

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix –Travail – Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDE I

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

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



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace –Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

DOCTORAL RESEARCH AND TRAINING
CENTRE IN SOCIAL AND EDUCATIONAL
SCIENCES

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

**Transposition informatique et construction du
concept de l'intensité du courant électrique en
classe de quatrième.**

Filière : Didactique des disciplines

Spécialité : Didactique de Physique

Mémoire présenté et soutenu le 12 avril 2022

Par

SIGHA TAKOUKAM Paul-Miki

18X3532



JURY

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

À Maman **MAGNE Cécile**

REMERCIEMENTS

À l'achèvement de notre recherche, nos remerciements vont à l'endroit de tous ceux et celles qui ont participé directement ou indirectement à son élaboration particulièrement

- le directeur de mémoire, le **Pr AYINA BOUNI**, pour son encadrement, son suivi de bout en bout, ses précieux conseils, ses orientations, sa disponibilité et sa patience ;
- le chef de département, Le **Pr NKECK BIDIAS Renée Solange** qui, malgré ses lourdes charges administratives et universitaires a accepté faire partie du jury. Je suis honoré, Professeur, de pouvoir bénéficier de votre regard critique, juste et avisé ;
- l'examineur de ce mémoire, le **Dr NJINGTI NFOR** qui a accepté d'évaluer ce travail, le temps qu'il a consacré, ses remarques et commentaires, source d'inspiration ;
- l'Inspecteur national de Chimie **M. BEEDI BAÏ Bertrand** pour ses précieux conseils et orientations ;
- les enseignants du département de Didactiques des disciplines pour leurs enseignements qui nous ont permis de réaliser ce travail ;
- les responsables et enseignants du département de PCT du Collège Christ-Roi d'Obout pour leur accueil et les dispositions prises pour la collecte de nos données et pour notre expérimentation ;
- à Mme **WIRKOM Mercy LIMNYUY**, pour sa patience, son soutien et ses encouragements.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
RÉSUMÉ.....	iv
LISTES DES ABRÉVIATIONS.....	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	- 1 -
PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	- 6 -
CHAPITRE 1 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	7
CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE.....	32
PARTIE 2 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATOIRE.....	41
CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE	42
CHAPITRE 4 : EXPÉRIMENTATIONS	54
CHAPITRE 5 : PRÉSENTATION ET DISCUSSIONS RÉSULTATS	65
CONCLUSION GÉNÉRALE	81
BIBLIOGRAPHIE	85
ANNEXE.....	89
TABLE DES MATIERES.....	I

RÉSUMÉ

Notre étude porte sur l'impact de la simulation interactive et l'expérimentation informatisée dans la modélisation par les élèves de la classe de quatrième de l'intensité du courant électrique dans un circuit fermé. Nous avons soumis à un même échantillon constitué de 30 élèves (répartis dans deux établissements) et ayant déjà reçu un enseignement sur l'intensité du courant électrique. Dans un premier temps, ils ont été soumis à un pré-test (questionnaire papier-crayon) qui a permis de mettre en évidence les difficultés (conceptions initiales) rencontrées par ces derniers sur le concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique. Dans un second temps, une séquence d'enseignement a été conduite avec l'ensemble des apprenants concernés à l'aide de simulations interactives et expérimentation sur ordinateur suivi d'un post-test. À l'aide d'une analyse statistique descriptive simple, les données quantitatives collectées ont été analysées et soumises au test T de *student* pour échantillon apparié afin de confirmer notre hypothèse de recherche. Les résultats obtenus lors de l'analyse des données issues du post-test montrent que le pourcentage moyen des bonnes réponses aux questions est de 71% après l'expérimentation alors qu'avant la séquence d'enseignement, il était de 24% pour les mêmes questions. Ces résultats ont montré que la transposition informatique favorise l'apprentissage de l'intensité du courant électrique par les élèves de la classe de quatrième. Ainsi, l'implémentation de la simulation interactive associée à l'expérimentation informatisée impacte la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

Mots clés : intensité du courant électrique – simulation – concept – circuit électrique – expérimentation.

ABSTRACT:

Our research examines the impact of interactive simulation and computerized experimentation in the modelling by students of year three secondary school of the electric current intensity in a locked circuit. Firstly, we submitted a pre-test (questionnaire) to 30 students (from two schools), to bring out their initial conceptions on the electric current intensity in an electric circuit. Secondly, we conducted a teaching sequence with all the 30 learners, by using interactive simulations and computerize experimentation, followed by a post-test. Using simple descriptive statistical analysis, the data was analysed by the paired-sample T test to confirm our research hypothesis. The results of the post-test show that, the average percentage of correct answers on questions is 71% after the teaching sequence while it was 24% before the sequence for the same questions. This result show that, teaching physical sciences based on didactic transposition facilitates the understanding of the concept of the electric current intensity in an electric circuit.

Key words: electric current intensity – simulation – concept – electric circuit – experimentation.

LISTES DES ABRÉVIATIONS

APC : Approche Par Compétences

Ddl : Degré de liberté

f.e.m : Force électromotrice

Ha : Hypothèse alternative

Ho : Hypothèse nulle

HP : hypothèse Principale

HS : Hypothèse spécifique

MINESEC : Ministère des Enseignements Secondaires

P.C.T : Physique – Chimie – Technologie

SPSS: Statistical package for social science

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

TICE : Technologie de l'information et de la communication éducative.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : La bouteille de Leyde	9
Figure 2 : Représentations de Volta et de l'expérience de Galvani sur une grenouille.	10
Figure 3 : Le cercle galvanique de Volta représenté par Bensaghir et Closset (1983).	11
Figure 4 Expérimentation sur le l'évolution de la conception du courant antagoniste par (Sarrazin et Genzling 1988).	24
Figure 5 Construction du sens de circulation du courant dans un circuit électrique simple. Source : (Benseghir, 2004).....	25
Figure 6 : Illustration de la zone proximale de développement (Raby & Sylvie, 2016, p. 119) 30	
Figure 7: interface du simulateur Phet1.0 en mode construction de circuit électrique.	46
Figure 8 Proposition des montages des circuits possibles de la situation problème	56
Figure 9: Proposition de schéma de montage (Groupe 1).....	57
Figure 10 : Proposition de schéma de montage (Groupe 2).....	57
Figure 11: Capture d'écran de montage de l'activité 5 (Fiche activité élève) réalisé par un groupe d'élèves.....	59
Figure 12: Capture d'écran de montage de l'activité 6.1 et 6.2 (Fiche activité élève) réalisé par un groupe d'élèves.....	61
Figure 13 : Capture d'écran de montage de l'activité 7 réalisé par un groupe d'élèves.	62
Figure 14: Capture d'écran du montage de l'activité 8 (Fiche activité élève) réalisé par un groupe d'élèves.....	63
Figure 15 : Croisement des scores des apprenants avant et après la transposition informatique	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Tableau synoptique de l'étude	40
Tableau 2: Analyse à priori du questionnaire pré-test.....	48
Tableau 3: Analyse à priori du questionnaire post-test	52
Tableau 4: Dépouillement des résultats du pré-test.....	66
Tableau 5: Résultat du pré-test.....	67
Tableau 6 Dépouillement des résultats du post-test	70
Tableau 7 Résultats du post-test.....	71
Tableau 8 : Statistiques pour échantillons appariés pour les questions I, II, III, IV et V.....	75
Tableau 9 Présentation du test T échantillons appariés pour les questions I, II, III, IV et V...	76
Tableau 10 : Statistiques pour échantillons appariés pour les questions VI et VII.....	77
Tableau 11 : Présentation du test T échantillons appariés pour les questions VI et VII.	77

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La recherche en didactique a fait l'objet de nombreuses études visant à améliorer l'enseignement et l'apprentissage des concepts de sciences physiques au cours de ces dernières années. Plusieurs résultats de recherche en didactique des sciences ont prouvé que les difficultés d'apprentissage sont responsables en grande partie des échecs observés chez les apprenants. Ces travaux ont également montré que la plupart des temps, ces difficultés sont liées au savoir lui-même. Pour surmonter ces difficultés, de nombreux pays ont entamé des réformes éducatives. Au Cameroun, les disciplines scolaires et les sciences physiques en particulier ont connus des réaménagements profonds de leurs finalités, leurs contenus, leurs stratégies et leurs méthodes d'enseignement par l'introduction de l'approche par les compétences (APC) dans l'enseignement secondaire en 2014. La culture de l'esprit scientifique chez les apprenants est devenue dès lors, un objectif majeur de l'enseignement des sciences physiques. L'une des finalités de l'éducation scientifique dans ces nouveaux programmes étant l'apprentissage des concepts de sciences physiques par l'apprenant, la compréhension de son environnement et la résolution des problèmes auxquels il sera confronté dans son quotidien. Ces concepts sont souvent très difficiles à comprendre d'une part et à enseigner d'autre part.

Les concepts physiques ont toujours posé d'énormes difficultés ; celui du courant électrique tel que l'explique Bachelard (1967) depuis les expériences de Galvani fut objet de beaucoup d'incompréhension entre les savants du XVII^e siècle et origine de l'introduction de nombreuses fausses conceptions du courant électrique. Des travaux récents ont permis de montrer que jusqu'à l'heure actuelle, ces représentations constituent un obstacle à l'apprentissage de l'électricité en générale et du courant électrique en particulier. Les études menées par Delacote et Tiberghien (1976) ; Closset (1983) ; Johsua et Dupin (1986) ; Benseghir (2004) ; Missonnier et Closset (2004) et (Szczygielski, 2009) ont permis de recenser les représentations que se font les apprenants du concept du courant électrique. Ces représentations ont d'après Bachelard (1967) pour principale origine, les expériences qui découlent de leurs vécus quotidiens. D'autres travaux comme ceux de Develay (1989), Kouhila (1998), Beaufils et Laecher (1999), Tatchou (2004) et Kane (2011) ont en appui de ces travaux, montré que beaucoup d'élèves et enseignants rencontrent des difficultés lors de la modélisation des concepts liés au courant électrique. La prise en compte de ces représentations par l'enseignant constitue le point de départ de toute activité d'enseignement-apprentissage, sinon, il devient obstacle à l'apprentissage. Il devient nécessaire de trouver une stratégie à mettre sur pied en vue de faire évoluer ces représentations vers celles qui sont le

mieux acceptées afin que l'apprenant soit à mesure de transformer ses conceptions en savoirs scientifiques. Pour Vygotsky (1985), l'apprentissage consiste à construire des connaissances en les confrontant à celle d'autrui. Ainsi, pour construire ses connaissances, l'apprenant doit les organiser et échanger avec ses pairs sous le contrôle du médiateur qu'est l'enseignant.

Pour pallier à ces difficultés, certains auteurs dans le monde ont mené des recherches indépendantes dans le but de faire évoluer ces représentations chez les apprenants :

En France, Sarrazin et Genzling (1988) ont mené une étude sur la modélisation du circuit électrique par (22 élèves) de la classe de cour moyen un en utilisant un questionnaire et un guide d'entretien permettant de recenser les conceptions des apprenants sur la circulation du courant électrique dans un circuit électrique simple comprenant une pile et une lampe. Il ressort de cette étude que la plupart des élèves interrogés ont des représentations du courant antagoniste. Pour faire évoluer cette représentation, les auteurs font recours à une expérimentation matérielle. Ce qui a permis à 19 élèves sur 22 de s'approprier le modèle de circulation partielle du courant dans un circuit électrique.

Une autre étude, avec pour même objet à savoir : construire un modèle circulaire partiel du courant électrique a été menée en Algérie par Benseghir (2004) sur 149 élèves de la classe de cinquième âgés d'environ 12 ans. La méthodologie utilisée par cet auteur se fait par une démarche hypothético-déductive. Les activités d'expérimentations proposées aux apprenants visant essentiellement l'introduction du débat scientifique entre eux afin de renforcer leur implication dans la construction de leur savoir. Il ressort de cette étude que, avant l'expérimentation, 79 élèves perçoivent la circulation du courant dans un circuit de façon antagoniste et après l'expérimentation, 86 parviennent à se représenter la circulation du courant dans un circuit comme une circulation partielle à l'extérieur de la pile.

Par la suite, Ayina et al. (2012) ont effectué une étude en France sur 22 élèves de la classe de terminale sur l'apport de la simulation dans la modélisation dans l'enseignement/apprentissage des concepts en science physique en particulier la conduction électrique dans une pile électrochimique. Les résultats montrent que la simulation par visualisation joue un rôle important dans les activités de modélisation des situations physiques en générale et des phénomènes d'électrocinétique en particulier. En effet, elle a permis à 80 % des élèves interrogés de comprendre les sites de circulations des différents porteurs de charges électriques.

Il ressort de ces travaux que les difficultés de compréhension des phénomènes électriques demeurent. Les activités expérimentales peuvent être d'un apport considérable dans l'évolution des représentations des apprenants sur les concepts relatifs au courant électriques. En effet, Kane (2011) explique que les buts affectés aux activités expérimentales dans les sciences sont multiples : développer des habilités manipulative, motiver les apprenants, favoriser l'apprentissage, développer des attitudes scientifiques..... Le fait d'expérimenter permet également de passer par le concret afin que les concepts soient acquis par les apprenants. Cependant, le manque de ces activités d'expérimentations dans les pratiques de classes et l'absence de matériel adéquat sont les principales causes de l'introduction ou de la consolidation de fausses représentations chez les apprenants sur le concept de l'intensité du courant électrique. Ceci étant, la transposition didactique traditionnelle devient une tâche difficile dans le sens où l'abstraction qui est perçu par Bachelard (1967), comme l'acte qui féconde l'esprit scientifique se fait de façon théorique et ne permet pas à l'apprenant de s'approprier la culture scientifique. Depover et al. (2007) proposent l'exploitation de l'expérimentation assistée par ordinateur car, c'est un procédé de modélisation qui fournit aux apprenants des outils (matériels et symboliques) pour supporter une compréhension en profondeur de la méthode scientifique du phénomène étudié. C'est dans cette optique que Beaufils et al. (1999) montrent que l'intégration des outils informatiques dans l'enseignement/apprentissage des sciences physiques, améliore les réalisations et apporte un gain de temps considérable dans les manipulations des expériences. Ainsi, il ressort de ces études que la simulation numérique interactive et l'expérimentation informatique facilitent la compréhension des phénomènes électriques. C'est dans cette logique que nous nous proposons dans cette recherche de mener une expérimentation en construisant une séquence d'enseignement-apprentissage à l'aide de la simulation informatique interactive associée à l'expérimentation informatisée afin de voir son impact sur l'évolution des conceptions des apprenants sur l'intensité du courant électrique dans un circuit simple. C'est ainsi que s'énonce notre question de recherche : **Quel est l'impact de la transposition informatique sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique ?**

L'objet de cette étude est de montrer comment la modélisation du concept de l'intensité du courant électrique en classe de quatrième peut-être facilité par l'apport de la transposition informatique en occurrence la simulation informatique interactive et l'expérimentation informatisée. L'hypothèse que nous énonçons pour cette étude est la suivante : **La transposition informatique facilite la construction du concept de l'intensité**

du courant dans un circuit. Pour la vérifier, nous utiliserons un dispositif méthodologique basé sur les enquêtes. Nous disposerons d'un échantillon de 30 élèves ayant déjà reçu un enseignement sur le concept de courant électrique. A l'aide d'un questionnaire papier crayon adressé aux élèves de la classe de quatrième en deux temps : un pré test administré à l'ensemble des élèves de l'échantillon pour recenser les différentes représentations qu'ils ont du concept d'étude. Le post test interviendra à la suite de l'activité d'expérimentation sur la modélisation du concept de l'intensité du courant électrique au moyen de la simulation et l'expérimentation informatique. Ce test nous permettra de valider nos hypothèses formulées avant l'implémentation de notre expérimentation.

Notre étude comporte deux parties essentielles : le cadre théorique de l'étude et le cadre méthodologique et opératoire.

Notre cadre théorique se subdivise en deux chapitres :

- Le premier chapitre constitue l'insertion théorique de l'étude. Il s'agit pour nous, de faire l'étude historique du concept de courant électrique. Ensuite, de passer en revue les travaux antérieurs en rapport avec notre objet d'étude qui seront utilisés dans la suite dans notre travail et enfin de définir les théories sur lesquelles va s'appuyer notre analyse.

- Le second chapitre présente la problématique dans lequel nous dégagons notre problème de l'étude, nos questions de recherche, les hypothèses, les variables correspondantes et nos objectifs.

La deuxième partie quant à elle traite de la partie méthodologique et opératoire de notre recherche. Elle se subdivise en trois chapitres.

- Le chapitre trois traitant de la méthode de recherche sur laquelle repose notre travail. Elle insiste sur les choix : de la population et de l'échantillon sur lesquels repose la partie empirique de notre travail, du dispositif de recueil des données et des activités d'expérimentation menées.

- Le quatrième chapitre expliquera comment s'est conduite notre expérimentation.

- Le cinquième chapitre de ce travail portera sur la présentation des résultats obtenus de la recherche ainsi que les perspectives qu'elle ouvre.

PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Cette première partie qui comprend deux chapitres, le chapitre qui est la revue de la littérature pose de manière critique les travaux en relation envers notre concept d'étude le courant électrique. Il construit progressivement les différents concepts et théories qui permettront d'analyser les expérimentations dans la suite de notre travail. Le second chapitre, la Problématique quant à lui définit le contexte général de l'étude en précisant sommairement les résultats de certains travaux antérieurs sur notre concept d'étude et énonce les questions et les hypothèses de la recherche.

CHAPITRE 1 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Ce chapitre constitue la construction du cadre théorique de notre travail. Pour y parvenir, nous allons respectivement faire une étude historique et épistémologique de notre concept d'étude, définir les termes clés de notre étude, faire la revue critique de la littérature en rapport avec notre objet de recherche, présenter les théories sur lesquelles va s'appuyer notre étude et terminer par la formulation des hypothèses et variables de notre travail.

1.1. Etude historique et épistémologique du courant électrique

Les recherches antérieures en didactique des sciences ont été conduites pour déterminer les difficultés d'apprentissage du concept de courant électrique. Ces différents travaux se sont appuyés sur divers cadres méthodologiques et ont abouti quasiment aux mêmes résultats : les élèves ont d'énormes représentations sur le concept de courant électrique. Ces conceptions posent des difficultés énormes sur la conceptualisation et la modélisation en électrocinétique. Pour présenter ces travaux, nous partirons d'une étude historique et épistémologique du courant électrique. Cela nous permettra de recenser les conditions dans lesquelles il a pris naissance et les différentes crises qu'il a surmontées. Cela nous ouvrira alors les portes aux travaux de recherche antérieurs sur le concept de l'intensité du courant électrique.

Selon Bachelard (1967), tout savoir scientifique est à tout moment de son évolution dans le temps déconstruit et reconstruit. En ce qui concerne le concept d'électricité, nul ne peut prétendre être l'inventeur de l'électricité. Elle est une forme d'énergie qui existe dans la nature sous la forme de foudre. Selon Cheikh (2016), le mot **électricité** fait référence à l'**Ambre jaune** qui est une résine fossile. En effet, depuis l'antiquité, à environ l'an 600 avant JC en GRECE, Thalès de Millet observait que, en frottant une barre de verre séchée par un fragment de soi, il attirait de petits bouts de papier, de paille et de cheveu ... En remplaçant la barre de verre par une barre d'ébonite ou du caoutchouc, on observait le même phénomène. Le verre, le caoutchouc et l'ébonite étaient alors appelés « **objets électrisés** » parce qu'ils se **chargeaient par frottement**. Les faits d'électrisations par frottement sont restés jusqu'à la fin du XIII^e siècle, les seuls faits connus et étudiés par la science de l'électricité appelée : **électrostatique**. Selon Laidler (1997), plusieurs études ont été poursuivies notamment ceux de Volta (1800), Faraday (1834) et ont permis de prouver l'existence d'une particule fondamentale de l'électricité qui est l'« **électron** ».

1.1.1. De l'électricité statique à l'électricité dynamique

Selon Cheikh (2016), jusqu'à une certaine époque (18^e siècle), l'électrostatique encore appelé « science de l'électricité », était la seule approche d'étude de l'électricité. Selon cet auteur, l'électricité s'obtenait par le frottement des corps transparents comme le verre. Le concept d'électricité positive et négative voit le jour sous les appellations d'« **électricité vitrée** » et « **électricité résineuse** ». Selon ce même auteur, les propriétés électriques observées sont considérées comme la manifestation d'une substance spécifique présente sur les corps électrisés : « fluide électrique ». Ce fluide est ainsi présenté comme étant composé

de deux fluides différents à savoir : le **fluide vitré ou positif**, et le **fluide résineux ou négatif**. Il pouvait se déplacer comme le montra Stephen Gray dans ses travaux, par des fils de soie, des métaux ou même à travers le corps humain à des substances qui ne la possèdent pas. Gray parvint donc à produire l'électrification sans contact et diviser les corps en conducteurs et non conducteurs. Dans la suite de ces travaux de Gray, Louis Guillaume Lemonnier obtiendra en 1746 un courant électrique instantané dans un long conducteur qu'il avait relié aux deux armatures d'une bouteille de Leyde (figure 1). Selon Bachelard (1967), cette bouteille fut l'objet de grandes curiosités. En effet, lorsqu'elle fut découverte, de nombreuses personnes à travers l'Europe gagnaient leur vie en organisant des séances de démonstration de cette découverte, ce qui suscitait beaucoup d'étonnement.

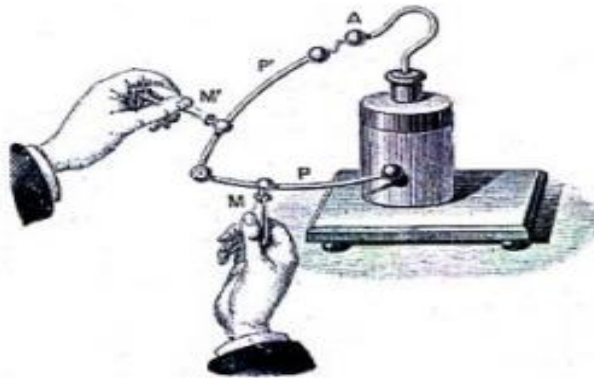


Figure 1 : La bouteille de Leyde

source : https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTT9mOPdOiiqVFZlcB4W-jQasngel_PVrGTA&s

Vers la moitié du XVII^e siècle, de nombreux physiciens vont répéter chacun ses expériences dans le but de s'étonner soi-même. Chacun voulait connaître cette « électricité parlée ». Ils organisaient des dîner électriques dans lesquelles « Franklin et ses amis tuèrent un dindon par commotions électriques et le firent rôtir avec un tournebroche électrique devant un feu allumé par une bouteille électrique » (Balacheff, 1994).

Vers la fin du XVIII^e siècle, grâce aux expériences de Galvani sur les grenouilles, la mise au point du premier électromoteur par Volta (1800), les phénomènes d'électricité dynamique se présentaient désormais comme un fait scientifique.

1.1.2. La naissance du courant électrique

Réalisées à partir des années 1789, Galvani parvint grâce à ses expériences à mettre en jeu pour la première fois de façon systématique, une situation de circuit fermé. Selon Bachelard (1967), lors des recherches de Galvani sur des grenouilles mortes plongées dans une solution saline, il les suspend à un balcon de fer par de petits crochets en cuivre qui

passent entre les nerfs lombaires et la colonne vertébrale. Il constate que les grenouilles mortes contractaient leurs muscles. Galvani émet alors l'hypothèse en accord avec les conceptions de son époque selon laquelle : c'est un fluide animal qu'il appela plus tard « **électricité animale** » qui passe des nerfs aux muscles ; il traverse le crochet de cuivre et la tige de fer et vient sur les muscles, les contractant à peu près comme le ferait une décharge électrique. Il conclut que « les plus propres à manifester les mouvements de décontraction sont ceux dont l'âge est plus avancé » (Bachelard, 1967) .

En 1792, Volta soutient d'abord cette hypothèse en précisant que le « fluide galvanique » n'est autre chose que le « fluide électrique » commun (Volta, 1801a). Il attribue l'origine de ce fluide au contact de deux métaux différents et ajuste donc le déséquilibre électrique dont parlait Galvani dans son expérience dans l'**arc conducteur**.

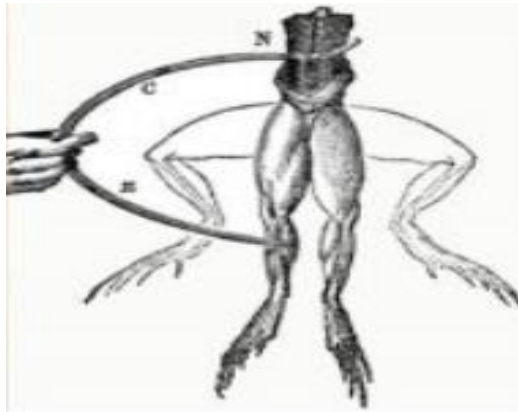


Figure 2 : Représentations de Volta et de l'expérience de Galvani sur une grenouille.

Source : https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTT9mOPdOiiqVFZlcB4W-jQasngel_PVrGTA&s
consulté le 06 février 2021

Par la suite, Volta lui-même, reprend avec précaution les expériences de Galvani (figure 2). D'après Bensaghir et Closset (1983), le principe général mis sur pied par Volta est de mettre en contact deux métaux conducteurs différents (argent et zinc) et de les relier, l'un au muscle de l'animal, l'autre au nerf de ce muscle (Figure 3). Au moment où le « cercle galvanique » dira-t-on en la circonstance, est fermé, le muscle « éprouve des convulsions ».

