en réponse aux questions posées.

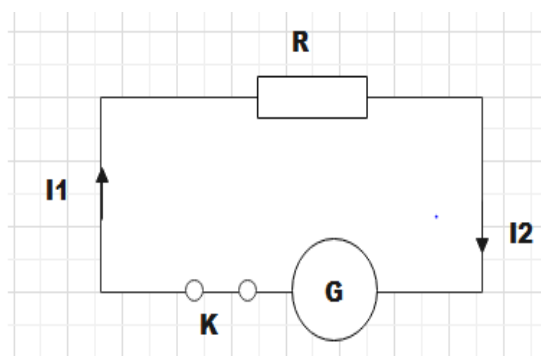
Étape6 : réinvestissement

Étape finale : évaluation sous forme de questions dont la correction sera sous forme expérimentale de tests d'hypothèses, dernière tentative pour inciter tous les élèves à se servir du modèle.

c) Résultats

Evolution du raisonnement d'élèves sur le circuit simple.

L'outil de récolte des un test papier-crayon constitué d'un questionnaire qui s'intéresse à l'influence de la résistance sur le débit et l'intensité du courant électrique en circuit fermé constitué d'abord d'une résistance simple et en fin de deux résistances en parallèles.



Mettre une croix devant la bonne réponse

- I1 est plus grand que I2
- I1 est plus petit que I2
- I1 a même valeur que I2

On remplace la résistance R par une plus grande.

- I1 est plus petit qu'avant
- I1 est plus grand qu'avant
- I1 est même chose qu'avant

L'exploration des raisonnements de 56 élèves de l'échantillon a permis de les classer en « local », « séquentiel », à « courant constant » et « systémique ». Le tableau ci-après récapitule les différentes conceptions et leur évolution à un stade donné de l'apprentissage.

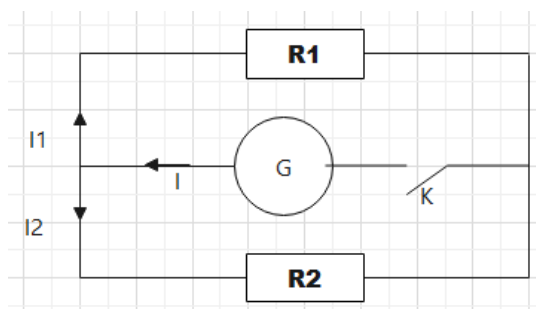
Tableau 1 Récapitulatif de l'évolution des raisonnements de 56 élèves

<i>Raisonnement à un stade initial ou intermédiaire</i>	<i>Raisonnement au stade suivant de l'apprentissage</i> (X = nombre de raisonnement initial avant leur évolution en 2 nd e)			
	<i>Local</i>	<i>Séquentiel</i>	<i>A courant constant</i>	<i>Systémique</i>
<i>Local (7 élèves)</i>	<i>X</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Séquentiel (31 élèves)</i>	<i>0</i>	<i>X</i>	<i>17</i>	<i>12</i>
<i>A courant constant (30 él.,.,.,èves)</i>	<i>0</i>	<i>6</i>	<i>X</i>	<i>22</i>
<i>Correct (17 élèves)</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>7</i>	<i>X</i>

Ce tableau confirme une hiérarchie des raisonnements utilisés par les élèves pour analyser un circuit électrique, partant du plus primitif qui est le raisonnement local au raisonnement systémique qui est le plus évolué. Au regard de ce tableau, la séquence a permis de partir de 70% de raisonnement erroné à 36% de raisonnement correct.

On remarque aussi que les élèves au raisonnement initial correct passent par un raisonnement à courant constant avant de revenir sur un raisonnement systémique. Ce qui confirme que le raisonnement à courant constant est le plus proche du raisonnement systémique en dépit de l'écart important entre les deux raisonnements.

- **Evolution du raisonnement d'élèves sur les branches parallèles**



$R1$ et $R2$ sont des résistances identiques.

Mettre une croix devant la réponse juste.

- I est plus petit que $I1$ et $I2$
- I est plus grand que $I1$ et $I2$
- I est de même que $I1$ et $I2$

On augmente $R2$. Quelle est l'intensité de courant qui change ? Pourquoi ?

Tableau 2 Récapitulatif du raisonnement emprunté par 56 élèves sur les branches parallèles.

Raisonnement à un stade initial ou intermédiaire	Raisonnement au stade suivant de l'apprentissage			
	X= absence d'évolution			
	Local	Séquentiel	A courant constant	Systemique
Local (8 élèves)	X	2	0	6
Séquentiel (21 élèves)	1	X	1	15
A courant constant (4 élèves)	0	1	X	3
Correct (25 élèves)	0	4	1	X

Ce tableau laisse comprendre une diminution des raisonnements locaux et séquentiels et une progression des raisonnements à courant constant et systémiques. Ces effets sont plus prononcés dans l'enseignement avec la séquence. L'enseignement par la séquence fait progresser 75 % de conception erroné vers 66,5% de conception systémique.

Cette étude a contribué à valider l'hypothèse de la hiérarchisation des conceptions émises par Closset à savoir que les raisonnements pris dans l'ordre local ; séquentiel ; courant constant ; correct peuvent constituer des *étapes d'apprentissage*

c) **Limites de l'article**

Malgré une situation-problème motivante et adaptée à l'élève, un questionnaire qualitatif propre au concept qui mobilise les élèves sur le plan cognitif, le problème demeure au regard des pourcentages. Cette situation nous amène à nous questionner sur l'efficacité réelle

de la séquence avant de nous rendre compte que l'auteur a utilisé **l'observation de l'expérimental** au lieu de **l'expérience test** qui générerait plus de compréhension chez les apprenants selon les travaux de (Costa et al, 2020).

4.4. Séquence d'enseignement de l'électricité construite à partir des données épistémologique et didactiques : compte rendu d'innovation

Abdelmadjid Benseghir (2004).

➤ Idée générale de l'article

A travers cet article de 16 pages (page133 à page 149), BENSEGHIR voudrait faire évoluer les conceptions des apprenants sur le sens du courant électrique dans un circuit vers une conception circulatoire partielle par le biais d'une démarche hypothético-déductive et une boussole.

a) Méthodologie

Population d'étude : Elle est constituée de 149 élèves répartis en huit groupes d'une vingtaine d'élèves chacun, dont l'âge moyen varie entre 13 et 14 ans, tous étant des élèves novices de l'école fondamentale algérienne. L'outil de récolte des données est un test papier – crayon et la construction des nouveaux savoirs est axé sur un débat de groupe sur l'orientation de la boussole au passage du courant électriques, l'expérience – test et l'institutionnalisation.

Conceptions mises en œuvre par les élèves : L'auteur revisite les travaux de Tiberghien et Delacote : Benhamida et Closset sur les conceptions des élèves, qui évoluent avec leurs niveaux scolaires, tout en montrant pour certaines d'entre elles, une résistance à l'enseignement. La conception unifilaire étant triviale, seule la conception « à courant antagoniste » est celle qui est prépondérante chez les élèves de cette tranche d'âge.

On place de part et d'autre de l'ampoule du circuit parallèlement au circuit électrique simple et ouvert une boussole sur ou sous le fil conducteur, lequel est orienté parallèlement au méridien magnétique. Les deux aiguilles dévient d'un certain angle par rapport à leurs directions initiales.

La dévolution du problème a pour but de récolter les conceptions des élèves. Au début de la séquence, le professeur demande aux élèves d'allumer l'ampoule à l'aide des files de courant électrique et d'une pile. Lorsque c'est fait, la deuxième question suit en ces termes « expliquez pourquoi la lampe s'allume » à l'aide du

papier-crayon. La majorité des réponses s'appesantissent sur la conception « à courant antagoniste » voir tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Fréquence des conceptions à la question au début de la séquence :

Conceptions	Conception unifilaire	A courant antagoniste	A courant circulatoire avec usure au retour	Divers
8ièmeAF(N=149)	8	79	12	1
9ièmeAF(N=245)	0	47	50	3

Ce tableau montre que les réponses s'apparentent en une forte majorité à la conception « à courant antagoniste » et à la conception « à courant électrique constant »

Après l'explication au papier-crayon, les élèves procèdent au tri des réponses en s'aidant des dessins annotés de flèches, puis s'en suit un débat contradictoire entre les aspects réglementaires sont proposés par le professeur. Dans les échanges, on retrouve les éléments de justification comme la proposition d'expérience-test que les élèves réalisent directement. La redondance des arguments marque avec la force de convaincre les protagonistes la saturation des confrontations. C'est alors que faisant le point sur la situation, l'enseignant demande aux élèves de proposer une expérience-test qui entre en résonance avec leur attente. En fin de favoriser l'initiative des élèves dans cette démarche, deux étapes sont prévues. La première a trait à l'investigation de la fonction détectrice du courant électrique dans la boussole. La deuxième concerne l'exploitation de cette fonction pour la mise à l'épreuve des conceptions concurrente

a) Mise en évidence de la fonction détectrice de la boussole

En absence d'une solution sérieuse venant des élèves, le professeur propose la boussole comme dispositif éventuel recherché pour déterminer la présence du courant électrique en un point du circuit et demande aux élèves d'investir cette fonction détectrice de la boussole. Une discussion s'engage alors sur les conditions d'utilisation de la boussole. En dernier essor et après concertation, la disposition de la boussole sur l'axe médiane du circuit passant par la pile et l'ampoule est retenue.

b) Réalisation des essais

La procédure permettant de trancher en faveur de l'une des conceptions rivales apparaît au cours des débats. La conception unifilaire devient triviale chez les élèves. Celle « à courant antagoniste repose au motif que la deuxième boussole doit se comporter de la même façon que la première en raison de la « similitude de sens des deux courants électriques » Les détenteurs de la conception du « courant circulatoire avec épuisement au retour admettent une différence

de comportement des deux boussoles qu'ils traduisent plus ou moins facilement en termes de différence de déviation des aiguilles.

Le résultat de la manipulation est favorable au « courant constant »

L'évaluation de fin de séquence est un questionnaire papier-crayon mettant en jeu des situations d'interprétation et de prévisions relatives au fonctionnement d'un petit moteur électrique soumis aux fins d'évaluation à 149 élèves ayant participé à la séquence.

Tableau 4 : Fréquence des conceptions à la question « expliquer par écrit et au moyen d'un dessin pourquoi un petit moteur relié aux bornes d'une pile tourne »

Conceptions des élèves	A courant unifilaire	A courant antagoniste	A courant circulaire avec usure au retour	Divers
8ièmeAF(exp) N=149	0	14	82	4
8ièmeAF(témoin)N= 100	2	89	8	1

Ce tableau nous amène à affirmer un caractère massif et solide du changement de conception au moyen de la séquence. Ce tableau montre que (65%) de l'échantillon s'est approprié du modèle circulaire face au groupe témoin (8%).

c) Limites de l'article

65% de résultat obtenu par le groupe expérimental nous semble peu édifiant et nous pensons que si l'auteur avait utilisé plusieurs variables didactiques comme instrument- test (Ampèremètre analogique, Diode électroluminescente), il aurait fait plus de résultat avec le groupe expérimental.

3.5. La démarche d'investigation au service des apprentissages Costa et al (2020)

a) Idée générale

L'objectif de cette recherche est de montrer l'efficacité de la démarche d'investigation comparée aux autres types de démarches pour construire un concept.

b) Méthodologie

Les auteurs ont cherché à répondre à la question suivante : **en quoi la démarche d'investigation permet-elle d'acquérir les nouveaux savoirs ?**

L'hypothèse est la suivante : La DI est plus efficace dans la construction des savoirs plus que la démarche transmissive puisqu'elle place les apprenants au cœur des apprentissages leur laissant plus l'occasion de questionner et de vérifier par eux-mêmes leurs conceptions initiales.

c) Résultats

Tableau 5 : performance des élèves en fonction de la démarche utilisée :

N°	Séquences et démarches Pour un effectif total N= 24		Appréciations			
			Dépassé	Atteint	Partiellement atteint	Non atteint
1	Séquence n°1 démarche d'investigation	Effectif	10	11	3	
		Pourcentage	42%	46%	12%	
2	Séquence N°2 Démarche déductive, expéditive argumentative et	Effectif	1	8	11	4
		Pourcentage	4%	37%	44%	15%
3	Séquence N°3 Troisième séquence Démarche transmissive	Effectif	2	7	6	9
		Pourcentage	7%	30%	26%	37%

Les résultats sommatifs sont très satisfaisants, et témoignent déjà du résultat positif de la démarche expérimentale dans l'apprentissage des savoirs. En effet, les résultats montrent que 88% des élèves ont atteint les objectifs fixés, voire au-delà de ce qui était demandé. Au cours de cette séquence, les élèves étaient intrigués, et surtout motivés de pouvoir expérimenter eux-mêmes différents mélanges. Ils se sont rapidement formalisés avec la rédaction de protocoles expérimentaux.

Pour les démarches déductives, expositives et argumentatives, les objectifs sont globalement atteints à 85% alors que la démarche transmissive donne l'atteinte des mêmes objectifs à 62%.

Ce qui valide l'hypothèse selon laquelle la DI est plus efficace que les autres démarches qui étaient en jeu.

5. Théories explicatives du sujet : Le socioconstructivisme

Nous allons dans le cadre de ce travail, articuler le socioconstructivisme car avec cette théorie prône des échanges entre les paires sur l'objet du savoir et favorise l'autonomie des apprenants.

Le socioconstructivisme est une théorie qui privilégie le rôle actif de l'apprenant dans le processus de construction de ses connaissances. Selon Legendre (2005) le socioconstructivisme est une théorie qui insiste sur le rôle des interactions entre le sujet et son environnement dans un processus actif qui lui permet de développer ses connaissances sur le

monde. Jonnaert et Masciotra (2007) soutiennent que le socioconstructivisme renvoie à la construction des connaissances par une personne dans un contexte social bien déterminé et que l'apprentissage en action, en situation permet à l'apprenant de construire lui-même ses propres connaissances toute en interagissant avec les autres et en adaptant ce qu'il connaît déjà aux exigences de la situation. Ces auteurs discutent du fait que selon l'approche socioconstructiviste, l'apprenant est en action, il construit lui-même ses connaissances et ses compétences. Il part de ce qu'il connaît déjà pour apprendre en situation et en contact avec les autres.

En effet Vygotski soutient que chacune des onctions reliées au développement culturel de l'enfant se traduit en deux temps : d'abord au niveau social et ensuite au niveau individuel. Le socioconstructivisme tel qu'énoncé par son fondateur est en effet cette approche qui contribue de manière significative au processus d'autonomisation de l'apprenant suite à ses interactions avec son environnement social. La théorie de Vygotski est soutenue par deux idées : le MKO (more knowledgeable than other) et la ZPD (zone proximale de développement). La ZPD représente la différence entre ce que l'enfant peut accomplir tout seul et ce qu'il peut accomplir quand il est accompagné d'un MKO (tuteur ; paires ; enseignant ; guide). Cette théorie n'envisage pas la construction des, apprentissages comme une simple adaptation à son milieu de vie, mais plutôt comme un processus transformationnel de celui-ci car selon Vygotski, c'est en transformant son milieu de vie qu'on se transforme soi-même et cette transformation passe par l'intermédiaire certains outils (matériel technique ; outils mentaux ; instruments psychologique). Ainsi, de ce modèle historico-culturel se dégage trois grands principes à savoir :

- L'apprentissage actif
- Les interactions avec les autres
- La construction de la connaissance

La théorie socioconstructiviste a donné lieu à plusieurs modèles d'apprentissages tels que l'apprentissage par projet, l'apprentissage par problème, l'apprentissage expérientiel et l'apprentissage coopératif. Notre travail repose sur l'apprentissage par problème et par coopération qui sont à même de rendre compte des interactions que l'enfant autiste pourrait avoir avec les enfants valides dans un contexte bien déterminé pouvant lui permettre d'évoluer vers son autonomisation car comme l'affirme Vygotski, « ce que l'enfant sait faire aujourd'hui en collaboration, il saura le faire tout seul demain »

6. Formulation des hypothèses

6.1. Hypothèse de générale de l'étude (HG)

Lorsque l'enseignement du concept de courant électrique se déroule sous le prisme de la DI comme mode de transposition didactique en situation classe, celle-ci devient un levier important du processus enseignement-apprentissage qui aide les élèves de 4^e Année industrielle à performer significativement dans la construction de ce concept.

6.2. Hypothèses spécifiques :

Hypothèse de recherche N°1 : Le développement des performances en activités d'émission d'hypothèses par les élèves de 4^e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignements techniques influence significativement la construction du concept de courant électrique.

Hypothèse de recherche N°2 : Le développement des performances en activités d'expérience-test influence significativement la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignements techniques.

Hypothèse de recherche N°3 : Le développement des performances en activités d'interprétation des résultats influence significativement la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignement technique.

7. Définition des variables et indicateurs

Une variable est un élément qui peut prendre plusieurs valeurs ou modalités. C'est aussi un élément dont la valeur peut changer et prendre différentes formes quand on passe d'une observation à une autre. En recherche, on distingue deux variables : la variable dépendante et la variable indépendante.

7.1. La variable dépendante (VD)

C'est la variable qui est mesurée. Dans le cadre de notre travail, cette variable est la construction du concept de courant électrique.

7.2. Les variables indépendantes (VI)

Elle est celle qui est manipulée par le chercheur. Dans le cadre de ce travail, la VI est l'utilisation de la DI. Cette variable est soutenue par trois sous variables à savoir :

- VI₁ : Emission d'hypothèses
- VI₂ : Expérimentation-test
- VI₃ : Interprétation des résultats

7.3. Définition opératoire de la variable dépendante

La construction du concept d'intensité de courant électrique ou les **performances des élèves sur la compréhension de la détermination de l'intensité de courant électrique** peut se définir comme étant l'ensemble d'aptitudes et d'habiletés attendues chez les élèves à la fin d'un apprentissage. Cette variable comporte trois modalités : - acquis, - en cours d'acquisition, - non acquis et trois indicateurs définis ainsi qu'il suit :

- L'indicateur de la première modalité « A » est la moyenne comprise entre [14 - 20] ;
- L'indicateur de la deuxième modalité « ECA » est la moyenne comprise entre [10 - 13[
- L'indicateur de la troisième modalité « NA » est la moyenne comprise entre [0 - 10[

7.4. Définition opératoire des variables indépendantes

- Variable indépendante 1

L'émission des hypothèses permet à l'élève de construire son propre savoir. L'émission des hypothèses par l'élève dans le cadre de ce travail est l'aptitude qu'a celui-ci de proposer une démarche à suivre selon la question.

Indicateur : proposition d'une démarche à suivre

Cette variable indépendante comporte également trois modalités : - jamais, - parfois, -souvent

La réalisation d'une expérience permet à l'élève de construire son savoir : c'est la capacité à reproduire une expérience ayant un rapport avec le concept d'intensité de courant électrique.