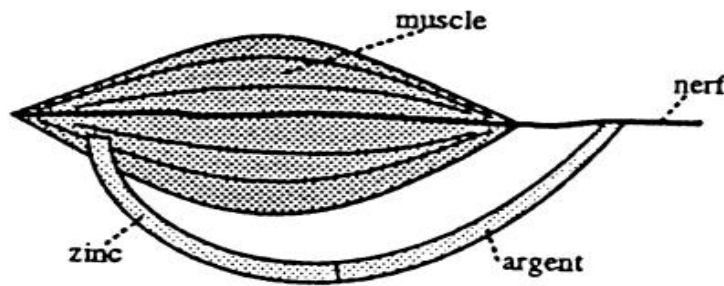


Figure 3 : Le cercle galvanique de Volta représenté par Bensaghir et Closset (1983).

Volta décrit ainsi son expérience : « **L'un et l'autre (argent et zinc) bien nettoyés et polis, se touchant immédiatement par un ou plusieurs points, déplacent du fluide électrique, rompent son équilibre, de manière à ce qu'il passe de l'argent au zinc, se raréfie dans l'un et se condense dans l'autre, s'y maintient avec ce double état de raréfaction et de condensation...** » (Volta, 1801b). L'explication de ces phénomènes qui comptent parmi les premiers effets d'électricité dynamique observés jusqu'à lors pose la question de l'identification de ce qui lui est cause. Dans l'immédiat, à défaut d'avoir une quelconque idée sur le fait nouveau, on l'associe à une substance de nature non spécifiée qu'il appela « fluide galvanique » qui plus tard, prendra le nom de « courant électrique » (Laidler, 1997).

1.1.3. L'invention batteries électriques

Bien avant les travaux de volta sur la production de l'électricité, Louis Guillaume Lemonnier avait, comme nous l'avons dit antérieurement, réussi à obtenir temporairement dans un long conducteur qu'il avait relié aux deux armatures de la bouteille de Leyde. Selon Laidler (1997), les travaux de Volta et de Nicholson et Carlisle ont incité des travaux supplémentaires sur la production du courant électrique. Selon lui, ces travaux avaient permis de réaliser que la pile de Volta était difficile à utiliser. Ils avaient montré qu'il était nécessaire d'immerger les plaques des métaux dans une solution. Ce dispositif portait alors le nom de batterie électrique mais qu'il convenait d'appeler pile électrique car la batterie devrait être réservée à plusieurs piles reliées ensemble. Dans la suite des autres travaux, plusieurs combinaisons de métaux furent utilisées par Children (1777-1852) et Davy (1778-1929) pour la fabrication d'énormes batteries. En 1808 Davy inventa la première lampe à incandescence en reliant les pôles d'une batterie par un fil de carbone.

Selon Laidler (1997), plusieurs piles électriques d'usage furent conçues par la suite notamment par le professeur Daniel (1838). Cette pile qui produisait une tension de 1,1 Volt consistait à un container contenant du sulfate de sodium dans lequel plongeait un fil de zinc dans une solution d'acide nitrique diluée. Toujours dans la même année, Robert Grove mettra sur pied une autre pile plus puissante que celle du professeur Daniel de tension variant entre 1,8 et 2 Volt. Cette pile était constituée d'une lame de zinc plongeant dans une solution d'acide sulfurique et d'une lame de Platine dans une solution d'acide nitrique. Ces deux solutions étant séparées par un matériel poreux.

1.1.4. La circulation du courant électrique et la particule fondamentale de l'électricité.

D'après Laidler (1997), les lois de Faraday sur l'électrolyse avaient une grande portée théorique. Elles suggéraient que l'électricité n'était pas continue et que les particules fondamentales étaient associées aux atomes. Mais, pensant à une électricité fluide c'est-à-dire continue, il pensait que si les atomes existent, ceux qui sont identiques portent la même électricité.

Selon Laidler (1997), la circulation du courant électrique fut expérimentée par les travaux de Oersted (1777-1851), professeur de physique lorsqu'il menait des études sur la relation entre l'électricité et le magnétisme. En effet, en approchant une aiguille aimantée près d'un fil relié aux bornes d'une batterie, l'aiguille avait tendance à tourner. Lorsque le courant était inversé, l'aiguille tournait dans l'autre sens. Cependant, il constata néanmoins que l'aiguille n'était pas attirée par le courant. Il suggéra que cette force qui faisait dévier l'aiguille n'agissait pas dans le conducteur, mais c'est sa circulation qui le faisait dévier.

Quelques années plus tard, Arago répéta les expériences de Oersted à l'académie de science à Paris en 1820. Cet exposé captiva l'attention du physicien français André Marie Ampère, qui n'ayant jamais travaillé sur l'électricité, va au cours de trois semaine reprendre les expériences d'Oersted et confirmer ses résultats tout en ajoutant ses résultats personnels comme le fait que **le courant électrique transporte des éléments présents dans des fils conducteurs**. Pour Laidler (1997), ce sont ses multiples travaux qui l'ont conduit à recevoir les hommages de Maxwell en tant que le « Newtons de l'électricité » et s'appropriera le nom de l'intensité du courant électrique : **l'ampère** (unité fondamentale du système international).

Les résultats des autres recherches dans le domaine de l'électricité et plus particulièrement ceux de Faraday à travers ses lois, ont prouvé l'existence d'une **particule fondamentale de l'électricité** : « **l'électron** » qui joue un rôle primordial dans la circulation

du courant électrique. Dans l'électrostatique, les corps qui ont des charges positives possèdent un déficit d'électron alors que ceux qui ont un excès d'électron ont des charges négatives. Le transfert de charges est perçu comme un mouvement d'électron. Dans l'électrocinétique, « le courant est transporté au solide conducteur par un flux d'électron » (Laidler, 1997).

1.1.5. L'intensité et la vitesse du courant électrique

La mesure de l'intensité du courant électrique fut expérimentée par les travaux qu'avaient poursuivis Ampère. Il émettait l'hypothèse selon laquelle la quantité de courant électrique qui traversait un conducteur pouvait être mesurée par son action sur une aiguille aimantée ou sur un second conducteur mobile. Selon Laidler (1997), c'est à la suite des expériences de Faraday sur l'électrolyse en 1833 que la quantité d'électricité peut être mesurée par la mesure des volumes de gaz qui se dégagent à une électrode ou par la masse de métal qui s'y dépose pendant un temps précis.

En ce qui concerne la vitesse avec laquelle le courant électrique circule à travers un conducteur, Laidler (1997) mentionne que la vitesse du courant électrique fut déterminée par Maxwell dans sa théorie de la radiation électromagnétique. Selon lui, la vitesse du courant peut être obtenue indirectement en comparant les résultats de deux différents ensemble d'unité : l'électrostatique et l'électromagnétisme. D'après Laidler (1997), Maxwell montra que la quantité d'électricité de courant électrique traversant un conducteur en un instant donné dépend de la vitesse avec laquelle ce courant traverse le conducteur.

1.2. Clarification des concepts

La définition des concepts clés de notre recherche nous permet de leur donner un sens bien précis et de lever tout équivoque sur notre sujet d'étude. Il sera donc question pour nous de présenter les différentes significations pour éviter toute interprétation sur notre sujet d'étude afin de mieux nous orienter dans notre objectif de recherche.

1.2.1. Enseignement et apprentissage

L'enseignement

Le concept d'enseignement a plusieurs définitions en fonction du champ ou courants de recherche dans lequel il est utilisé.

Selon les philosophes de l'éducation (Fenstermacher, 1986) et (Freeman, 1973) l'enseignement est un processus qui met en exergue une personne qui possède le savoir qui a l'intention de le communiquer ou de transmettre à une personne, qui initialement n'a pas ce

savoir,. Pour ces auteurs, l'enseignement consiste à un enseignant qui possède un savoir de le transférer à un apprenant qui est disposé à acquérir ce savoir.

Selon (Legendre, 1993), l'enseignement est un processus de communication en vue de susciter l'apprentissage ; ensemble des actes de communication et de prise de décision mises en œuvre intentionnellement par une personne ou un groupe de personnes qui interagissent en tant qu'agent dans une situation pédagogique.

D'après ces auteurs, l'enseignement consiste à susciter des activités d'apprentissage et les alimenter par des matériaux appropriés.

D'après les psychologues du développement (Ziv & Frye, 2004) ; (Csibra & Gergely, 2007); (Kruger & Tomasello, 1996)), l'enseignement une manifestation explicite de connaissance généralisables par un individu (enseignant), interprétation de ces connaissances par un autre individu. C'est un comportement par lequel un animal a l'intention qu'un autre apprenne une habileté ou acquière une information ou une connaissance qu'il n'avait pas précédemment. (Strauss, Ziv, & Stein, 2002) Voient l'enseignement comme une interaction spécialisée faisant appel à une cognition naturelle, dans laquelle on « détecte des écarts de connaissance et on engage les autres dans des activités pour diminuer ces différences ». Ces écarts de connaissance peuvent se manifester par des croyances erronées, les erreurs de compréhension ou des connaissances ou habilités partielles. L'enseignement engagerait donc une activité intentionnelle (du point de vue de l'intentionnalité, acquise tôt et sans instruction spécifique, et réalisée quotidiennement, en contexte scolaire ou dans la vie de tous les jours

Selon les sociologues comme (Kruger & Tomasello, 1996), l'enseignement est une activité sociale complexe, soutenue ou facilitée par de nombreux processus cognitifs et capacités parmi lesquels de langage, l'étayage, la lecture des intentions d'autrui. L'enseignement est une pratique, mise en œuvre par un enseignant, visant à transmettre des compétences (savoir, savoir-faire et savoir-être) à un élève, un étudiant ou tout autre public dans le cadre d'une institution éducative. Selon (Legendre, 1993) s'il n'y a pas d'apprentissage, il n'y a pas enseignement. Il y a donc une sorte de lien de causalité entre les deux entités. Il est donc difficile d'affirmer que l'enseignement est une condition nécessaire pour l'apprentissage

Apprentissage

Action d'apprendre selon Raynal et Rieulier (1997), c'est acquérir des informations ou des capacités ; intégrer de nouveaux schèmes dans sa structure cognitive ; construire de nouvelles représentations et de nouvelles connaissances et modifier son comportement. Apprendre, c'est modifier son comportement. Selon Carré et Charbonnier (2003), apprendre est un acte particulièrement complexe. La situation d'apprentissage non seulement se construit à partir d'un environnement spécifique, mais elle interpelle aussi la personne dans ses caractéristiques profondes. Apprendre signifie non seulement modifier son comportement, mais aussi, et surtout, changer la signification que l'on donne à son expérience.

Pour De Vecchi et Giordan (1990), l'apprentissage « est une activité basée sur des interactions entre l'individu, ses conceptions, ses caractéristiques (affectives, intellectuelles, sociales, etc.) et les expériences qu'il vit de manière directe ou indirecte ». L'individu reçoit des informations qu'il s'approprié ou non en fonction de la présence « d'accrocheur cognitifs », susceptible d'assimiler les informations nouvelles pour les transformer en savoir personnel. En effet, l'apprentissage est un ensemble de mécanismes menant à l'acquisition de savoir-faire, de savoir-être ou de connaissances. L'acteur de l'apprentissage est appelé apprenant.

L'apprentissage est une modification adaptative du comportement consécutive à l'interaction d'un individu avec son milieu. De plus, l'apprentissage doit être plus ou moins durable et, autant que possible, utilisable. Certaines modalités facilitent les apprentissages. Ces conditions ont été mises en lumière par les recherches sur les conditions de l'apprentissage. Un des premiers principes de l'apprentissage, c'est le principe de signification ; tout apprentissage doit être significatif, c'est-à-dire qu'il doit s'insérer dans un réseau de choses connues et vécues par l'apprenant.

1.2.2. Concept et construction d'un Concept

Le Petit Larousse (1991), définit le concept comme : « une représentation intellectuelle d'un objet par l'esprit ». Badiou (1972) quant à lui le définit comme une unité du discours scientifique.

Pour Astolfi J-P & al. (1997, P.23), un concept est un « ensemble d'éléments qui possèdent les mêmes attributs ». Quant à Legendre (1993), cité par Tatchou (2004), il est « **une représentation mentale et générale des traits stables et communs à une classe d'objets directement observables, et qui sont généralisables à tous les objets présentant les mêmes caractéristiques** ». Dans cette interprétation, nous retrouvons aussi l'idée de

création d'un objet par l'esprit. Mais la différence par rapport aux deux autres définitions précédentes se situe au niveau d'une classe d'objets qui présentent les mêmes caractéristiques.

La définition du concept retenue pour notre étude est celle défini par sa fonction par Vergnaud et cité par Tatchou (2004): « **un concept rend intelligible une situation grâce à une sélection de fait, une interprétation de leurs occurrences, une mise en relation qui elle-même génère et justifie cette relation** ». Le concept a une double fonction : produire du sens et produire une forme qui engendre d'autres opportunités d'intelligibilité, transformables d'une situation à une autre.

Pour Astolfi J-P & al. (1997, P.26), la **construction d'un concept** passe par un point de départ qui est un problème. Les étapes de résolution de ce problème par l'apprenant constitue les étapes de construction de ce dernier. Ainsi, pour cette étude, la construction du concept de l'intensité du courant électrique par les apprenants consistera à une situation d'apprentissage dont la résolution résulte d'une activité expérimentale.

1.2.3. Circuit électrique

Étymologiquement, le mot « circuit » vient du latin *circuitus*, *circuire* qui signifie entourer. Pour le dictionnaire électronique de matériel d'informatique et d'électricité (1996) cité par Paratore (2008), « le terme circuit est utilisé dans le sens de conducteur ou d'ensemble de conducteurs à travers lequel circulent des électrons ...un circuit est un chemin qui n'utilise pas deux fois le même arc et dont le nœud initial coïncide avec le nœud final ».

En électrotechnique, le circuit électrique est un ensemble de dispositifs ou de milieu dans lesquels peuvent circuler des courants électriques.

Pour Paratore (2008), c'est un ensemble de conducteurs, de récepteurs, alimentés par un générateur d'énergie électrique et pouvant comprendre un ou plusieurs organes de commandes et de protections n'ayant subi aucune réduction par rapport au système réel.

Dans la suite de notre travail, le circuit électrique sera considéré comme **une boucle constituée du générateur électrique du ou des récepteurs, des conducteurs et de l'interrupteur dans lequel peuvent circuler des charges électriques.**

1.2.4. Intensité du courant électrique

➤ Le courant électrique :

Lorsque l'énergie électrique est en quantité suffisante et si le circuit est fermé, les électrons libres peuvent se déplacer de façon agencée : chacun de ces électrons repousse celui qui est juste à côté de lui (car ayant la même charge électrique). Ce dernier va, à son tour,

repousser son voisin et ainsi, de proche en proche, les électrons vont se mettre en mouvement : **c'est le courant électrique.**

De ce qui précède, la construction du concept de courant électrique nécessite la connaissance des propriétés associées suivantes :

- L'origine du courant électrique dans un circuit électrique ;
- Le sens de déplacement du courant électrique ;
- L'intensité du courant électrique dans une branche de circuit électrique.

➤ **Intensité du courant électrique**

Le livre au programme de physique chimie technologie 4^{ième} définit l'intensité du courant électrique comme « une grandeur électrique dont dépend l'éclat d'une lampe » P. 40.

Dans le livre sciences physique et technologiques 4^e édition les classiques africains de Biwolé et *al.* (2001), « l'intensité du courant électrique est une grandeur physique qui caractérise la quantité d'électricité qui traverse une portion de circuit à un instant donné » P.68.

Nous retenons dans le cadre de cette étude que l'intensité du courant électrique comme **la quantité de charges électrique qui traverse un conducteur électrique pendant un temps donné.**

Toutefois, la construction de ces attributs du courant électrique passe par la construction de modèle dynamique, significative et représentatives du phénomène du courant électrique. La transposition didactique d'un tel concept est le résultat des adaptations des savoirs de références aux savoirs à enseigner et aux savoirs appris à partir d'un système didactique complexe. La complexité de certains phénomènes physiques rend souvent difficile leur transposition. Ce qui contraint les enseignants à faire recours à d'autres modes de transposition didactique. Seulement, l'absence de matériel de laboratoire dans certains contextes d'enseignement comme le cas du Cameroun réoriente plutôt vers une transposition informatique c'est-à-dire avec l'aide des outils de technologie de l'information et de la communication éducative (TICE).

1.2.5. La transposition informatique

D'après Balacheff (1994, pp.368), « la transposition informatique est le processus de création et d'utilisation des environnements informatiques pour la transformation des objets d'enseignement-apprentissage. » Selon Balacheff, la création d'un environnement d'enseignement-apprentissage conduit à une ou plusieurs nouvelles transformations de l'objet

d'enseignement. Transformation due à des contraintes matérielles qui affectent le savoir. Balacheff (1994) reconnaît les modifications de ces objets d'enseignement au niveau de trois « univers » constituant le dispositif informatique que sont :

- **L'univers interne** qui correspond au composant électronique autrement dit, au langage de programmation ;
- **L'univers externe** du sujet qui interagit avec le système informatique ;
- **L'univers de l'interface** qui est le lieu de ce qui est souvent désigné par Balacheff comme la « chosification » des connaissances.

L'univers externe et l'interface sont les deux univers qui nous concernent ; car ils tiennent compte de toutes les transformations relevant de l'interface et l'utilisateur que sont : la visualisation, la manipulation, la simulation et l'expérimentation directe d'éléments abstraits faisant ressortir leurs propriétés et attributs. En effet, la visualisation à partir de l'interface, d'un écran permet d'élargir le champ du visible, comme cela peut être le cas avec une lunette astronomique, un microscope ou un circuit électrique comme dans notre étude. Les images numériques permettent de visualiser des modèles abstraits qui décrivent des phénomènes physiques, des réactions chimiques ou des processus biologiques. En effet, À l'aide des outils de visualisation disponibles, il est possible de concrétiser des phénomènes abstraits, de dépasser des représentations erronées et de fonder de nouvelles compréhensions soit par simulation, soit par expérimentation.

1.2.6. Simulation informatique

Treuil *et al.* (2008) définissent **la simulation** comme est un ensemble de tests grâce auxquels il est possible d'opérer sur un modèle afin de raffiner sa compréhension et d'en tirer des connaissances nouvelles. De ce fait, elle apparaît dans le domaine de la recherche comme une méthode qui permet d'étudier les résultats d'une action sur un phénomène sans avoir à intervenir sur lui de façon réel. C'est ainsi que Depover *et al.* (2007 p. 87) la définissent comme « une représentation ou un modèle d'un événement, d'un dispositif ou d'un phénomène construit pour présenter et faire comprendre comment un système fonctionne ».. Bien qu'ayant existé avant l'apparition de l'ordinateur, les simulations numériques sont basées sur des algorithmes mathématiques très complexes : « La synchronisation par le traitement pas à pas » Varenne (2002).

La simulation informatique quant à elle est définie selon Varenne (2003) comme un traitement par ordinateur soit d'un modèle mathématique sans solution analytique, soit d'un

moteur d'inférence à base de règles : automates cellulaire, modélisation orientée objet . En éducation, elle constitue l'environnement dans lequel l'apprenant manipule des composants système de manière hautement interactive. Elle permet d'étudier et de comprendre le fonctionnement et les propriétés d'un phénomène modélisé et de prédire son évolution. Les interfaces des ordinateurs permettent ainsi de mettre sur pied des simulations très réalistes sur la base d'images de synthèse qui reflètent d'une manière souvent très fidèle la réalité. La simulation « est basée sur la modélisation d'un phénomène, d'un dispositif ou d'un processus que l'élève apprend à maîtriser en interagissant avec la simulation » (Alessi et Trollip, 2001) cité par (Depover, Thierry , & Vassilis, 2007). Il est important de souligner qu'une simulation n'est pas une représentation exacte d'un phénomène : elle est très souvent une simplification de celui-ci en omettant, changeant ou ajoutant des caractéristiques de ce phénomène. En effet, elle se base sur la modélisation d'un phénomène, d'un dispositif ou d'un processus que l'élève apprend à maîtriser lorsqu'il n'a pas la possibilité de le faire réellement

1.2.7. Expérimentation informatisée

Selon Kane (2011), La physique est une science expérimentale qui doit être enseignée comme telle. L'expérience étant le point de départ vers la recherche et le savoir ; « elle permet l'observation des phénomènes, la confirmation des hypothèses et la vérification des lois » (Slaïmia, 2014) cité par (Chekour, Laafou, & Rachid, 2015). Toutefois, dans un contexte dans lequel l'enseignement ou l'apprentissage se fait avec le manque d'équipement pour l'expérimentation matériel, l'on peut avoir recours à une expérimentation virtuelle autrement dit, « une expérimentation assistée par ordinateur » (ExAO) (Depover, Thierry , & Vassilis, 2007). Le recours à l'expérimentation informatisé se fait lorsqu'il n'est pas possible de réaliser l'expérience réelle lorsqu'elle est très coûteuse ou trop longue.

Pour Depover et *al.* (2007, p.110), **l'expérimentation assistée par ordinateur** est « une utilisation didactique de l'ordinateur qui permet d'effectuer des expériences à l'aide de logiciels spécialisés et d'un outil spécifique couplé à un ordinateur ». Ces programmes offrent à l'apprenant de nouvelles possibilités d'explorer et d'appréhender le monde et de le représenter symboliquement de manière à accroître sa compréhension du phénomène qu'il étudie. En effet, l'émergence des ordinateurs a été très bénéfique pour les sciences physiques. Elle permet de faire des expériences numériques à partir de lois gouvernantes les phénomènes étudiés tandis que les expériences matérielles sont souvent très coûteuses et même risquées.

Le fait d'expérimenter virtuellement permet de modéliser un concept par des simulations assistées par ordinateur afin que ces notions soient mieux acquises par les apprenants. De nombreux travaux dans le domaine de l'expérimentation informatisée ou de la simulation informatique en sciences physiques ont montré la contribution de ces outils dans la modélisation des concepts de sciences physiques.

1.3. Revue de la littérature

1.3.1. Les représentations des apprenants sur le courant électrique

Depuis leurs jeunes âges, les enfants ont déjà des représentations des phénomènes électriques. Ils perçoivent souvent l'électricité comme un fluide ou comme des grains de lumière qui coulent vers la lampe. Les conceptions des apprenants sur l'électricité sont particulièrement nombreuses, et beaucoup d'entre elles s'éternisent avec le temps, parfois même jusqu'à l'université.

1.3.1.1. Le raisonnement à « courant unipolaire » ou « modèle unifilaire »

Ce raisonnement a été élucidé avec précision dans les travaux de Delacote et Tiberghien (1976) lorsqu'ils cherchaient à savoir comment les enfants de 7 à 13 ans de l'école primaire manipulent, observent, et comment ils représentent les phénomènes observés lors des manipulations des circuits électriques simples contenant une pile, des fils et des ampoules. En demandant aux élèves d'allumer une ampoule avec le matériel dont ils disposent (une pile cylindrique, une ampoule de 3,5V et le fil), l'agencement général des éléments consiste essentiellement à relier la pile et l'ampoule par un seul fil : l'ampoule et la pile sont alors vues comme **des objets unipolaires** : La liaison entre la pile et l'ampoule semble être anticipée par les enfants selon un modèle unipolaire.

1.3.1.2. Le raisonnement à « courants antagoniste »

Le raisonnement à « courants antagoniste » est fortement observé chez les apprenants même les plus brillants âgés de plus de 10 ans. Lorsqu'il leur est demandé de montrer le chemin parcouru par le courant électrique dans le circuit, Benseghir (2004) recueille auprès des apprenants les affirmations de la sorte : «Lorsqu'on relie les deux fils aux bornes de la pile, dans le premier fil se déplacent des électrons positifs alors que dans le deuxième fil se déplacent des électrons négatifs. Puisqu'ils ont des signes différents, il est évident qu'il y aura attraction ; chaque signe + s'unit avec un signe - dans le filament et la lampe s'allume ». À la question d'expliquer par écrit et au moyen d'un dessin pourquoi l'ampoule s'allume lorsqu'on relie ses deux bornes à celles d'une pile. Les branchements effectués par les apprenants dans

l'étude de Delacote et Tiberghien (1976) mettent en relief les représentations sur le modèle des courants antagonistes. Et les travaux de Closset (1983) ont permis d'avoir d'autres justifications des apprenants en ces termes : « Un courant + sort d'une des bornes de la pile et va vers la lampe et qu'un autre courant - sort de l'autre borne de la pile pour rejoindre le premier dans la lampe ». De leur rencontre naît la lumière comme résultat d'une sorte de conflit.

Les travaux issus de ces recherches montrent que certaines de ces conceptions évoluent avec le niveau scolaire contrairement à la conception des « **courants antagonistes** » qui persistent. Kastenbaum (1984) montre que plus 40% des élèves d'environ 12 ans en classe de 5^{ème} utilisent ce modèle pour expliquer les phénomènes dans un circuit en série comportant plusieurs ampoules. Cette représentation diminue selon lui jusqu'à devenir pratiquement inexistante chez les apprenants lorsqu'ils atteignent l'âge de 17 ans.

1.3.1.3. Le raisonnement à « courant constant »

Selon ce modèle, les apprenants considèrent le générateur comme un composant qui débite toujours le même courant quel que soit le circuit. Cette représentation « à débit constant » est très résistante chez les apprenants. Missonnier et Closset (2004) montrent que, pour répondre aux interrogations sur l'intensité, l'apprenant considère toujours le générateur ayant un débit constant quelles que soient les modifications qu'on apporte à l'ensemble du circuit. Il cherche à rendre compte des échanges énergétiques dans une relation de causalité linéaire : C'est la pile qui impose un débit au circuit. Dans ce raisonnement, les structures cognitives des apprenants transforment l'enseignement sur l'unicité du courant dans un circuit en « courant constant » ; Adaptant ainsi « le discours de l'enseignant aux moindres frais pour renforcer les capacités déjà présentes » (Closset, 1983). Elle représente l'une des difficultés majeures rencontrées par les élèves en électrocinétique du collège. Même à l'université, seuls certains étudiants spécialisés en physique en master arrivent à le franchir malgré d'énormes difficultés.