Indicateur : capacité à reproduire une expérience pour déterminer l'intensité de courant dans un circuit électrique.

Cette variable indépendante comporte trois modalités : - jamais, -parfois, -souvent

- Variable indépendante 2

La réalisation d'une expérience permet à l'élève de construire son savoir c'est la capacité à reproduire une expérience ayant un rapport avec le concept de courant électrique.

Indicateur : capacité à réaliser un montage pour déterminer l'intensité du courant électrique sur un schéma.

Modalités : - jamais, -parfois, -souvent

- Variable indépendante 3

Un élève qui interprète un résultat expérimental est capable de faire évoluer ses conceptions à la fin d'un enseignement sur le concept de courant électrique.

Indicateur : proposition d'une interprétation du résultat par l'apprenant.

Modalités : - jamais, -parfois, -souvent

8. Tableau synoptique

Ce tableau résume les éléments phares de la recherche

Sujet	Questions de recherche	Objectifs de la recherche	Hypothèses recherche	Variables de l'étude	Modalités	Indicateurs
Construction du concept du courant électrique par les élèves de 4 ^e Année industrielle du LTICE à travers la démarche d'investigation comme mode de	QRP : Dans quelle mesure une séquence d'enseignement-apprentissage basée sur la démarche d'investigation améliore-t-elle la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4 ^e année industrielle du LTICE ?	OPR : Evaluer l'influence de la DI comme mode de transposition didactique sur la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4 ^e Année industrielle des lycées et collèges d'enseignements technique au Cameroun.	HRP : Lorsque l'enseignement du concept de courant électrique se déroule sous le prisme de la DI comme mode de TD en situation classe, les élèves performant significativement.	VD Construction du concept	Notes	NA ECA A
	QRS1 : Quelle est l'influence de l'émission d'hypothèses par les élèves de 4 ^e année industrielle du LTICE sur la construction du concept du courant électrique ?	ORS1 : Evaluer le développement des performances en activités émission d'hypothèses sur la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4 ^e Année industrielle du LTICE.	HRS1 : Le développement des performances en activités d'émission d'hypothèses par les élèves de 4 ^e Année industrielle LTICE influence significativement la construction du concept de courant électrique.	VD Construction du concept	Notes	NA ECA A
				VI1 Émission d'hypothèses	Capacité d'émettre une hypothèse	Parfois Jamais Souvent

<p>QRS2 : Dans quelle mesure l'expérience-test est –elle un outil pertinent dans la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4e année industrielle du LTICE ?</p>	<p>ORS2 : Evaluer l'influence du développement des performances en activités d'expérience-test sur la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année du LTICE.</p>	<p>HRS2 :Le développement des performances en activités d'expérience-test influence significativement la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle du LTICE.</p>	<p>VD Construction du concept</p>	<p>Notes</p>	<p>NA ECA A</p>
			<p>VI2 Réalisation d'une expérience-test</p>	<p>Capacité de Réaliser une expérience-test</p>	<p>Parfois Jamais Souvent</p>
<p>QRS3 Comment l'interprétation des résultats d'une expérience améliore – t - elle la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4e année industrielle du LTICE ?</p>	<p>ORS3 Evaluer le développement des performances en activités d'interprétation sur la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle du LTTICE</p>	<p>HS3 Le développement des performances en activités d'interprétation des résultats influence significativement la construction du concept du courant électrique par les élèves de 4^e Année du LTICE :</p>	<p>VD Construction du concept</p>	<p>Notes</p>	<p>NA ECA A</p>
			<p>VI3 Interprétation d'un résultat expérimental</p>	<p>Capacité d'interpréter un résultat expérimental</p>	<p>Parfois Jamais Souvent</p>

PARTIE 2 : PARTIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE 1 : MÉTHODOLOGIE

1 Le type de recherche

Il est surtout question au cours de ce travail méthodologique, de nous appesantir sur la compréhension du phénomène d'intensité de courant dans le domaine de l'électricité en physique, de mesurer les changements qui s'opèrent dans le processus enseignement-apprentissage lorsqu'on passe d'un enseignement habituel à un enseignement basé sur l'investigation en électricité, notamment sur la détermination de l'intensité du courant électrique dans un circuit résistif série et parallèle.

2. Site de l'étude

Le LTICE est le lieu qui va nous recevoir pour la récolte des données de l'enquête. Il est situé dans la région du Centre, département de Mfoundi, arrondissement de Yaoundé IV. Notre choix est porté sur cet établissement car il dispose de plusieurs filières industrielles au premier cycle.

En effet, le LTICE fut créé le 19 Avril 1997 comme un collège d'enseignement technique industriel et commercial (CETIC), puis érigé en LTIC (Lycée technique industriel et commercial) 4 ans plus tard.

3. Population

Population cible : Dans notre cas elle est constituée de **l'ensemble des apprenants de la classe de quatrième année industrielle** de l'enseignement technique au Cameroun.

Population accessible : Dans le cadre de cette recherche, pour des raisons pratiques, économiques et sociale, elle est réduite à la région du Centre, plus particulièrement LTICE. Notre choix est porté sur cet établissement parce que, non seulement nous connaissons quelques enseignants de physiques-chimie exerçant dans ce milieu, mais aussi, le domicile familial est proche de cet environnement. Notre choix est porté sur les élèves de 4^e Année industrielle parce que leurs stades de développement mental correspondent à ce que peut déjà faire un enfant de 15 ans. De plus dans cette classe plusieurs concepts subjacents à l'intensité de courant ont déjà été enseignés dans les classes intermédiaires.

Tableau 6 : Répartition de la population accessible

CLASSES	EFFECTIFS		
	FILLES	GARCONS	TOTAL
MACO	02	36	38
MEFEU	07	35	42
EE	08	36	44
FC	06	30	36
TOTAL	23	137	160

4. Echantillon et technique d'échantillonnage.

Toute détermination d'un échantillon quelconque au cours d'une recherche fait l'objet d'une technique d'échantillonnage.

Dans le cadre de cette recherche, nous avons opté pour un cloisonnement de deux techniques d'échantillonnage : **la méthode probabiliste** avec pour choix un échantillonnage ayant une probabilité proportionnelle à la taille de l'effectif. Cette méthode est basée sur le principe selon lequel tous les éléments de la population accessible sont enregistrés dans la base des données et ont la même chance de participer à l'enquête puisqu'ils présentent les caractéristiques relatives aux variables qui sont en rapport avec le phénomène questionné. **La méthode empirique** en optant un choix raisonné car l'échantillon construite est finalement constitué des apprenants dont la moyenne au prétest est comprise entre zéro (0) et douze (12) de moyenne sur vingt (20). Ceci s'est fait dans le souci d'avoir un échantillon dont la configuration est semblable à celle de la population parente. Ainsi la détermination finale sera le point d'aboutissement d'une série d'opérations indispensables et précises.

Nous allons travailler avec les élèves des filières industrielles dont les effectifs sont présentés dans le tableau 6. Nous avons fixé le quota de participation à l'enquête de chaque classe à 30 %. Ce qui nous a conduit à élaborer le tableau ci-après.

Tableau 7 : Répartition de la population au quota de 30% par classe

CLASSES	EFFECTIFS		
	FILLES	GARCONS	TOTAL
MACO	04	08	12
MEFEU	03	10	13
EE	04	10	14
FC	03	08	11
TOTAL	14	36	50

Après les résultats du pré test, nous n'avons retenu que des élèves qui présentaient des difficultés à déterminer l'intensité de courant dans un circuit électrique résistif série et parallèle. Ainsi, sur un effectif de cinquante ((50) élèves au départ du pré-test, dix (10) élèves ont eu une moyenne supérieure ou égale à douze (12) sur un total de 20 points. Ce qui signifie que nous les avons suspendus leur participation dans la suite de l'étude car ils ne présentent pas de difficultés majeures face à la compréhension du concept mis en jeu. La liste d'élèves que nous avons suspendus est constituée de six (06) élèves filles issues de toutes les spécialités et de quatre (04) élèves de sexe masculin dont deux (02) de la filière EE et deux (02) de la filière MEFEU. Notre échantillon est désormais constitué d'un effectif total de quarante (40) élèves. Ce qui nous a permis de calculer le taux de sondage par la formule ;

$TS = (\text{effectif de l'échantillon} / \text{effectif de la population accessible}) \times 100$. Le résultat nous donne 25%. Or, 25% est supérieur à 20%. Le taux de sondage nous a permis de conclure déjà que les résultats qui seront issus de notre étude pourront bien être généralisés à la population d'étude étant donné que l'échantillon est largement représentatif de la population accessible.

C'est donc cet effectif qui sera divisé en deux groupes : un groupe témoin ou groupe de contrôle et un groupe expérimental. Cette opération va se réaliser de telle sorte que les deux groupes soient équivalentes pour permettre au chercheur de mieux contrôler les variables nuisibles qui pourraient brouiller, voir biaiser les résultats de l'expérimentation. C'est d'ailleurs en termes d'équivalence que nous nous sommes appesantis sur les points suivants :

- L'âge : l'âge moyen de tous les participants varie entre 14 et 16 ans.
- Tous les élèves sont nouvellement inscrits en 4^e Année dans leurs filières respectives.
- Les enseignants ont tous un niveau comparable sur le plan pédagogique car tous sont des produits des écoles normales supérieures au Cameroun.
- Les participants partagent le même environnement physique, matériel et psychologique.

Les deux groupes sont donc semblables en tout point de leurs caractéristiques dans le souci d'éviter tout effet pouvant nuire à l'acquisition des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique en physique. Il s'agit notamment des facteurs externes que nous avons cités plus haut.

Ainsi, pour s'assurer que les résultats que nous obtiendrons à la fin de cette étude sont bel et bien validés par le protocole déroulé selon la DI et non à des variables intrusives, de même que dans le souci de construire une image aussi proche que possible de notre population

d'étude, nous avons constitué un Groupe expérimental (GE) et un Groupe témoin (GT) de vingt (20) élèves chacun. Le Groupe témoin (GT) va subir un enseignement habituel alors que parallèlement et pendant la même durée le Groupe expérimental va subir un enseignement basé sur la mise en œuvre du protocole de la DI.

Tableau 8 : Répartition en groupe témoin et groupe expérimental

GROUPE	EFFECTIFS		
	FILLES	GARCONS	TOTAL
Groupe Témoin (GT)	05	15	40
Groupe expérimental (GE)	05	15	

5. Méthode et instrument de collecte des données

5.1. Méthode

Dans cette étude, nous abordons le problème de la détermination de l'intensité de courant dans un circuit électrique série et parallèle selon la DI par les élèves des lycées et collèges d'enseignement technique au Cameroun. Le résultat final est celui d'une recherche à caractère expérimental qui repose sur les données chiffrés et quantifiables ayant pour finalité la validation ou non de notre hypothèse en réponse à la question de départ.

En effet les données chiffrées que nous obtiendrons à la suite du post test à travers la mesure des variables indépendantes vont nous permettre de faire des analyses descriptives chiffrées, des tableaux graphiques et des tableaux statistiques en même temps que les liens entre les variables et les analyses de corrélation entre ces dernières pour montrer l'influence de la DI sur les performances des apprenants face au concept d'intensité de courant, notamment la détermination de sa valeur dans un circuit résistif série et parallèle. Les élèves qui ont participé au questionnaire ont été identifiés par la lettre M les élèves garçons et respectivement la lettre F pour les élèves filles.

5.2. Instrument de collecte des données

Dans le cadre de cette recherche, l'instrument de recherche est un questionnaire de type papier-crayon car avant enseignement, elle donne accès aux représentations initiales des élèves. Lors du réinvestissement, il permet de suivre l'apprentissage de chaque apprenant.

5.2.1. Présentation de l'outil de recherche.

Selon (Ayina, 2007), le QCM a l'avantage de poser plusieurs questions. Par le choix qu'il propose, il peut rendre la tâche du répondant plus aisée car l'apprenant choisit la réponse

qui lui convient. Par le même choix, il peut induire le répondant en erreur, notamment quand la réponse juste n'existe pas parmi les items proposés. Il permet un dépouillement plus aisé.

Dans le cadre de ce travail, la majorité des questions est qualitative et ayant pour objectif final de savoir comment les élèves raisonnent face à la détermination de l'intensité de courant électrique dans un circuit résistif série et parallèle.

Nous avons proposé des questions qui mettent en évidence le facteur expérimental des solutions à proposer par l'apprenant.

5.2.2. Constitution de l'outil de collecte des données

Dans le cadre de ce travail, nous avons soumis les apprenants à un schéma pré test ; test et post test.

- **Le pré test**

Il est constitué de neuf (09) questions (annexe 2) qui s'enchaînent graduellement. Nous rappelons qu'à la suite du pré test, nous n'avons retenu que des élèves qui présentent des difficultés à raisonner face à la détermination de l'intensité de courant électrique. Les apprenants qui ont eu une note inférieure à douze (12) sur un total de vingt (20) points sont ceux qui présentent des difficultés majeures à la compréhension du concept et c'est bien cette catégorie d'élève qui a constitué notre échantillon. Le pré test a été aussi pour nous une évaluation diagnostique dans la mesure où il nous a permis d'effectuer une première prise de repères afin de s'assurer que l'état initial soit le même quel que soit en suite le mode d'apprentissage suivi par les élèves participant aux prises de repères car nous adaptons notre enseignement au besoin (Missonnier et Closset, 2004).

- **Le test**

Nous allons dans cette phase dérouler pendant deux (02) heures notre dispositif d'enseignement (confère annexe) pour tenter d'infléchir le mode de raisonnement et les conceptions des élèves. Il s'agit d'un programme essentiellement fondé sur la DI.

- **Le post test**

Notre post test (confère annexe) constitue la deuxième prise de repères sur les participants pour voir si leurs conceptions ont évolué. En effet, parti d'un état initial comparable, nous cherchons à voir si l'état final l'est aussi. Si non quelles différences observe-t-on ? Peut-on valider notre hypothèse sur leurs origines ? Peut-on établir un lien avec les hypothèses de la DI ? (Missonnier et Closset, 2004)

5.2.3. Validation de l'instrument de récolte des données

Selon Grawitz (1998), la validation de l'instrument de collecte des données consiste à essayer sur un échantillon réduit les instruments prévus pour l'enquête. Pour valider notre instrument d'enquête, nous l'avons d'abord soumis à quelques rectificatifs de nos camarades du groupe de recherche en didactique de physique- chimie et ensuite à l'appréciation de notre encadreur qui a apporté quelques amendements dans le cadre d'une validation interne. Ainsi l'élaboration finale de notre questionnaire a pris en compte toutes les sujétions en vue d'améliorer sa qualité. En guise de validation externe, notre questionnaire a été soumis à six (06) élèves de la classe de 4^e année industriel du lycée technique de Mbankomo en date de 13 avril 2021 et ils n'ont pas eu de difficultés majeurs à répondre à toutes les questions. Avant de définir les objectifs et les réponses attendues des apprenants par une analyse à priori de notre instrument de récolte des données, l'analyse des contenus d'enseignement constitue un point de départ de toute activité didactique.

5.3. Analyse du contenu d'enseignement en électricité

Le contenu des programmes d'électricité de la classe de 4^e année englobe le concept du courant électrique dans des circuits séries et parallèles, le concept de l'énergie électrique, le concept de tension électrique et le concept de résistance électrique. L'enseignement du concept de courant électrique prend en compte le sens du courant électrique dans un circuit série et parallèle simple. En effet, la détermination de l'intensité de courant électrique demande une mise en interaction de tous les éléments du circuit. Du point de vue expérimental, l'élève doit être amené à déterminer directement la valeur de l'intensité de courant à base d'un instrument de mesure. Ce qui suppose la maîtrise de la notion de calibre d'un Ampèremètre numérique et analogique, additionnée à la connaissance du nombre de division total d'un ampèremètre analogique relativement à la déviation maximale de son aiguille. L'ampèremètre numérique dispose d'un écran à affichage numérique, d'un sélecteur de calibre d'intensité du courant électrique et de deux bornes : une borne portant l'inscription (**COM**) et une autre portant l'inscription (**A**) (confère annexe). Les mêmes indications sont portées sur l'ampèremètre analogique, seul l'écran porte plusieurs divisions et une aiguille à déviation magnétique. Pour mesurer l'intensité de courant, on place le sélecteur du calibre sur la valeur maximale pour ne pas détruire l'appareil au cas où l'intensité de courant serait trop élevée, puis on baisse progressivement la valeur pour observer une déviation maximale de l'aiguille (ampèremètre analogique) ou une valeur numérique (ampèremètre numérique). Il est conseillé de toujours prendre la valeur du calibre qui est immédiatement supérieur à la mesure pour avoir une bonne

précision. Dans les circuits parallèles simples, l'idée est de faire évoluer les représentations des apprenants sur les nœuds, points de rencontre de trois branches au minimum. L'analyse de contenu du programme d'électricité nous met face à ses objectifs.

En effet, le pouvoir institutionnel prescrit qu'en classe de 4^e année, les apprenants doivent maîtriser les notions de base de l'électricité qui les aideront dans la production et dans l'amélioration des biens de consommation et des services ou de leurs cadres de vie. De plus, les notions acquises leur permettront une meilleure évolution dans la suite de leurs études au second cycle et à mieux performer dans leurs différentes filières respectives. Pour les atteindre, il est question pour nous de faire évoluer leurs représentations et d'anticiper sur leurs prévisions face à la détermination de l'intensité de courant électrique dans un circuit série et parallèle. Toutefois, cette tâche passe par une analyse à priori de l'instrument de récolte des données, c'est-à-dire le pré test, le test et le post test.

5.4. Analyse à priori du pré-test

L'analyse à priori du pré-test nous conduit à définir le sens et l'importance de la formulation relative à chaque question afin de la recadrer au besoin car avant tout, la construction du questionnaire repose sur la vérification de l'atteinte des objectifs du programme en électricité notamment la détermination de l'intensité de courant dans les circuits résistifs séries et parallèles simples.

Les questionnaires à choix multiple sont de type qualitative et concernent les activités N°1 ; N°2 et N°3 ; N°4 ; N°5 ; N°6. L'ensemble de ces questionnaires dispose de la modalité « je ne connais pas » afin de ne pas avoir des questions sans réponse lors du dépouillement ou que l'élève se sente dans l'obligation de choisir n'importe quelle réponse (AYINA, 2007). Le QCM tel que présenté est étroitement lié à l'atteinte des objectifs du programme et a pour but dans cette recherche de faire émerger les conceptions des apprenants afin de les faire progresser.