1.3.1.4. Le raisonnement « séquentiel »

Du fait de sa particularité et de sa ténacité à disparaître chez les apprenants malgré des enseignements appropriés, le raisonnement séquentiel en circuit électrique est l'un des raisonnements ayant fait objet de plusieurs travaux et publications en didactique de physique. « C'est un raisonnement intuitif, essentiellement local, où l'on suit le circuit comme un fleuve de sa source à l'embouchure et où l'aval n'influence pas l'amont » (Szczygielski, 2009). Dans ce type de raisonnement, le circuit électrique n'est pas perçu comme un système. Les élèves

considèrent chaque élément de celui-ci en termes d'avant (amont) et après (aval). « Ils en font une lecture séquentielle dans le sens du courant » (Johsua & Dupin, 1986) et l'information transmise par le courant électrique transite dans le sens du flux ; de l'amont à l'aval, une modification en aval n'affectant pas ce qui se passe en amont. Ainsi, il apparaît que le « débit initial est indépendant du circuit ». Tout se passe comme si la pile constituait une accumulation de quelque chose de matériel qui soit fourni par elle à débit constant et tous les éléments qui se trouvent en aval n'influencent pas l'amont.

Le raisonnement séquentiel prend naissance chez les élèves pendant l'introduction de la notion de courant en électrocinétique, grandeur qui est utilisée fréquemment tant par les apprenants que par leurs enseignants, par rapport à celle de différence de potentiel. Les effets de ce raisonnement prennent des formes élémentaires au début de l'enseignement de l'électricité, tel que « l'usure du courant le long du circuit électrique, pour se retrouver sous des formes plus subtiles en fin de cursus universitaire et même chez des physiciens de métier » (Closset, 1983).

1.3.1.5. Le raisonnement local

Le raisonnement local est décrit selon Szczygielski (2009), comme le fait que les élèves concentrent leur attention sur un point du circuit en oubliant les autres éléments du circuit. En effet, selon leurs conceptions, changer un élément du circuit n'affecte pas les grandeurs liées à celui-ci. Ainsi, changer la valeur d'une résistance dans un circuit n'affecte pas la valeur de l'intensité du courant traversant le générateur. Ce raisonnement se fait le plus souvent en termes de courant et la notion de différence de potentiel apparaît comme une grandeur non adaptée.

1.3.1.6. Les représentations sur le Circuit série et Circuit parallèle

L'unicité du courant dans un circuit en série s'établit progressivement pendant son enseignement. Mais devient cependant très fragile car elle ne s'appuie pas sur une vision exacte du rôle du générateur dans un circuit. Cette faiblesse « apparaît clairement dès que l'élève est confronté à des circuits avec dérivation » (Johsua & Dupin, 1986). La pile est considérée par les apprenants comme un générateur de courant constant qui se répartit dans les différentes branches du circuit quels qu'en soient ses constituants.

1.3.2. Travaux antérieurs sur la construction du concept de courant électrique

Selon Closset (1983), les raisonnements en électrocinétique trouvent leurs origines soit dans la mauvaise compréhension et interprétation du phénomène physique, (raisonnement

séquentiel, raisonnement locale) soit des difficultés liées au langage (circuit en dérivation, circuit en série). Reconnaître ces représentations en fonction du niveau des élèves et leur prise en compte avant, pendant et après tout enseignement sur les concepts de circuit électrique est un atout pour les enseignants. D'après Soudani et al. (2009), **l'électrocinétique est à la croisée des représentations graphiques, de l'expérimentation matérielle, de l'expérimentation de pensée qu'on appelle expérience possible, du raisonnement qualitatif mais également quantitatif.** Son enseignement est fortement ancré sur l'expérimentation et aide l'enseignant à mettre sur pied des stratégies adéquates pour permettre leur dépassement. Missonnier et Closset (2004) émettent l'hypothèse selon laquelle l'apprenant apprend un concept par une construction qui se fait à partir de ses représentations et de ses structures cognitives, en interaction avec son environnement. Ainsi, l'activité intellectuelle de l'apprenant est centrale et chaque apprenant réalise l'apprentissage d'un concept de façon personnelle. Le processus d'apprentissage consiste donc à transformer des structures cognitives pour passer d'une cohérence à une autre. Pour ce faire, **Une première étape consiste à le rendre actif, le pousser à s'interroger, et en seconde étape, lui permettre de s'approprier la nouvelle connaissance.** C'est-à-dire, engager les apprenants dans la résolution des situations problèmes.

Nous nous proposons dans ce qui suit de présenter quelques les travaux en didactiques qui mettent en exergue les contributions de l'expérimentation dans la construction des concepts relatives au circuit électrique.

1.3.2.1. La déconstruction du modèle de courant antagoniste et la construction du sens du courant dans un circuit électrique simple.

Sarrazin et Genzling (1988) ont réalisé leur étude en France sur la modélisation du circuit électrique en classe de cour moyen un en utilisant comme méthodologie un questionnaire et un guide d'entretien permettant de recenser les conceptions des apprenants sur le sens de la circulation du courant électrique dans un circuit électrique simple comprenant une pile et une lampe. Ils ont interrogé 22 élèves qui avaient déjà reçu un enseignement sur le circuit électrique. Quelques représentations recueillies sur cette recherche sont les suivantes :

- « Deux courants partent simultanément des bornes + et – de la pile et se "choquent" dans l'ampoule ou le moteur. Ce « choc » permet à l'ampoule de briller ou au moteur de tourner. »
- « L'intensité n'est pas la même avant et après une résistance ».

Pour construire **le sens du courant électrique** et déconstruire la représentation du modèle de courant antagoniste chez ces élèves, ils font recours à une diode après avoir expliqué son fonctionnement. Pour que ces derniers abandonnent cette représentation, le schéma de montage de la (figure 4A) leur est présenté. Il leur est demandé de dire si l'ampoule va s'allumer et pourquoi ; ceci sans réaliser le montage.

Les résultats du questionnaire montrent que :

- 09 élèves sur 22 estiment que l'ampoule va s'allumer car les deux bagues de chaque diode sont reliées au pôle - de la pile. Pour les autres (figure 4B), « l'ampoule ne va pas s'allumer car le courant (1) qui arrive par le grand bout de la diode (a) pourra passer mais le courant (2) qui arrive par le petit bout de la diode (b) ne pourra pas passer » (Sarrazin & Genzling, 1988).
- Vingt (20) élèves estiment que lorsqu'on ouvre un circuit, aucun courant n'y circule.



Figure 4 Expérimentation sur le l'évolution de la conception du courant antagoniste par (Sarrazin et Genzling 1988).

Après l'expérience, la lampe s'allume et ils abandonnent alors l'idée de deux courants antagonistes au profit de la circulation à un seul courant. Le modèle ainsi construit par les apprenants permet de construire le sens de circulation du courant dans un circuit électrique simple.

Le modèle de courant électrique ainsi construit par les auteurs au travers de l'expérimentation matérielle permet de faire évoluer le modèle de courant antagoniste chez les apprenants dans un circuit électrique simple. Cependant, les limites que nous portons sur cette étude sont celles d'un manque de dévolution au problème. Il ne permet pas également de construire **le concept de l'intensité du courant électrique et de déconstruire d'autres représentations comme celles du fluide en mouvement ou du raisonnement séquentiel.**

1.3.2.2. La construction du modèle circulatoire partiel du courant électrique par Benseghir (2004)

La recherche menée par l'auteur s'est faite sur 149 élèves de la classe de cinquième âgés d'environ 12 ans en Algérie et n'ayant reçu aucun enseignement sur le circuit électrique. L'objectif poursuivi par cet auteur est d'amener ces élèves à s'approprier **un modèle circulatoire partiel** du courant électrique par le biais d'une démarche hypothético-déductive. Les activités d'expérimentations proposées aux apprenants visent essentiellement l'introduction du débat scientifique entre les apprenants afin de renforcer leur implication dans la construction de leur savoir.

La méthodologie employée par cet auteur fait appel à deux situations expérimentales qui se différencient par leur fonction épistémologique et didactique. La première, intervient au début de l'enseignement et sert d'appuis à la dévolution. La seconde permet de valider la précédente. Sa fonction didactique est de permettre l'exercice du jeu hypothético-déductif et de favoriser le dépassement de l'obstacle à l'apprentissage. Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire papier crayon constitué de 5 questions à réponse ouvertes et à choix multiple.

Pour faire évoluer la conception principale de deux courants antagonistes vers la conception circulatoire chez les apprenants, Benseghir (2004) provoque un **débat** entre eux sur les explications possible du sens du courant dans un circuit simple d'une lampe alimentée par une pile. Ne parvenant pas à trouver une entente après les discussions, il propose alors une **expérience test** avec l'aide de deux boussoles qui sont mis sur chaque fil conducteur du circuit. Lorsque le circuit est fermé, les deux aiguilles aimantées dévient, en sens contraire, d'un certain angle par rapport à leur direction initiale (figure 5).

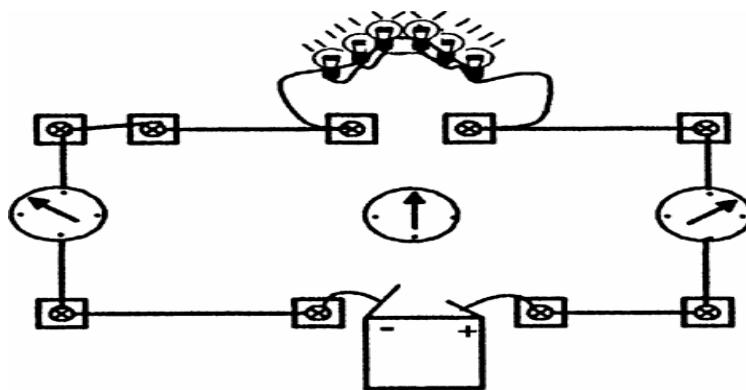


Figure 5 Construction du sens de circulation du courant dans un circuit électrique simple.

Source : (Benseghir, 2004)

Les résultats de cette étude ont montré que : La séquence d'enseignement construit et présentée a permis de faire évoluer la conception des « courants antagonistes » vers une conception circulaire partielle chez des élèves de collège novices.

Fréquence des réponses à la première question : *Pour allumer une petite ampoule électrique, on relie ses deux bornes à celles d'une pile. Expliquer par écrit et au moyen d'un dessin pourquoi l'ampoule s'allume.*

Avant la séquence d'enseignement,

	A	B	C	Divers
8 ^e AF N=149	8	79	12	1

Après la séquence d'enseignement,

	A	B	C	Divers
8 ^e AF (exp.) N=149	0	5	86	9

Source : (Benseghir, 2004)

A : Courant unipolaire

B : courant antagoniste

C : Courant unique circulant dans la partie du circuit extérieure à la pile avec usure au retour

D : Courant unique circulant le long du circuit (pile comprise) avec conservation de l'intensité, (modèle de référence)

L'utilisation des boussoles a permis de dégager un espace d'engagement dans le processus d'apprentissage important pour les apprenants. Preuve que les activités d'expérimentation matérielle sont d'un apport considérable dans la construction du concept de courant électrique.

Cependant, le changement de conception des apprenants s'est accompagné d'une mutation du problème initial en une inquiétude insistante chez ces derniers : celui de l'usure de la pile.

Comme limites recensé ici, malgré le fait que les conceptions des apprenants sur le courant aient évoluées (évolution de 45% de la représentation du courant antagoniste et de 49% pour la représentation du courant unique avec usure.) le modèle ainsi construit reste toutefois limité car,

- Il n'a fait permis aux apprenants de construire le courant électrique dans un circuit comme un courant unique circulant dans tout le circuit y compris à l'intérieure de la pile : modèle de référence ;
- Le modèle du courant électrique construit par l'expérimentation ne permet pas de construire l'intensité du courant électrique. En effet, les réponses des apprenants laissent présager la persistance de la représentation de « circulation de courant avec usure » et dont l'intensité débité par la pile n'est aucunement aux caractéristiques des autres éléments du reste du circuit.

Ce sont ces deux limites font partie des motivations qui nous orientent dans la poursuite du processus de modélisation engagé à travers un autre mode de transposition comme la transposition informatique.

1.3.2.3. Savoirs et savoir-faire associés à l'utilisation d'instruments informatisés dans des activités de travaux pratiques de physique. (Beaufils, Richoux, & Camguilhem, 1999)

Les auteurs ont cherché à montrer comment utiliser des moyens informatiques comme instrument dans les expériences de sciences physiques. Pour y parvenir, ils partent d'une analyse des fiches protocoles et observations de classe pour arriver à hiérarchiser les savoirs et savoir-faire qu'ils considèrent comme exigible pour l'introduction des outils numériques et informatiques.

Pour Beaufils et *al.* (1999), l'introduction des outils informatiques entraine une grande modification dans les activités, les connaissances et les compétences des apprenants. Ils permettent de produire de nouveaux savoirs et savoir-faire.

L'analyse des fiches protocoles a permis aux auteurs de lister quelques **savoirs** (connaitre le vocabulaire général ; Connaitre les commandes logicielles ; connaitre les méthodes et moyens scientifiques ...) et **savoir-faire** (savoir se déplacer dans un menu de commande ; savoir utiliser une procédure ; savoir mettre en œuvre les méthodes scientifiques...)

La distinction ainsi faite permet de différencier d'abord, un premier niveau de compétences permettant d'utiliser les logiciels à la demande de l'enseignant, ensuite un niveau de maitrise qui permet à l'apprenant de mettre lui-même en œuvre une procédure pour résoudre un problème.

Les résultats montrent que l'intégration des outils informatiques dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques, améliore les réalisations et contribue à un gain de temps considérable dans les manipulations des expériences. Il faut cependant tenir compte des savoirs et savoir-faire dont ils préconisent : les « **compétences exigibles** ». Pour que cela ait des résultats considérables, Il est nécessaire d'assurer une bonne articulation avec les autres disciplines comme la mathématique ou l'informatique.

1.3.2.4. Analyse de la conduction électrique dans la pile électrochimique : modélisation de ce phénomène par les élèves.

(Ayina Bouni, Olfa, & Mohamed, 2012)

Le travail présenté par ces auteurs traite de l'apport de la simulation dans la modélisation dans l'enseignement/apprentissage des concepts en science physique. Pour y arriver, les auteurs font visionner deux simulations de fonctionnement des piles électrochimiques. À partir des résultats du questionnaire qu'ils soumettent aux élèves (22 choisit volontairement) en deux temps (avant et après l'expérimentation), ils en font une analyse didactique et épistémologique pour voir l'évolution des conceptions des élèves sur la circulation des porteurs de charges électrique.

Les résultats montrent que la simulation par visualisation peut jouer un rôle important dans les activités de modélisation des situations physique en générale et des phénomènes d'électrocinétique en particulier. En effet, elle a permis à 80 % des élèves interrogés de comprendre les sites de circulations des différents porteurs de charges électriques.

Toutefois, les résultats de cette étude montrent que l'intégration de ces simulations peut jouer un rôle très important dans la facilitation de la construction des concepts relatif au courant électrique. Nous pensons que pour être dans une logique constructiviste des savoirs avec une place importante accordé à l'apprenant, le processus de simulations doit être interactif et doit permettre aux apprenants d'émettre des hypothèses ou tout simplement remplacé par l'expérimentation assistée par ordinateur. Cela aidera l'apprenant face à un problème, à émettre des hypothèses et à les vérifier au moyen de l'expérimentation informatisée. C'est la raison pour laquelle, nous nous proposons dans notre étude de construire une séquence d'enseignement basée sur transposition informatique de l'intensité du courant dans un circuit électrique afin de permettre sa bonne compréhension par les apprenants.

1.4. Théorie explicative du sujet : socioconstructivisme de Vygotski

Influencé par les travaux de Piaget sur le constructivisme, le socioconstructivisme, encore appelé « sociocognition » ou encore « constructivisme social » pour citer Bächtold (2012), se fonde sur des interactions, des échanges, du travail de construction et de collaboration. Développé en 1985 par Vygotski puis par Bruner en (1960), elle est une théorie selon laquelle, l'apprentissage est perçu, non pas par une transmission des connaissances par l'enseignant, mais comme « l'aboutissement **des activités sociocognitives liées aux échanges didactiques entre enseignant/apprenant et apprenant/ apprenant** » (Bächtold, 2012). Selon cette théorie, l'apprenant construit son savoir grâce à ses connaissances et expériences antérieures par l'intermédiaire d'échanges et de partages d'idées avec ses pairs ou avec son enseignant. Autrement dit, ce modèle d'apprentissage que propose Vygotski, joint le rôle social des apprentissages à la théorie constructiviste et « les apprenants construisent les savoirs aussi grâce aux interactions » (Chekour & Mohammed, 2002). Selon Vygotski (1985), l'apprentissage ne se résume pas seulement à une adaptation au milieu ; c'est en transformant son milieu par l'intermédiaire d'outils (objet matériel et mentaux) qu'il se transforme lui-même. Pour construire ses connaissances, Vygotski montre comment l'enfant parvient à construire ses connaissances. Lorsque l'enfant entre en contact avec les objets créés et extérieurs à lui, il découvre une nouvelle façon d'agir sur le réel. Il se rend compte qu'il est possible d'insérer un intermédiaire entre son action propre et la réalité qu'il veut modifier.

Lorsque Piaget soutient qu'un apprenant ne peut résoudre un type de problème que lorsqu'il a atteint un certain niveau de maturité, Vygotski suppose deux situations :

- La situation dans laquelle l'apprenant peut accomplir seul certaines tâches et, ainsi, construire des savoirs ;
- La situation dans laquelle l'apprenant peut accomplir une tâche avec l'assistance d'une aide.

C'est dans cette perspective que Vygotski propose le concept de « **Zone Proximale de Développement (ZPD)** » encore appelée **zone prochaine de développement**. Elle se définit comme « la distance entre deux niveaux: celui du développement actuel, mesuré par la capacité qu'a un enfant de résoudre seul des problèmes, et le niveau de développement mesuré par la capacité qu'a l'enfant de résoudre des problèmes lorsqu'il est aidé par quelqu'un », Bertrand, (1998) cité par (Raby & Sylvie, 2016).

Vygotski (1985) définit la zone proche de développement comme une zone dans laquelle les apprentissages qui étaient difficilement accessibles à l'apprenant deviennent accessibles à l'aide d'un accompagnement juste de l'enseignant. La ZPD est la distance entre deux niveaux : celui **du développement actuel**, mesuré par la capacité qu'a un enfant de résoudre seul des problèmes, et le **niveau de développement mesuré** par la capacité qu'a l'enfant de résoudre des problèmes lorsqu'il est aidé par quelqu'un. Elle se situe entre la zone dans laquelle l'apprenant parvient à résoudre un problème par lui-même, « zone d'autonomie », et la zone dans laquelle l'apprenant parvient difficilement à résoudre un problème, même avec l'aide de l'enseignant. Autrement dit, c'est l'écart entre ce que l'apprenant sait faire avec l'aide d'autrui et ce qu'il ne sait pas faire tout seul (figure 6).

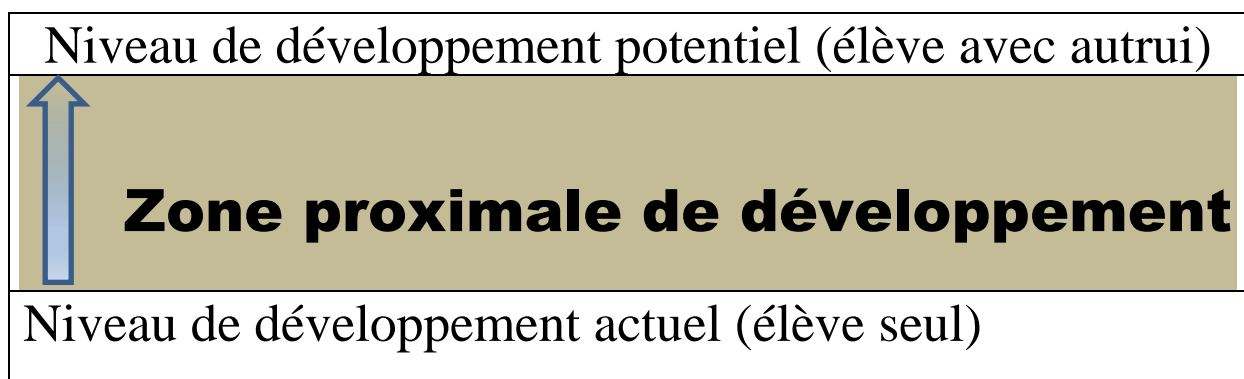


Figure 6 : Illustration de la zone proximale de développement (Raby & Sylvie, 2016, p. 119)

La zone proximale de développement renvoie donc à la zone d'apprentissage optimal pour l'apprenant, c'est la zone qui est parfaitement appropriée pour qu'il y ait apprentissage chez un apprenant.

L'ensemble des interventions de l'enseignant en vue d'accompagner l'apprenant dans son apprentissage doivent s'effectuer dans cette zone de développement. Une assistance apportée à un apprenant dans cette zone lui permet de s'emparer graduellement des méthodes proposées afin de les appliquer dans une autre situation qu'il pourra effectuer tout seul. L'exploitation de cette zone par l'enseignant est primordiale afin d'apporter à l'apprenant des moyens, techniques et outils conformes à ses besoins d'apprentissage. D'après Raby & Sylvie (2016), lorsque l'enseignant connaît cette zone, il peut concevoir des activités plus facilement lesquelles correspondent aux besoins spécifiques de chacun de ses apprenants. La zone prochaine de développement ne s'avère pas être seulement le lieu de construction et d'actualisation de savoirs et compétences ; elle est également un lieu social où les individus interagissent et se construisent des identités.

Pour Bruner (1984) cité par Alipour (2018), l'individu qui intervient dans la ZPD de l'apprenant peut aussi bien être un autre apprenant plus expérimenté que lui. Selon cette théorie, les erreurs commises par les apprenants correspondent à un point d'appui sur lequel l'enseignant peut se servir pour accompagner l'apprenant dans la construction de nouvelles connaissances. Dans ce processus, si l'apprentissage est effectivement l'aboutissement d'une construction interne réalisée par l'apprenant, il est non seulement individuel et cognitif, mais aussi social et affectif. Les interactions sociales dans l'apprentissage permettent donc de réintroduire dans le processus d'acquisition de connaissance, l'influence de l'appui de l'enseignant et les interactions entre les apprenants.

La théorie du socioconstructivisme en mettant une importance particulière sur la coopération sociale permet à l'apprenant de développer plusieurs fonctions intellectuelles : la mémoire logique, l'abstraction, l'habileté à comparer et différencier. Ceci grâce aux tâches de plus en plus agréables à réaliser aux apprenants et, grâce à son aide et en évitant qu'il devienne dépendant de son enseignant.

CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE

Ce chapitre nous permet de situer notre problème de recherche dans son contexte. L'amélioration des procédés d'acquisition des connaissances chez les apprenants interpelle tous les acteurs du système éducatif. Le besoin de plus en plus croissant d'hommes de sciences dans la société bien que montrant l'importance pour les élèves de choisir les séries scientifiques, n'empêche ces derniers à éviter de plus en plus ces séries à leur sortie du collège. Ainsi, nous présentons dans ce chapitre, le contexte général de l'étude suivit du problème, nous posons ensuite nos questions de recherches et enfin, les objectifs poursuivis par notre étude.

2.1. Le contexte de l'étude et justification

2.1.1. Le contexte de l'étude

2.1.1.1. L'enseignement des Sciences physiques dans l'enseignement secondaire au Cameroun

L'enseignement et l'apprentissage de la physique dans le monde en général et au Cameroun en particulier se heurte à de nombreuses difficultés : Du fait de sa complexité car elle s'intéresse aux phénomènes très complexes. Pour atteindre ses objectifs dans le domaine de l'éducation, à savoir « former un citoyen enraciné dans sa culture et ouvert au monde » (loi d'orientation du 4 avril 1998), l'État camerounais a depuis 2014 introduit dans son système éducatif une nouvelle approche dite approche par les compétences (A.P.C). Elle est mise en place progressivement : D'abord au premier cycle par l'arrêté N°263/14/MINESEC/IGE DU 13 AOÛT 2014 définissant des programmes d'étude du sous-cycle d'observation comportant les classes de 6^{ème} et 5^{ème} et ensuite, celle du N°219/14/MINESEC/IGE DU 09 décembre 2014 définissant ceux des classes de 4^{ème} et 3^{ème} de l'enseignement Secondaire Général. Cette approche a également été introduite dans le second cycle de l'enseignement secondaire général en 2017 pour les classes de secondes et récemment en début de cette année scolaire dans les classes de terminales.

Dans le domaine des sciences physiques, la nouvelle approche d'enseignement et d'apprentissage permet à l'élève d'acquérir des compétences durables susceptibles de l'aider dans son parcours éducatif et dans la vie quotidienne. L'apprenant est censé, à la fin de ses études du premier cycle de l'enseignement dans le domaine des sciences expérimentales :

- Acquérir des éléments fondamentaux de culture scientifique pour comprendre le fonctionnement du corps humain, le monde vivant, la Terre et l'environnement ;
- Acquérir des méthodes et des connaissances pour comprendre et maîtriser le fonctionnement d'objets techniques, fabriqués par l'homme pour la satisfaction de ses besoins ;
- Manifester des comportements qui protègent sa santé, son environnement.

Au second cycle, le programme de science physique a pour but principal de faciliter un ancrage des connaissances devant permettre à l'apprenant de développer des compétences contribuant à :

- Communiquer à l'écrit et à l'oral sur des phénomènes scientifiques de leur environnement ;
- Résoudre les problèmes que ces derniers posent dans leurs domaines de vie ;
- Mettre en œuvre des processus d'acquisition des connaissances ;
- Implémenter la démarche scientifique et la démarche technologique ;

2.1.1.2. Le concept de courant électrique en classe de quatrième.

C'est l'arrêté N° 419/14/MINESEC/IGE Du 09 Décembre 2014 qui définit les nouveaux programmes d'étude des classes de 4^{ème} et 3^{ème} de Physique – Chimie – Technologie. Dans ce programme, le concept de courant électrique est introduit dans la deuxième leçon du module 2 à travers :

- Son unité et appareils de mesure ;
- Son sens conventionnel dans un circuit électrique ;
- Sa mesure ;
- Les lois de l'intensité du courant électrique dans un circuit fermé.

Dans cette classe, l'enseignement du concept de courant électrique est beaucoup plus théorique souvent justifié par le manque de laboratoire et pour ceux existant, mal équipés Tatchou (2004). Ceci ne permettant pas aux apprenants de mener des expérimentations aux fins d'acquérir une culture scientifique. Lorsqu'il est demandé aux apprenants de prévoir l'état de luminosité d'une lampe dans un circuit simple avec un générateur et une autre lampe en série avec un résistor, cet exercice devient, d'après Delacote et Tiberghien (1976), Bensaghir et Closset (1983) fastidieux tant pour ces élèves que pour des étudiants. Ceci nous a motivé à approfondir ce sujet afin de contribuer à une évolution des représentations qu'ils ont de l'intensité du courant électrique.

2.1.2. Justification de l'étude :

L'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques sont censés susciter chez l'élève un esprit critique et l'adoption d'une démarche scientifique lorsqu'il fait face à un problème de la vie. Ces différentes aptitudes font de lui un potentiel acteur du développement de notre nation. Au regard de nos constats, expériences et observations depuis notre passage au lycée et en tant qu'enseignant de Sciences physiques, la plupart des apprenants n'ont ni cette culture ni cette créativité. Cette préoccupation nous pousse à nous demander comment rendre les apprenants camerounais potentiels acteurs du développement de notre nation ? Faut-il revoir les pratiques des facilitateurs que sont les enseignants ou de mettre un accent

particulier sur les différentes représentations des apprenants face aux concepts scientifiques et précisément celles liées à l'intensité du courant électriques ?

Les travaux de Sarrazin et Genzling en France (1998), Benseghir en Algérie (2004) et Ayina et *al.* en France (2012) ont montré que les apprenants ont des difficultés de conceptualisation et d'interprétation des phénomènes de courant électrique. Certaines de ces études se sont limitées sur la conceptualisation du sens du courant électrique dans un circuit simple sans toutefois construire le concept d'intensité du courant électrique. En effet, Sarrazin et Genzling (1998) ont travaillé sur l'identification des représentations des apprenants et la déconstruction de la conception du courant antagoniste chez les apprenants au moyen de l'expérimentation matériel en s'appuyant sur le rôle joué par une diode dans un circuit. Une autre étude indépendante a été menée en Algérie par Benzeghir (2004) toujours avec le même objectif. Celui de faire évoluer la conception antagoniste vers une circulation partielle du courant dans un circuit électrique. Les résultats de ces deux recherches montrent que l'expérimentation est un atout considérable pour faire évoluer les représentations des apprenants sur les phénomènes électriques. Cependant, la limite commune à ces recherches est le fait d'ignorer que **la circulation d'un courant dans un circuit est liée à son intensité**. En effet, le modèle de courant électrique construit par ces deux recherches n'est lié qu'à sa circulation alors que le sens du courant dans un circuit est étroitement lié à son intensité dans le circuit électrique.

Toujours dans le but de faire évoluer les conceptions des apprenants sur les phénomènes électrochimiques en vue de : comprendre les sites de circulations des différents porteurs de charges électriques, Ayina et *al.* (2012) ont proposé un enseignement basé sur la simulation numérique. Ce modèle a permis à 80 % des élèves interrogés de comprendre les sites de circulations des différents porteurs de charges électriques. À l'issue de cette étude, ils pensent que « la simulation numérique de la conduction du courant de la pile améliore la compréhension des phénomènes de conduction du courant électrique ». Ce procédé bien que prometteur a néanmoins eu quelques limites : il ne permet pas à l'apprenant d'être actif pendant l'activité de simulation, n'accorde aucune place à la phase de dévolution au problème par l'apprenant voir d'émettre des hypothèses et de les vérifier au moyen de l'expérience. Et aussi le modèle ne tient pas compte de l'intensité du courant électrique. C'est la raison pour laquelle nous nous proposons de **construire une séquence d'enseignement apprentissage basée sur la transposition informatique afin de mieux éradiquer les difficultés de**

compréhension du phénomène de l'intensité de courant dans un circuit électrique simple.

2.2. Position et formulation du problème de l'étude

2.2.1. Quelques constats

Si les orientations actuelles de l'éducation au Cameroun témoignent d'une réelle préoccupation au regard des compétences à développer chez les apprenants, elles soulèvent de grands défis pour l'enseignement d'une part et pour les apprenants d'autre part. Lorsque l'enseignant travaille « les notions abstraites » (Barth, 1999) comme la notion de courant électrique, plusieurs ont de la difficulté à définir le sens de circulation encore moins son intensité dans un circuit électrique simple. Ces difficultés de compréhension observées chez les élèves sont la cause d'un enseignement quasi dogmatique, où les phénomènes électriques leurs sont présentés comme des évidences non questionnées et non rattachées à leurs situations de vie courante tel que prescrit dans le programme officiel. Ainsi, les apprenants moins performants se perdent dans les apprentissages, puisqu'ils sont incapables de se représenter ces concepts.

Nous avons également constaté pendant le stage effectué au Lycée de Nsam-Efoulan du 17 au 21 octobre 2020 au 18 Décembre 2020. Ainsi, l'observation des comportements des acteurs en situation de classe, la préparation et conduite des leçons et les corrections des évaluations étaient les principales activités effectuées pendant ce stage. Nous avons eu l'occasion de corriger les copies des élèves des dites classes pour le compte de la troisième séquence. Ces séances de correction nous ont permis de remarquer que les élèves de la classe de seconde C et de première D avaient des difficultés de compréhension de l'électrocinétique. En classe de seconde, l'évaluation portait sur l'explication le comportement d'un circuit électronique simple à l'aide des propriétés de ses composants. En classe de première D, elle portait sur l'interprétation des conversions d'énergie dans un circuit électrique ou électronique. L'analyse pertinente des notes obtenus par les élèves ont montré que les apprenants éprouvent des difficultés à développer leurs compétences, car environ 76,52% ont moins de 10/20, 15,23% ont eu 10/20 et que 08,28% seulement ont obtenu plus de 05/10.

Par ailleurs, les apprenants sont le plus souvent apprennent pour réussir à une évaluation sans toutefois comprendre le fondement des concepts étudiés. Pour Chekour et al. (2015), la physique est un domaine d'étude mettant en jeu des concepts complexes dont l'enseignement fait recours à l'expérimentation. L'enseignement de ces concepts nécessite de

faire recours au modèle à travers des signes iconiques pour représenter les phénomènes observés. Delacote et Tiberghien (1976) ; Bensaghir et Closset (1983) ; Closset (1983) ; Johsua et Dupin (1986) ; Bensaghir (2004) ; Missonnier et Closset (2004) ont montré que beaucoup d'apprenant avaient d'énormes difficultés de conceptions sur les concepts d'électricité en générale et de courant électrique en particulier. Sarrazin et Genzling (1988) ont montré que l'expérimentation était d'une aide considérable dans l'évolution des représentations des apprenant sur la circulation du courant électrique. Kane (2011) a quant à lui montré que les pratiques expérimentales favorisent l'acquisition des compétences dans le domaine de l'électricité en classe de seconde.

Le rapport de l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO) de 1996 cité par Tatchou (2004), décrivant la situation de l'enseignement des sciences expérimentales au Cameroun montrait que la situation générale des équipements et matériels scientifiques, ainsi que les pratiques expérimentales au niveau des établissements d'enseignement secondaire général au Cameroun se caractérisait par:

- Le manque de laboratoires et ceux existant en mauvais état de fonctionnement ;
- Le matériel scientifique manquant et mal maintenu quand ils existent ;
- Le manque de personnels spécifiques de laboratoire ;
- La formation des enseignants donnant une priorité aux exposés théoriques ;
- Les faiblesses de moyens financiers disponibles pour le développement des pratiques expérimentales ;

Ainsi, les cours des disciplines scientifiques, Biologie, Chimie, Physique, Géologie, et Technologie dans les établissements d'enseignement secondaire général restent théoriques du fait du non-équipement en matériel scientifique de base de la plupart des établissements. Malgré la création du centre d'excellence en micro science du Cameroun en 2004 par l'UNESCO à travers l'introduction et la vulgarisation de l'expérimentation dans les filières scientifiques par la formation des enseignants dans l'amélioration de la qualité de l'enseignement scientifique par l'utilisation des « kits d'expérimentations », la sensibilisation des élèves à opter pour une formation scientifique ; la situation n'a guère changé jusqu'à nos jours. Au vu de ces multiples constats, nous remarquons que, même avec la volonté d'expérimenter, les praticiens se heurtent toujours aux problèmes de manque ou d'absences d'équipements et de ressources. Cependant, Ayina et *al.* (2012) montrent que internet et d'autres outils de l'information et de la communication sont des ressources considérables de facilitation de l'activité de modélisation. En d'autres termes, ces outils permettent de

construire des modèles qui, selon Badiou (1972), ressemble à la réalité sous tous ces rapports pour que leur fonctionnement soit significatif.

2.2.2. Position du problème

Au regard des études menées par Delacote et Tiberghien (1976) ; Bensaghir et Closset (1983) ; Closset (1983) ; Johsua et Dupin (1986) ; Bensaghir (2004) ; Missonnier et Closset (2004), il en ressort que les apprenants ont des difficultés à construire le concept de courant électrique (sa circulation dans un circuit, son intensité...) D'où l'occasion pour nous de mener une étude dans notre contexte afin d'apporter des solutions pertinentes à ces difficultés. Ainsi, le problème de notre étude vise à résoudre les **difficultés de compréhension du concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique.**

2.3. Les questions de la recherche

Le problème de recherche ayant été exposé, la question générale de recherche se formule ainsi :

QG : Quel est l'impact de la transposition informatique dans la construction du concept de l'intensité du courant électrique ?

QS1 : Quel est l'impact de la simulation interactive dans la construction du concept de l'intensité du courant électrique ?

QS2 : Quel est l'impact de l'expérimentation informatisée dans la construction du concept de l'intensité du courant électrique ?

2.4. Les hypothèses de la recherche.

A la lumière des travaux antérieurs sur les problèmes que rencontrent les apprenants en électrocinétique dans la construction du concept de l'intensité de courant électrique, nous pouvons formuler l'hypothèse principale suivante :

(HP) : La transposition informatique facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique. Elle constitue le fil conducteur de notre étude car, elle met en œuvre deux type de variable : **la variable indépendante** (la transposition informatique) et **la variable dépendante** (la construction du concept de l'intensité du courant).

Les hypothèses spécifiques qui en découlent sont les suivantes :

HS1 : La simulation interactive facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

HS2 : L'expérimentation informatisée facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

2.5. Les objectifs de la recherche

Toute recherche scientifique nécessitant la définition des objectifs qui permettront de préciser en quoi l'étude aboutira, l'objet de notre recherche vise à évaluer les contributions potentielles de la transposition informatique dans la construction du concept de l'intensité du courant électrique en classe de quatrième.

L'objectif général et les objectifs spécifiques sont énoncés comme suit :

OG : Montrer l'impact de la transposition informatique sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique. **Tout en cherchant à :**

OS1 : Montrer l'impact de la simulation interactive sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

OS2 : Montrer l'impact de l'expérimentation informatisée sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique.

2.6. Tableau synoptique

C'est un tableau récapitulant les éléments essentiels de notre étude que sont les questions, les objectifs, les hypothèses de recherche et les variables.

Tableau 1: Tableau synoptique de l'étude

Transposition informatique et construction du concept de l'intensité du courant électrique en classe de quatrième.	Questions de recherche	Objectifs de la recherche	Hypothèse de la recherche	Variables de l'étude	Indicateurs	Modalité
	<p>Question générale : Quel est l'impact de la transposition informatique sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique ?</p>	<p>Objectif générale : Montrer l'impact de la transposition informatique sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique.</p>	<p>Hypothèse générale : La transposition informatique facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.</p>	<p>Variable Dépendante : La construction du concept de l'intensité du courant électrique.</p> <p>Variable indépendante : La transposition informatique</p>	<p>Fréquence de bonne réponse</p>	<p>Bonne Moyenne Mauvaise</p>
	<p>Question spécifique 1 : Quel est l'impact de la simulation interactive sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique ?</p>	<p>Objectif spécifique 1 : Montrer l'impact de la simulation interactive sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique.</p>	<p>Hypothèse spécifique 1 : La simulation interactive facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.</p>	<p>Variable indépendante 2 : La simulation interactive</p>	<p>Score</p>	<p>Bonne Mauvaise</p>
	<p>Question spécifique 2 : Quel est l'impact de l'expérimentation informatisée sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique ?</p>	<p>Objectif spécifique 2 : Montrer l'impact de l'expérimentation informatisée sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique.</p>	<p>Hypothèse spécifique 2 : L'expérimentation informatisée facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.</p>	<p>Variable indépendante 2 : L'expérimentation informatisée.</p>	<p>Score</p>	<p>Bonne Mauvaise</p>

PARTIE 2 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATOIRE

Cette partie présente la méthode de de la recherche utilisée à travers la population d'étude, les instruments de collecte de de traitement des données et les résultats obtenus. Elle est subdivisée en trois chapitres, le chapitre 3 portant sur la méthode de la recherche, le chapitre 4 portant sur l'expérimentation c'est-à-dire la présentation détaillée de l'activité d'expérimentation de notre dispositif d'enseignement et le dernier chapitre sur la présentation des résultats et la discussion.

CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE

Dans ce chapitre, nous explicitons l'approche méthodologique retenue pour notre étude, dans le but d'apporter des éléments de réponses à nos questions de recherche précédentes. Il fait ressortir tour à tour, la population concernée par notre étude, l'échantillonnage, les instruments et techniques que nous avons utilisés pour recueillir les données, la méthodologie adoptée pour le traitement de ces données et les résultats préalables de notre étude.

3.3. Définition de la population d'étude :

Population ciblée : la population cible de notre étude constitue comme le montre Grawittz, (1993) l'ensemble des membres d'un groupe spécifique sur lequel notre recherche peut être appliqué. Elle est composée des apprenants de la classe de quatrième de l'enseignement secondaire générale du Cameroun.

La population accessible : C'est la partie de la population cible qu'on peut approcher facilement dans le cadre de notre étude. Pour notre étude, elle est constituée de l'ensemble des élèves de classe de quatrième du C.E.S d'ÉKOMBITIÉ-MBALMAYO et du collège Christ-Roi d'OBOUT, établissements d'enseignement scolaire situé dans le département NYONG ET SO'O, région du centre de la République du Cameroun. Les apprenants concernés par cette étude sont tous inscrits pour le compte de l'année scolaire 2021-2022.

L'échantillon d'étude : Une fois la population de l'étude arrêtée, il nous faut sélectionner un sous-ensemble de cette population en vue de constituer notre échantillon d'étude. La technique d'échantillonnage utilisé est un **échantillonnage non probabiliste par quota** de 90% de la population accessible. Elle consiste à choisir des volontaires pour constituer notre échantillon d'étude. Elle nous a permis de sélectionner d'une part 10 élèves du collège Christ-Roi d'Obout et d'autre part de 20 élèves du CES d'Ekombitié-Mbalmayo de la classe de Quatrième. Ces élèves sont âgés entre 11 et 17 ans et ont suivi au préalable un enseignement classique sur l'intensité du courant électrique avec leur professeur titulaire. La taille de cet échantillon s'explique par la disponibilité des ressources matérielles en occurrence les ordinateurs (la salle informatique en compte 05 pour le CES d'Ekombitié-Mbalmayo et une dizaine pour collège Christ-Roi d'Obout) et cela nous impose de former les groupes de 4 à 5 élèves par poste.

3.2. Délimitation de l'étude :

3.1. Type de recherche : Pré-expérimentale

Le type de recherche choisit pour cette étude se justifie par le fait que nous voulons vérifier l'effet de la transposition informatique sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique. La validation de notre hypothèse de recherche se fera par le changement observé lors de la manipulation de notre variable indépendante à savoir l'utilisation de la transposition informatique. La méthode pré-expérimentale est définis par (Rajotte, 2017 p.65) défini cette méthode de recherche comme celle qui consiste à « évaluer l'effet d'une variable indépendante sur une variable dépendante ». En effet, partant du constat de celui de la

difficulté de compréhension de l'intensité du courant électrique : (Delacote et Tiberghien, 1976) ; (Benseghir et Closset, 1983) ; (Benseghir, 2004), en tant que chercher en initiation, nous nous questionnons sur la plus-value d'une utilisation de la transposition informatique dans la construction du concept de l'intensité du courant électrique en classe de quatrième. Nous allons observer un seul groupe deux fois, une fois avant l'introduction de notre variable indépendante (transposition informatique) et une seconde fois après le changement opéré. Si les résultats obtenus avant et après sont différents, on supposera qu'ils sont du fait de la variable indépendante.

3.2. Méthode de la recherche : quantitative

Notre travail de recherche porte sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique et sur la transposition informatique comme aide à l'enseignement et apprentissage de ce concept en classe de quatrième. Dans la conception des outils de collecte et d'analyse de données, nous optons pour une **approche quantitative**. Elle est définie comme l'ensemble des méthodes et des raisonnements utilisés pour analyser des données standardisées « c'est-à-dire des informations dont la nature et les modalités de codage sont strictement identiques d'un individu ou d'une situation à l'autre » (Martin, 2012).

3.4. Outils de collecte des données :

Les données de cette étude ont été collectées suivant une méthode quantitative selon le chronogramme suivant : Un pré-test, une intervention et un post-test

Le pré-test : Il consiste en une enquête par questionnaires papier-crayon dans la salle de classe d'une durée de 50 minutes sur les représentations des apprenants sur le concept de l'intensité du courant électrique. Il est constitué de Neuf (09) questions principales suivies de questions spécifiques auxquelles l'apprenant est appelé à choisir la réponse qu'il juge juste et d'en justifier également son choix. Les justifications permettent de trouver un sens aux réponses données par les apprenants. L'avantage du questionnaire à réponse fermée se situe dans le fait qu'il guide le répondant dans le choix de ses réponses. Le questionnaire du pré-test porte sur trois aspects de l'intensité du courant électrique : **le rôle de l'interrupteur dans un circuit électrique ; la distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique** (loi des courants dans les circuits séries et parallèles), et **les facteurs dont dépendent l'intensité du courant électrique dans un circuit**. Ces aspects étant en accord avec les types de savoir à construire prescrit par le livre programme de la classe de quatrième (**annexe 3**).

Avant d'être administré aux apprenants, ce questionnaire a été administré à deux élèves du CES d'Ekombitié-Mbalmayo afin de déterminer la cohérence et la compréhension des participants. Cela nous a permis de :

- Ajuster le fond du questionnaire ; en prenant en compte d'autres aspects des apprenants sur leurs conceptions sur le courant électrique en circuit ouvert.
- Ajuster la forme du questionnaire : nous avons, à la suite de cette validation, procédé à la correction du niveau de langage et à plus de clarification sur les libellées de questions.

Une fois administré, les données recueillies ont été dépouillées et analysées. Cette opération nous a permis de regrouper les questions par thèmes, afin de recenser les conceptions sur l'intensité du courant qui se révèlent plus persistantes chez les apprenants en fonction des fréquences des réponses obtenues. Ces résultats nous ont orientés dans la construction de notre expérimentation.

L'intervention : Elle consiste en une séquence d'enseignement/apprentissage sur « l'intensité du courant électrique à travers un circuit simple » par l'usage de la transposition informatique (simulation informatique interactive et expérimentation assisté par ordinateur). Elle est faite à l'aide d'un logiciel de simulation interactive **PhET 1.0** libre téléchargeable sur le web à l'adresse : <http://phet.colorado.edu> et fonctionnant sous les systèmes d'exploitations Windows et Linux.

La figure 7 montre l'interface du logiciel en mode construction de circuit électrique. Il permet de réaliser des simulations de montage des circuits électriques à travers les éléments les plus simples (ampoule, pile, résistance ...) et de mesurer ses caractéristiques : différence de potentiel et intensité à l'aide des instruments de mesure qu'il contient (voltmètre, ampèremètre). Avant de l'utiliser dans notre expérimentation, il a été nécessaire d'initier les apprenants concernés par l'étude à son utilisation (notamment comment communiquer avec l'interface du logiciel).

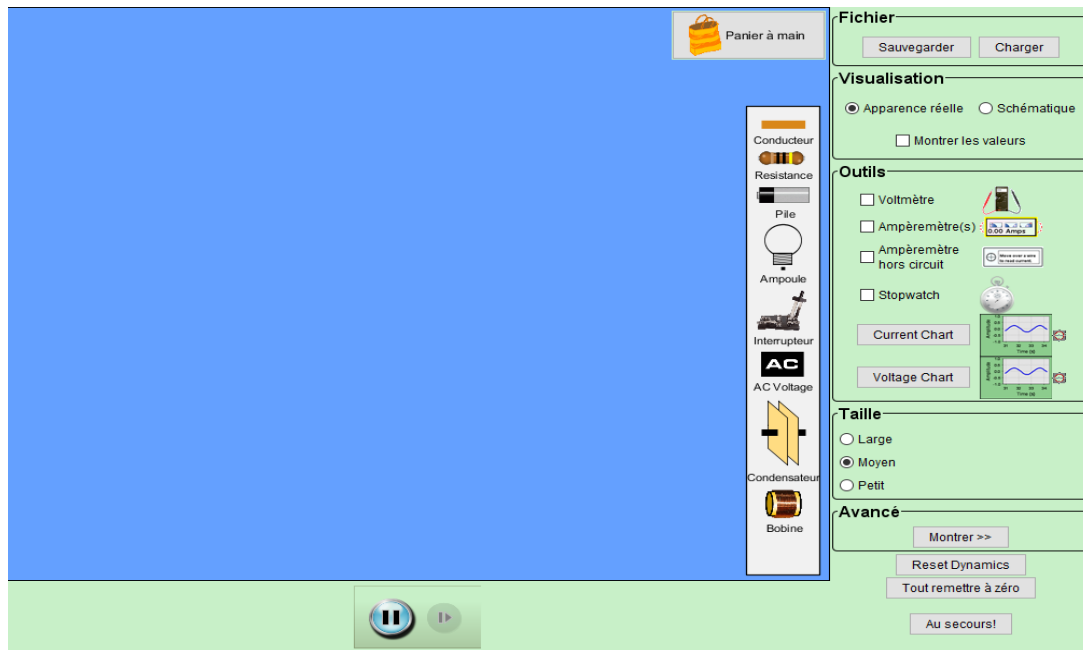


Figure 7: interface du simulateur Phet1.0 en mode construction de circuit électrique.

L'expérimentation avec les apprenants a été réalisée deux semaines après le passage du pré-test. Elle se fait suivant une fiche d'activité conçue à cet effet (annexe 6). Cette fiche comporte des activités de simulation interactive et à l'expérimentation assisté par ordinateur des concepts relatifs à l'intensité du courant électrique avec l'aide du logiciel.

Ces activités sont suivies des questions qui font lieu de support didactique accompagnant la séquence d'enseignement-apprentissage.

Elle s'est déroulée dans la salle d'informatique du collège Chris-Roi et dans la salle de classe pour le CES car disposant des ordinateurs portables. Ces lieux constituent pour nous des laboratoires virtuels dans lesquels s'effectuent nos expérimentations. Les notions construites dans cette séance sont :

- **Les facteurs dont dépend l'intensité du courant dans un circuit électrique simple par la simulation interactive.**
- **La distribution de l'intensité du courant électrique (les lois de courant) dans un circuit par l'expérimentation informatisée.**

Cette phase vise à montrer comment la transposition informatique impacte l'apprentissage et l'enseignement des notions relatives à l'intensité du courant électrique dans un circuit simple. Ceci dans le but d'initier les apprenants à des raisonnements scientifiques,

en habituant l'apprenant à utiliser les instruments d'investigation pour résoudre les problèmes auxquels il peut être confronté dans sa vie quotidienne.

Le post-test : Consistant à vérifier l'évolution des représentations des apprenants sur notre concept d'étude, il a été administré deux jours après l'expérimentation et concerne l'ensemble des élèves ayant pris part à la phase du pré-test et à l'expérimentation. Il est constitué de sept questions à choix multiple. Chaque question donne la possibilité à l'apprenant interrogé de justifier son choix. Il a pour principale objectif de vérifier les apports de l'expérimentation par la transposition informatique a facilité la construction du concept de l'intensité du courant électrique chez les apprenants.

3.2. Analyse à priori des dispositifs d'expérimentation

3.2.1. Le pré-test

Notre pré-test porte sur la transposition informatique du phénomène de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique simple. Il concerne notamment : La mesure de l'intensité du courant électrique dans une portion de circuit électrique ; la relation entre intensité du courant électrique et la luminosité d'une lampe ; l'effet de la tension de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit électrique ; l'effet de la résistance d'une lampe sur la variation de l'intensité du courant dans le circuit ; la distribution du courant dans un circuit en série et dans un circuit en dérivation. Cette expérimentation permet de mesurer les différents raisonnements des apprenants sur l'intensité du courant électrique dans un circuit simple. Elle comporte deux sections regroupant trois activités accompagnées de question et de sous questions.

Le tableau 2 ci-dessous présente les objectifs de chaque question et les réponses attendus pour chacune d'elle.

Tableau 2: Analyse à priori du questionnaire pré-test.