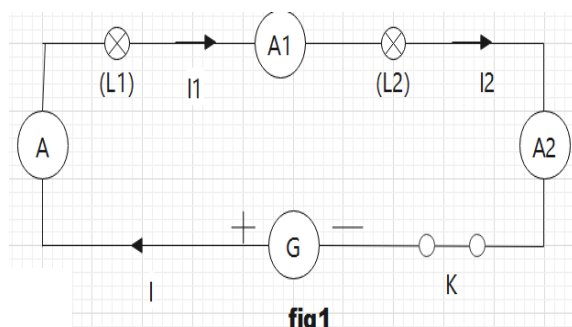
Cette recherche de faire émerger les conceptions des apprenants afin de les faire progresser.

QUESTION N°1

Dans le circuit ci-contre (fig1) :

Mettre une croix devant la réponse juste.

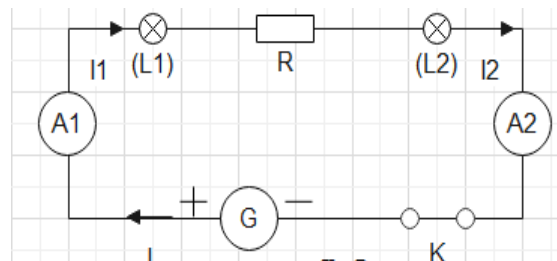
- a) I est plus petit que I1 et I2.
- b) I est plus grand que I1 et I2.
- c) I est égal à I1 et I2.
- d) Je ne sais pas.



Objectif	Réponse attendue	Remarque
Montrer que l'intensité de courant électrique est la même en tout point d'un circuit série	1-c	Cette question mobilise les conceptions circulatoires du courant avec usure au retour et les conceptions à courant constant.

Question N° 2

On intercale entre L1 et L2 une grosse résistance dans le schéma de l'activité N°1 (figure 1). Mettre une croix devant la réponse juste.

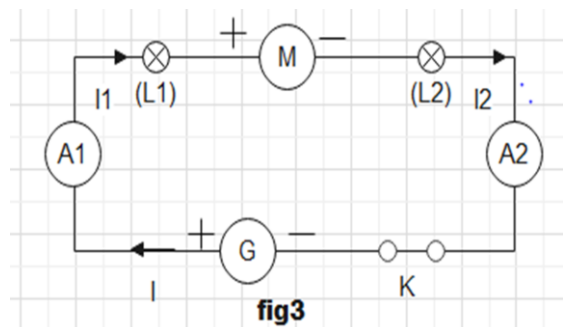


- a) I devient plus petit qu'avant.
- b) Plus grand qu'avant.
- c) Même chose qu'avant.
- d) Je ne sais pas.

Objectif	Réponse attendue	Remarque
Montrer l'effet d'une résistance sur la variabilité de l'intensité de courant dans un circuit	1a	Cette question mobilise les conceptions séquentielles, à courant constant et correcte

Question N°3

On considère toujours l'activité N°1 (figure 1) et on remplace la résistance (R) par un petit moteur tel qu'indique le schéma ci-contre (fig3). Mettre une croix devant la réponse juste.



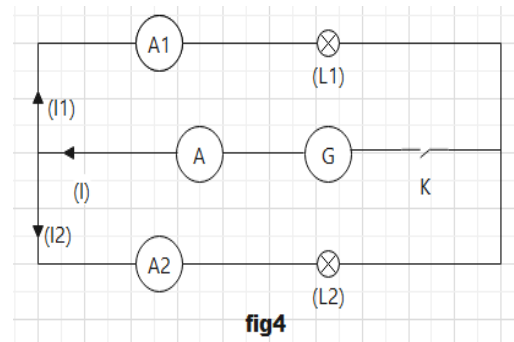
- a) Le moteur continue de tourner.
- b) Le moteur tourne en sens inverse.
- c) Le moteur arrête de tourner.
- d) . Je ne sais pas.

Objectif	Réponse attendue	Remarque
Montrer le sens du courant du courant électrique dans un circuit.	3a	Lorsque la borne positive du moteur est branchée à la borne positive du générateur, le moteur continue de tourner

Question N°4

Dans le circuit ci – contre représenté (fig4). Mettre une croix devant la réponse juste.

- a. I est plus grand que I1 et I2
- a) I est plus petit que I1 et I2.
- b) I est la même chose que I1 et I2.
- c) Je ne sais pas.



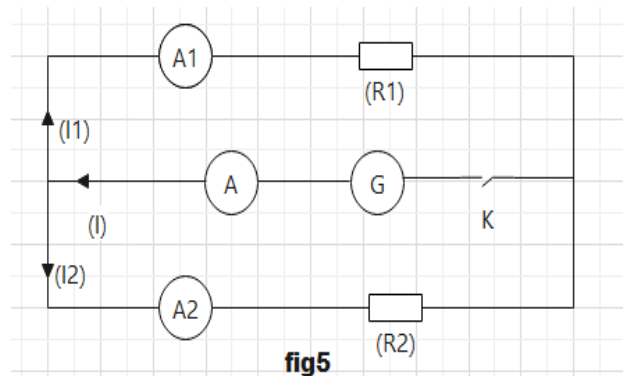
Objectif	Réponse attendue	Remarque
Montrer que la somme des intensités des courants dérivés est égale à l'intensité de courant dans la branche principale.	4a	Application de la loi des Nœuds. Certains apprenants pensent qu'en chaque nœud l'intensité se divise en deux.

Question N°5

On considère le schéma de l'activité 3 et on remplace les lampes L1 et L2 par les résistances R1 et R2 respectivement avec $R1=R2/2$ (fig5).

Mettre la croix devant la réponse juste

- a) I1 est plus grand que I2.
- b) I1 est plus petit que I2
- c) I1 est égale à I2.
- d) Je ne sais pas.



Objectif	Réponse attendue	Remarque
Montrer que la somme des intensités des courants dérivés est égale à l'intensité de courant dans la branche principale.	5a	l'objectif obstacle étant que l'intensité de courant électrique en un nœud doit toujours se diviser par le nombre de branche secondaire.

Activité 6 :

1)- parmi les appareils suivants, lequel permet de mesurer l'intensité de courant ?

- a) Voltmètre b) Wattmètres c) Multimètre d) Ohmmètre) Tachymètre f) Je ne sais pas
 g) Galvanomètre h) Ampèremètre i) je ne sais pas

Objectif	Réponse attendue	Remarque
Identifier les appareils de mesure de l'intensité de courant électrique.	6c: 6g; 6b	L'apprenant doit identifier et appréhender la manipulation des appareils de mesure pour ne pas les détériorer.

Activité N°7

Compléter les phrases suivantes par les mots ou les expressions manquantes.

- a) - Par convention le courant sort du pôle ----- du gratteur pour entrer par son pôle -----
 b) - L'unité de l'intensité de courant est -----
 c)- L'appareil de mesure de l'intensité de courant doit être monté en -----dans le circuit.
 d) -Le courant électrique doit entrer dans l'appareil de mesure de son inten sa borne-----et en sortir par sa borne-----

e) -Dans un circuit série, l'intensité de courant est ----- en tout point du circuit alors que dans un circuit en dérivation, l'intensité de courant dans la branche principale est la ----- de toutes les intensités de courant dans les branches dérivées

.Objectif	Réponse attendue	Remarque
Connaissance générales sur l'intensité et le sens de circulation du courant électrique dans les circuits séries et parallèles.	a) Positif- b) Négatif- Ampèremètre- c) En série- d) Positif- e) Négatif- f) La même- g) La somme	Certain apprenants maîtrisent peu la distribution de l'intensité de courant dans un circuit parallèle

Activité N°8 :

Au cours d'une mesure d'intensité, l'aiguille du multimètre de Leo, dont la déviation maximale est de 100, s'arrête sur la division 50 sous un calibre de 5A.

- a) Quelle est la valeur de l'intensité I ?
- b) Pourquoi faut-il toujours choisir le plus grand calibre pour commencer une mesure ?
- c) Pourquoi faut-il choisir le calibre immédiatement supérieur à la mesure obtenue ?

N°8	Objectifs	Réponse attendue	Remarque
8a	familiariser à la lecture de la valeur d'intensité de courant électrique.	$I = 0,25A$	Bien lire les indications qui caractérisent l'appareil de mesure. (Ampèremètre)
8b	Précaution à prendre avant toute mesure de l'intensité de courant dans un circuit	C'est une précaution qu'il faut prendre pour éviter de détériorer l'Ampèremètre.	
8c	Exactitude de la valeur à relever de l'intensité de courant électrique dans un circuit.	Pour avoir une bonne précision sur les résultats.	

Question N°9 :

Au cours d'une mesure d'intensité au laboratoire de physique, Nama a trouvé les résultats ci-après consignés dans les tableaux.

U(V)	6	6	6	6
R(Ω)	10	20	30	40
I(A)	0,6	0,3	0,2	0,15

Tableau A

U(V)	4,5	6	7,5	9
R(Ω)	40	40	40	40
I(A)	0,12	0,15	1,18	0,23

Tableau B

Aider Fokou à analyser et à interpréter ces résultats des tableaux A et B.

N°9	Objectif	Renonce attendue	Remarque
	L'objectif de cette activité est de développer les capacités des apprenants en activité d'interprétation des résultats d'une expérience	La réponse attendue de l'élève au tableau A est que plus grande est la valeur de la résistance, moins importante est l'intensité de courant. la bonne réponse au tableau B est que plus grande est la valeur de la tension plus grande est aussi l'intensité de courant électrique aux bornes d'un récepteur,	. Le tableau (A) montre une tension constante alors que la résistance et l'intensité de courant varient

5.5. Analyse à priori du post test

Nous rappelons que le post-test constitue une deuxième tentative pour voir si la DI déployée au cours de l'expérimentation a eu un impact positif sur la compréhension des apprenants au sujet de la détermination de l'intensité du courant. Le questionnaire proposé est semblable au prétest et lui est identique à 90%. C'est un test qui évalue l'élève sur ses connaissances générales en électricité, plus particulièrement dans la détermination de l'intensité du courant électrique dans les circuits séries et parallèles. En effet le post test comprend un enchaînement de neuf questions qui obéissent à des objectifs bien précis, se déclinant en émissions d'hypothèses, en habiletés de réalisation d'une expérience-test et en interprétation des résultats puisqu' à ce stade, nous avons déjà suffisamment aidé l'apprenant sur le plan

didactique à faire évoluer ses conceptions et à anticiper les résultats de ses prévisions. Autrement dit, partant des conceptions émises lors du pré-test par nos apprenants, nous nous sommes attardés sur le raisonnement systémique qui prend en compte tous les éléments du circuit électrique montés en aval du générateur dans le cadre de la détermination du courant électrique qui traverse ce dernier. Nous avons montré comment cela marche à partir d'un questionnaire majoritairement dominé par les questions qualitatives (question N°1 : question N°2 ; question N°3 question N°4 ; question N°5 ; question N°6). Ces questions identifient les capacités de l'apprenant sur l'émission d'hypothèses, l'expérience-test et l'interprétation des résultats. Le post test que nous allons soumettre aux apprenants est un test de connaissance d'une durée d'une heure. Dans cette phase, les circuits électriques sont les mêmes qu'au pré-test ainsi que la nature des questions. (Annexe n°2).

N°	Questions	Objectifs	Réponses attendues
1	Mettre une croix sur la bonne réponse I1 est plus petit que I et I2. I1 est plus grand que I et I2. I1 est égal à I et I2. Je ne sais pas.	Cette question a un objectif obstacle qui est l'usure du courant électrique à la traversée des lampes (L1) et (L2)	(c)
2	Mettre une croix sur la bonne réponse a) I2 devient plus petit qu'avant. b) Plus grand qu'avant. c) Même chose qu'avant. d) Je ne sais pas.	L'objectif de cette question est de montrer le rôle de la résistance dans un circuit.	(a)
3	Mettre une croix sur la bonne réponse a) Le moteur continue de tourner. b) Le moteur tourne en sens inverse. c) Le moteur arrête de tourner. d) Je ne sais pas	Montrer le sens du courant dans un circuit dans un circuit.	(a)
4	Mettre une croix sur la bonne réponse a) I1 est plus grand que I et I2. b) I1 est plus petit que I et I2. c) I1 est la même chose que I et I2. d) Je ne sais pas.	Montrer qu'en un nœud, la somme des intensités des courants électriques dans les branches secondaires est égale à l'intensité du courant électrique dans la branche principale.	Il n'y a aucune bonne réponse

5	<p>Mettre une croix sur la bonne réponse</p> <p>a) I_2 est plus grand que I_1. b) I_1 est plus petit que I_2 c) I_1 est égale à I_2. d) Je ne sais pas</p>	<p>Montrer le rôle de la résistance dans un circuit parallèle. Montrer qu'en un nœud, le courant électrique ne se divise pas forcément par deux.</p>	Aucune bonne réponse
6	<p>a) Ampèremètre. b) Tachymètre c) Voltmètre. d) wattmètre e) Multimètre f) Galvanomètre g) ne sais pas</p> <p>Compléter les phrases suivantes par les mots ou les expressions manquantes.</p> <p>a) - Par convention le courant sort du pôle ----- du gratteur pour entrer par son pôle -----</p> <p>b) - L'unité de l'intensité de courant est -----</p> <p>c)- L'appareil de mesure de l'intensité de courant doit être monté en ----- -----dans le circuit.</p> <p>d)_ Le courant électrique doit entrer dans l'appareil de mesure de son intensité par sa borne ----- ----- et en sortir par sa borne ----- -----</p> <p>e) -Dans un circuit série, l'intensité de courant est ----- en tout point du circuit alors que dans un circuit en dérivation, l'intensité de courant dans la branche principale est la ----- de toutes les intensités de courant dans les branches dérivées</p>	<p>Développer la capacité dans l'usage des instruments de mesure.</p> <p>Montrer le sens du parcours du courant à l'extérieur du générateur. Montrer l'appareil de mesure du courant électrique. Montrer comment est branché l'appareil de mesure. Montrer les caractéristiques du courant électrique dans un circuit série et dans un circuit parallèle.</p>	(a) et (d)
8	<p>Au cours d'une mesure d'intensité, l'aiguille du multimètre de Leo, dont la déviation maximale est de 100, s'arrête sur la division 50 sous un calibre de 5A.</p>	<p>Montrer comment utiliser un Ampèremètre à déviation magnétique pour mesurer l'intensité du courant électrique.</p>	I= 0 ,25A

	a) Quelle est la valeur de l'intensité I ?						
9	U(V)	6	6	6	6	Montrer que plus la résistance est grande, moins importante est l'intensité de courant électrique Montrer que plus la tension est grande, plus grande est l'intensité de courant électrique.	Plus grand est la résistance, moins grande est l'intensité du courant électrique. Plus grand est la tension, plus important est le courant électrique
	R(Ω)	10	20	30	40		
	I(A)	0,6	0,3	0,2	0,15		
	Tableau A						
	U(V)	4,5	6	7,5	9		
	R(Ω)	40	40	40	40		
	I(A)	0,12	0,15	1,18	0,23		
	Tableau B						
	Aider Fokou à Interpréter ces résultats						

5.6. Analyse du test

Le test vient à la suite de l'administration du pré test et du dépouillement des résultats. C'est un mode de transposition didactique essentiellement basé sur une démarche d'investigation. Au moment où la DI se déroule dans le groupe expérimental, le groupe témoin suit parallèlement le même cours à travers un enseignement habituel. Le facteur de l'expérimentation-test occupe une place de choix dans notre démarche. Il repose sur l'expérience-test. C'est pourquoi, afin de provoquer un changement de conception et promouvoir une conception systémique dans la construction du concept du courant électrique par les apprenants relativement aux circuits séries et parallèles, nous tenterons de mettre en œuvre les étapes de la DI avec un point d'encrage sur l'expérimental. Ainsi notre séquence revisite cinq (5) étapes de la DI dont il est important d'examiner le contenu de chacun.

5.6.1. Situation-problème

« Avant tout il faut savoir poser le problème - - - Dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes --- Pour un esprit scientifique toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas de question, il ne peut avoir de connaissances scientifiques. Rien ne va de soi. Rien n'est donné ». Tout est construit. (Bachelard, 1938)

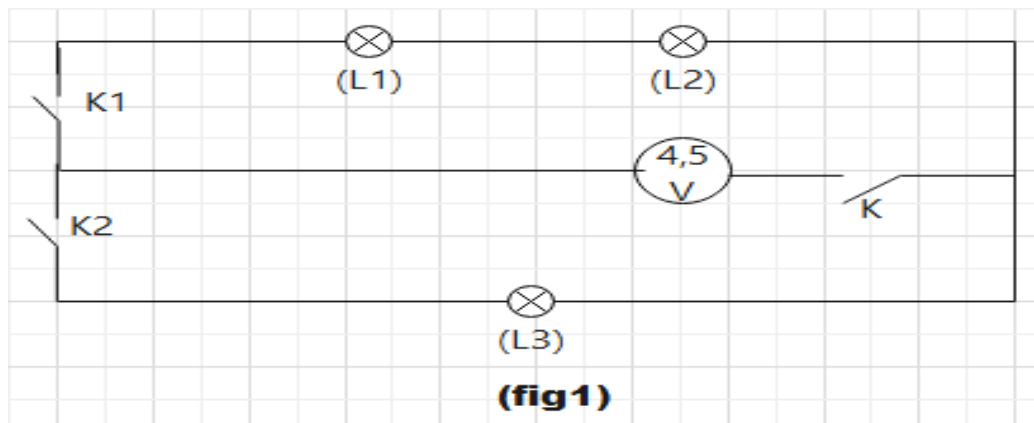
Ainsi, la situation- problème élaborée dans le cadre de cette recherche et qu'il faille rappeler, déclenche les conceptions de l'élève sur la notion d'intensité de courant électrique qui alimente les lampes et l'incite à émettre des hypothèses pour solutionner le problème d'abord dans les cas A et en suite dans le B.

Enoncé de la situation-problème :

MEDOU, petit éleveur du village a une caisse à deux compartiments inégaux en bois pour réchauffer ses poussins. Il décide de l'électrifier à base d'un matériel de récupération constitué de : Deux piles plates de 6volt et 4volt ; des fils souples ; 3interrupteurs et 2 lot de lampes. LotN°1 : 1 lampe de (3V ; 0,5mA) et 1 lampe de (6V ; 0,5A). Lot N°2 : 1 lampe de (1,5V ;0,05A) et 1 lampe de (4,5V ; 100 mA). Il réalise le montage ci-contre et se précipite de le tester (Fig1). Mais il est surpris de constater que :

- A- Quand ; K et k1 sont fermés, L1 et L2 sont montées en série. L1 et L2 s'allument, mais la lumière de L2 est moins intense que celle de L1.
- B- Quand K ; K1 et K2 sont fermés, L1 et L2 sont parallèles à L3. Toutes les lampes s'allument, mais brillent faiblement.

Devant cette situation, MEDOU s'étonne et vous supplie de l'aider à comprendre le cas A et le cas B.



Pour se faire, l'élève est motivé dans sa réflexion par une série de schémas qui décrivent la situation dans son contexte (voir annexe 6). L'idée de cette situation problème repose sur deux obstacles ; la conception de la circulation avec épuisement du courant et la conception du générateur (pile) à courant constant. Une lampe qui fonctionne normalement, branchée dans un circuit a un flux lumineux proportionnel à sa tension nominale et l'intensité de courant qui le traverse. Ainsi au cours des tests des différentes hypothèses retenues, on va se rendre compte que les résultats des essais ne sont pas les mêmes. On aura des cas où pour deux lampes en série, l'une des lampes brille plus fort que l'autre, le cas où toutes les deux lampes brillent faiblement : brillent moins (sous-intensité) ; le cas où toutes les lampes brillent normalement ; le cas où les deux lampes brillent plus fort (surintensité) et des cas où des lampes montées en

parallèle obéissent aussi à ces observations. Le fait est que les résultats des groupes peuvent être identiques ou non.

5.6.2. Reformulation et émission d'hypothèses

Reformuler un problème, c'est le relire plusieurs fois en tentant d'orienter la question pour qu'elle impacte la compréhension des apprenants. Autrement dit c'est trouver des mots et expressions suffisamment nécessaires pour que chaque élève s'approprie du problème.

Dans le cadre de cette situation problème, la reformulation passe par l'insistance de l'enseignant sur le questionnement de la somme des tensions en aval de la pile. Faut-il changer la pile ? Faut-il changer l'une des lampes ? Ou faut-il changer les deux lampes pour avoir un éclairage normal selon que le circuit est série ou parallèle.

Il est important de rappeler que pour qu'une lampe brille normalement, il faut que la **somme des tensions nominales des récepteurs soit égale à celle de la pile branchée à ses bornes lorsque le circuit est de type série**. Dans le cas d'un circuit parallèle, **la tension dans chaque branche dérivée est équivalente à la tension dans la branche principale** (branche qui contient la pile). **La pile ne délivre pas un courant électrique constant**, seule la valeur de la charge résistive détermine globalement l'intensité d courant électrique dans un circuit simple. La reformulation du problème a conduit les élèves à émettre quelques conceptions en guise d'hypothèses qu'il faille rappeler.

10% de l'échantillon attribue le mauvais fonctionnement des lampes à un **court-circuit**. Cette idée est très vite balayée par l'enseignant qui précise que le court-circuit ne permet pas au circuit de fonctionner.

30% des élèves disent que les lampes ne s'allument pas bien à cause de la surcharge des lampes dans le cas A et dans le cas B et pensent qu'il faut diminuer le nombre de lampe dans le circuit. Les détenteurs de cette conception retrouvent ceux qui pensent à la surcharge.

15% des élèves disent que la pile est faible, c'est pourquoi les lampes ne brillent pas bien.

25% des élèves disent que dans le cas A et dans le cas B, il y a de grosses lampes qui mangent le courant électrique lorsqu'il les rencontre.

20% de l'échantillon prédise que les lampes ont été mal sélectionnées par MEDOU.

Au-delà des conceptions majoritairement mobilisées par cette situation problème avec laquelle nous tenterons de faire évoluer les conceptions au cours de la séquence d'enseignement

à savoir « **le raisonnement circulatoire avec épuisement du courant** » (Tiberghien et Delacote, 1976 ; Benhamida, 1980 ; Osborne, 1981 ; Closset, 1983). La plupart des détenteurs de cette conception pense que « le courant débité par la pile s'épuise au fur et à mesure qu'il parcourt les lampes. C'est pourquoi la lampe brille moins que l'autre ». L'apprenant attarde son attention sur la lampe qui brille plus et déclare qu'elle a tout mangé le courant avant qu'il n'arrive sur celle qui brille moins. **Le raisonnement à « courant constant** » l'apprenant pense que la pile produit un courant constant qui s'épuise au fur et à mesure que le temps s'écoule. C'est pourquoi les lampes brillent plutôt faiblement.

Le raisonnement logique est qu'il faut **bien choisir les lampes, les piles et le circuit** pour que ces derniers brillent normalement. A la suite de la reformulation et de l'émission d'hypothèses, un débat est ouvert sur le choix de l'instrument de mesure de l'intensité de courant. Ce débat vise l'appropriation de l'outil-test qui est l'Ampèremètre en vue de favoriser la prise des mesures d'intensité de courant.

5.6.3. Débat sur le choix de l'instrument de mesure.

Cette phase qui précède l'expérience – test est d'une importance cruciale dans la prise des mesures d'intensité du courant électrique dans un circuit électrique. Le débat tient sur les questions suivantes : avec quel instrument mesure-t-on l'intensité de courant ? Quel calibre faut-il choisir pour mesurer l'intensité de courant ? Pourquoi faut-il choisir le calibre immédiatement supérieur à la mesure obtenue ? Au débat mené jusqu'à saturation par les apprenants, l'enseignant intervient pour apporter des clarifications. En effet, la mesure d'intensité de courant se fait à l'aide **de l'Ampèremètre**. Le calibre d'une mesure étant **la valeur maximale** de l'appareil à laquelle la mesure peut être prise sans **que cet appareil se détériore**. On doit brancher l'ampèremètre en série dans le circuit et positionner le sélecteur de calibre sur la valeur maximale. Réduire progressivement cette valeur pour observer la déviation maximale de l'aiguille du cadran pour ce qui est de l'ampèremètre analogique. Quant à l'ampèremètre numérique, l'une des mesures à choisir sur la bande de calibrage est l'unité de mesure, ses multiples et ses sous-multiples. Le calibre doit être immédiatement supérieur à la mesure afin d'avoir une bonne précision sur le résultat.

5.6.4. Expérience –test des hypothèses

Au cours d'une transposition didactique basée sur la DI, l'expérience-test demeure essentielle dans le processus de modélisation du concept d'intensité de courant. Ainsi pour bien gérer cette phase et mieux aider l'apprenant à construire ses propres connaissances, nous les

avons organisés en groupes de trois élèves par poste et nous leurs avons distribué le matériel pour expérimentation-test. Le protocole des différents tests est cosigné dans le document élève (Annexe 6). La première étape concerne le circuit simple et le travail consiste à vérifier si l'intensité de courant n'est pas partout la même après chaque récepteur (lampe) traversé par ce dernier. Par la suite, l'activité se poursuit avec deux lampes dans une disposition série avec le générateur. Nous progressons pour terminer des montages en mettant les lampes dans une disposition parallèle avec la pile. L'enseignant guide la prise des mesures dans la branche principale ainsi que dans les branches secondaires. Nous supposons que les conceptions des apprenants ont déjà évolués après l'activité menée sur les circuits simple et série. L'idée principale est d'appesantir l'attention des élèves sur le nœud et le comportement qu'il induit dans la distribution du courant.

5.6.5. Productions des élèves et commentaires

Groupes	Montages	Lampes utilisées	I(A) mesurées	Brillance des lampes	Commentaires
A	Série	(3 V ;500 mA) (1,5 V ;0,5 A)	$I = 0,5$	L1 et L2 brillent normalement	La tension délivrée par la pile est égale à la somme des tensions aux bornes des deux lampes.
	Parallèle	(3 V ;500 mA) (1,5 V ;0,5 A)	$I_1 = 0,75$ $I_2 = 1,5$ $I = 2,25$	L1 brille normalement et L2 brille très fortement	La tension de la pile est égale à celle chacune des branche
B	Série	(3 V ; 500 mA) (1,5 V ; 0,5 A)	$I = 0,5$	L1 et L2 brillent normalement	dans un circuit série, la position des éléments ne compte pas
	Parallèle	(3 V ;500 mA) (1,5 V ;0,5 A)	$I_1 = 1,18$ $I_2 = 1,18$ $I = 2,36$	L1 et L2 brillent fortement.et anormalement	intensité de courant dans les est supérieur dans les deux branches sont supérieurs à
C	Série	(3 V ; 500 A) (3 V ; 0,5 A)	$0,37$	L1 et L2 brillent un peu faiblement	La somme des tensions des deux lampes est légèrement supérieure à celle de la pile.
	Parallèle	(6 V ;0,5 A) (4,5 V ;0,5 A)	$I_1 = 0,37$ $I_2 = 0,5$ $I = 0,21$	L2 brille normalement et L1 brille faiblement.	Seule la tension de la lampe L2 correspond à celle de la pile. Celle de L1 est supérieure à 4,5V .

D	Série	(3 V ; 0,5 A) (4,5 V ; 100 mA)	0,08	L1 et L2 brillent faiblement	La tension des lampes est supérieure à celle de la pile.
	Parallèle	(3 V ; 500 mA) (4,5 V ; 100 mA)	$I_1 = 0,75$ $I_2 = 0,1$ $I = 0,84$	L1 et L2 brillent normalement.	La tension de la lampe L1 est légèrement inférieure à celle de la pile. Ce qui n'affecte pas son fonctionnement normal.
E	Série	(4,5 V ; 100 mA) (4,5 V ; 100 mA)	0,05	L1 et L2 brillent faiblement	La tension des lampes est supérieure à celle de la pile
	Parallèle	(6 V ; 0,5 A) (3 V ; 5 mA)	$I_1 = 0,375$ $I_2 = 0,75$ $I = 1,125$	L1 brille faiblement et L2 brille normalement.	La tension des lampes est identique à celle de la pile.
F	Série	(6 V ; 0,5 A) (6 V ; 0,5 A)	0,18	L1 et L2 brillent très faiblement	La somme des tensions des lampes est très supérieure à celle de la pile
	Parallèle	(4,5 V ; 100 mA) (4,5 V ; 100 mA)	$I_1 = 0,1$ $I_2 = 0,1$ $I = 0,2$	L1 et L2 brillent Normalement	La tension des lampes est identique à celle de la pile

➤ **Circuit série (cas A)**

Au regard de la production des élèves, nous constatons que tel que prévus par les caractéristiques des variables didactiques que sont les lampes L1 et L2, les résultats obtenus par leurs différents tests sont différents. Ce qui nous conforte bien dans la suite de la construction de leur savoir sur le concept. En effet, le test de l'intensité de courant dans le circuit série montre que le groupe A et le groupe B ont utilisé des lampes ayant des caractéristiques correctes. Les autres groupes sont tombés dans le cas de MEDOU, globalement pour les uns et partiellement pour les autres. On note les cas où les deux lampes brillent faiblement (groupe C ; groupe D ; groupe E ; groupe F), le travail des élèves ne montre aucun cas où une lampe brille anormalement et l'autre normalement.

➤ **Circuit parallèle (cas B)**

L'analyse de la mesure d'intensité de courant dans les montages parallèles indique que les groupes B ; D et F ont utilisé les lampes ayant des caractéristiques (intensité - tension)

correctes. Les lampes L1 et L2 utilisées par ces deux groupes brillent normalement. C'est bien ce cas qui peut aider MEDOU à comprendre pourquoi ses lampes ne brillaient pas bien dans le cas B. A côté de ce cas, il y a le cas où les lampes L1 et L2 brillent faiblement (groupe E), le cas où les deux lampes brillent fortement n'est pas repéré dans cette production. Les groupes A et C ont pris des mesures d'intensités sur des lampes dont l'une brillait normalement et l'autre anormalement. Cette variabilité des résultats a pour finalité de faire progresser les conceptions au moment de la mise en commun, l'interprétation des résultats et l'institutionnalisation.

5.6.5. Mise en commun, interprétation et structuration de la connaissance

La mise en commun des résultats des différentes mesures vient boucler toute manipulations - test. Elle est suivie de l'interprétation des résultats de chaque groupe par les apprenants concernés guidés par l'enseignant et de l'institutionnalisation de la connaissance sur la notion d'intensité de courant électrique.

En effet, le chef de chaque groupe présente aux autres les lampes que son groupe a utilisées ainsi que le voltage de la pile utilisé avant de donner les résultats obtenus. Ceci tient sur ce que les résultats ne seront pas forcément identiques car chaque groupe fait librement le choix des lampes avec lesquelles il opère ses mesures. Après le passage de tous les groupes sur la mesure d'intensité de courant électrique dans un circuit série, tous les participants sont d'accord sur trois points qui structurent l'interprétation et la compréhension de leurs résultats :

- **Dans un circuit série comprenant une lampe et un générateur, l'intensité du courant électrique est identique en tout point du circuit.**
- **Lorsqu'on augmente le nombre de lampe dans un circuit série, l'intensité du courant électrique diminue.**
- **Lorsqu'on change la tension de la pile, l'intensité de courant électrique change aussi. Ainsi, plus grand est la tension, plus grand est aussi l'intensité du courant électrique dans le circuit.**

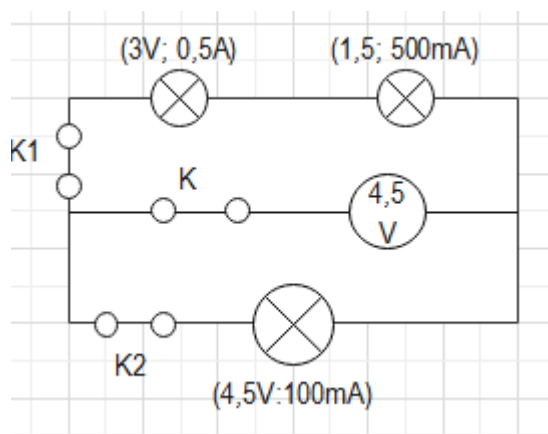
Après le passage des différents groupes pour présenter leurs résultats sur les montages en parallèle, tous sont unanimes sur trois points qui structurent leurs interprétations, tout comme dans le circuit série.

- Lorsque deux lampes sont montées en parallèle à une pile, l'intensité de courant électrique dans la branche principale est égale à la somme des intensités dans les branches secondaires.

- Lorsqu'on change la pile, l'intensité de courant électrique change aussi dans toutes les branches.
- Lorsqu'on change la lampe dans une branche, l'intensité de courant électrique change aussi dans toutes les branches du circuit.

Nous pouvons retenir deux règles en terme d'institutionnalisation relativement aux montages série et parallèle. **Deux lois gouvernent l'univers du courant dans le cadre de la théorie des circuits simples. Il s'agit notamment de la loi des nœuds et de la loi d'unicité de l'intensité de courant dans un circuit série.** La loi des nœuds stipule que « **la somme des intensités de courant entrant au nœud est égale à la somme des intensités de courant électrique sortant de ce nœud** ». Quant au circuit série, la loi d'unicité d'intensité de courant électrique dit que « **dans un circuit série, l'intensité de courant électrique est égale en tout point du circuit.** »

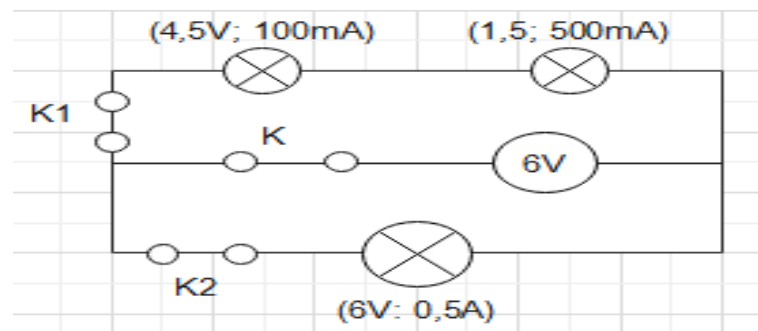
Ainsi MEDOU aurait pu réaliser le montage suivant (fig A) pour voir les lampes s'allumer normalement. Ce qui recoupe le problème dans les cas A et B.



figA : Montage correct avec la pile de 4,5V

3.6.6 Opérationnalisation de la connaissance.

A la suite de l'institutionnalisation, la même situation de départ a été remise aux élèves pour voir s'ils ont compris comment ça marche. Dans la situation-problème la pile de 4,5 volts a été remplacée par celle de 6volts. En dix (10) minutes de travail, les groupes A ; B ; C ; D et F ont pu réaliser le montage correct et mesurer les intensités de courant (fig B). Ce qui fait une atteinte des objectifs à 83,3%, preuve d'un apprentissage.



FigB : Montage correct avec I= 1,71A ; I1=0,46A ; I2= 1,25A

6. Analyse des données recueillies.

Cette étape de notre travail nous présente les différentes techniques par lesquelles nous analyserons les résultats de notre recherche. Le logiciel favori pour notre étude sera le logiciel SPSS. C'est un logiciel disposant d'une commande qui permet de comparer deux moyennes retenues respectivement dans le groupe témoin et dans le groupe test. Grâce au test de Student, nous allons vérifier l'égalité de deux moyennes d'une variable quantitative observée dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental afin de justifier si oui ou non il en ressort une différence appréciable entre ces derniers.

Technique de dépouillement et d'analyse des données

Le dépouillement est un examen de compte qui fait suite à une vérification de toutes les questions relatives à chaque instrument de récolte des données sur le terrain. Nous l'avons effectué à plusieurs reprises et manuellement. Nous avons utilisé le « test t » dont la formule utilisée par le logiciel pour le calcul de « t » est :

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

- t** = désigne le test t
- X₁** = moyenne du groupe expérimental.
- X₂** = moyenne du groupe témoin.
- S₂** = variance du groupe témoin.
- S₁** = variance du groupe expérimental.
- N₂** = effectif du groupe témoin
- N₁** = effectif du groupe expérimental

La valeur de T test nous permettra de vérifier si oui ou non l'expérimentation a généré une différence importante entre la moyenne du groupe témoin et celle du groupe expérimental. Le logiciel PSS fixe la marge d'erreur à 5%, soit une confiance de 95% pour $\alpha = 0,05$. Ainsi Pour tester les hypothèses, nous tenterons de valider les hypothèses ci-après :

1. Formulation de l'hypothèse nulle (H_0) et de l'hypothèse alternative (H_a)
2. Détermination de la marge d'erreur à 5%, soit une confiance à 95% pour $\alpha = 0,05$.
3. Lecture de la valeur de « t calculé » par le logiciel
4. Lecture de la valeur critique ddl calculée par le logiciel : $ddl = (N_e - N_t) - 2$
5. Lecture de la valeur de « t lu » dans le tableau de Student en (Annexe)
6. Règle de décision : si « t calculé » est plus grand que « t lu », l'hypothèse (H_0) est rejetée et l'hypothèse (H_a) est retenue. Si par contre « t lu » est plus petit que « t calculé », l'hypothèse (H_0) est retenue et l'hypothèse (H_a) est rejetée.

On rappelle que la valeur de « t lu » correspond à l'intersection entre les valeurs de ddl et de α sur la table de la loi de Student. C'est une valeur constante car ddl et α sont des données constantes

7. Conclusion.

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES RES SULTATS

1. Présentation descriptive des donnés

Dans le cadre de notre recherche, nous avons travaillé avec vingt (20) élèves du groupe expérimental et vingt (20) élèves du groupe témoin.