N°	OBJECTIF	REPONSE ATTENDUE
Q1	Évaluer les représentations de l'apprenant sur l'intensité du courant électrique dans les portions d'un circuit électrique série.	<p>L'intensité du courant affichée par l'ampèremètre A₂ est :</p> <p>☒A3 : Egale à 0,9 A</p>
Q2	Vérifier comment l'apprenant perçoit l'influence de la résistance interne d'une lampe sur l'intensité du courant dans un circuit.	<p>La valeur de l'intensité du courant affichée par les ampèremètres A₁ et A₂ est</p> <p>☒A2 : Plus petite que 0,9 A</p>
Q3	Vérifier comment l'apprenant perçoit l'influence de la tension du générateur (pile) sur l'intensité du courant dans le circuit.	<p>La valeur de l'intensité affichée par A₁ est</p> <p>☒ A1 : Plus grande que 0,9 A</p>
Q4	Vérifier les conceptions de l'apprenant sur l'état de luminosité de deux lampes de même résistances branchées en série sur un générateur.	<p>☒A3 : L₁ brille avec la même luminosité que L₃</p>
Q5	Vérifier les conceptions de l'apprenant sur l'intensité du courant dans un circuit de deux lampes branchées en série aux bornes d'un générateur.	<p>☒A2 : Plus petite que 0,9 A</p>
Q6	Vérifier comment l'apprenant perçoit l'influence de l'augmentation de la résistance d'une lampe sur l'intensité du courant électrique dans un circuit en série comprenant deux lampes de résistance différente.	<p>Etant donné que la résistance des récepteurs du circuit a augmentée l'intensité du courant doit diminuer :</p> <p>La valeur de l'intensité du courant affichée par A₁ est :</p> <p>☒A2 : Plus petite que 0,9 A</p>
Q7	Vérifier les conceptions de l'apprenant sur l'état de luminosité de deux lampes branchées en dérivation sur un même générateur.	<p>Les deux lampes vont avoir la même luminosité car ils ont la même résistance.</p> <p>☒A3 : L₁ brille avec la même luminosité que L₃</p>

Q8.1	Vérifier les conceptions de l'apprenant sur l'intensité du courant dans un circuit constitué de deux lampes de même résistance branchées en dérivation sur un générateur.	<p>La valeur de l'intensité du courant affichée par A₁ est :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>A₂ : inférieure à 1,8 A</p> <p>Car, les deux lampes ont la même résistance.</p>
Q8.2	Vérifier les conceptions de l'apprenant sur l'influence du type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit.	<p><input checked="" type="checkbox"/>A₁ : La valeur de l'intensité du courant qui circule dans les lampes de la figure 7 est supérieure à la valeur de l'intensité dans les lampes de la figure 5 :</p>
Q9	Vérifier les conceptions de l'apprenant sur l'intensité du courant dans un circuit de deux lampes de résistances différentes branchées en dérivation sur un générateur.	<p>La valeur de l'intensité du courant affichée par A₃ est :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>A₂ : inférieure à valeur affiché par A₁</p>

3.2.2. L'expérimentation

Il est présenté aux apprenants une situation problème mettant en jeu l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique. Il leur est demandé de proposer une explication du phénomène mis en jeu dans la situation. La spécificité de cette situation problème réside sur son contexte. En effet, elle fait partie du vécu quotidien de l'apprenant en ce sens que ce dernier est régulièrement confronté à un type de problème dans les installations électriques de sa maison. Si les lampes des montages n'ont pas la même luminosité, alors que les éléments qui leur constituent ont les mêmes caractéristiques, alors les lampes ne sont pas parcourues par la même intensité de courant. Le type de montage ici est l'un facteur de l'intensité du courant dans le circuit.

Notre expérimentation se déroule en quatre étapes s'inspirant de la méthode expérimentale préconisée par Develay (1989) et adapté à l'apprentissage par problème selon Raby et Sylvie (2016).

Etape1 : La formulation du problème :

A cette étape préliminaire, l'apprenant dispose de 2 à 3 minutes pour proposer de façon individuelle, une reformulation du problème posé dans la situation de vie. Il va, dans la suite, partager cette formulation aux autres membres de son groupe. C'est l'étape la plus importante dans un apprentissage par problème. En effet, cette reformulation du problème

permet à l'apprenant de mieux le cerner afin de circonscrire le système sur lequel on doit réagir dans la suite.

Etape 2 : l'émission des hypothèses

Occupant une place importante dans la construction des connaissances. C'est le pari à démontrer car elle anticipe sur l'action qu'elle rend indispensable. Durant 05 minutes, chaque groupe d'élève sera appelé à proposer le schéma de montage possible correspondant au circuit réalisé par chacun des deux élèves de la situation problème : C'est un moment de la dévolution au problème.

Etape 3 : confrontation

L'objectif de cette étape qui dure plus de 10 minutes est de créer un débat contradictoire entre les deux groupes d'élèves. Chaque groupe justifie le choix du type de montage proposé et répond aux questions posées par les apprenants de l'autre groupe. Ces échanges ont permis à chaque apprenant de donner les raisons qui ont poussées à proposer tel ou tel montage. Il a été permis aux élèves lors des discussions de changer d'avis et de changer de groupe afin de rejoindre celui avec lequel il partage dorénavant le même point de vue.

Etape 4: La vérification de l'hypothèse et interprétation

L'expérience quant à elle répond aux prévisions des apprenants. La réponse au problème est alors apportée par l'expérience sans que l'enseignant ne dicte quoi que ce soit. Elle conduit dans une multitude de voies qui correspondent à une observation du réel, à une expérimentation. Lors de cette étape qui dure 20 minutes, chaque groupe d'apprenants a été amené à réaliser les montages sur ordinateur tel qu'il a convenue comme étant celui de chacun des deux enfants de la situation problème. Après avoir mis en marche, ils sont stupéfaits quant aux résultats de l'expérimentation. Cela ne permet pas cependant d'expliquer le fait que les deux lampes des deux montages aient des luminosités différentes.

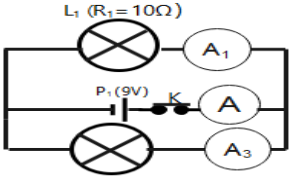
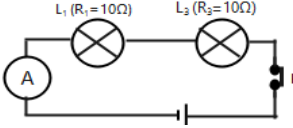
3.2.3. Le post-test

Le questionnaire du post-test a été administré immédiatement après la séquence d'expérimentation auprès des élèves concernés par l'étude (élèves de la classe de 4^{ème} du collège Christ-Roi d'Obout et du Collège d'Ekombitié-Mbalmayo). Il est constitué de sept questions à choix multiples et des questions à réponse direct avec possibilité de justification de choix (annexe 4).

Les questions **I, II, III, IV** et **V** portent sur les facteurs dont dépend l'intensité du courant électrique dans un circuit. Il s'agit ici pour l'apprenant de dire comment varie l'intensité du courant dans un circuit électrique lorsqu'on change la résistance interne d'un récepteur, lorsque la force électromotrice de la pile vient à accroître ou lorsque les récepteurs sont montés soit en dérivation, soit en série sur la pile.

Les questions **VI** et **VII** quant à elles, portent sur la distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique. Il est proposé des schémas de montages des circuits électriques en série (question **VI**) et en dérivation (question **VII**). Les apprenants sont amenés à mobiliser leurs connaissances pour dire comment le courant est distribué dans un circuit en série d'une part et dans un circuit en parallèle d'autre part. Les questions attendues sont celles données par les élèves après la séance d'expérimentation. Le tableau 3 montre ces réponses attendues aux questions posées dans le questionnaire.

Tableau 3: Analyse à priori du questionnaire post-test

N°	QUESTIONS	OBJECTIF	REPONSE ATTENDUE
I	<p>Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, lorsque la valeur de la résistance de la lampe augmente, l'intensité du courant :</p> <p><input type="checkbox"/>A1 : augmente <input type="checkbox"/>A2 : diminue <input type="checkbox"/>A3 : est constante <input type="checkbox"/>A4 : Je ne sais pas</p>	<p>Vérifier chez l'élève l'évolution de la conception de l'influence de la résistance d'un récepteur sur l'intensité du courant électrique dans un circuit.</p>	<p>Lorsque la résistance de la lampe augmente dans un circuit électrique, l'intensité du courant :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>A2 : diminue</p>
II	<p>Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, lorsque la valeur de la tension de la pile augmente, l'intensité du courant :</p> <p><input type="checkbox"/>A1 : augmente <input type="checkbox"/>A2 : diminue <input type="checkbox"/>A3 : est constante <input type="checkbox"/>A4 : Je ne sais pas</p>	<p>Vérifier l'évolution de la conception de l'élève sur l'influence de la fem d'un générateur sur l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique</p>	<p>Plus la force électromotrice de pile est grande, plus l'intensité du courant dans le circuit</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>A1 : augmente</p>
III	<p>On considère deux circuits électriques dont les montages sont les suivants :</p> <p>Montage 1 : deux lampes identiques L_1 et L_3 de résistance $10\ \Omega$ branchées en parallèle sur une même pile de tension $9\ V$ et trois ampèremètre A, A_1 et A_3 branchées respectivement sur les branches contenant la pile, la lampe L_1 et la lampe L_3 et d'un interrupteur K connecté sur la branche contenant la pile. (Figure 3)</p> <p>Montage 2 : deux lampes identiques L_1 et L_3 de résistance $10\ \Omega$ branchées en série avec une pile de tension $9\ V$ et un ampèremètre A_1. (Figure 4)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figure 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figure 2</p> </div> </div> <p><input type="checkbox"/>A1 : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes dans le montage de la figure 3 est supérieure à l'intensité du courant qui traverse les lampes dans le montage de la figure 4</p>	<p>Vérifier les conceptions de l'apprenant sur l'influence du type de montage sur l'intensité du courant électrique dans un circuit.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>A3 : L_1 brille avec la même luminosité que L_3</p>

	<p><input type="checkbox"/>A2 : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes dans le montage de la figure 3 est inférieure à l'intensité du courant qui traverse les lampes dans le montage de la figure 4</p> <p><input type="checkbox"/>A3 : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes dans le montage de la figure 3 est égale à l'intensité du courant qui traverse les lampes dans le montage de la figure 4</p> <p><input type="checkbox"/>A4 : Je ne sais pas</p>		
IV	<p>On réalise le montage d'un circuit constitué d'une lampe L_1 de résistance $R_1=10\ \Omega$, d'une pile P_1 de tension 9 V et d'un interrupteur K. On branche dans le circuit de montage deux ampèremètres A_1 et A_2. La figure 3 montre le circuit réalisé.</p> <p>Lorsqu'on ferme K, Les valeurs de l'intensité du courant affichées par les ampèremètres A_1 et A_2 sont :</p> <p><input type="checkbox"/>A1 : plus grande que 0,9 A <input type="checkbox"/>A2 : Plus petite que 0,9 A</p> <p><input type="checkbox"/>A3 : Egales à 0,9 A <input type="checkbox"/>A4 : Je ne sais pas</p>	<p>Vérifier l'évolution des conceptions de l'apprenant sur la distribution de l'intensité du courant dans un circuit de deux lampes de résistances différentes branchées en série avec générateur.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>A3 : Egales à 0,9 A</p>
V	<p>Dans le montage de la figure 3 précédentes, on remplace la lampe L_3 par une lampe L_2 de résistance $R_2=20\ \Omega$ et obtient la figure 5.</p> <p>La valeur de l'intensité affichée par A_3 est :</p> <p><input type="checkbox"/>A1 : supérieure à valeur affiché par A_1</p> <p><input type="checkbox"/>A2 : inférieure à valeur affiché par A_1</p> <p><input type="checkbox"/>A3 : égale à valeur affiché par A_1</p> <p><input type="checkbox"/>A4 : je ne sais pas</p>	<p>Vérifier l'évolution des conceptions de l'apprenant sur la distribution de l'intensité du courant dans un circuit de deux lampes de résistances différentes branchées en dérivation sur un même générateur.</p>	<p>La résistance de la lampe L_2 étant plus grande que celle de la lampe L_1, l'intensité du courant qui doit la traverser sera plus petite que celle qui traverse la lampe L_1. Ainsi la valeur de l'intensité affichée A_3 <input checked="" type="checkbox"/>A2 : inférieure à valeur affiché par A_1</p>

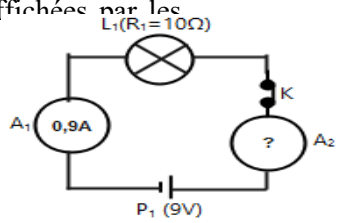


Figure 3

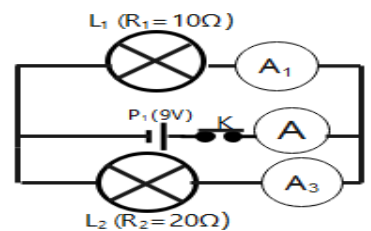


Figure 4

CHAPITRE 4 : EXPÉRIMENTATIONS

Cette phase de notre étude s'est déroulée deux semaines après le pré-test. Elle s'étant sur une heure et est constitué de huit activités qui peuvent être regroupées en Cinq étapes s'inspirant de la méthode expérimentale préconisée par Develay (1989) et s'appuyant sur la théorie du socioconstructivisme (Vygotsky, 1985). La fiche d'activité (annexe 6) dresse le protocole que nous allons suivre dans cette partie de notre travail. En effet, nous voulons entre autre comme le montre Raby *et al.* (2016),

- Engager activement les apprenants dans leur apprentissage ;
- Améliorer leurs habiletés de collaboration ;
- Développer l'autonomisation des élèves à rechercher de solution à un problème et d'en juger la pertinence ;
- Maintenir l'utilisation des habiletés de haut niveau comme l'application, l'analyse et la synthèse ;
- Favoriser l'intégration des connaissances et leur transfert par l'apprenant.

4.1. Situation problème

Elément déclencheur de l'activité cognitive de l'apprenant, elle s'énonce comme suit :

Après le cours de PCT sur le circuit électrique, OTTOU et MBALLA, deux élèves de la classe de 4^{ième} décident de mettre en pratique les enseignements qu'ils ont reçus. Ils se rendent dans le magasin le plus proche et achètent le matériel suivant :

- ***04 ampoules identiques de résistance 10 Ω chacune ;***
- ***Deux piles identiques de tension 9 V chacune ;***
- ***Des fils de connexion***
- ***Des interrupteurs.***

Chacun des élèves réalise un circuit comprenant deux lampes et une pile. Lorsque l'interrupteur est ouvert, ils constatent que rien ne se passe.

Une fois l'interrupteur fermé, MBALLA se rend compte que ses lampes brillent faiblement alors qu'il a utilisé le même matériel que OTTOU. Face à cette situation, les deux élèves ne comprennent pas ce qui se passe. Ils vous demandent de les aider à comprendre ce qui se passe.

Une fois le problème posé, les apprenants disposent de trois minutes pour s'imprégner du problème afin de mieux le reformuler en leur propre terme.

4.2. La formulation du problème :

Lorsqu'un problème n'est pas bien identifié au départ, les solutions ne peuvent venir facilement. Après une lecture individuelle, des groupes (4 à 5 élèves) ont été formés. Chaque membre de groupe ayant une attribution spécifique afin d'assurer la participation et la contribution de tous les membres du groupe au travail. Selon la tâche qui lui est attribuée, l'apprenant responsable d'un aspect particulier du travail se sent plus impliqué. Une fois les groupes formés, la formulation du problème s'est fait par groupe après une relecture de la situation. C'est dans cette optique que chaque groupe a reformulé en ses propres termes le problème après discussions engagées et différents indices relevés dans l'énoncé afin de mieux cerner la situation. Les formulations suivantes ont été recensées lors de cette étape auprès de quelques groupes :

- « Le problème qui se pose est d'expliquer pourquoi le montage de MBALLA brille moins que pour OTTOU »
- « Pourquoi les lampes de MBALLA brillent plus que pour OTTOU »
- « Pourquoi les lampes du circuit de MBALLA brillent moins que les lampes du circuit de OTTOU ? »

4.3. L'émission des hypothèses

Comme nous l'avons dit plus haut, l'émission des hypothèses est une étape fondamentale de la résolution d'une situation problème. Elle permet également de mesurer quelques représentations que se font les apprenants sur le savoir à construire. Pour cela chaque groupe a mené une discussion sur les activités 1, 2 et 4.

L'activité 1 est une interrogation sur les types de schémas possibles réalisés par chacun des élèves de la situation problème. La réponse à cette question permet à l'apprenant de mobiliser les ressources sur le circuit électrique vu dans les leçons précédentes. Elle nous sert également de prérequis au nouveau concept à construire : les représentations conventionnelles des éléments d'un circuit électrique et types de circuit électrique. La figure 8 montre les schémas de montages proposés par deux groupes d'apprenant comme étant les types de montages possible réalisé par OTTOU et MBALLA.

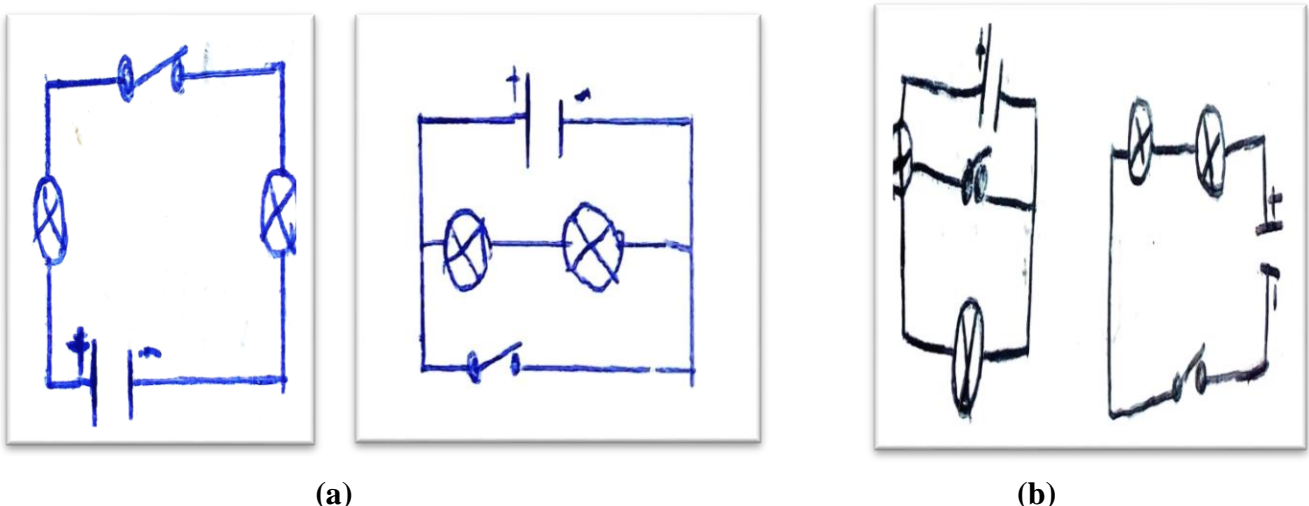


Figure 8 Proposition des montages des circuits possibles de la situation problème

L'observation de ces propositions de la figure 8 sur les différents types de montages possible montre que les apprenants ont conscience que, quel que soit la disposition des éléments dans le circuit, il n'y a que deux types de montage possible : **le montage en série et**

le montage en parallèle. La figure 8 révèle également que les apprenants de ce groupe ont encore des difficultés de représentation d'un circuit de deux lampes en dérivation sur un même générateur. Cette remarque nous a imposé, avant de poursuivre nos activités à une remédiation ponctuelle sur la représentation des circuits électriques chez les apprenants

À **L'activité 2**, Une fois l'interrupteur fermé, MBALLA se rend compte que ses lampes brillent faiblement pourtant il a utilisé le même matériel que OTTOU. Face à cette situation, les deux élèves ne comprennent pas ce qui se passe. Ils vous demandent de les aider à comprendre ce qui se passe. Il est demandé à l'apprenant ici de proposer, parmi les montages proposés à l'activité 1, le schéma de montage correspondant aux circuits réalisés par respectivement par OTTOU et MBALLA. Les différentes hypothèses formulées par deux groupes d'élèves, lors de cette activité est illustrée par la figure 9.

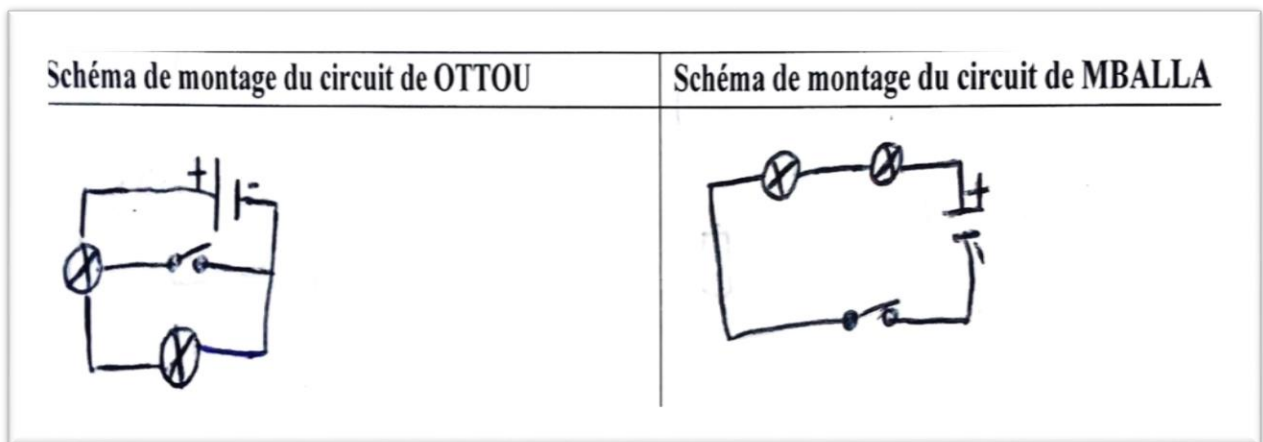


Figure 9: Proposition de schéma de montage (Groupe 1)

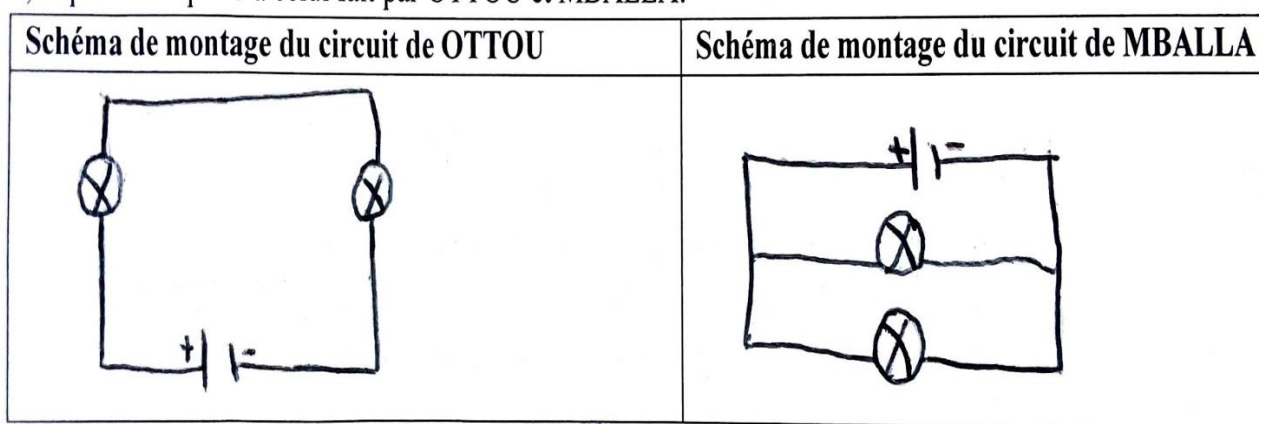


Figure 10 : Proposition de schéma de montage (Groupe 2)

Après proposition des schémas de montage, il a été demandé à chaque groupe de justifier le choix porté sur chaque type de montage réalisé par OTTOU et MBALLA. Cela a permis à chaque groupe de défendre son point de vu.

4.4. Confrontation

Cette phase de confrontation a permis aux apprenants d'explicitier leurs propositions faites à l'activité 2. Il faut mentionner que chaque groupe devait répondre aux questions des membres des autres groupes. Les membres d'un groupe avaient la possibilité de changer de groupe pour rejoindre le groupe qui l'avait convaincu avec ses justifications. Nous avons vu les effectifs de certains groupes se réduire au profit des autres groupes. Les justifications apportées par les groupes d'élèves que nous présentons dans cette étape concernent celles des deux groupes dont nous avons présenté leurs propositions de schéma à la figure 9 et 10 précédente.

Le premier groupe ayant fait les propositions de la figure 9 a justifié sa proposition par le fait que : « *le montage en série brille plus beaucoup que le Montage de MBALLA qui a utilisé le montage en parallèle* ».

La raison principale utilisée par ces derniers pour justifier leurs propositions est que « *la pile va envoyer toute l'énergie vers les deux lampes* ». Ces justifications réveillent une fois de plus la persistance de la conception de **raisonnement séquentiel** (Closset, 1983) chez ces apprenants : selon eux, la disposition des autres éléments du circuit comme les lampes n'ont aucune influence sur l'intensité du courant circulant dans le circuit.

« *Le circuit de OTTOU possède plus de charge positive que pour MBALLA* » est la justification apportée par les élèves du groupe ayant proposé les circuits de la figure 10 comme circuit du montage réalisé respectivement par OTTOU et MBALLA. Cette réponse donnée par ce groupe a suscité une autre question d'un membre d'un autre groupe : Celle de savoir « *pourquoi le circuit possède plus de charge positive alors qu'ils ont la même pile ?* »

Ces justifications proposées par ces groupes d'élèves montrent que malgré l'enseignement dit conventionnel qu'ils ont reçu, ils ne perçoivent pas que les lampes des deux circuits ne sont pas parcourues par le même courant. Ces confrontations de point de vue se sont révélées très bénéfiques pour chaque apprenant dans la mesure où les échanges qui ont amenés chaque élève à être motivé dans la vérification des propositions qu'il a fait afin de savoir s'il a raison ou pas.