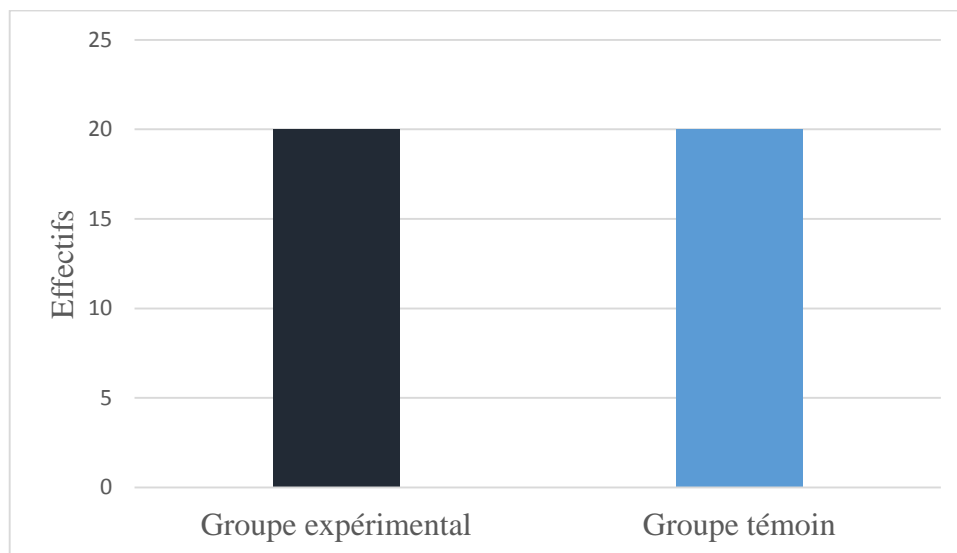
1.1. Distribution des élèves selon le groupe

Tableau 9 : Distribution des élèves selon le groupe

Groupes	Effectifs	Pourcentages (%)	Pourcentage cumulé (%)
Croupe expérimental	20	50	50
Groupe témoin	20	50	100
Total	40	100	

Répartition des élèves en fonction des groupes

Graphique 1 : Répartition des élèves en fonction des groupes



Comme nous pouvons l'observer, ce schéma traduit un certain équilibre sur le plan des effectifs étant donné qu'on a le même nombre d'élève dans chaque groupe à savoir vingt (20) élèves dans le groupe expérimental et vingt (20) élèves dans le groupe témoin

1.2. Distribution des élèves selon leur sexe.

Tableau 10 : Distribution des élèves selon leur sexe

Groupe	Effectifs		Pourcentage (%)		Pourcentage cumulé	
	GE	GT	GE	GT	GE	GT
Garçons	15	15	75	75	75	75
Filles	5	5	25	25	100	100
Total	20	20	100	100		

Nous notons ici que les filles sont faiblement représentées dans l'enseignement technique, notamment dans les filières industrielles. Elle représente globalement 25% contre 75% de garçon dans le cadre de notre échantillon

2. Analyse des données issues du pré -test

2.1. Récapitulatif des performances du groupe témoin au pré test

	Questions	Objectifs	Nombres de réponse juste	Pourcentages
Activité d'émission d'hypothèse				
1	2-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit série.	0	35%
2	2-1	Rôle de R(Ohm) dans un circuit électrique.	0	
3	3-1	Le sens du courant électrique dans un circuit.	07	
4 et 5	4-1 ; 5-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit parallèle où R varie.	0	
Activité d'expérience				
6 ; 7 et 8	6-1 ; 7-1 ; 8-1	Connaissance de l'appareil de mesure Connaissance sur la prise des mesures d'intensité.	06	30%
Activité d'interprétation du résultat d'une expérience				
9	9-1	Interprétation des mesures de I(A) lorsque U(volt) ou R(Ohm) varie.	04	20%

2.2. Récapitulatif des performances du groupe expérimental au pré-test

Activités	Questions	Objectifs	Nombres de réponse juste	Pourcentages
Activité d'émission d'hypothèse				
1	2-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit série.	02	30%
2	2-1	Rôle de R(Ohm) dans un circuit électrique.	01	
3	3-1	Le sens du courant électrique dans un circuit.	06	
4 et 5	4-1 ; 5-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit parallèle où R varie.	03	
Activité d'expérience				
6 ; 7 et 8	6-1 ; 7-1 ; 8-1	Connaissance de l'appareil de mesure Connaissance sur la prise des mesures d'intensité.	05	25%
Activité d'interprétation du résultat d'une expérience				
9	9-1	Interprétation des mesures de I(A) lorsque U(volt) ou R(Ohm) varie.	03	15%

Tableau 11 : Distribution des performances en émission d'hypothèse, en activité d'expérience et en activité d'interprétation.

Items	Moyenne	
	Classe expérimentale	Classe témoin
Emission d'hypothèse /6	6,65	2,775
Activité d'expérimentation/8	2,9	2,652
Activité d'interprétation/6	2,6	3,05

Les données consignées dans ce tableau montrent de façon globale qu'il existe de légères différences en termes de moyennes dans les deux classes. Toutefois, ces différences (dont on ne saurait dire pour le moment si elles sont significatives ou pas) demeurent faibles, ce qui laisse transparaître une certaine homogénéité entre ces deux groupes.

3. Présentation des données issus du post test

Cette présentation se fera selon l'ordre des thèmes et les notes des deux groupes seront mises en parallèle

3.1. Récapitulatif des performances du groupe témoin au posttest

	Questions	Objectifs	Nombres de réponse juste	Pourcentages
Activité d'émission d'hypothèse				
1	2-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit série.	14	60%
2	2-1	Rôle de R(Ohm) dans un circuit électrique.	08	
3	3-1	Le sens du courant électrique dans un circuit.	16	
4 et 5	4-1 ; 5-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit parallèle où R varie.	10	
Activité d'expérience				
6 ; 7 et 8	6-1 ; 7-1 ; 8-1	Connaissance de l'appareil de mesure Connaissance sur la prise des mesures d'intensité.	08	40%
Activité d'interprétation du résultat d'une expérience				
9	9-1	Interprétation des mesures de I(A) lorsque U(volt) ou R(Ohm) varie.	13	65%

3.2. Récapitulatif des performances du groupe expérimental au post test

	Questions	Objectifs	Nombres de réponse juste	Pourcentages
Activité d'émission d'hypothèse				
1	2-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit série.	18	90%
2	2-1	Rôle de R(Ohm) dans un circuit électrique.	16	
3	3-1	Le sens du courant électrique dans un circuit.	20	
4 et 5	4-1 ; 5-1	Caractéristique de I(A) dans un circuit parallèle où R varie.	18	
Activité d'expérience				
6 ; 7 et 8	6-1 ; 7-1 ; 8-1	Connaissance de l'appareil de mesure Connaissance sur la prise des mesures d'intensité.	17	85%
Activité d'interprétation du résultat d'une expérience				
9	9-1	Interprétation des mesures de I(A) lorsque U (volt) ou R(Ohm) varie.	19	95%

4. Développement des capacités en émission d'hypothèses.

Tableau 12 : Distribution des résultats au post test

Note/6	Groupe expérimental	Groupe témoin
[0 - 1,5[	0	0
[1,5 - 3[	0	2
[3 - 4,5[	8	11
[4,5 - 6[	12	7
Total	20	20

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel Excel

Les résultats du tableau ci-dessus montrent que la totalité des élèves du groupe expérimental (20 élèves sur 20) ont une note supérieure à 3/6, ce qui représente en termes de pourcentage un taux de 100%. En ce qui concerne le groupe témoin, on observe que sur 20 élèves, 13 ont une note supérieure ou égale à 3/6 tandis que 7 ont une note inférieure à 3/6, soit respectivement 65% et 35% d'apprenants.

5. Développement des capacités sur l'activité d'expérimentation

Tableau 13 : Distribution des résultats du Post test

Note/8	Groupe expérimental	Groupe témoin
[0 - 2[	0	0
[2 - 4[	1	18
[4 - 6[	12	2
[6 - 8[	07	0
Total	20	20

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel Excel

D'après cette distribution, sur les 20 élèves que compte le groupe expérimental, 19 ont une note supérieure ou égale à 4/8, soit 95% de l'effectif total. Quant au groupe témoin, on observe que contrairement à ce que laissait présager le groupe expérimental, seuls deux apprenants sur 20 ont une note supérieure ou égale à 4/8, soit 10% de l'effectif total.

6. Développement des capacités sur l'activité d'interprétation des résultats

Tableau 14 : Distribution des résultats du Post test

Note/6	Groupe expérimental	Groupe témoin
[0 - 1,5[	0	0
[1,5 - 3[	0	7
[3 - 4,5[	7	13
[4,5 -6[	13	0
Total	20	20

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel Excel

Les résultats du tableau ci-dessus montrent que la totalité des élèves du groupe expérimental (20 élèves sur 20) ont une note supérieure à 3/6, ce qui représente en termes de pourcentage un taux de 100%. En ce qui concerne le groupe témoin, on observe que sur 20 élèves, 13 ont une note supérieure ou égale à 3/6 tandis que 7 ont une note inférieure à 3/6, soit respectivement 65% et 35% d'apprenants.

7. Variabilité des performances générales des élèves en construction de leurs savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique

Il nous revient d'examiner les caractéristiques spécifiques à chaque apprenant telles que son appartenance au groupe ainsi que son sexe en lien avec la note finale relativement aux différents items et voir si ces éléments impactent sa performance générale. Pour y parvenir, nous allons utiliser le test de Student pour comparer les moyennes. En effet, le test de Student est utilisé pour comparer la moyenne de deux échantillons indépendants lorsque la taille de chacun est inférieure à trente (30) avec une limite de confiance (seuil de signification) de 5% (0,05)

8. Variabilité du niveau de développement des performances générales en fonction du groupe

Supposons l'hypothèse nulle H_0 : les performances générales au pot test ne varient pas en fonction du groupe d'appartenance de l'élève ; l'hypothèse alternative H_1 : les performances générales au post test varient en fonction du groupe d'appartenance de l'élève.

Tableau 15 : Variabilité du niveau de développement des performances générales en fonction du groupe

Statistiques de groupe					
	Groupe	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Note	GE	20	14,000	1,7622	,3940
	GT	20	9,450	1,5803	,3534

Test d'échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes					Intervalle de confiance 95% de la différence	
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Inférieure	Supérieure
Note	Hypothèse de variances égales	,023	,880	8,597	38	,000	4,5500	,5293	3,4785	5,6215
	Hypothèse de variances inégales			8,597	37,558	,000	4,5500	,5293	3,4781	5,6219

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel SPSS

Les résultats consignés dans ce tableau montrent que la note moyenne des élèves du groupe expérimental s'élève à 9,45/20 tandis que celle des élèves du groupe témoin s'élève à 14/20. Cette différence de moyennes entre les deux groupes est-elle statistiquement significative ? Afin de répondre à cette question, il faut se focaliser sur les résultats du test-t pour égalité de moyennes. Ces derniers résultats indiquent une probabilité critique (sig bilatérale) de 0,000, ce qui nous permet de rejeter l'hypothèse nulle d'égalité de moyennes entre les groupes expérimental et témoin. **On peut donc conclure que la performance générale des élèves varie en fonction de leur groupe d'appartenance (expérimental ou témoin).**

9. Variabilité des performances générales en fonction du sexe de l'élève

En suivant la même logique que dans le cas précédent, supposons l'Hypothèse nulle **H0** : les performances générales des élèves au post test ne dépendent pas de leur sexe ; l'Hypothèse alternative **H1** : les performances générales au post test des élèves dépendent de leur sexe.

Tableau 16 : T-test de variabilité du niveau de développement des performances générales en fonction du sexe

Statistiques de groupe

	Sexe	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
Note	M	30	11,367	2,8555	,5213
	F	10	12,800	2,6162	,8273

Test d'échantillons indépendants

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes							
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Intervalle de confiance 95% de la différence		
										Inférieure	Supérieure
Note	Hypothèse de variances égales	,554	,461	-1,402	38	,169	-1,4333	1,0227	-3,5036	,6369	
	Hypothèse de variances inégales			-1,466	16,748	,161	-1,4333	,9779	-3,4988	,6322	

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel SPSS

L'analyse du tableau ci-dessus montre dans un premier temps qu'en moyenne, les élèves de sexe féminin ont une note de 12,8/20 tandis que ceux de sexe masculin ont une note de 11,367/20. Toutefois, elle indique dans un second temps que la probabilité critique (sig bilatérale) est supérieure à 5% (0,05) pour les t-test sur l'égalité de moyennes, ce qui nous permet d'accepter l'hypothèse d'égalité des moyennes. En d'autres termes, bien qu'il existe numériquement une différence de moyennes entre les apprenants de sexe féminin et de sexe masculin, tel n'est pas le cas sur le plan statistique. Donc, on peut conclure que **le sexe de l'élève n'influence pas sa performance moyenne générale.**

10. Vérification des hypothèses

Afin de vérifier nos différentes hypothèses de recherche, nous utilisons dans le cadre de cette étude le test de Student (test-t) pour échantillons indépendants, et l'implémentons à travers le logiciel *IBM SPSS Statistics 20*.

10.1. Vérification de l'hypothèse HR1 :

Développement des performances en émission d'hypothèse dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin.

Dans cette sous-section nous formulons les hypothèses suivantes :

H₀ : l'entraînement à l'émission des hypothèses par l'élève n'influence pas significativement sur la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique.

H₁ : l'entraînement à l'émission des hypothèses par l'élève influence significativement la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique.

Tableau 17 : T-test comparant le niveau de développement des performances en émission d'hypothèse dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin

Statistiques de groupe					
	Groupe	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne
EH	GE	20	4,425	,7482	,1673
	GT	20	3,725	,9386	,2099

Test d'échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Intervalle de confiance 95% de la différence	
EH	Hypothèse de variances égales	1,592	,215	2,608	38	,013	,7000	,2684	,1566	1,2434
	Hypothèse de variances inégales			2,608	36,202	,013	,7000	,2684	,1558	1,2442

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel SPSS

L'analyse du tableau ci-dessus indique une probabilité critique (sig bilatérale) inférieure à 5% (0,05), ce qui nous permet de rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. En **conclusion, l'entraînement à l'émission des hypothèses par l'élève améliore sa performance dans la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant en électricité.**

Autrement dit :

- Le seuil de signification est $\alpha = 0,05$
- La valeur de t_{test} calculé est $T_{\text{cal}} = 2,608$
- La valeur critique est $ddl = 38$; $t_{\text{test lu}} = 1,686$.
- Décision : Si T_{cal} supérieur à T_{lu} , alors H_1 est acceptée et H_0 rejetée. Par contre, si T_{cal} inférieur à T_{lu} , H_1 rejetée et H_0 acceptée.
- Dans notre cas, T_{cal} (2,608) est plus grand que T_{lu} (1,686)

Nous concluons que l'entraînement à l'émission d'hypothèses influe significativement la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique chez les apprenants.

10.2. Vérification de l'hypothèse HR2

Développement des performances en activité d'expérimentation dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin

Dans cette sous-section nous formulons les hypothèses suivantes :

H₀ : Le développement des performances en activité d'expérimentation n'influence pas significativement la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique chez les élèves ;

H₁ : Le développement des performances en expérimentation influence significativement la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique chez les élèves.

Tableau 18 : T-test comparant le niveau de développement des performances en expérimentation du concept dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin

Statistiques de groupe									
Groupe		N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard				
					moyenne				
ET	GE	20	5,225	,8347	,1866				
	GT	20	2,875	,6043	,1351				

Test d'échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Intervalle de confiance 95% de la différence	
									Inférieure	Supérieure
ET	Hypothèse de variances égales	1,382	,247	10,199	38	,000	2,3500	,2304	1,8835	2,8165
	Hypothèse de variances inégales			10,199	34,624	,000	2,3500	,2304	1,8820	2,8180

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel SPSS

L'analyse du tableau ci-dessus indique une probabilité critique (sig bilatérale) inférieure à 5% (0,05), ce qui nous permet une fois de plus de rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes. En conclusion, **l'entraînement aux activités d'expérimentation des concepts améliore la performance des élèves dans la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique.**

Autrement dit :

- Le seuil de signification est $\alpha = 0,05$
- La valeur de t-test calculé est $T_{cal} = 10,199$
- La valeur critique est $ddl = 38$; t-test lu est $T_{lu} = 1,686$.
- Décision : Si T_{cal} supérieur à T_{lu} , alors H_1 est acceptée et H_0 rejetée. Par contre, si T_{cal} inférieur à T_{lu} , H_1 rejetée et H_0 acceptée.
- Dans notre cas, T_{cal} (10,199) est plus grand que T_{lu} (1,686)

Nous concluons que l'entraînement des élèves aux activités d'expérimentation du concept d'intensité de courant électrique influe significativement sur la construction de leurs savoirs en électricité.

10.3. Vérification de l'hypothèse HR3

Développement des performances en activité d'interprétation des résultats dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin.

Les hypothèses testées dans cette sous-section sont les suivantes :

H₀ : Le développement des performances en activités d'interprétation n'influence pas significativement la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique chez les élèves

H₁ : Le développement des performances en activités d'interprétation influence significativement la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique chez les élèves.

Tableau 14 : t-test Comparant le niveau de développement des performances en activités de contextualisation, et réinvestissement dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin.

Statistiques de groupe					
Groupe	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	
IR GE	20	4,475	,6973	,1559	
IR GT	20	2,850	,5871	,1313	

Test d'échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes					Intervalle de confiance 95% de la différence	
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type		
IR	Hypothèse de variances égales	1,425	,240	7,972	38	,000	1,6250	,2038	1,2124	2,0376
	Hypothèse de variances inégales			7,972	36,930	,000	1,6250	,2038	1,2120	2,0380

Source : Calculs de l'auteur à partir du logiciel SPSS

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessus nous permettent tout comme dans les deux précédents cas de rejeter l'hypothèse H_0 . En effet, la probabilité critique prend ici la valeur de 0,000, ce qui est inférieur au seuil critique de 5% retenu dans le cadre de cette étude. Nous pouvons donc conclure que **le développement des performances des élèves en activités d'interprétation des résultats améliore significativement la construction de leurs savoirs sur le concept d'intensité courant en électricité.**

Autrement dit :

- Le seuil de signification est $\alpha = 0,05$
- La valeur de t-test calculé est $T_{cal} = 7,972$
- La valeur critique est $ddl = 38$; t-test lu est $T_{lu} = 1,686$.
- Décision : Si T_{cal} supérieur à T_{lu} , alors H_1 est acceptée et H_0 rejetée. Par contre, si T_{cal} inférieur à T_{lu} , H_1 rejetée et H_0 acceptée.
- Dans notre cas, T_{cal} (7,972) est plus grand que T_{lu} (1,686)

Nous retenons l'hypothèse alternative selon laquelle le développement des performances en activités d'interprétation influence significativement la construction des savoirs sur le concept d'intensité de courant électrique chez les élèves.

11. Récapitulatif.

Tableau 19 : récapitulatif de la vérification des hypothèses de recherche par le test-t au seuil de signification $\alpha = 0,05$

HYPOTHESES	t-test de Student pour échantillons indépendants		
	T Calculé	T lu	Décision
HR1	2,608	1,686	H1 acceptée
HR2	10,199	1,686	H2 accepté
HR3	7,972	1,686	H3 acceptée

En conclusion, au regard de ce récapitulatif, tous nos hypothèses secondaires de recherche sont vérifiées et acceptées, ce qui nous conduit à valider notre hypothèse principale de recherche à savoir que l'entraînement aux activités d'investigation sur le concept d'intensité de courant électrique par les élèves de 4^e année industrielle des lycée technique et collèges comme mode de transposition didactique influence significativement la construction de leurs savoirs sur ce concept.

CHAPITRE 3 : INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET IMPLIQUATION

Ce chapitre nous interpelle sur le sens à donner aux résultats présentés au chapitre précédent, notamment leurs interprétations et leurs sens professionnels.

1. Interprétations des résultats

Cette partie de notre travail nous conduit à suivre la logique de l'ordre des thèmes que nous avons utilisés pour valider l'hypothèse principale.

-HR1 : Entraînement en activité d'émission d'hypothèses

L'analyse de nos résultats au post test montre que la moyenne obtenue par le groupe expérimental est de 4,424 et que 20/20 élèves ont eu une moyenne supérieure à 3/6. Soit un pourcentage de réussite de 100%. Dans le groupe témoin, la moyenne au post test est de 3,725 et 13 élèves seulement sur 20 ont une note supérieure à 3/6, soit un taux de réussite de 65%. L'écart observé entre les taux de réussite des deux groupes nous amène à déduire que le développement des capacités en émission d'hypothèses influence sérieusement la construction des savoirs sur le concept de courant électrique.

En effet, contrairement à la méthode classique, la démarche d'investigation prend en compte les conceptions des apprenants afin d'adapter l'enseignement au besoin. Ceux-ci les expriment à travers une activité d'émission d'hypothèse qui est en principe une situation-problème ayant les caractéristiques suivantes :

- Elle doit avoir un sens pour l'élève.
- Elle doit respecter la ZPD de l'élève.
- Elle doit être motivante pour l'élève.

De ces propriétés découle l'incitation des élèves du groupe expérimental à émettre des hypothèses d'abord sur la question et en suite à trouver les voies et moyens pour résoudre le problème en procédant au test de leurs différentes hypothèses. Au regard de l'insuffisance des résultats de l'enseignement habituel, nous nous mettons d'accord avec A Giordan (1994) pour qui « *l'élève apparait trop souvent comme le présent-absent du système éducatif. Il est dans la classe, mais l'enseignant n'en tient presque pas compte* ». C'est donc dire que l'enseignement classique est basé sur une démarche transmissive où l'élève est considéré

comme un « *tabula rasa* ». Or, « *il ne suffit pas de bien présenter une somme de connaissance à un élève, de lui en dire plus, de les lui montrer mieux pour que ce dernier comprenne, mémorise et intègre spontanément car, c'est l'élève qui élabore une bribe de son savoir* ». (A. Giordan 1994). En effet dans son article intitulé « *les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage* » l'auteur montre que l'élève dispose des conceptions dont lui seul est capable de déconstruire grâce à la médiation de l'enseignant. Cette déconstruction transite par une dissonance soulevée par la situation-problème et ses conceptions initiales, seuls outil mental qu'il dispose et qu'il mobilise pour aborder la question-problème en ce moment-là. Cette capacité d'émettre des hypothèses en situation de classe ne saurait s'arrêter dans ces conditions, elle va bien au-delà dans la vie courante en se manifestant par le transfert, preuve d'un apprentissage.

-HR2 : Entraînement à l'activité d'expérimentation

Dans cet item, le groupe expérimental a eu une moyenne de 5,225 et dix-neuf (19) sur vingt (20) participants ont eu une moyenne supérieure à 4/8, soit un pourcentage de 95% de participant. Dans le groupe témoin, la moyenne est de 2,875 et deux élèves seulement ont une note supérieure à 4/8, soit un pourcentage de 10% de l'effectif total du groupe. L'activité d'expérimentation sur le concept d'intensité de courant a permis aux participants d'opérer le passage de leurs représentations au réel, car notons avant tout que le courant électrique est une notion abstraite.

L'écart observé entre la moyenne du groupe témoin et celle du groupe expérimental montre que plus l'élève se frotte au réel, plus ses représentations et son questionnement sont balayés et plus, il devient intelligible.

-HR3 : Entraînement à l'activité d'interprétation des résultats d'une expérience.

Dans cet item, la moyenne du groupe expérimental est de 4,475 et tous les participants ont eu une note supérieure à 3/6, soit un pourcentage de 100%. Dans le groupe témoin, la moyenne est de 2,850 et 13 élèves ont eu une note supérieure à 3/6, soit un pourcentage de 65% de l'effectif total.

En effet, l'activité d'interprétation conduit l'apprenant à développer son sens de l'observation et induit son honnêteté intellectuel face à une situation ou un raisonnement qui interpelle questionnement et sa contribution dans la vie quotidienne, au-delà de celles qui se réfèrent au concept du courant électrique.

D'une façon générale, les résultats récoltés par le groupe expérimental dans l'ensemble indique que l'élève n'est pas un ' vase vide ' qu'il faut remplir. Il dispose des conceptions qui doivent être mis à l'épreuve par l'expérience-test. L'enseignant quant à lui doit intervenir en tant qu'un médiateur, un professionnel pour le guider et l'orienter en vue d'obtenir un résultat efficient. L'élève qui comprend ce qu'il apprend doit transposer et opérationnaliser son apprentissage sur le concept de courant électrique à d'autres situations de vie quotidiennes en électricité pour une meilleure adaptation dans son milieu de vie.

2. Implications didactiques

Nous venons de montrer que les élèves qui ont subi un enseignement expérimental ont raflé les meilleurs scores à toutes les items constituant nos hypothèses de recherche. Les résultats obtenus démontrent une grande différence entre le mode de transposition didactique par investigation et la transposition par l'enseignement classique. Ce qui signifie que les deux types de transposition sont aux antipodes l'un de l'autre du processus enseignement-apprentissage. Les résultats qui émergent de notre expérimentation sont aussi le fruit des vertus de la théorie socioconstructiviste de VYGOSKI qui indique clairement que pour qu'il ait construction de la nouvelle connaissance, il faut l'existence d'un conflit cognitif qui va provoquer un déséquilibre dans les conceptions de l'apprenant et une régulation de ses paires car ce que l'enfant sait faire avec les autres, il le fera demain tout seul. Le constructivisme de Piaget tient aussi ses résultats dans cette démarche grâce aux processus d'assimilation et d'accommodation qu'il développe pour expliquer l'intégration et l'adaptation de la nouvelle connaissance dans les schèmes mentaux de l'apprenant.

2.1. Implications professionnelles

Nous allons présenter les implications de nos résultats sur le plan de la formation des **enseignants, des spécialistes des programmes et des politiques éducatives.**

2.2. Les enseignants

Au cours de la DI, l'enseignant joue le rôle de guide et de médiateur entre le sujet et le savoir. En le faisant, cette démarche prend tout son sens dans la construction des connaissances de l'élève puisque le sujet est au centre de son apprentissage. En effet l'enseignant doit opérer un choix judicieux entre l'expérience matériel, l'expérience papier-crayon ou autres alternatives jugées adéquats pour valider l'hypothèse, D. Rojat (2013). Notre recherche est matérielle, Or on sait que nos établissements scolaires disposent difficilement des laboratoires avec du

matériel didactique approprié pour expérience d'où l'idée de se tourner vers le matériel de récupération lors de l'enseignement des concepts en électricité.

Le matériel de récupération nous a aidé à construire la phase expérimentale de cette recherche. Les enseignants pourront suivre cet exemple pour ne pas toujours tendre inlassablement la main à la hiérarchie de l'établissement en vue de solliciter le matériel didactique.

2.3. Les pouvoirs publics et les spécialistes des programmes

Au regard des résultats générés par la DI, il serait temps que l'Etat du Cameroun l'implémente dans toute l'étendue du territoire national. Pour ce faire, il sera question que les spécialistes des programmes élaborent des situations-problèmes appropriées à l'enseignement des concepts scientifiques à travers la DI, surtout dans le domaine de l'électricité car elles sont difficiles à élaborées et leurs mises en œuvre n'est pas aussi faciles. (Calmette, 2009). Il faudra aussi que le temps alloué aux enseignements soit revu à la hausse pour une amplification de l'efficacité de la transposition didactique des concepts. Equiper les laboratoires en matériel didactique, penser à la formation continue des enseignants à travers les séminaires de formations, les colloques scientifiques et multiplier d'avantage les carrefours pédagogiques. L'APC fait déjà son chemin au Cameroun, mais comparé à la DI, nous pensons que les résultats seraient élogieux, à condition que la volonté des politiques éducationnelle s'ébranle dans le sens de l'amélioration de sa pratique.

2.4. Limites

Un échantillon de 40 apprenants à raison de 20 dans le groupe expérimental 20 dans le groupe témoin nous semble insuffisant pour une éventuelle généralisation des résultats.

De plus il faudra étendre cette recherche dans plusieurs établissements d'enseignement technique afin de **mieux évaluer son impact** sur le processus enseignement-apprentissage au Cameroun et satisfaire aussi le **critère de saturation** d'une recherche en sciences sociales (Benhamida, 1980)

2.5. Perspectives

Si d'autres outils méthodologiques sont associés à cette recherche comme l'entretien semi-directif, elle pourrait déboucher sur plusieurs intérêts tels que :

- Une promotion des matériaux de récupération
- Une relecture des programmes scolaires.

Une dotation d'établissements scolaires d'enseignement technique du laboratoire équipé en matériel didactique.

CONCLUSION

Au terme de cette recherche, il a été question de montrer que **la DI améliore la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle des Collèges et Lycées d'enseignement technique au Cameroun**. Pour parvenir à nos résultats, nous avons émis la question principale suivante : « **Dans quelles mesures l'usage de la démarche d'investigation comme mode de transposition didactique améliore-t-elle la construction du concept de courant électrique par les élèves de 4^e Année industrielle du LTICE ?** En réponse à cette question principale, l'hypothèse suivante a été émise : « **Lorsque l'enseignement du concept de courant électrique se déroule sous le prisme d'une démarche d'investigation comme mode de transposition didactique en situation classe, celle-ci devient un levier important du processus enseignement -apprentissage qui aide les élèves de 4^e Année industrielle du LTICE à performer significativement dans la construction de ce concept** ».

Nous avons éclaté cette hypothèse en trois (03) sous hypothèses ou hypothèses secondaires que nous avons validé dans l'ordre de leurs émissions.

HR1 : L'entraînement à l'activité d'émission d'hypothèse améliore significativement la construction du concept de courant électrique en électricité chez les élèves de 4^e Année industrielle du LTICE.

HR2 : L'entraînement à l'activité d'expérience-test améliore significativement la construction du concept de courant électrique en électricité chez les élèves de 4^e Année industrielle du LTICE.

HR3 : L'entraînement à l'activité d'interprétation des résultats d'une expérience améliore significativement la construction du concept du courant en électricité chez les élèves de 4^e Année du LTICE.

Pour parvenir aux résultats, nous avons transité par une démarche quasi expérimentale sur le plan méthodologique en optant pour un cloisonnement de deux techniques d'échantillonnage : **l'échantillonnage probabiliste et par choix raisonné**. En effet, il s'agit d'une démarche qui combine la **méthode probabiliste** à un pourcentage raisonné des participants en fonction de la taille du groupe (**méthode empirique et par cota**) en vue de construire un échantillon aussi proche que possible de la population parente. Ainsi, nous avons constitué deux groupes : un groupe expérimental et un groupe témoin. Partis d'un état initial

comparable du point de vue comportemental face à la construction du concept d'intensité du courant électrique, le groupe expérimental a subi un test alors que le groupe témoin a subi un enseignement habituel. Après cet exercice, les deux groupes ont été soumis à un post test en vue d'observer s'il y a eu une évolution significative de leurs conceptions face à l'anticipation des prévisions des résultats sur la détermination de l'intensité du courant électrique dans des circuits série et parallèles simples (Benseghir, 2004).

L'analyse au test de t - student indique que toutes nos hypothèses secondaires sont acceptées au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Ainsi, de tous les items qui ont construit l'expérimentation de cette recherche à travers la DI, le groupe expérimental a eu un pourcentage de 90% de bonnes réponses alors que le groupe témoin s'en est sorti avec 55%. Cette observation nous amène à conclure que la construction des concepts scientifiques à travers la DI comme mode de transposition didactique est à promouvoir dans nos institutions scolaires.

BIBLIOGRAPHIE

Astolfi, J.-P. et Develay, M. (1989). La didactique des sciences. Paris : Presses universitaires de France Rapport de l'OCDE d'avril 2010 : comment finir avec l'échec scolaire – les mesures efficaces de l'OCDE.

Ayina, B. (2007). Analyse des simulations de la conduction électrique dans les piles électrochimiques : avantages, inconvénients et impact sur la modélisation de ce phénomène par les élèves. (Mémoire).

Bachelard, G. (1938 /1986). La formation de l'esprit scientifique. Paris, Vrin.

Benhamida, J. (1980). Modèle de fonctionnement de circuits simples chez des enfants de 12 ans. Thèse, université Paris 7.

Benseghir, A. (2004). Séquence d'enseignement de l'électricité construite à partir des données épistémologiques et didactiques : Compte rendu d'innovation. Reinders D et Christoph Von Rhöneck. Apprendre et comprendre les concepts clés de l'électricité. ICPE.

Boilevin et al. (2012) : L'enseignement des sciences et de la technologie fondée sur l'investigation - étude d'un dispositif collaboratif entre enseignants du collège et chercheurs en didactique.

Brousseau, G. (1998). Théorie des situations didactiques. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Boilevin J.-M. la démarche d'investigation : simple effet de mode ou nouveau mode d'enseignement des sciences.

Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques de classe. Spirale, 43,139-148.

Chevallard, Y. (1991). La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné. Deuxième édition. Grenoble : La Pensée Sauvage. Paris : L'Harmatan.

Closset, J.-L. (1992). Raisonnements en électricité et en hydrodynamique. Aster, n° 14, pp.143-155.

Costa et al. (2020). Démarche d'investigation au service des apprentissages (mémoire)

Doly, A.-M. (2013). La métacognition : de sa définition par la psychologie à sa mise en œuvre à l'école. Hal-0035.

Depelteau, F. (2007) La démarche d'une recherche en science humaine et sociale.

Delacote, G. et Tiberghien, A. (1976) Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans, in Revue Française de Pédagogie, n°34, pp. 32-44.

Giordan, A.(1987). Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage.

Jimeno, J. B. (1984). *l'échec scolaire dans l'enseignement primaire : moyen de le combattre*. Genève : ISBN

Giordan, A, et De Vecchi G. (1987). *Les origines du savoir, des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Paris : Ed. Delachaux et Niestlé,

Hamida. B.(1980). - *Modèles de fonctionnement de circuits électriques simples chez des enfants de 12 ans*, Thèse de 3^e cycle, Université Paris VII,

Legendre. (1994). *Problématique de l'enseignement et de l'apprentissage de l des sciences au secondaire : un état de la question*. Paris : L'Harmatan

Men .(2006). *L'enseignement de la physique et de la chimie au collège. Rapport de l'Inspection Générale de Physique et Chimie, n° 2006-091, novembre 2006*

Morge, L., et Boilevin, J.-M. (Eds.) (2007). *Séquences d'investigation en physique - chimie... Recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN et CRDP d'Auvergne.

Nda, P. (2015). *Recherche méthodologique en sciences humaines*. Paris : L'Harmatan

OCDE. (1994). *L'étude de l'OCDE sur l'emploi*, Paris les éditions de l'OCDE

OCDE. (1998). *Venir à bout de l'échec scolaire*, Paris, les éditions de l'OCDE

Pastré, P. (1999). « La conceptualisation dans l'action : bilan et nouvelles perspectives », *Éducation permanente*, n° 139.

R Evola (2013), *manuel d'enquête par questionnaire*

Recueil des données de l'ODD4 2018 de l'ONU sur l'indicateur mondial de l'éducation.

Robardet, G. (2001). *Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation problème*. Bulletin de l'Union des Physiciens, n° 836, pp. 1173-1190.

Rojat, D.(2013). *Démarche d'investigation (la Fondation main à la pâte)*. Paris : L'Harmatan

Saïd, N.et Sabonnadiere, J.-C. (2015): *de Thales à la consommation du 21^e siècle*

Venturini, P. et Tiberghien, A. (2012). *Mise en œuvre de la démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège*. Revue Française de Pédagogie, INRP/ENS

Piaget, J. (1974). *Réussir et comprendre*, Paris : PUF.

Tiberghien, A. & Delacote, G. (1976). *Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans*. Revue Française de Pédagogie, n° 34, pp. 32

Tiberghien, A. (2011). « Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation ». In M. Grangeat (Ed.). *Les démarches d'investigation dans*

l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves. Lyon: INRP.

Tiberghien, A. (1984) Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de circuits électriques pour des élèves de 8 à 20 ans, in Recherche en didactique de la physique : actes du premier atelier international, La Londe les Maures 1983. Paris : Editions du CNRS.

Vygotski, L.-S. (1985). Pensée et langage. Paris : Éditions Sociale

Zihisire M M (2011), la recherche en sciences sociales et humaines, Paris : L'Harmatan

ANNEXE

ANNEXE N° 1 : Autorisations de recherche

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES DE
L'EDUCATION

DEPARTEMENT DE
DIDACTIQUE DES DISCIPLINES



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF EDUCATION

DEPARTMENT OF DIDACTICS

Le Doyen
The Dean
N°...../19/UYI/VDSSE

AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussignée, **Professeur MOUPOU MOISE**, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Education de l'Université de Yaoundé I, certifie que l'étudiant (e) **TIDO David**, Matricule **17S3959**, est inscrit (e) en Master II à la Faculté des Sciences de l'Education, Département de **DIDACTIQUE DES DISCIPLINES**, spécialité : **CHIMIE** ; option : **PLET**

L'intéressé (e) doit effectuer des travaux de recherche en vue de l'obtention de son diplôme de Master. Il (elle) travaille sous la direction de **Dr AYINA BOUNI**. Son sujet porte sur : « **Construction du concept d'intensité du courant électrique par les élèves de 4ème Année Industriel du Lycée Technique d'Ekounou à travers la démarche d'investigation comme mode de transposition didactique** ».