4.5. La vérification de l'hypothèse et interprétation

Cette étape correspond à une observation du réel. Dans notre contexte, c'est une expérimentation et simulation virtuelle de ce réel dans le but de confirmer ou non les hypothèses émises à l'étape précédente et de construire le savoir. Cette étape s'est fait par une construction d'une simulation de montages de deux circuits ayant les mêmes caractéristiques que ceux de la situation problème.

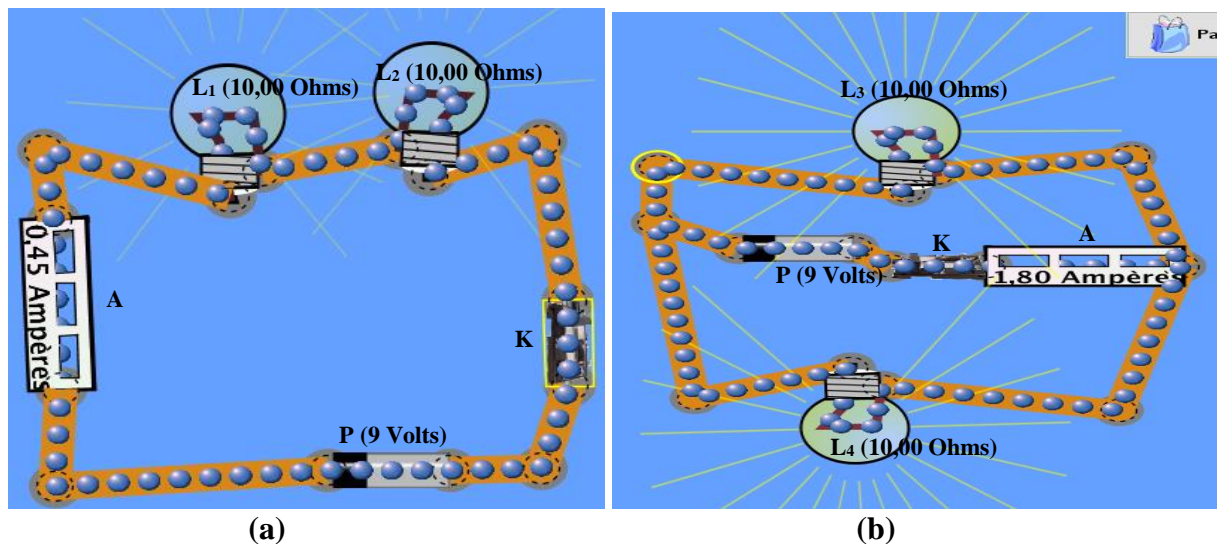
4.5.1. Influence du type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit électrique

L'activité 5 de la fiche d'activité élèves (annexe 6) demande de réaliser deux montages :

Montage 1 : Deux lampes identiques L_1 et L_2 de résistance identique $R_1=R_2=10\ \Omega$ branchées en série aux bornes d'une pile de tension 9 V et d'un ampèremètre A_1 .

Montage 2 : Deux lampes identiques L_3 et L_4 de résistance identique $R_3=R_4=10\ \Omega$ branchées en dérivation sur une même pile de tensions 9 V et d'un ampèremètre A_2 .

Ces deux montages ont pour objet de simuler l'état de luminosité des deux montages effectués par les deux enfants de la situation problème. Afin d'apporter une justification plus appréciable au problème posé. La figure 11.a et 11.b sont des captures des deux montages réalisés par les groupes d'apprenant sur leur ordinateur.



A : Ampèremètre K : Interrupteur P : Pile L : Lampe

Figure 11: Capture d'écran de montage de l'activité 5 (Fiche activité élève) réalisé par un groupe d'élèves.

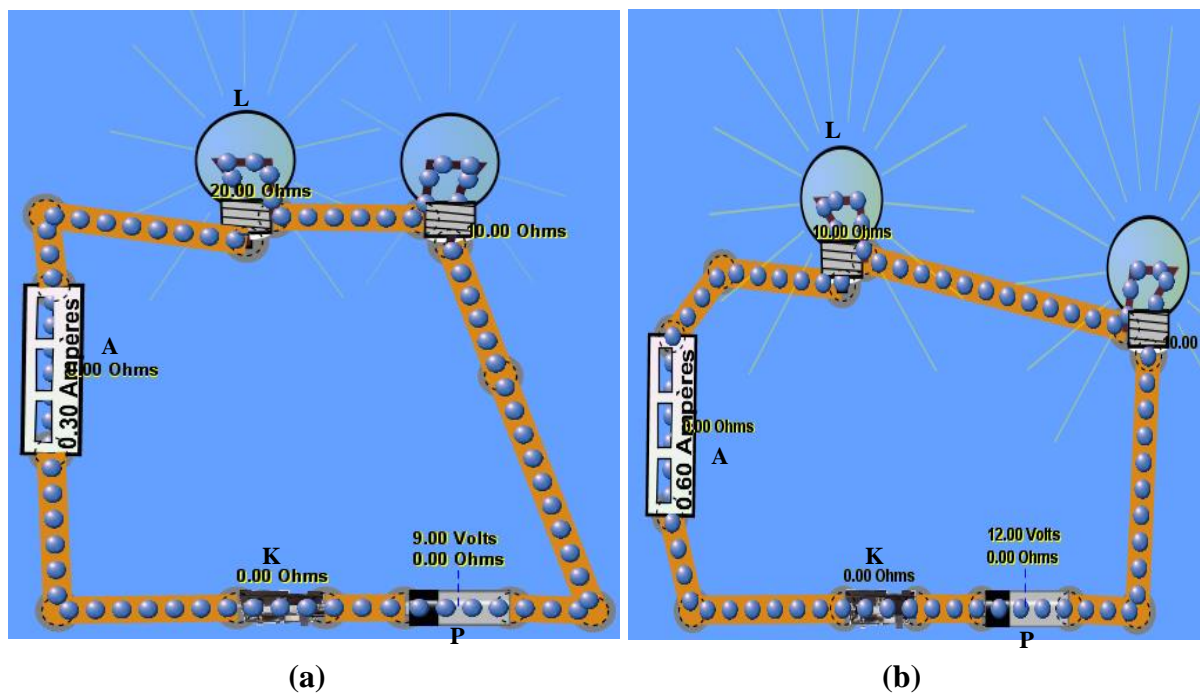
La simulation de ses deux montages a permis aux apprenants d'apercevoir l'état de luminosité des deux lampes dans les deux montages. Elle donne également à chaque élève, grâce à la visualisation de l'état de luminosité des deux lampes de se faire une idée

préliminaire de ce qui se passe dans les deux circuits des deux élèves de la situation problème. Aussi de donner avec certitude le type de montage réalisé par MBALLA (montage en série : figure 11.a) et OTTOU (montage en parallèle : figure 11.b). Une réponse proprement dite au problème est fait dans la suite lorsqu'il est demandé de dire à quoi correspondent les valeurs affichées par les ampèremètres. En effet, cette simulation de deux montages de circuit électrique a révélé à chaque apprenant que les lampes des deux circuits ne sont pas parcourues par la même intensité de courant électrique : cause exacte de l'état de luminosité différente observée par MBALLA dans son montage.

Cette première simulation nous a permis de construire le premier facteur de l'intensité du courant dans un circuit à savoir **le type de montage**. Cette simulation nous a conduits à expérimenter d'autres paramètres d'un circuit qui peuvent influencer l'intensité du courant qui traverse ses éléments.

4.5.2. Influence de la résistance interne d'un récepteur et de la force électromotrice de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit électrique

Pour montrer comment la résistance interne d'une lampe peut influencer sur l'intensité du courant dans un circuit, il est demandé aux apprenants de mener l'expérimentation suivante : remplacer la lampe L_1 du montage de la figure 11.a par une lampe de résistance plus élevée de 20Ω et de mesurer l'intensité du courant qui traverse le circuit (activité 6.1 : annexe 6). Il est également demandé de reprendre la même figure et remplacer la pile par une autre pile de force électromotrice plus élevée de 12 V (activité 6.2 : annexe 6). Les figures 12.a et 12.b montrent les captures d'écran d'ordinateur des deux montages réalisés par un groupe d'élèves.



A : Ampèremètre K : Interrupteur P : Pile L : Lampe

Figure 12: Capture d'écran de montage de l'activité 6.1 et 6.2 (Fiche activité élève) réalisé par un groupe d'élèves.

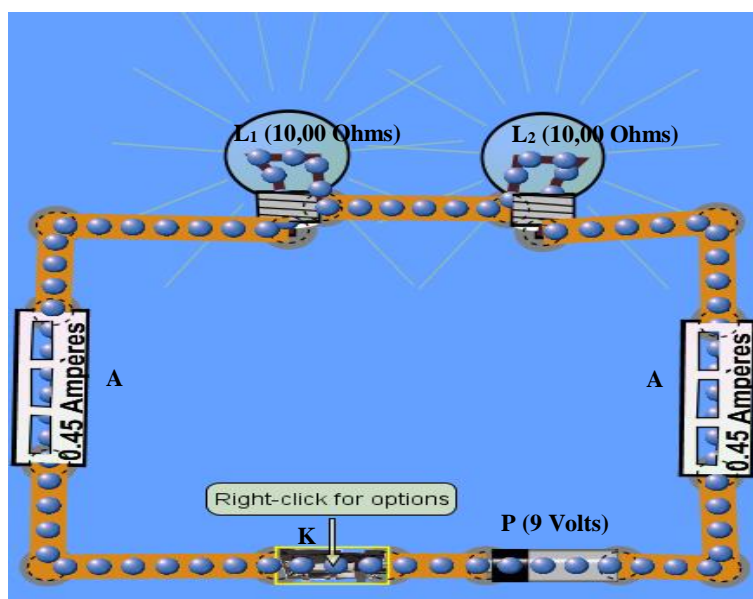
En fermant l'interrupteur du montage de la figure 12.a, le constat a été fait dans chaque groupe que l'intensité du courant est passée à 0,30 A. Preuve que l'intensité du courant dans un circuit dépend également de la résistance interne des éléments qui le constituent. Il a été très aisé de construire après cette simulation, de comprendre l'influence de la résistance de la lampe sur l'intensité du courant électrique dans un circuit : l'exploitation des fiches d'activités a permis de recenser les conclusions suivantes faites à la suite de cette simulation : « *lorsque la résistance du circuit augmente, l'intensité du courant dans le circuit diminue* » ou mieux encore « *lorsque la résistance de la lampe augmente, l'intensité du courant diminue* ». Il a été également demandé aux apprenants de dire comment varierait l'intensité du courant dans le circuit si la résistance de la lampe venait à diminuer. Après simulation et dans l'unanimité, il a été conclu que l'intensité du courant augmente.

La construction de l'influence de la force électromotrice de la pile s'est faite lorsque l'interrupteur du montage de 12.b a été fermé. L'intensité du courant s'est augmentée et est passée à 0,6 A lorsque la f.e.m de la pile est passée à 12 V. Cette simulation a permis aux apprenants, de réaliser que la force électromotrice de la pile est l'un des facteurs caractérisant l'intensité du courant électrique dans un circuit. En effet, lorsque la f.e.m d'un générateur dans un montage croit, l'intensité du courant dans le circuit dans lequel elle est branché croit également.

Ces deux autres simulations du fonctionnement de l'intensité du courant électrique (figure 12.a et 12.b) ainsi réalisées a permis aux apprenant de comprendre comment la résistance interne d'un dipôle récepteur et de la force électromotrice d'un générateur influence sur l'intensité du courant dans un circuit. Quant est-il de la distribution de cette intensité du courant dans un circuit électrique ?

4.5.3. Distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique série

Pour comprendre la distribution de l'intensité du courant dans un montage en série, une expérimentation a été menée en introduisant dans le montage de la figure 11.a un second ampèremètre après la lampe (figure 13). Le but de cette expérimentation est de mesurer l'intensité du courant dans deux portions différentes du circuit afin de voir comment celui-ci est distribué. Sachant que le premier ampèremètre affiche 0,45 A comme précédemment, Il est demandé aux apprenants de prédire la valeur que va afficher le second ampèremètre une foi le nouveau circuit fermé. Afin de répondre à cette question, les apprenants ont construit un autre montage. La figure suivante est une capture.



A : Ampèremètre K : Interrupteur P : Pile L : Lampe

Figure 13 : Capture d'écran de montage de l'activité 7 réalisé par un groupe d'élèves.

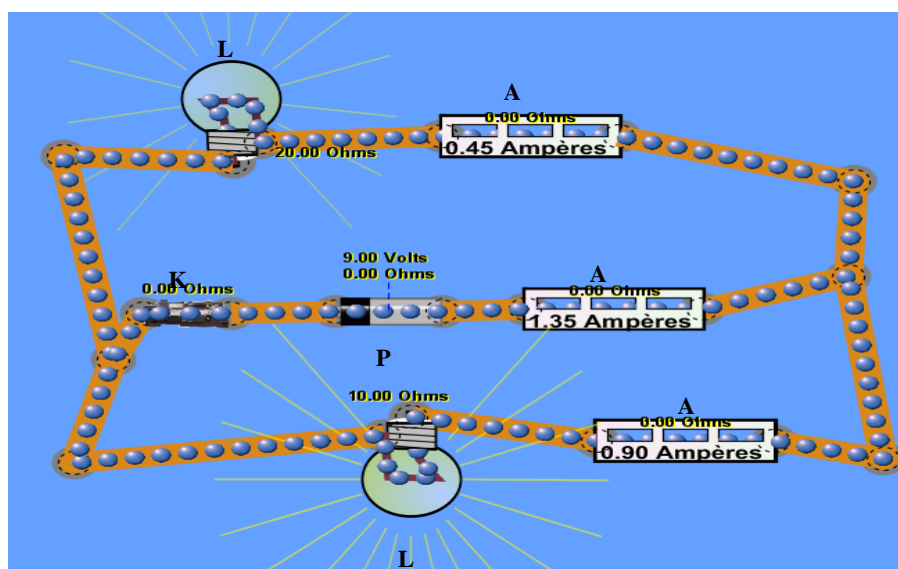
Une fois l'interrupteur fermé comme le montre la figure 13, la lecture de la valeur de l'intensité dans le second ampèremètre montre qu'il affiche la même valeur que le premier ampèremètre. La conclusion émise dans tous les groupes d'élèves dans leurs fiches a été que,

« dans le montage en série, l'intensité du courant est la même ». Cette conclusion nous a ainsi permis d'institutionnaliser l'unicité de l'intensité du courant électrique dans un circuit série.

4.5.4. Distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique à dérivation.

Pour construire la distribution de l'intensité du courant dans un circuit à dérivation, le montage de la figure 11.b a été modifié pour obtenir un nouveau montage avec les caractéristiques suivantes :

La lampe L_3 a été remplacée par une lampe L_6 de résistance plus élevée $R_6=20 \Omega$. Il a été branché respectivement sur les branches des lampes L_6 et L_4 deux ampèremètres : A_1 et A_2 . La figure 14 suivante montre une capture de l'écran d'ordinateur du montage réalisé par un groupe d'élèves.



A : Ampèremètre K : Interrupteur P : Pile L : Lampe

Figure 14: Capture d'écran du montage de l'activité 8 (Fiche activité élève) réalisé par un groupe d'élèves.

Après fermeture de l'interrupteur, il a été demandé aux apprenants de : noter les observations, relever les valeurs des intensités affichées par les trois ampèremètres et d'écrire la relation entre ces valeurs. La visualisation de la simulation du montage a permis de comprendre que la distribution du courant dans ce type de montage n'était pas la même que dans un circuit en série. En effet, le montage de la figure 14 réalisé par les élèves montre que le courant qui traverse chaque branche du montage est fonction de la résistance de la lampe qu'elle comporte. La branche ayant la lampe de grande résistance est parcourue par un courant de faible intensité alors que l'intensité qui traverse la branche comportant la lampe de

faible résistance est plus importante. L'intensité qui traverse la branche principale est la somme des intensités du courant traversant les deux autres branches secondaires. Cette expérimentation a permis de construire comment se fait la distribution du courant et de son intensité dans un montage à dérivation.

Il ressort en définitive de cette expérimentation que les activités d'expérimentations et de simulations menées ont été bénéfiques pour l'ensemble des apprenants. En effet, après exploitation des fiches d'activités des différents groupes d'apprenants, les activités proposées ont aidé à construire le concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit. Pour mieux vérifier ces évolutions auprès de nos sujets d'étude, il nous reste à : présenter les différentes données que nous avons recueillies avant et après cette expérimentation, analyser ces données afin de mesurer sa portée sur la facilitation de la construction de notre concept d'étude et de valider nos hypothèses de recherche.

CHAPITRE 5 : PRÉSENTATION ET DISCUSSIONS RÉSULTATS

Nous présentons dans ce chapitre les résultats de notre recherche. Nous commencerons par les données recueillies lors du pré-test sur notre échantillon ensuite avec les résultats du post-test qui ont suivi notre expérimentation. Nous poursuivrons avec l'analyse de ces résultats, la validation de nos hypothèses d'étude et enfin par une discussion de ces résultats.

5.1. Présentation des résultats du pré-test :

Les questions qui constituent notre questionnaire du pré-test sont présentées à l'annexe 3. Le questionnaire est administré à un ensemble de 30 élèves de la classe de quatrième répartis ainsi : 20 au CES d'ÉKOMBITIÉ et 10 au Collège Christ-Roi d'Obout.

Le tableau 4 résume les scores obtenus par les 30 élèves qui ont répondu aux questions du questionnaire du pré-test. A chaque question, nous lui associons un score (0, 1) 0 pour une réponse fausse et 1 pour une réponse juste.

Tableau 4: Dépouillement des résultats du pré-test

AN	Sex	Age	Série	Q1.1	Q1.2	Q1.3	Q2.1	Q2.2	Q3.1	Q3.2	Q4.1	Q4.2	Q5.1	Q5.2	Q6.1	Q6.2	Q7.1	Q7.2	Q8.1	Q8.2	Q9.1	Q9.2	Sre	
B1	F	13	ALL	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	11	
B2	F	14	ALL	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	14
B3	M	14	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	13
B4	F	14	ESP	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	14	
B5	F	14	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	11	
B6	M	13	ESP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	14	
B7	F	14	ESP	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	9	
B8	M	11	ALL	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	11
B9	F	14	ALL	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	12
B10	F	14	ALL	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	12	
E1	F	16	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	10	
E2	M	15	ESP	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	10	
E3	M	13	ESP	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	14
E4	F	14	ESP	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	9	
E5	M	15	ESP	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	12	
E6	M	14	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	8
E7	F	14	ESP	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	14	
E8	M	15	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	9	
E9	M	17	ESP	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	12	
E10	M	17	ESP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	15	
E11	F	15	ESP	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	13
E12	M	14	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	11	
E13	F	12	ESP	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	14
E14	F	13	ESP	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	12
E15	M	16	ESP	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	13	
E16	M	12	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	10	
E17	F	14	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	10	
E18	M	14	ESP	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	14
E19	M	13	ESP	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	11	
E20	F	15	ESP	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	10	
Total	14			28	30	11	28	5	30	11	30	23	15	8	30	6	28	17	13	9	27	3		
Frequence				93.33	100.00	36.67	93.33	16.667	100.00	36.67	100.00	76.667	50.00	26.67	100.00	20.00	93.33	56.7	43.33	30.00	90.00	10.00		

Le dépouillement de nos questionnaires du pré-test nous a permis de regrouper nos questions en cinq thèmes. Cela nous a permis d'obtenir les résultats du tableau 5 suivant :

Tableau 5: Résultat du pré-test

Thème	Questions	Objet des questions	Nombre de réponse juste	Fréquence %
I	Q1.1, Q1.2, Q3.1, Q4.1, Q5.1, Q6.1, Q7.1, Q9.1	Observations au niveau des lampes et au niveau de l'ampèremètre en circuit ouvert (interrupteur ouvert)	231	96.25
II	Q1.3	Evaluation de l'unicité du courant électrique dans un circuit simple	11	36.66
III	Q2.2, Q4.2, Q5.2, Q6.2,	Influence de la résistance d'une lampe sur l'intensité du courant dans un circuit	42	35,00
IV	Q3.2	Influence de la tension de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit	11	36.66
V	Q8.2	Influence de du type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit.	9	30.00
VI	Q6.2, Q7.2, Q9.2	Intensité du courant dans un circuit électrique comprenant deux lampes et une pile	26	28.88

Source : Enquête de terrain 2021

Les questions **Q1.1, Q1.2, Q3.1, Q4.1, Q5.1, Q6.1, Q7.1** et **Q9.1** portent sur les **observations au niveau des lampes et au niveau de l'ampèremètre en circuit ouvert** (lorsque l'interrupteur est ouvert). Nous avons obtenu seulement 9 fausses réponses sur les 240 attendus, ce qui donnent un taux de 96,25%. Ces réponses montrent que les apprenants interrogés ont une bonne maîtrise du rôle de l'interrupteur dans un circuit électrique. Elles corroborent les travaux de Sarrazin et Genzling (1988) qui ont obtenu 90,90% de bonne réponse sur la présence du courant électrique dans un circuit ouvert auprès des élèves moins âgés (12ans) que ceux de notre échantillon.

A la question **Q3.2** qui porte sur « **l'évaluation de l'unicité du courant électrique dans un circuit simple** », 11 élèves sur 30 répondent correctement soit 36.66%. Ce qui montre la persistance de la conception de circulation de courant avec épuisement. Cela se confirme d'avantage lorsqu'on analyse de près les justifications qu'ils apportent à leur réponse. En effet, sur les **11** élèves qui ont répondu correctement à cette question, **3** seulement ont réussi à donner une justification appréciable à leur réponse. Les **8** autres ont donné des justifications qui n'avaient rien à voir avec la réponse choisie.

Les réponses (**42 bonnes réponses sur 120**) représentent un taux de 35% aux questions **Q2.2, Q4.2, Q5.2** et **Q6.2** portant sur l'« influence de la résistance d'une lampe sur l'intensité du courant dans un circuit ». La plupart des élèves ayant choisi la réponse erronée

« **A1 intensité plus grande que 0,9** » aux questions **Q2.2** et **Q6.2**. Justifient leur choix par le fait que « *si la résistance de la lampe augmente, l'intensité du courant dans le circuit augmente aussi.* » Le reste considère que « *la pile débitent un courant électrique constant* » quel que soit le circuit dans lequel elle est branchée.

Ces résultats nous montrent que malgré les enseignements antérieurs sur le concept de l'intensité du courant électrique, les élèves interrogés n'ont pas compris le rôle des effets d'une résistance sur l'intensité du courant électrique dans un circuit simple, soit de l'influences que peut avoir la résistance interne d'une lampe sur le courant qui le traverse ou sur sa luminosité.

A la question **Q3.2** portant sur l'« **influence de la tension de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit** », seulement onze élèves sur 30 ont choisi la bonne réponse ce qui représente un taux de 36,66%. Ces mauvaises performances des élèves interrogés montrent leurs difficultés de compréhension sur l'influence de la force électromotrice de la pile sur l'intensité du courant électrique dans le circuit. Cela montre la persistance de la conception de « *courant constant* » que Missonnier et Closset (2004) montrent que, pour répondre aux interrogations sur l'intensité, l'apprenant considère toujours le générateur comme ayant un débit constant quelles que soient les modifications qu'on apporte à l'ensemble du circuit.

Les questions **Q6.2**, **Q7.2**, et **Q9.2** portent sur « **l'intensité du courant dans un circuit électrique comprenant deux lampes et une pile** ». A ces questions, seulement **28.88%** des réponses données par les apprenants sont justes ce qui représente **26 bonne réponses sur 90** attendues sur l'ensemble des cinq questions. Les mauvaises performances des élèves interrogés montrent que cet aspect de l'influence de l'intensité du courant dans un circuit semble créer problème. Que ce soit sur un montage de deux lampes en série avec un générateur **Q6.2**, 80% des apprenants interrogés ne perçoivent pas comment l'intensité du courant peut être influencée par le type de montage. Tous les autres apprenants ayant donné une réponse juste ont cependant, donné des justifications erronées à leur choix.

La question **Q8.2** porte sur l'influence du type de montage sur l'intensité du courant électrique a obtenu un pourcentage de bonne réponse de 9, ce qui correspond à un taux de 30%.

La question **Q9.2** a quant à elle enregistré le plus grand nombre de réponse erronées. En effet, seulement **3 élèves sur les 30** interrogés ont trouvé la bonne réponse soit moins de 10% de notre échantillon. Cela montre à suffisance qu'ils ont d'énormes difficultés sur les loi

d'additivité des intensités de courant électriques dans les circuits en dérivation. Cela c'est d'avantage confirmé lors de l'analyse des justifications données par les élèves.

Les résultats de ce pré-test montrent que les élèves que nous avons interrogés ont une bonne compréhension de l'origine du courant dans un circuit et du rôle que joue un interrupteur dans un circuit électrique. Cependant, ils ne conçoivent pas comment le type de montage d'un circuit électrique influence sur l'intensité du courant dans celui-ci. Constat est fait que, les difficultés de compréhension de l'influence de la force électromotrice de la pile et de la résistance interne de la lampe sur l'intensité du courant électrique dans un circuit demeurent.

5.2. Présentation des résultats du post test :

Les questions qui constituent notre questionnaire du post test sont présentées à **l'annexe 4**. Le questionnaire est administré à l'ensemble des 30 élèves ayant participés au prétest et ayant suivi l'expérimentation. Le **tableau 6** résume les scores obtenus par les 30 élèves qui ont répondu aux questions du questionnaire du post-test.