Je vous saurai gré de bien vouloir le (la) recevoir et mettre à sa disposition toutes les informations susceptibles de l'aider.

En foi de quoi, cette attestation de recherche lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit /.

Fait à Yaoundé, le 3-0-SEPTE-2019....



Pour le Doyen et par ordre

Clouga Martin, Ph.D
Professeur

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRES

DELEGATION REGIONALE POUR LE CENTRE

DELEGATION DEPARTEMENTALE DU MFOUNDI

BP: 33 097- Yaoundé Tél: 222 22 84 70

N° *ASX* /19/L/MINESEC/DRES-CE/DDES-MF/TJR

REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland

MINISTRY OF SECONDARY EDUCATION

REGIONAL DELEGATION OF THE CENTRE

DIVISIONAL DELEGATION OF THE MFOUNDI

P.O.BOX: 33 097- Yaoundé Ph: 222 22 84 70

Yaoundé, 04 NOV 2019

LE DELEGUE DEPARTEMENTAL

A

MONSIEUR TIDO DAVID,
(Faculté des Sciences de l'Education)

Tel. : 665 946 089

OBJET : *Accord pour votre stage académique aux Lycées Technique Industriel et Commercial Bilingue de Yaoundé et Technique d'Ekounou.*

Monsieur,

J'ai l'honneur de vous informer que je marque mon accord pour effectuer votre stage académique dans les établissements susmentionnés.

Pour ce, je vous invite à prendre attache avec leurs Chefs afin de vous accorder sur les modalités pratiques y afférentes.

En outre, vous voudrez bien me faire tenir un rapport circonstancié dès la fin de l'activité.

Veillez agréer l'expression de ma parfaite considération.

LE DELEGUE DEPARTEMENTAL



Dr. NDEMBA Sidonie Thérèse
PLEG H.E

Yaoundé le 22 Mars 2021

TIDO David

Tel 654565097/698921969

FSE de L'Université de Ydé1 : Mle I7S3959

Tel : 654565097 /698921969

A

Madame le proviseur du Lycée Technique d'EKOUNOU

Objet : Permission de récolte des données

Madame le Proviseur,

J'ai l'honneur de venir respectueusement auprès de votre haute Personnalité en qualité d'étudiant à la faculté des sciences de l'éducation solliciter le motif porté en marge.

En effet, afin de soutenir le contenu protocolaire de mon travail de recherche en master2 et donner une suite à mon stage académique initié en Février dernier au Lycée industriel commercial et bilingue de Yaoundé, la récolte des données sur le terrain demeure une phase essentielle. Dans cette perspective, j'aimerais récolter des données auprès des élèves de 4^{ème} année industrielle à travers une séquence didactique sur le thème construction du concept d'intensité de courant électrique par les élèves de 4^{ème} Année Industrielle à travers la démarche d'investigation comme mode de transposition didactique.

Dans l'attente d'une suite favorable, je vous prie Madame le Proviseur d'accepter mon profond respect.

Ci-jointes :

Une photocopie de la CNI

Une photocopie de l'autorisation de stage par le Délégué départemental



TIDO David

ANNEXE N° 2 : Questionnaire du pré-test

Le test qui suit est uniquement destiné à une fin de recherche en didactique des sciences.

Remplir correctement le document et le remettre avec toutes les feuilles à la fin du test.

Elèves	Sexes	EH /6	ET/8	IR/6	Note /20	Groupe
1	M	3	2	2,5	7,5	GT
2	M	4	2,5	3	9,5	GT
3	F	2	3	5	10	GT
4	M	3,5	3	4,5	11	GT
5	M	3	2	2	7	GT
6	M	3	2	3,5	8,5	GT
7	F	1,5	3	3,5	8	GT
8	M	2	2	5	9	GT
9	M	3,5	2,5	1,5	7,5	GT
10	F	2,5	4	2	9,5	GT
11	M	2,5	0,5	3,5	6,5	GT
12	M	2	3,5	3	8,5	GT
13	F	3	3,5	1,5	8	GT
14	M	1	2	3,5	6,5	GT
15	M	3	2	2,5	7,5	GT
16	M	2,5	2	1,5	6	GT
17	M	3	3	3	9	GT
18	F	3,5	2,5	3,5	9,5	GT
19	M	4	3,5	3,5	11	GT
20	M	3	4	3	10	GT

Elèves	Sexes	EH/6	ET/8	IR/6	Note/20	Groupe
21	M	3	2,5	2,5	8,5	GE
22	F	2	2	2	6	GE
23	M	3	3	3,5	9,5	GE
24	M	2	3	3	8	GE
25	M	3	1	1,5	5,5	GE
26	F	2,5	3,5	0,5	6,5	GE
27	M	4	3	2	9	GE
28	M	3	2	2,5	7,5	GE
29	F	3,5	3	3,5	10	GE
30	M	2	2,5	3,5	8,5	GE
31	M	3	1,5	2,5	7	GE
32	M	3,5	4	3,5	11	GE
33	F	1,5	3,5	4	9,5	GE
34	M	2,5	2,5	1	6	GE
35	M	2	3	3	8	GE
36	M	3	4	3	10	GE
37	F	1,5	3,5	2	7	GE
38	M	2,5	4	2,5	9	GE
39	M	3	3	3,5	9,5	GE
40	M	2,5	3,5	2,5	8,5	GE

INFORMATIONS GENERALES

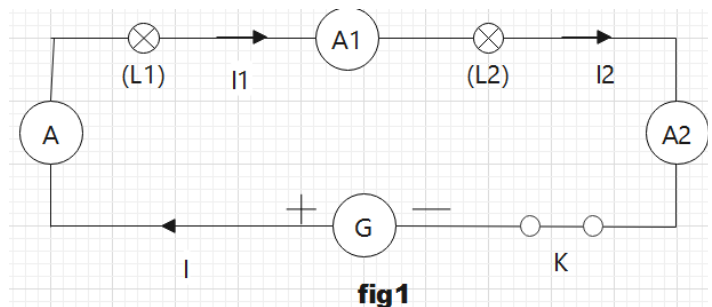
ETABLISSEMENT : LT d'Ekounou	DATE : HEURE : 30mn
DISCIPLINE : Physique-chimie	NOM : PRENOM : AGE :
CLASSE : 4 ^e Année Industrielle	REDOUBLANT : NOUVEAU :

QUESTIONNAIRE

NB : Mettre une croix devant la réponse juste (questions N°1 ; N°2 ; N°4. ; N°5 ; N°6)

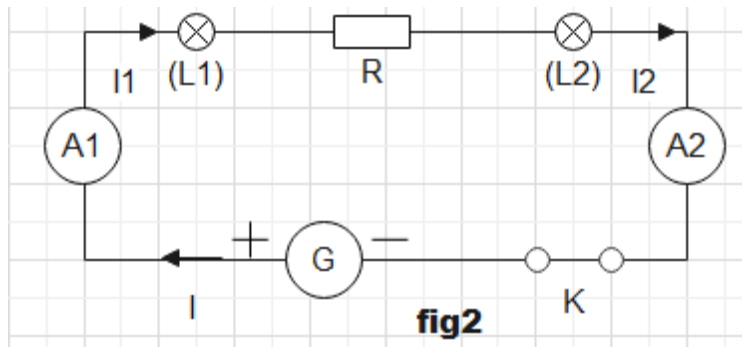
Question N°1 Dans le circuit ci-con représenté (fig1).t

- I est plus petit que I1 et I2.
- I est plus grand que I1 et I2.
- I est égal à I1 et I2.
- Je ne sais pas.

**Question N°2**

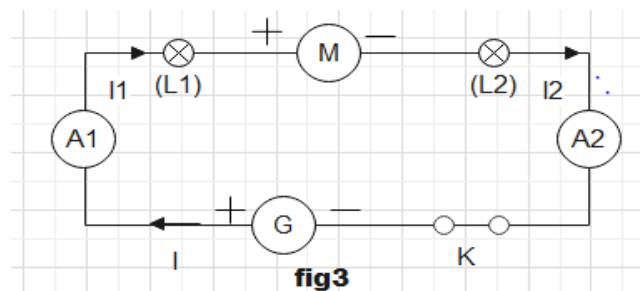
On intercale entre L1 et L2 une grosse résistance dans le schéma de l'activité N°1 (figure 2).

- I devient plus petit qu'avant.
- Plus grand qu'avant.

**Question N° 3**

La grosse résistance est remplacée par un petit moteur (figure3).

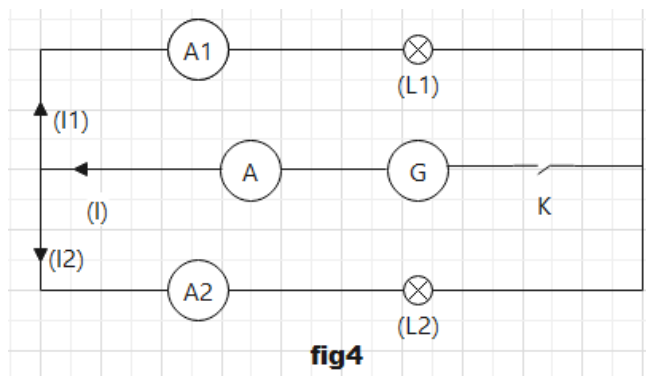
- Le moteur continue de tourner.
- Le moteur tourne en sens inverse.
- Le moteur arrête de tourner.
- Je ne sais pas



Question N° 4

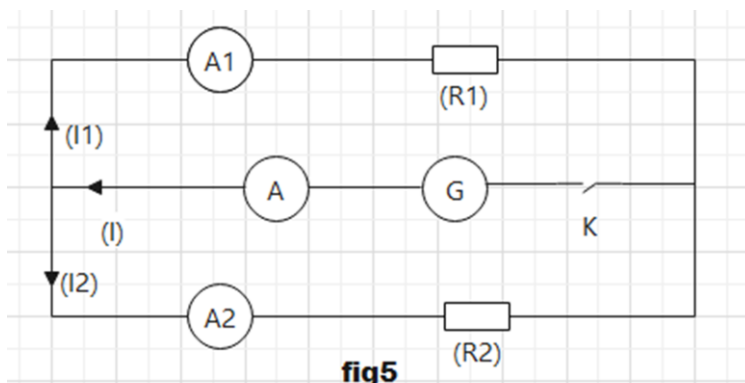
Dans le circuit ci – contre représenté (fig4)

- d) I est plus grand que I1 et I2.
- e) I est plus petit que I1 et I2.
- f) I est la même chose que I1 et I2.
- g) Je ne sais pas.

**Question N°5**

On remplace les lampes L1 et L2 par les résistances R1 et R2 respectivement avec $R1=R2/2$ (fig5).

- e) I1 est plus grand que I2.
- f) I1 est plus petit que I2
- g) I1 est égale à I2.

**Question N°6**

Parmi les appareils suivants, lesquels permettent de mesurer l'intensité de courant ?

- a) Ampèremètre
- b) Voltmètre
- c) Wattmètre
- d) Multimètre
- e) Ohmmètre
- f) Tachymètre
- g) Je ne sais pas
- h) Galvanomètre
- i) je ne sais pas

Question N°7

Compléter les phrases suivantes par les mots ou les expressions manquantes.

- a) - Par convention le courant sort du pôle ----- du générateur pour entrer par son pôle -----
- b) - L'unité de l'intensité de courant est -----
- c)- L'appareil de mesure de l'intensité de courant doit être monté en -----dans le circuit.
- d)_ Le courant électrique doit entrer dans l'appareil de mesure de son intensité par sa borne --- ----- et en sortir par sa borne -----

e) -Dans un circuit série, l'intensité de courant est ----- en tout point du circuit alors que dans un circuit en dérivation, l'intensité de courant dans la branche principale est la ----- de toutes les intensités de courant dans les branches dérivées.

Question N°8 :

Au cours d'une mesure d'intensité, l'aiguille du multimètre de Leo, dont la déviation maximale est de 100, s'arrête sur la division 50 sous un calibre de 5A.

d) Quelle est la valeur de l'intensité I ?

e) Pourquoi faut-il toujours choisir le plus grand calibre pour commencer une mesure ?

f) Pourquoi faut-il choisir le calibre immédiatement supérieur à la mesure obtenue ?

Question N°9:

Au cours d'une mesure d'intensité de courant électrique au laboratoire de physique, Nama a trouvé les résultats ci-après consignés dans les tableaux.

U(V)	6	6	6	6
R(Ω)	10	20	30	40
I(A)	0,6	0,3	0,2	0,15

Tableau A

U(V)	4,5	6	7,5	9
R(Ω)	40	40	40	40
I(A)	0,12	0,15	1,18	0,23

Tableau B

Aider Fokou à analyser et à interpréter les résultats des tableaux A et B.

ANNEXE N°3 questionnaire du post test

DUREE :

CLASSE :

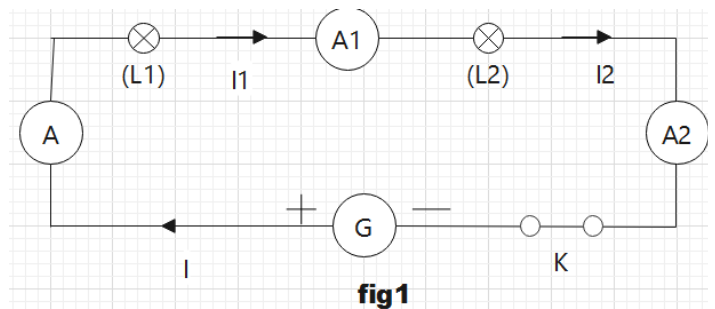
NOM ET PRENOM :

Question N°1 :

NB : Mettre une croix devant la réponse juste (questions N°1 ; N°2 ; N°4. ; N°5 ; N°6)

Question N°1 Dans le circuit ci-con
représenté (fig1).t

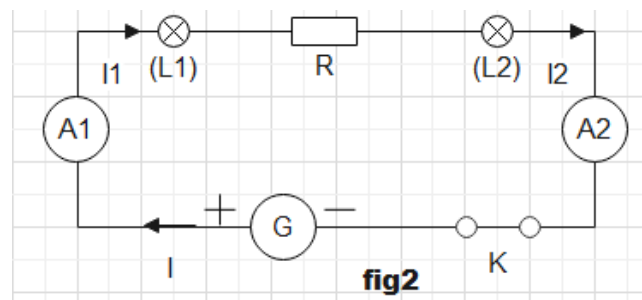
- e.) I_1 est plus petit que I et I_2 .
- f.) I_1 est plus grand que I et I_2 .
- g.) I_1 est égal à I et I_2 .
- h.) Je ne sais pas.



Question N°2

On intercale entre L_1 et L_2 une grosse résistance dans le schéma de l'activité N°1 (figure 2).

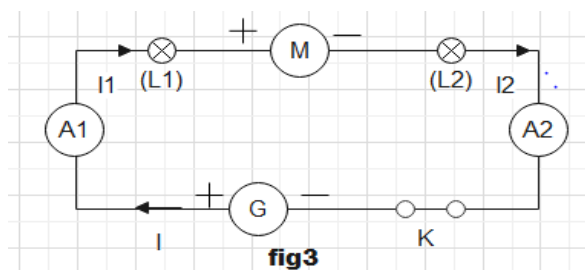
- i) I_2 devient plus petit qu'avant.
- j) Plus grand qu'avant.
- k) Même chose qu'avant.
- l) Je ne sais pas.



Question N°3

La grosse résistance est remplacée par un petit moteur (figure3).

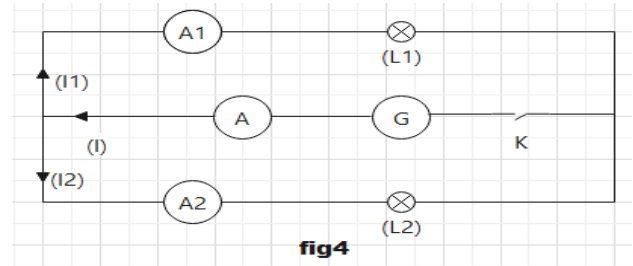
- i) Le moteur continue de tourner.
- j) Le moteur tourne en sens inverse.
- k) Le moteur arrête de tourner.
- l) Je ne sais pas



Question N°4

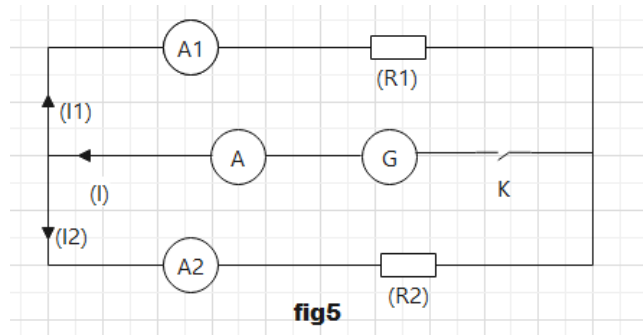
Dans le circuit ci – contre représenté (fig4)

- h) I_1 est plus grand que I et I_2 .
- i) I_1 est plus petit que I et I_2 .
- j) I_1 est la même chose que I et I_2 .
- k) Je ne sais pas.

**Pou Question N°5**

On remplace les lampes L_1 et L_2 par les résistances R_1 et R_2 respectivement avec $R_1 = R_2/2$ (fig5).

- i) I_2 est plus grand que I .
- j) I est plus petit que I_1
- k) I_1 est égale à I_2 .

**Question N°6**

Parmi les appareils suivants, lesquels permettent de mesurer l'intensité de courant ?

- | | |
|----------------|-------------------|
| a) Ampèremètre | e) Tachymètre |
| b) Voltmètre | f) Je ne sais pas |
| c) Wattmètre | g) Galvanomètre |
| d) Multimètre | |

Question N°7

Compléter les phrases suivantes par les mots ou les expressions manquantes.

- a) - Par convention le courant sort du pôle ----- du générateur pour entrer par son pôle -----
- b) - L'unité de l'intensité de courant est -----
- c) - L'appareil de mesure de l'intensité de courant doit être monté en ----- dans le circuit.
- d) - Le courant électrique doit entrer dans l'appareil de mesure de son intensité par sa borne ----- et en sortir par sa borne -----
- e) - Dans un circuit série, l'intensité de courant est ----- en tout point du circuit alors que dans un circuit en dérivation, l'intensité de courant dans la branche principale est la ----- de toutes les intensités de courant dans les branches dérivées.

Question N°8 :

Au cours d'une mesure d'intensité, l'aiguille du multimètre de Leo, dont la déviation maximale est de 100, s'arrête sur la division 50 sous un calibre de 5A.

- a) Quelle est la valeur de l'intensité I ?

- b) Pourquoi faut-il toujours choisir le plus grand calibre pour commencer une mesure ?

c) Pourquoi faut-il choisir le calibre immédiatement supérieur à la mesure obtenue ?

Question N°9:

Au cours d'une mesure d'intensité de courant électrique au laboratoire de physique, Nama a trouvé les résultats ci-après consignés dans les tableaux.

U(V)	6	6	6	6
R(Ω)	10	20	30	40
I(A)	0,6	0,3	0,2	0,15

Tableau A

U(V)	4,5	6	7,5	9
R(Ω)	40	40	40	40
I(A)	0,12	0,15	1,18	0,23

Tableau B

Aider Fokou à analyser et à interpréter les résultats des tableaux A et B.

ANNEXE N° 4 données du post test(GT)

Elèves	Sexes	EH/6	ET/8	IR /6	Note/20	Groupe
1	M	4,5	2,5	3	10	GT
2	M	3	3,5	3	9,5	GT
3	F	4,5	4	4	12,5	GT
4	M	3	2,5	3	8,5	GT
5	M	5	3,5	3	11,5	GT
6	M	3	3	3	9	GT
7	F	4,5	2,5	3,5	10,5	GT
8	M	3	2,5	2	7,5	GT
9	M	3	3,5	3	9,5	GT
10	F	5	3	3	11	GT
11	M	4	2	2,5	8,5	GT
12	M	4	2	2	8	GT
13	F	4	3	3	10	GT
14	M	2	3	2	7	GT
15	M	4,5	2	2	8,5	GT
16	M	5	3	3	11	GT
17	M	2	3	2,5	7,5	GT
18	F	3,5	2,5	3	9	GT
19	M	3	2,5	2,5	8	GT
20	M	4	4	4	12	GT

ANNEXE N° 5 données du post test (GE)

Elèves	Sexes	EH/6	ET/8	IR/6	Notes/20	Groupe
21	M	4	4	4,5	13	GE
22	F	5	6,5	5	16,5	GE
23	M	4	6	4	14	GE
24	M	5	5	5	15	GE
25	M	4	5	4	13	GE
26	F	5	6	5	14	GE
27	M	4	5,5	4	13,5	GE
28	M	5	4,5	5	14,5	GE
29	F	5	6	5	16	GE
30	M	5	5,5	5	15,5	GE
31	M	3	6	5	14	GE
32	M	3	3	3	9	GE
33	F	5	5	5	15	GE
34	M	3	5	3	11	GE
35	M	4,5	5	5	14,5	GE
36	M	5	6	5	16	GE
37	F	5	5	3,5	13,5	GE
38	M	5	5	4,5	14,5	GE
39	M	4	4,5	4	12,5	GE
40	M	5	6	5	15	GE

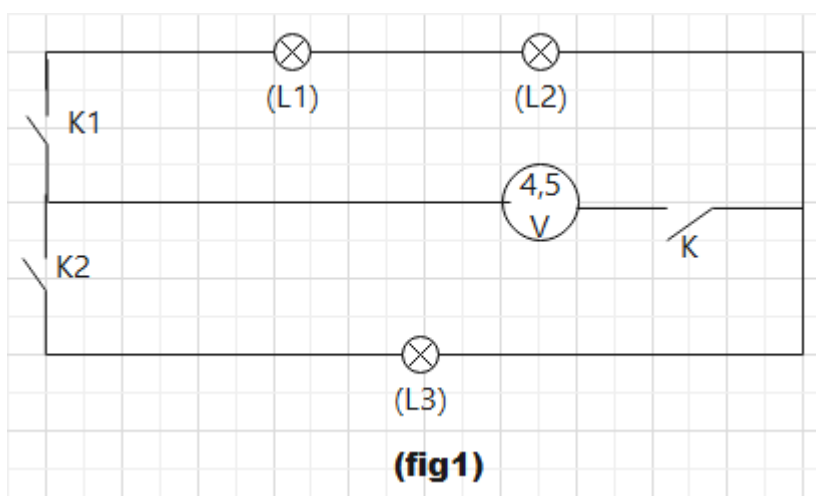
ANNEXE N°6 Document – élèves

Situation-problème :

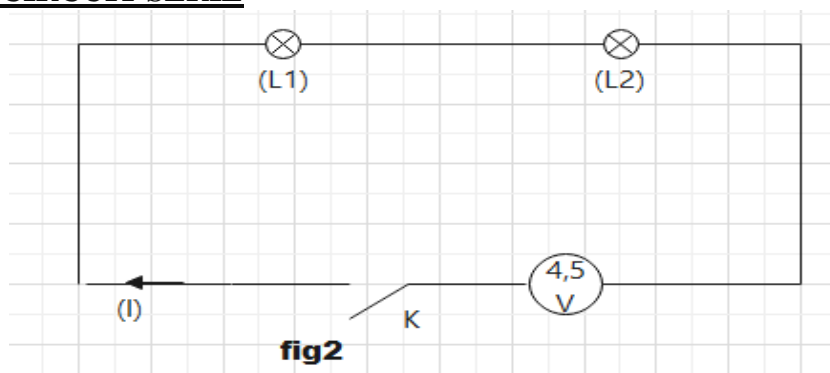
MEDOU, petit éleveur du village a une caisse à deux compartiments inégaux en bois pour réchauffer ses poussins. Il décide de l'électrifier à base d'un matériel de récupération constitué de : une pile plate de 4volt ; des fils souples ; 3 interrupteurs et 2 lots de lampes. LotN°1 : 1 lampe de (3V ; 500mA) et une lampe de (6V ; 0,5A). Lot N°2 : 1 lampe de (1,5V ;0,5A) et 1 lampe de (4,5V ; 100 mA). Il réalise le montage ci-contre et se précipite de le tester (Fig1). Mais il est surpris de constater que :

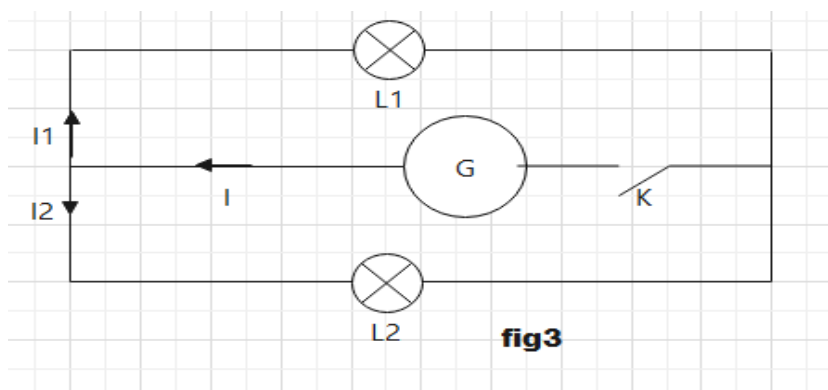
- C- Quand ; K et k1 sont fermés, L1 et L2 sont montées en série. L1 et L2 s'allument, mais la lumière de L2 est moins intense que celle de L1.
- D- Quand K ; K1 et K2 sont fermés, L1 et L2 sont parallèles à L3. Toutes les lampes s'allument, mais brillent faiblement.

Devant cette situation, MEDOU s'étonne et vous supplie de l'aider à comprendre les deux cas.



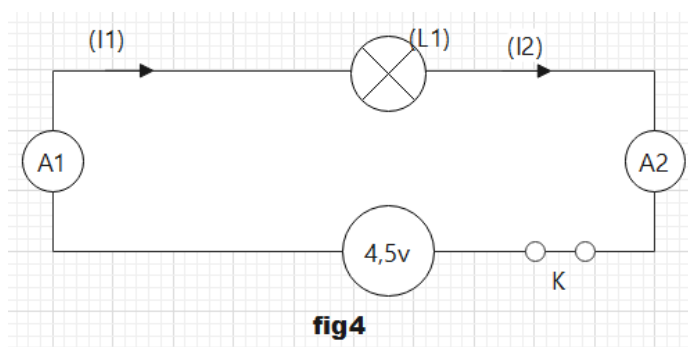
A- CIRCUIT SERIE



B CIRCUIT PARALLELE**Activité 1 :**

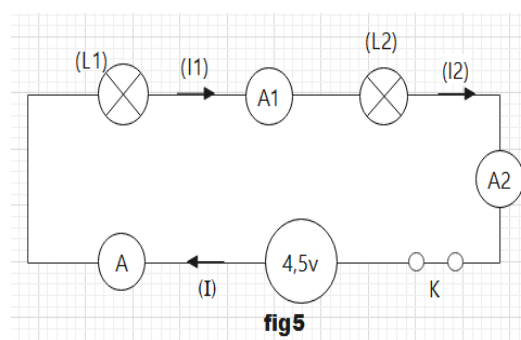
Enlève la lampe(L2) du circuit (fig4).

- Mesure l'intensité de courant I_1 et I_2 .
- Ouelle est la relation

**Activité 2 :**

Remet la lampe (L2) dans le circuit (fig5).

- Relève les valeurs d'A ; A1 et A2
- Ecrit la relation mathématique entre I ; I_1 et I_2
- Compare la valeur I à celles de la figure 4.



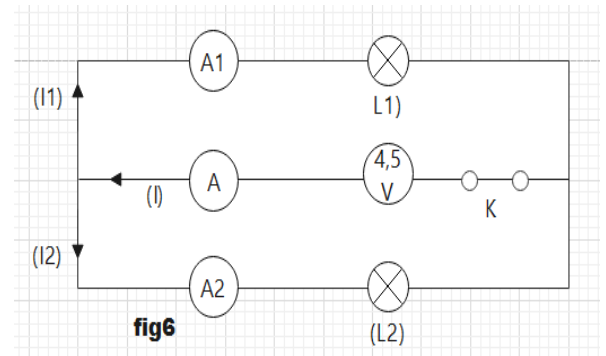
Activité 3 : Reprend le montage de la tache 2 en changeant la pile de 4,5 v par celle de 6v.

- Relève les valeurs des Ampèremètres A, A1 et A2.
- Compare – les aux valeurs obtenues avec la pile de 4,5V
- Interpréter cette variation de l'intensité de courant dans un circuit avec le changement de la pile

Activité 4: Mesure de l'intensité de courant dans un circuit parallèle. (Fig6)

Enlève la lampe (L2) du montage de MEDOU.

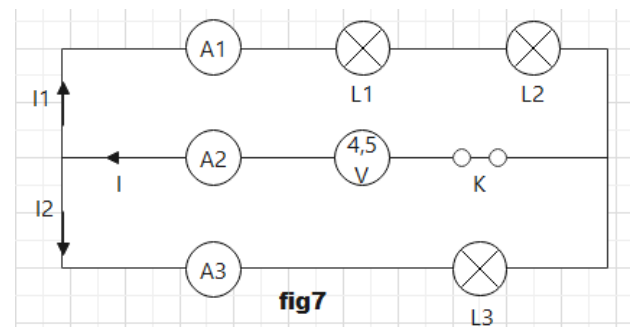
- Mesure l'intensité de courant dans toutes les branches.
- Ecrit une relation mathématique entre I ; I_1 et I_2



Activité 5 :

Remet la lampe (L2) à sa place (fig7)

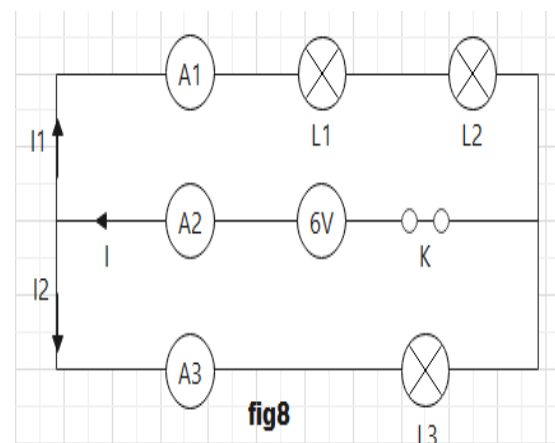
- Measure I ; I_1 et I_2 .
- Compare ces valeurs à celles précédemment obtenues sur la tâche 4
- Interprète tes résultats.



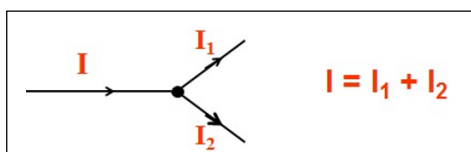
Activité 6 :

Dans le montage de MEDOU (fig8) :

- Remplace la pile de 4,5V par celle de 6V.
- Mesure I , I_1 et I_2 ; que peut-on conclure quand la valeur de tension charge ?
- Compare ces valeurs à celles obtenues à la (figure5)
- Interprète les résultats obtenus



ANNEXEN°7 : Outil-test – Circuit et élèves en activité.

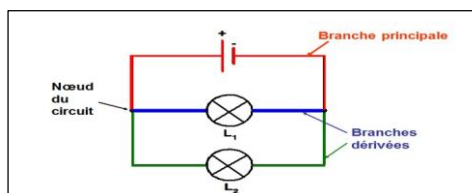


Répartition du courant



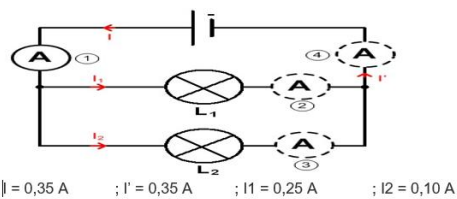
Multimètres

Types de multimètre

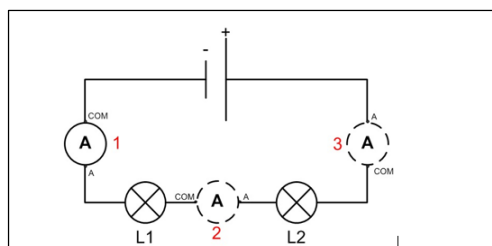


Montage en parallèle

di



$I = 0,35 \text{ A}$; $I' = 0,35 \text{ A}$; $I_1 = 0,25 \text{ A}$; $I_2 = 0,10 \text{ A}$



Mesure de l'intensité en série



Bornes du multimètre



Table des matières

REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
ABSTRAT	v
LISTE DES ABRÉVIATIONS	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE	5
CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE.....	6
1. Contexte et justification de l'étude.....	6
1.1 Contexte de l'étude.....	6
1.2 contexte institutionnel	8
1.3. Contexte spécifique aux sciences physiques	10
1.4. Justification du choix du sujet.....	13
1.5. Formulation du problème de recherche.	14
1.6. Questions de recherche.	15
1.7. Objectif de l'étude.....	16
1.8. Intérêt de l'étude.....	16
CHAPITRE 2 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	20
1. Clarification conceptuelle.....	20
2. Origine de la démarche d'investigation.....	25
2.1. Avènement par les sciences.....	25
2.2. Georges Charpack, fondateur de La main à la pâte.....	26
2.3. Le PRESTE (Plan de Relance de l'Enseignement des sciences et de la Technologie à l'école) d'après COSTA et al (2020).	27
2.4 Quelques caractéristiques de la démarche d'investigation.....	27
3. Epistémologie et histoire de l'électricité	28
3.1. L'électrostatique	28
3.2. Le magnétisme	29
3.3. Le courant électrique	29
3.4. L'explosion de l'industrie électrique au 19e siècle.	30
3.5. Relation entre le champ magnétique et le courant électrique.....	30
3.6. L'électromagnétisme	30

3.7. La machine électrique	31
3.8. L'expansion industrielle au 20 ^e siècle	32
4. Travaux antérieurs	33
4.1. Manipulation et représentation des circuits électriques simples par les enfants de 7 à 12 ans :	33
4.2. Apprendre et comprendre les concept clés de l'électricité :	34
4.3. Observation de chemins suivis par les élèves dans des bases de l'électrocinétique :	38
4.4. Séquence d'enseignement de l'électricité construite à partir des données épistémologique et didactiques : compte rendu d'innovation	41
5. Théories explicatives du sujet : Le socioconstructivisme	44
6. Formulation des hypothèses	46
6.1. Hypothèse de générale de l'étude (HG)	46
6.2. Hypothèses spécifiques :	46
7. Définition des variables et indicateurs	46
7.1. La variable dépendante (VD)	46
7.2. Les variables indépendantes (VI)	46
7.3. Définition opératoire de la variable dépendante.....	47
7.4. Définition opératoire des variables indépendantes.....	47
8. Tableau synoptique.....	48
PARTIE 2 : PARTIE EXPÉRIMENTALE	- 50 -
CHAPITRE 1 : MÉTHODOLOGIE	- 51 -
1 Le type de recherche.....	- 51 -
2. Site de l'étude.....	- 51 -
3. Population	- 51 -
4. Echantillon et technique d'échantillonnage.	- 52 -
5. Méthode et instrument de collecte des données	- 54 -
5.1. Méthode.....	- 54 -
5.2. Instrument de collecte des données	- 54 -
5.3. Analyse du contenu d'enseignement en électricité	- 56 -
5.4. Analyse à priori du pré-test	- 57 -
5.5. Analyse à priori du post test	- 62 -
5.6. Analyse du test	- 65 -
6. Analyse des données recueillies.	- 73 -
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES RES SULTATS	- 75 -

1. Présentation descriptive des donnés	- 75 -
1.1. Distribution des élèves selon le groupe	- 75 -
1.2. Distribution des élèves selon leur sexe.....	- 76 -
2. Analyse des données issues du pré -test	- 76 -
2.1. Récapitulatif des performances du groupe témoin au pré test.....	- 76 -
2.2. Récapitulatif des performances du groupe expérimental au pré-test	- 77 -
3. Présentation des données issus du post test.....	- 77 -
3.1. Récapitulatif des performances du groupe témoin au posttest	- 78 -
3.2. Récapitulatif des performances du groupe expérimental au post test	- 78 -
4. Développement des capacités en émission d’hypothèses	- 79 -
5. Développement des capacités sur l’activité d’expérimentation	- 79 -
6. Développement des capacités sur l’activité d’interprétation des résultats	- 80 -
7. Variabilité des performances générales des élèves en construction de leurs savoirs sur le concept d’intensité de courant électrique	- 80 -
8. Variabilité du niveau de développement des performances générales en fonction du groupe.....	- 80 -
9. Variabilité des performances générales en fonction du sexe de l’élève	- 81 -
10. Vérification des hypothèses.....	- 82 -
10.1. Vérification de l’hypothèse HR1 :.....	- 82 -
10.2. Vérification de l’hypothèse HR2.....	- 84 -
10.3. Vérification de l’hypothèse HR3.....	- 85 -
11. Récapitulatif.	- 86 -
CHAPITRE 3 : INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET IMPLIQUATION	- 87 -
1. Interprétations des résultats	- 87 -
2. Implications didactiques.....	- 89 -
2.1. Implications professionnelles	- 89 -
CONCLUSION	- 91 -
BIBLIOGRAPHIE	- 93 -
ANNEXE.....	- 96 -