Tableau 6 Dépouillement des résultats du post-test

AN	Sex	Age	Série	I	II	III	IV	V	VI	VII	SCE
B1	F	13	ALL	1	1	0	1	1	1	1	6
B2	F	14	ALL	1	1	1	1	0	1	1	6
B3	M	14	ESP	0	1	0	1	1	1	0	4
B4	F	14	ESP	1	1	1	0	0	0	1	4
B5	F	14	ESP	0	1	1	1	1	1	1	6
B6	M	13	ESP	1	1	0	0	1	0	1	4
B7	F	14	ESP	1	1	1	1	0	1	0	5
B8	M	11	ALL	1	1	1	0	1	0	0	4
B9	F	14	ALL	0	1	0	1	1	1	1	5
B10	F	14	ALL	1	1	0	0	0	0	1	3
E1	F	16	ESP	0	1	1	0	1	0	1	4
E2	M	15	ESP	1	0	1	1	1	1	1	6
E3	M	13	ESP	1	1	1	1	1	1	1	7
E4	F	14	ESP	1	1	1	0	1	0	0	4
E5	M	15	ESP	0	0	1	1	1	1	0	4
E6	M	14	ESP	1	0	1	1	1	1	1	6
E7	F	14	ESP	0	1	1	1	1	1	0	5
E8	M	15	ESP	1	0	1	0	1	0	1	4
E9	M	17	ESP	0	1	1	1	1	1	0	5
E10	M	17	ESP	1	1	0	1	1	0	1	5
E11	F	15	ESP	1	0	1	1	1	1	1	6
E12	M	14	ESP	1	1	1	0	0	0	1	4
E13	F	12	ESP	1	1	1	1	1	1	0	6
E14	F	13	ESP	1	1	1	1	1	1	0	6
E15	M	16	ESP	1	1	1	1	0	1	1	6
E16	M	12	ESP	1	1	0	1	1	1	1	6
E17	F	14	ESP	1	0	1	0	0	0	1	3
E18	M	14	ESP	1	1	1	1	1	1	1	7
E19	M	13	ESP	1	0	1	1	1	1	0	5
E20	F	15	ESP	1	0	1	1	1	1	0	5
Total		14		23	22	23	21	23	20	19	
Frequence				76.67	73.33	76.67	70.00	76.67	66.67	63.33	

Source : Enquête de terrain 2021

Le dépouillement de nos questionnaires du post-test nous a permis de regrouper nos questions en quatre thèmes à savoir :

- L'influence de la résistance interne de la lampe sur l'intensité du courant dans un circuit ;
- L'influence de la force électro motrice f.e.m la pile sur l'intensité du courant dans un circuit ;
- L'influence du type de montage sur l'intensité de la pile dans un circuit et
- La distribution de l'intensité du courant dans un circuit électrique simple.

Cela nous a permis d'obtenir les résultats du tableau 7 suivant:

Tableau 7 Résultats du post-test

Question	Thème	Nombres de réponses justes	Fréquence de bonne réponse
I et II	Influence de la résistance interne de la lampe sur l'intensité du courant dans un circuit.	45	75.00
III et IV	Influence de la force électromotrice de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit	44	73.33
V	Influence de du type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit.	23	76.66
VI et VII	Distribution, (loi de courant) de l'intensité du courant dans un circuit électrique	39	65.00

Le décryptage du tableau de résultats du post-test montre un taux élevé des réponses attendues aux différentes questions. Au regard des résultats du tableau 7 des performances des élèves, après l'expérimentation, nous notons une évolution considérable sur les conceptions qu'ont les apprenants sur le concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit. De ces résultats, nous pouvons dire que la séquence d'enseignement basée sur la transposition informatique favorise la compréhension du concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit simple par les apprenants.

Les questions **I et II** portent sur **l'influence de la résistance interne de la lampe sur l'intensité du courant dans le circuit**. Nous avons obtenu **45 bonnes réponses sur les 60** attendues. Ceci représente un taux de **75%** de bonne réponse. **23 élèves** ont donné une réponse juste quant à l'augmentation de la résistance de la lampe qui diminue l'intensité du courant dans le circuit et **22** ont compris que la diminution de la résistance interne d'une lampe dans un circuit augmente l'intensité du courant dans celui-ci. Seulement **7 élèves** ont encore des difficultés sur l'influence de la résistance interne de la lampe sur l'intensité du courant dans un circuit. Nous constatons donc une évolution très considérable du niveau de compréhension des apprenants sur ce concept.

Les questions **III et IV** qui portent sur **l'influence de la force électromotrice de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit** montrent un taux de bonne réponse de **73,33%**. En effet, **23 élèves sur les 30** interrogés ont donné une réponse juste à la question **III**, celle de savoir comment évolue l'intensité du courant dans un circuit électrique lorsque la force électromotrice de la pile augmente. Le dépouillement des réponses données par les 7 autres élèves ayant donné une réponse erronée à cette question montre qu'ils ont tous répondu que « *l'intensité du courant diminue dans le circuit* ». Cela prouve qu'ils ont compris que la force électromotrice de la pile influence l'intensité du courant dans un circuit. La question **IV**

a obtenue 21 bonnes réponses soit un taux de 70%. Ces fréquences montrent que bon nombre d'élèves pensent que la force électromotrice de la pile est un facteur déterminant l'intensité du courant dans un circuit. Ainsi, la simulation informatique interactive favorise la compréhension de l'influence de la force électromotrice de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit électrique.

La question **V** sur **l'influence du type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit** ayant pour bonne réponse : « **A1** : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 1** est supérieure à l'intensité du courant qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 2** » Elle a obtenu un score de **23 sur 30 bonnes réponses**. Ce qui représente un pourcentage de **76,66%**. Cela nous montre une évolution considérable de la conception de l'influence du type de montage sur l'intensité du courant dans le circuit des apprenants. L'analyse des justifications apportées par les élèves interrogés montre que la simulation informatique interactive permet de mieux comprendre comment le type de montage influence sur l'intensité de courant dans un circuit.

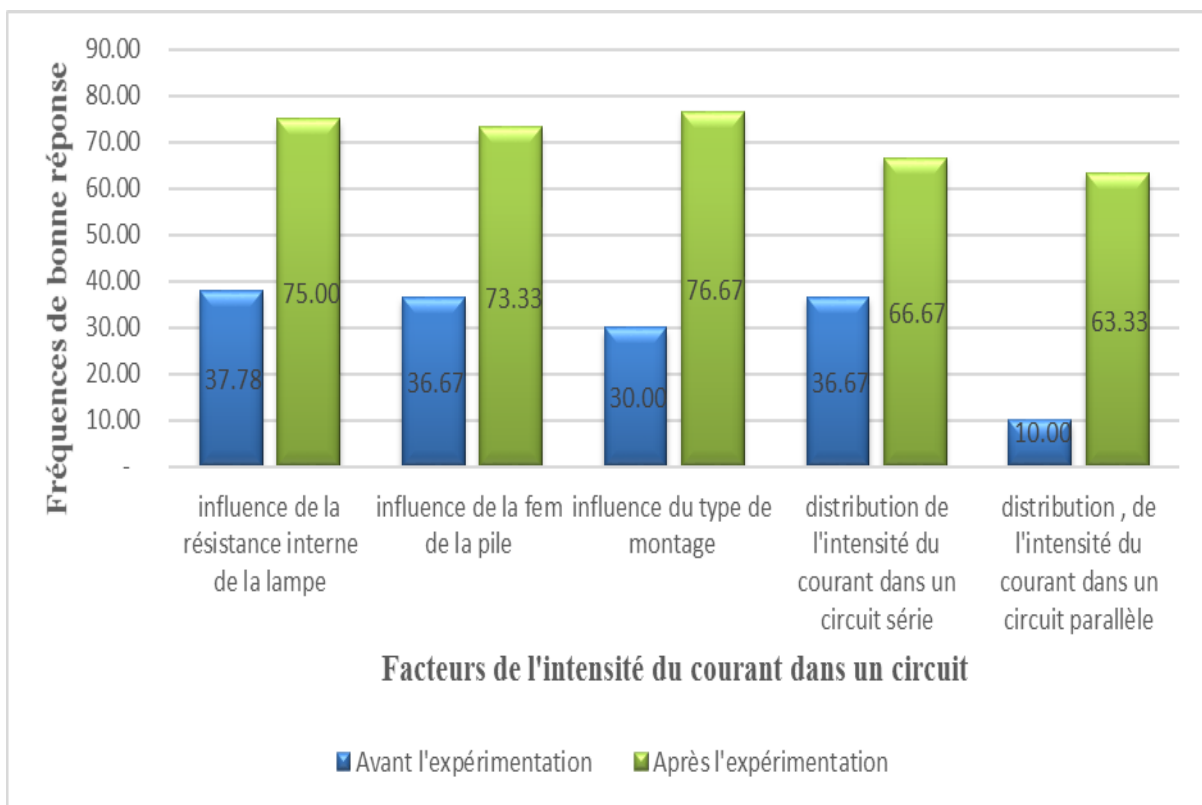
Les questions **VI** et **VII**, porte sur la **distribution de l'intensité du courant dans un circuit électrique**. La question **VI** porte sur la distribution de l'intensité de courant (loi de courant) dans un circuit électrique série. Elle a enregistré **20 bonnes réponses sur 30** soit un taux de **66,66%**. La question **VII** quant à elle portant sur la distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit en dérivation a obtenu un taux de 63%. Ces résultats montrent que la conception de la distribution de l'intensité du courant dans un circuit électrique a évolué considérablement chez les apprenants. Les élèves n'ont plus beaucoup de difficultés quant à l'unicité du courant dans les branches de circuit en série et de l'additivité des courants dans un circuit en dérivation. Cela laisse croire que l'expérimentation de la distribution de l'intensité du courant sur ordinateur a permis de faciliter la compréhension et a contribué de façon considérable à l'évolution des conceptions des apprenants sur l'électrocinétique.

Les résultats de ce post-test montrent que les élèves que nous avons interrogés ont une bonne compréhension des facteurs déterminants l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique. Les mêmes résultats confirment une évolution considérable de la compréhension de la distribution de l'intensité du courant dans un circuit électrique.

5.3. Analyse statistique globale des résultats du pré-test et du post-test

Il était question dans notre recherche de **montrer l'impact de la transposition informatique sur la construction par les élèves de la classe de quatrième du concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit**. Il est question pour nous de montrer comment la simulation informatique interactive facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique d'une part. D'autre part, comment l'expérimentation informatique facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique. La **figure 15** ci-dessous montre le croisement des scores des apprenants avant et après l'expérimentation sur nos questions que nous avons classée en cinq thèmes.

Figure 15 : Croisement des scores des apprenants avant et après la transposition informatique



Les trois premiers thèmes de ce graphique regroupent la simulation interactive des facteurs dont dépendent l'intensité du courant dans un circuit (**résistance interne de la lampe, la f.e.m de la pile, le type de montage**). Le premier thème concerne la simulation de l'influence de la résistance interne de la lampe sur l'intensité du courant dans un circuit électrique.

Le thème sur la simulation de l'influence de la résistance de la lampe regroupe les **questions Q2.2, Q5.2 et Q6.2 du questionnaire pré-test** et les **questions I et II du post-test**. Le diagramme correspondant aux fréquences à ce thème montre qu'avant la simulation, seulement **37,78%** des élèves ont donné une réponse favorable quant à l'influence de la résistance interne de la lampe sur l'intensité du courant électrique dans un circuit contre **75,00%** de bonne réponse après la simulation. Cela montre une évolution significative de **37,22%**.

Le thème sur la simulation interactive de l'influence de la f.e.m de la pile regroupe la **question Q3.2 du pré-test** et les **questions III et IV du post-test**. Le diagramme de la **figure 15** montre une évolution significative de **36,67%** entre la fréquence des bonnes réponses avant (**36,66%**) et après simulation (**73,33%**) sur la simulation interactive de l'influence de la force électromotrice de la pile sur l'intensité du courant électrique dans un circuit.

La simulation interactive de l'influence du type de montage regroupe la **question Q8.2 du pré-test** et la **question V du questionnaire post-test**. L'analyse de la **figure 15** relève que, avant notre simulation, **70%** des élèves interrogés ont des fausses représentations sur l'influence du type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit électrique. Après l'expérimentation, seulement **23,34%** des apprenants ont encore des difficultés à comprendre l'influence que peut avoir le type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit.

Il ressort de ces résultats que les simulations interactives permettent de faciliter la construction des facteurs de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique.

Les deux autres thèmes de la **figure 15** regroupent l'**expérimentation informatisée de la distribution de l'intensité du courant dans un circuit électrique**. Il regroupe entre autre l'expérimentation informatisée de la distribution de l'intensité du courant dans un circuit série (**question 1.3 du prétest** et **question VI du post-test**) et l'expérimentation informatisée de la distribution de l'intensité du courant dans un circuit en dérivation (**question 9.2 du pré-test** et **question VII du post-test**). L'analyse des fréquences des bonnes réponses montre que, en ce qui concerne la distribution de courant dans un circuit électrique en série, **66,77%** des élèves ont donné une réponse juste (post-test) sur la distribution de courant dans ce type de circuit après l'expérimentation contre **36,67%** avant l'expérimentation (pré-test). La distribution de l'intensité du courant quant à lui a noté une évolution très significative. En effet, lors du prétest, seulement **3 élèves sur 30** pouvaient expliquer comment se comporte l'intensité du courant électrique dans un nœud. Après l'expérimentation assistée par ordinateur de la distribution dans un circuit électrique, **63,33%** des élèves ont vu leurs

compréhensions s'améliorer sur cette distribution de l'intensité du courant dans ce type de circuit, soit une évolution significative de plus de 50%.

Ces résultats nous indiquent déjà en amont que **la transposition informatique facilite la construction du concept de l'intensité du courant dans un circuit électrique**. Cependant ils ne sont pas assez suffisants pour la validation de notre hypothèse de recherche. Nous allons dans la section qui suit, tester les différentes hypothèses spécifiques afin de nous prononcer sur la validité de notre hypothèse principale.

5.4. Vérification des hypothèses de recherche

Pour vérifier nos hypothèses de recherche, nous nous servons du **test-T de student pour échantillon apparié** encore appelé test de mesure répétées à l'aide du logiciel SPSS. Il permet de **comparer les moyennes (score) de deux séries de mesures effectuées (Avant l'expérimentation et Après l'expérimentation) sur une même unité statistique (échantillon de 30 apprenants de la classe de 4ième)**. Ainsi, pour chacune de nos hypothèses secondaires, nous allons vous présenter sous forme de tableau, les données fournies par le logiciel SPSS. A la suite de chacun de ces tableaux, suivrons l'exploitation de ces données pour la vérification de nos hypothèses.

5.4.1. Vérification de l'hypothèse secondaire 1 (HS1)

L'hypothèse secondaire HS1 sera vérifiée par la validation du test T sur les questions **I, II, III, IV et V**.

Tableau 8 : Statistiques pour échantillons appariés pour les questions I, II, III, IV et V.

Questions		Moyenne	N	Ecart-type	Erreur standard moyenne
I	Après	0.17	30	0.379	0.069
	Avant	0.77	30	0.430	0.079
II	Après	0.27	30	0.450	0.082
	Avant	0.73	30	0.450	0.082
III	Après	0.37	30	0.490	0.089
	Avant	0.77	30	0.430	0.079
IV	Après	0.37	30	0.490	0.089
	Avant	0.70	30	0.466	0.085
V	Après	0.30	30	0.466	0.085
	Avant	0.77	30	0.430	0.079

Le **tableau 8** nous montre que **la moyenne des scores des apprenants après la simulation interactive des facteurs de l'intensité du courant dans un circuit est nettement supérieure à la moyenne des scores avant l'expérimentation** pour l'ensemble des questions de notre première hypothèse. Pour valider cette première hypothèse secondaire, nous exploitons les données fournis par le logiciel SPSS (**Tableau 9**) sur le test T sur notre échantillon pour l'ensemble des questions concernés par notre hypothèse.

Tableau 9 Présentation du test T échantillons appariés pour les questions I, II, III, IV et V.

Test échantillons appariés									
Questions		Différences appariées					T	ddl	Sig. (bilatérale)
		Moy	Ecart -type	Err stand moy	Intervalle de confiance 95% de la différence				
					Inf	Sup			
I	Après- Avant-	0.600	0.563	0.103	0.810	0.390	5.835	29	0.000
II	Après- Avant-	0.467	0.571	0.104	0.680	0.253	4.474	29	0.000
III	Après- Avant-	0.400	0.621	0.113	0.632	0.168	3.525	29	0.001
IV	Après- Avant-	0.333	0.606	0.111	0.560	0.107	3.010	29	0.005
V	Après- Avant-	0.467	0.571	0.104	0.680	0.253	4.474	29	0.000

Formulation des hypothèses.

H₀ : la simulation interactive ne facilite pas la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

H_a : La simulation facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

L'analyse du tableau 9 nous montre que la différence de la moyenne pour les différentes questions est largement significative. De plus, il ressort que les valeurs de signification bilatérales **0,000, 0,000, 0,001, 0,005** et **0,000** respectivement pour les questions **I, II, III, IV** et **V** concernant les facteurs de l'intensité du courant électrique sont largement inférieur au seuil de signification **0,05**. On retient alors d'après la règle de décision que **H₀ est rejetée** au risque alpha bilatéral de **5%** et **H₁ est donc validée**.

En conclusion, la valeur de signification bilatérale est inférieure au seuil de significativité. Nous déduisons que **la simulation interactive facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit.**

5.4.2. Vérification de l'hypothèse secondaire 2 (HS2)

L'hypothèse secondaire **HS2** sera vérifiée par la validation des test T sur les questions **VI** et **VII**.

Tableau 10 : Statistiques pour échantillons appariés pour les questions VI et VII

Questions		Moyenne	N	Ecart-type	Erreur standard moyenne
VI	Après	0.37	30	0.490	0.089
	Avant	0.67	30	0.479	0.088
VII	Après	0.10	30	0.305	0.056
	Avant	0.63	30	0.490	0.089

Le Tableau 10 nous montre que la moyenne après l'expérimentation sur la distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit est nettement supérieure à la moyenne avant l'expérimentation pour l'ensemble des questions de notre seconde hypothèse. Pour valider cette deuxième hypothèse secondaire, nous exploitons les données fournies par le logiciel SPSS (**tableau 11**) sur le test T sur notre échantillon pour les questions VI et VII.

Tableau 11 : Présentation du test T échantillons appariés pour les questions VI et VII.

Questions		Différences appariées					t	ddl	Sig. (bilatérale)
		Moy	Ecart -type	Err stand moy	Intervalle de confiance 95% de la différence				
					Inf	Sup			
VI	Après- Avant	0.300	0.702	0.128	0.562	0.038	2.340	29	0.026
VII	Après- Avant	0.533	0.681	0.124	0.788	0.279	4.287	29	0.000

Formulation des hypothèses.

H₀ : L'expérimentation informatisée facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

H_a : L'expérimentation informatisée facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

L'analyse du **tableau 11** nous montre que la différence de la moyenne pour les différentes questions est largement significative. De plus, les seuils de signification bilatérale **0,026 et 0,000** respectivement pour les **questions VI et VII** sont **largement inférieures au seuil de significativité 0,05**. On retient alors d'après la règle de décision que **H₀ est rejetée** au risque alpha bilatéral de 5% et **H_a est donc validée**.

En conclusion, la valeur de signification bilatérale est inférieure au seuil de significativité de 5% pour un degré de liberté de 29, nous déduisons que **l'expérimentation informatisée facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique**.

Au regard de ce résumé, nous relevons que toutes nos hypothèses secondaires sont acceptées. Ce qui nous permet de valider notre hypothèse principale. A savoir **La transposition informatique facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique par les apprenants de la classe de quatrième**.

5.5. Bilan et discussion

Dans cette étude, des élèves de la classe de quatrième sont conviés à **réaliser à l'aide du logiciel Phet.1.0 sur ordinateur une simulation interactive et une expérimentation sur l'intensité du courant dans un circuit électrique**. L'objet de cette étude est d'évaluer l'impact de l'utilisation de la transposition informatique sur la construction du concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit. Nous avons tout d'abord effectué la construction des facteurs de l'intensité du courant dans un circuit résistance interne de la lampe, force électromotrice de la pile et type de montage à l'aide d'une simulation informatique interactive. Ensuite, nous avons procédé à l'expérimentation de la distribution de l'intensité (loi des courants dans les circuits séries et dans les circuits parallèles) sur ordinateur.

En fait, dans la séquence d'enseignement que nous avons menée s'appuyant sur la simulation informatique interactive et à l'expérimentation informatique comme mentionné plus haut, les apprenants ont été soumis à des activités d'apprentissage qui leur permettent de

construire par eux-mêmes leurs propres connaissances en s'inspirant de la démarche scientifique. En effet, dans la méthode expérimentale Develay (1989), l'enseignant construit les activités et en tenant compte des conceptions erronées de l'apprenant sur le savoir à construire. Il conçoit des activités pour faire évoluer ces conceptions vers celle jugée scientifiquement acceptable à travers une démarche qui va de la formulation du problème à l'interprétation des résultats en passant par l'émission des hypothèses et leurs vérifications par l'expérience. Dans ces situations, l'apprenant est au centre de l'activité d'apprentissage et a la possibilité de collaborer avec ses pairs lors de la résolution des situations d'apprentissages.

Cette démarche, permet de remettre en cause les représentations erronées de l'apprenant sur le concept à construire car, « on ne peut rien fonder sur l'opinion, c'est le premier obstacle à surmonter » (Bachelard, 1967). Mais aussi de l'inculquer une culture scientifique qu'il doit adopter dans la résolution des problèmes qu'il peut rencontrer dans son quotidien. Dans l'enseignement classique, les apprenants n'ont pas été appelés à s'interroger, on a aucune représentation quelconque du concept qu'on veut étudier. Il n'a pas été amené à formuler une hypothèse face au problème à laquelle il a été conforté encore moins de vérifier cette hypothèse au moyen de l'expérimentation. C'est un fait contraire à l'enseignement habituel où l'apprenant reçoit tout de l'enseignant sans être soumis à une quelconque interrogation sur ce dernier. Dans un contexte comme le nôtre dans lequel le manque de matériel est un handicap au processus de construction des savoirs. Dans ces conditions on ne peut espérer un changement considérable sur les conceptions des apprenants après un apprentissage. Le recours à d'autres moyens de représentation du phénomène d'étude facilite la construction du savoir. Ceci s'explique à travers les performances observées avant et après l'expérimentation auprès des élèves interrogés. Nous avons ainsi observé un très grand écart entre les performances de ceux-ci avant l'expérimentation bien qu'ayant reçu au préalable un enseignement classique sur le concept et celles du même groupe d'élèves après avoir reçu un enseignement basé sur la simulation interactive associé à une expérimentation informatique.

Les résultats montrent que la majorité des élèves interrogés (**environ 71%**) réussissent à bien construire le concept de l'intensité du courant électrique dans un circuit. En effet, le peu d'élèves qui proposent encore des réponses erronées aux questions posées donnent des justifications qui prouvent une évolution remarquable de leurs représentations initiales sur le concept.

L'utilisation du logiciel de simulation et d'expérimentation informatique influence les réponses des apprenants lorsqu'ils sont confrontés aux problèmes liés à l'intensité du courant électrique dans un circuit. En effet, bien qu'ayant reçu un enseignement usuel sur l'intensité du courant électrique avant notre expérimentation, seulement **30,22%** des élèves proposent des réponses justes aux questions posées, bien qu'ils apportent des justifications erronées à leurs réponses.

Comparativement aux résultats des autres travaux de recherche sur le même concept, Benseghir (2004) a obtenu un taux de 57% de bonne réponse sur l'expérimentation matériel associé à une démarche hypothéticodéductive sur le même concept. Nos résultats sur l'expérimentation assistée par ordinateur présentent un résultat plus satisfaisant **environ 65%**. Cela montre que **l'expérimentation sur ordinateur a des effets bénéfiques sur la construction des phénomènes électriques**. Cela pourrait s'expliquer par **l'effet de visualisation** car dans le logiciel, les modèles sont imagés avec leurs propriétés et leurs caractéristiques sont directement observables. La manipulation de ces objets est également d'un atout important car il aide les élèves à conceptualiser de manière détaillée et précise les situations problèmes, et ceci dès la classe de quatrième. On peut alors penser que l'expérimentation informatique permet aux élèves d'adopter « la démarche scientifique » (Develay, 1989) pour la résolution des problèmes de leur environnement.

Quant aux simulations interactives, les résultats montrent qu'elles sont, contrairement à l'expérimentation plus avantageuses dans la construction des savoirs relatif aux phénomènes électrique/§. En effet, la simulation informatique interactive a permis de faire évoluer les représentations des élèves sur les facteurs du courant électrique de plus de 75%. Ce résultat corrobore celui de Ayina et *al* (2012) qui est de 80%. En effet, en utilisant la simulation interactive pour construire les facteurs de l'intensité du courant dans un circuit, il n'a plus été possible de tout contrôler les paramètres du processus de modélisation. Il a été cependant bénéfique pour les élèves du point de vue de l'enseignement reçu avant l'expérimentation.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette recherche s'intéresse à l'impact de la transposition informatique dans la construction du concept de l'intensité du courant électrique en classe de quatrième. Nous concluons que cet enseignement permet d'améliorer la compréhension de ce concept chez les apprenants de cette classe.

L'hypothèse générale de notre travail a été formulée comme suit : **La transposition informatique facilite construction du concept de l'intensité du courant électrique par les apprenants de la classe de quatrième.** Cette hypothèse a été subdivisée en deux hypothèses secondaires exprimées comme suit :

HS1 : La simulation interactive facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

HS2 : L'expérimentation informatisée facilite la construction du concept de l'intensité du courant électrique.

La vérification de nos hypothèses a été effectuée par une expérimentation auprès de 30 apprenants de la classe de quatrième ayant déjà reçu un enseignement habituel sur le concept de l'étude avec leur professeur titulaire. Notre échantillon a été reparti dans deux établissements (10 au Collège Christ-Roi d'Obout et 20 au CES d'Ékombitié-Mbalmayo) d'enseignement secondaire du département du Nyong et So'o, région du centre, république du Cameroun. Pour ce faire, nous avons administré deux questionnaires pré-test et post-test à l'ensemble de notre échantillon respectivement avant et après l'expérimentation sur l'utilisation de la simulation interactive et l'expérimentation informatisée pour la construction de l'intensité du courant électrique dans un circuit. L'analyse de nos résultats fournis par le logiciel SPSS à l'aide du test-T de *student* pour échantillon apparié nous a permis de comparer les moyennes des scores des deux questionnaires soumis à notre échantillon (Avant l'expérimentation et Après l'expérimentation). Pour chacune des thèmes de ces questionnaires, nous avons d'une part, une différence de moyennes importante. D'autres part, les différentes significations bilatérales calculées pour chaque question sont toutes inférieures au seuil de significativité de 0,05 avec un degré de liberté de 29. Ces renseignements ont permis d'accepter toutes nos hypothèses de recherche avec un seuil de signification de 0,05 ; conduisant à la validation de notre hypothèse principale.

Notre étude a permis de montrer que l'enseignement et l'apprentissage à l'aide de la simulation interactive et de l'expérimentation informatisée facilitent la compréhension de l'intensité du courant électrique dans un circuit. Ainsi, au vu des résultats de cette recherche, quatre implications semblent se dégager :

- Pour les enseignants.

L'enseignant étant l'acteur incontournable dans le processus d'enseignement-apprentissage est confronté dans sa pratique professionnelle quotidienne, à de mauvais rendements didactiques qu'il n'arrive pas à expliquer malgré l'effort qu'il fournit. Ses élèves ont, avant l'apprentissage d'un concept, des opinions sur celui-ci. C'est la raison pour laquelle il est d'une part important de connaître ces opinions qui sont des obstacles à l'apprentissage du nouveau savoir à construire et d'autre part pierre angulaire sur lequel ce savoir doit être construit. Pour faciliter l'apprentissage dans ce contexte il est nécessaire de partir toujours d'une situation problème contextualisée dont la résolution doit permettre à l'apprenant d'adopter la **démarche expérimentale** qui va lui permettre de s'approprier la culture scientifique. La phase d'expérimentation étant cruciale, cette démarche nécessite cependant une pratique expérimentale en vue de vérifier l'hypothèse émise en amont. Dans le contexte de manque de matériel de laboratoire, Ayina et *al.* (2012) ont montré qu'à l'aide des simulations et de logiciels éducatif que l'on rencontre sur le web on pouvait améliorer la compréhension des concepts de sciences physiques. Nous avons à notre tour, dans le cadre de cette étude montré que les logiciels éducatifs libres disponibles sur internet peuvent jouer le même rôle en occurrence **Phet simulation** dans la construction de l'intensité du courant électrique dans un circuit. Cette étude présente un dispositif d'utilisation facile qui sert non seulement de laboratoire virtuel mais également de simulateur de bon nombre de concept objet d'apprentissage. Dans le cas de l'électrocinétique, cette étude met en œuvre un dispositif qui va permettre aux enseignants de sciences en générale et aux enseignants de physique-chimie en particulier de mieux construire les activités d'apprentissage avec des modèles plus proches du réel. Ce qui va permettre à l'apprenant de mieux comprendre son fonctionnement. Elles améliorent de façon considérable la pratique dans l'enseignement et l'apprentissage tout en réduisant le travail de l'enseignant et de lui faire faire des économies dans l'équipement de matériel pour expérimentation réel. La considération des résultats de cette recherche pourra permettre la formation continue des enseignants dans l'implémentation de l'apprentissage par problème. Cette nouvelle façon d'aborder le savoir permettrait à l'enseignant d'atteindre plus facilement ses objectifs pédagogiques.

- Pour les décideurs en éducation.

De l'analyse des résultats de cette étude pourrait sortir des recommandations sur l'équipement en matériel didactique de science à l'enseignement secondaire. A défaut de construire des laboratoires qui ne seront pas équipés ou seront mal entretenus, la construction

et l'équipement des salles de laboratoire virtuel permettra non seulement aux enseignants d'informatique de mieux dispenser leurs leçons d'informatique, mais aussi à l'enseignant des sciences de mener à bien ses expérimentations afin de faciliter la construction des savoirs scientifiques.

- Pour les élèves.

Cette étude impose une réflexion sur le rôle de l'interaction entre apprenant- apprenant et entre apprenants et enseignant en vue de favoriser leur autonomie dans l'apprentissage et leur participation à la construction de leur propre savoir.

- Pour la recherche en didactique des sciences.

Les résultats de cette recherche peuvent servir d'appui aux différentes réflexions didactiques sur la transposition informatique et notamment la construction des activités basées sur le savoir scientifique non seulement en tenant compte de conceptions des apprenants mais aussi en utilisant des modèles préconstruits qui représentent plus fidèlement le modèle théorique.

Les limites de notre recherche :

- Sur le plan théorique, nous n'avons pas exploré toutes les recherches antérieures en rapport avec notre objet d'étude.

- Au niveau de la méthodologie, la taille de notre échantillon ne peut nous permettre de faire une conclusion générale. L'expérience menée pour la résolution de la situation problème a été en quelques sortes guidée par le chercheur, ce qui a empiété sur le respect de la démarche scientifique tel que préconisé par Develay (1989).

En perspective nous allons :

- Reproduire la même expérimentation à un échantillon plus important ;
- explorer le rapport entre la différence de potentiel, la résistance électrique et l'intensité du courant ;

- réaliser une étude comparative entre les apports de l'expérimentation matériel et l'expérimentation assisté par ordinateur sur la compréhension du concept de l'intensité du courant électrique ;

- Donner plus d'autonomie à l'apprenant lors de l'expérimentation.

- Explorer le rapport entre la différence de potentiel et l'intensité du courant dans un circuit.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages scientifiques :

- Astolfi J-P et al. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck
- Bachelard, G. (1967). *La formation de l'esprit scientifique (5e ed)*. Paris: Librairie philosophique J. VRIN.
- Badiou, A. (1972). *Le concept de model*. Paris: François Maspero.
- Balacheff, N. (1994). La transposition informatique un nouveau problème pour la didactique. Dans Artigue (Éd.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, (pp. 364-370).
- Barth, B.-M. (1999). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris: Retz.
- Depover, C. Thierry , K., & Vassilis, K. (2007). *Enseigner avec les technologies*. Québec: Presses de Université du Québec.
- Grawittz, M. (1993). *Méthode des sciences sociales* (éd. 9e). Paris: Dalloz.
- Kruger et Tomasello. (1996). Cultural learning and learning culture. (Oxford, Éd.) *Blackwell*
- Legendre. (1993). Dictionnaire actuel de l'éducation. Montréal: Guérin.
- Raby, C. et Sylvie, V. (2016). *Modèles d'enseignement et théorie d'apprentissage*. Québec: Les éditions CEC.
- Treuil, J.-P. Orogoul, A. et Zucker, J.-O. (2008). *Modélisation et Simulation à base d'agents*. Paris: DUNOD.
- Vygotsky. (1985). *Pensée et langage*. Paris.

Mémoire et thèses de Doctorat :

- Alipour, M. (2018). Approche socioconstructiviste pour l'enseignement-apprentissage du lexique spécialisé : apport du corpus dans la conception d'activités lexicales. *thèse de doctorat*. Université de Montréal.
- Cheikh, C. (2016). Les concepts de l'électricité au collège en Syrie : Approche exploratoire des programmes et des manuels scolaires syriens. *Thèse de doctorat*. Université de Lyon: disponible à: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01807670>.
- Tatchou. (2004). Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques: cas de quelques expériences de cours en électrocinétique. *Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Science de l'éducation*. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Articles scientifiques :

- Astolfi J-P et al. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck
- Bachelard, G. (1967). *La formation de l'esprit scientifique (5e ed)*. Paris: Librairie philosophique J. VRIN.
- Badiou, A. (1972). *Le concept de model*. Paris: François Maspero.
- Balacheff, N. (1994). La transposition informatique un nouveau problème pour la didactique. Dans Artigue (Éd.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, (pp. 364-370).
- Barth, B.-M. (1999). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris: Retz.
- Depover, C. Thierry, K., & Vassilis, K. (2007). *Enseigner avec les technologies*. Québec: Presses de Université du Québec.
- Grawittz, M. (1993). *Méthode des sciences sociales (éd. 9e)*. Paris: Dalloz.
- Kruger et Tomasello. (1996). Cultural learning and learning culture. (Oxford, Éd.) *Blackwell*
- Legendre. (1993). Dictionnaire actuel de l'éducation. Montréal: Guérin.
- Raby, C. et Sylvie, V. (2016). *Modèles d'enseignement et théorie d'apprentissage*. Québec: Les éditions CEC.
- Treuil, J.-P. Orogoul, A. et Zucker, J.-O. (2008). *Modélisation et Simulation à base d'agents*. Paris: DUNOD.
- Vygotsky. (1985). *Pensée et langage*. Paris.

Mémoire et thèses de Doctorat :

- Alipour, M. (2018). Approche socioconstructiviste pour l'enseignement-apprentissage du lexique spécialisé : apport du corpus dans la conception d'activités lexicales. *thèse de doctorat*. Université de Montréal.
- Cheikh, C. (2016). Les concepts de l'électricité au collège en Syrie : Approche exploratoire des programmes et des manuels scolaires syriens. *Thèse de doctorat*. Université de Lyon: disponible à: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01807670>.
- Tatchou. (2004). Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques: cas de quelques expériences de cours en électrocinétique. *Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Science de l'éducation*. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Articles scientifiques :

- Ayina Bouni, Olfa, S. & Mohamed, S. (2012). Ayina Bounie, J.-P. Olfa, S., Mohamet, S. (2012). Analyse de la conduction électrique dans la pile électrochimique : modélisation de ce phénomène par les élèves. *7ieme rencontre scientifiques de l'ARDiST*, pp. 13-20.

Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, pp. 6-39 disponible à <https://doi.org/10.4000/trema.2817>

Bamberger, M. (2012). Introduction aux méthodes mixtes. *INTERACTION, a united voice for global change*(3), pp. 6-42.

Beaufils, D. et Laecher, C. (1999). L'expérimental dans la classe. *ASTER*(28), pp. 3-8.

Beaufils, D. Richoux, et Camguilhem. (1999). Savoirs et savoir-faire associés à l'utilisation d'instruments informatisés dans des activités de travaux pratiques de physique. *ASTER*(28), pp. 131-147.

Benseghir et Closset. (1983). Prénance de l'explication électrostatique dans la construction du concept de circuit électrique : points de vue historique et didactique. *Didaskalia*(2), pp. 31-47.

Benseghir, A. (2004). Séquence d'enseignement de l'électricité construite à partir de données épistémologique et didactique : compte rendu d'innovation. *Didaskalia*(24), pp. 133-149.

Bruner. (1984). Vygotski's zone of proximal development: The hidden agenda . *New Directions for Child and Adolescent Development*, pp. 93-97.

Chekour, M. Mohammed, L. (2002). L'évolution des théories de l'apprentissage à l'ère du numérique. <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1502b.htm#BPAGE>.

Chekour, M. Laafou, M. et Rachid, J. (2015). Les facteurs influençant l'acquisition des concepts en électricité. Cas des lycéens marocains. *Adjectif.net En ligne*. Consulté le Avril 05, 2021, sur <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article354>

Closset. (1983). les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'union des Physiciens*(716), pp. 931-950.

Csibra, et Gergely. (2007). Social learning and social cognition: The case for pedagogy. *Oxford university press*, pp. 249-274.

Delacote, G. et Tiberghien, A. (1976). Manipulation et représentation de circuit électriques simples par les enfants de 7 à 12ans. *Revue française de pédagogie*, 34, pp. 32-44.

Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, pp. 3-16.

Fenstermacher. (1986). Philosophy of research on teaching: three aspects. *Handbook of research on teaching*, pp. 37-49.

Freeman. (1973). The concept of teaching. *journal of philosophy of education*, 7(1), pp. 7-38.

Johsua et Dupin. (1986). L'électrocinétique du Collège à l'Université : Evolution des représentations des élèves, et impact de l'enseignement sur ces représentations. *Bulletin de l'union des physiciens*(683), pp. 779-800.

- Kane, S. (2011). Les pratiques expérimentales au lycée- Regards croisés des enseignants et de leurs élèves. *Radisma*(7), 26-52.
- Kastenbaum, M. (1984, Juil-Août-Sept). Le schéma figuratif dans l'enseignement de la physique en sixième. *Revue française de pédagogie*(68), pp. 27-38.
- Kouhila, M. (1998). Le statut de l'expérience entre la science qui se construit et la science qu'on enseigne. *Actes des Deuxièmes Journées de Didactiques des Sciences de Marrakech*. Marrakech.
- Laidler, K. (1997). the chemical history of a current. *Ca. J. Chem.*, 15, 1552-1565.
- Missonnier, M.-F. et Closset, J.-L. (2004). Observation de chemins suivis par les élèves dans l'apprentissage des bases de l'électrocinétique. *Didaskalia*(25), pp. 63-88.
- Sarrazin, L. et Genzling, J.-C. (1988). Circuit et modélisation. *ASTER*(7), 103-119.
- Soudani, M. et al. (2009). De la sémiotique à l'épistémologie de la schématisation. L'exemple d'une séquence sur les circuits électriques à l'école primaire. *ASTER*(48), pp. 111-132.
- Strauss, Z. et Stein. (2002). Teaching as a natural cognition and its relations to preschoolers developing theory of mind. *Cognitive development*, 17, pp. 1473-1487.
- Szczygielski, C. (2009). Lecture et compréhension dans différents systèmes sémiotiques en électricité : Raisonner sur des schémas électrocinétiques ou électrotechniques et des montages électriques . *Aster*(48), pp. 161-186.
- Varenne, F. (2002). Bachelard avec la simulation informatique : nous faut-il reconduire sa critique de l'intuition ? Dans Damien, & Huffschmitt, *Bachelard : Confiance raisonnée et défiance rationnelle* (pp. 111-143.). Besançon: Presses Universitaires de Franche-Comté.
- Varenne, F. (2003). La simulation conçue comme expérience concrète. *actes des 10èmes journées de Rochebrune* (pp. 299-313). Paris: Editions de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications.
- Volta, A. (1801a). Lettre du professeur Volta à J.-C. De La Mètherie sur les phénomènes galvaniques. *Journal de physique*(53), pp. 309-316.
- Volta, A. (1801b). De l'électricité dite galvanique. *Anales de chimie*(40), 223-256.

ANNEXE

Annexe 1 : Autorisations de recherche	I
Annexe 2 :Extrait du livre programme de physique chimie et technologie de la classe de quatrième.....	IV
Annexe 3 : Questionnaire pré-test	V
Annexe 4: Questionnaire post-test.....	VIII
Annexe 5 : Fiche pédagogique de conduite des activités	X
Annexe6 : Fiche activité élèves	XI
Annexe 7 : Quelques productions des apprenants	XIII
Annexe 8 : Questionnaire post-test rempli	XV

Annexe 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

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

THE FACULTY OF EDUCATION

DEPARTMENT OF DIDACTICS

Le Doyen
The Dean

N° 642.121/UYI/VDSSE

AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussigné, **Professeur BELA Cyrille Bienvenu**, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Education de l'Université de Yaoundé I, certifie que l'étudiant **SIGHA TAKOUKAM Paul-Miki**, Matricule **18X3532**, est inscrit en Master II à la Faculté des Sciences de l'Education, Département de **DIDACTIQUE DES DISCIPLINES**, Option : **DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE**.

L'intéressé doit effectuer des travaux de recherche en vue de la préparation de son diplôme de Master. Il travaille sous la direction du Dr **AYINA BOUNI (C.C.)**. Son sujet est intitulé : « **Les contributions des TICE dans l'enseignement des concepts abstraits des sciences Physiques : cas de la construction du concept énergie en classe de première** ».

Je vous saurai gré de bien vouloir le recevoir pour la recherche et mettre à sa disposition toutes les informations susceptibles de l'aider dans son travail.

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

Fait à Yaoundé, le 1.7. NOV 2021.....



Le Doyen et par ordre

W. Etienne
Professeur

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRES

DELEGATION REGIONALE DU CENTRE

DELEGATION DEPARTEMENTALE
DU NYONG ET SO'O

C.E.S. D'EKOMBITIE-MBALMAYO



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland

MINISTRY OF SECONDARY EDUCATION

REGIONAL DELEGATION FOR CENTER

NYONG AND SO'O DIVISIONAL
DELEGATION

G.S.S. EKOMBITIE-MBALMAYO

Objet : Autorisation de recherche :

Le Directeur du C.E.S. D'ÉKOMBITIÉ-MBALMAYO autorise **SIGHA TAKOUKAM Paul-Miki**, étudiant en Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé 1, Master II détenteur d'une attestation de recherche signée du **Professeur BELA Cyrille Bienvenu**, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Éducation, à mener une enquête auprès des élèves de la classe de 4^{ème} de mon établissement.

ÉKOMBITIÉ, le 22 NOV 2021.....

Le directeur

ibong Patricia Caroline
PLEG / Lettres Bilingues

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRES

DELEGATION REGIONALE DU CENTRE

DELEGATION DEPARTEMENTALE DU NYONG ET SO'O

Diocèse de Mbalmayo

CONGREGATION SANTO DOMINGO

Collège Christ-Roi d'Obout
B.P. : 45 Mbalmayo



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland

MINISTRY OF SECONDARY EDUCATION

CENTER REGIONAL DELEGATION

NYONG AND SO'O DIVISIONAL DELEGATION

Diocese of Mbalmayo

SANTO DOMINGO CONGREGATION

Christ The King College of Obout
P.O. Box : 45 Mbalmayo

Objet : Autorisation de recherche :

La Sœur Principale du Collège Catholique Christ-Roi d'Obout autorise
SIGHA TAKOUKAM Paul-Miki, étudiant en Faculté des Sciences de l'Éducation
de l'Université de Yaoundé 1, Master II détenteur d'une attestation de recherche
signée du **Professeur BELA Cyrille Bienvenu**, Doyen de la Faculté des Sciences de
l'Éducation, à mener une enquête auprès des élèves de la classe de 4^{ème} de mon
établissement.

OBOUT, le.....

La Sœur Principale
[Signature]
Principale
CONGREGATION SANTO DOMINGO

Annexe 2 :Extrait du livre programme de physique chimie et technologie de la classe de quatrième

Cadre de contextualisation		Agir compétent		RESSOURCES			
Famille de situations	Exemples de situations	Catégories d'actions	Exemples d'actions	Savoir	Savoir-faire	Savoir-être	Autres ressources
Utilisation de l'énergie électrique au quotidien	Alimentation d'un appareil en énergie électrique ;	Utilisation de l'énergie électrique.	Utiliser un circuit électrique	1. Types de circuits électriques en courant continu. 1.1. Quelques éléments d'un circuit électrique ; 1.2. Circuit en série ; 1.3. Circuit en dérivation.	- Identifier les éléments d'un circuit électrique (nom, représentation conventionnelle) ; - Identifier les bornes d'une pile ; - Schématiser un circuit électrique ; - Réaliser un circuit électrique à partir de son schéma ; - Distinguer montage en série et montage en dérivation.	- Gestion judicieuse et responsable des biens de consommation usuelle ; - Respect des normes de fonctionnement d'un appareil. Développer : - l'esprit critique ; - le goût de l'effort ; - la curiosité ; - le sens de l'observation - la rigueur dans l'action ; - la patience ; - la persévérance	- Ampèremètre ; - Voltmètre ; - Ohmmètre ; - Interrupteur ;
			Mesurer une grandeur électrique	2. L'intensité d'un courant à travers un circuit fermé. 2.1. Unité et appareils de mesure ; 2.2. Sens conventionnel du courant électrique ; 2.3. Mesure de l'intensité du courant ; 2.4. Les lois de l'intensité du courant électrique dans un circuit fermé.	- Mesurer l'intensité d'un courant électrique (choix de l'appareil, réglage et branchement....) ; - Donner l'unité légale d'intensité de courant électrique ; - Lire la valeur d'une intensité sur le cadran d'un ampèremètre ; - Appliquer la loi des intensités ; - Indiquer sur le schéma d'un circuit le sens conventionnel du courant.		- Piles ou générateur de courant continu ; - Potentiomètre
				3. La tension aux bornes d'une portion de circuit 3.1. Unité et appareils de mesure ; 3.2. Lois des tensions électriques.	- Brancher et régler un voltmètre ; - Mesurer la tension électrique (choix de l'appareil, réglage et branchement....) ; - Appliquer les lois des tensions.		- Fils de connexion ; - Lampes ; - Résistors ;
		4. Résistance d'une portion de circuit électrique 4.1. Unité et appareils de mesure ; 4.2. Lois d'Ohm pour un résistor.	- Mesurer la résistance à l'aide d'un ohmmètre ; - Déterminer la résistance d'un résistor à l'aide du code des couleurs ; - Appliquer la loi d'Ohm pour un résistor.	- Code des couleurs des résistances (affiche) ;			
	Communication et information sur les actions mécaniques	Détermination des caractéristiques du poids d'un corps.	Déterminer les caractéristiques du poids d'un corps	5. Le poids d'un corps 5.1. Définition du poids d'un corps ; 5.2. Caractéristiques du poids ; 5.3. Mesure et unité ; 5.4. Relation entre le poids d'un corps et sa masse ; - Le poids d'un corps dépend de sa masse ; - Le poids d'un corps varie avec le lieu.	- Mesurer l'intensité du poids d'un objet à l'aide d'un dynamomètre ; - Représenter le poids d'un corps ; - Déterminer expérimentalement le centre de gravité des objets de formes géométriques simples : objet plat, cubes, pavés droits, cylindres ; - Exploiter la relation entre le poids et la masse ; - Déterminer expérimentalement l'intensité de la pesanteur en un lieu.		Objets à peser ; - Dynamomètres - Fil à plomb ; - Objets en carton de formes diverses

A2 : Plus petites que 0,9 A

A4 : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

ACTIVITE 2 : Intensité du courant dans un circuit simple comprenant une pile et deux lampes.

Q4. On réalise le montage d'un circuit constitué de : deux lampes L_1 et L_3 de résistance respective $R_1=10\ \Omega$ et $R_3=10\ \Omega$; d'une pile de tension 9 V et d'un interrupteur K.

La **figure 4** montre le circuit réalisé.

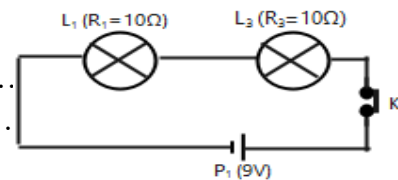


figure 4

Q4.1. Lorsque K est ouvert, qu'observe-t-on ?

Q4.2. Lorsque K est fermée ? **Comment brillent les lampes ?**

A1 : L_1 brille plus que L_3

A3 : L_1 brille avec la même luminosité que L_3

A2 : L_1 brille moins que L_3

A4 : je ne sais pas

Justifie ton choix.....

...**Q5.** On branche un ampèremètre A_1 dans ce circuit de la **figure 4** et on obtient la **figure 5**.

Q5.1. Lorsque K est ouvert, qu'observe-t-on ?

Q5.2. Lorsque K est fermé, **La valeur de l'intensité du courant**

Indiquée par cet ampèremètre est : 0,45 A. On remplace la lampe R_1 par une lampe de faible résistance ?

A1 : l'intensité affichée par A_1 est supérieure à 0,45

A2 : l'intensité affichée par A_1 est inférieure à 0,45

A3 : l'intensité affichée par A_1 est égale à 0,45

A4 : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

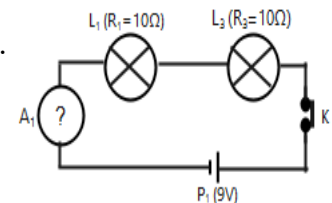


figure 5

Q6. Dans le montage de la figure 5, on remplace la lampe L_3 par une lampe L_2 de résistance $R_2=20\ \Omega$ et obtient la **figure 6**.

Q6.1. Lorsque K est ouvert, qu'observe-t-on ?

Q6.2. Lorsque K est ouvert, **La valeur de l'intensité du courant dans le circuit affichée par l'ampèremètre A_1 est :**

A1 : plus grande que 0,9 A

A3 : Egale à 0,9 A

A2 : Plus petite que 0,9 A

A4 : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

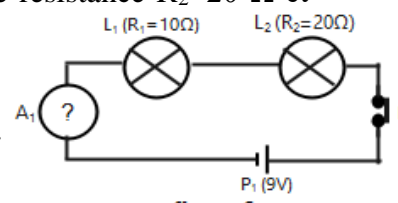


figure 6

Annexe 4: questionnaire post-test

Identification de l'enquêté :

Code :.....

Classe :..... **Age :**..... **Sexe :** Masculin Féminin

Pour chacune des questions suivantes, coche la case correspondant à la bonne réponse et justifie ton choix :

I. Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, lorsque la valeur de la résistance de la lampe augmente, l'intensité du courant :

- A1** : augmente **A2** : diminue **A3** : est constante **A4** : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

II. Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, lorsque la valeur de la résistance de la lampe diminue, l'intensité du courant :

- A1** : augmente **A2** : diminue **A3** : est constante **A4** : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

III. Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, lorsque la valeur de la tension de la pile augmente, l'intensité du courant :

- A1** : augmente **A2** : diminue **A3** : est constante **A4** : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

IV. Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, lorsque la valeur de la tension de la pile diminue, l'intensité du courant :

- A1** : augmente **A2** : diminue **A3** : est constante **A4** : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

V. On considère deux circuits électriques dont les schémas de montage sont les suivantes :

Montage 3 : deux lampes identiques L_1 et L_3 de résistance 10Ω branchées en parallèle sur une même pile de tension 9 V et trois ampèremètre A , A_1 et A_3 branchées respectivement sur les branches contenant la pile, la lampe L_1 et la lampe L_3 et d'un interrupteur K connecté sur la branche contenant la pile. **(Figure 1)**

Montage 4 : deux lampes identiques L_1 et L_3 de résistance 10Ω branchées en série avec une pile de tension 9 V et un ampèremètre A . **(Figure 2)**

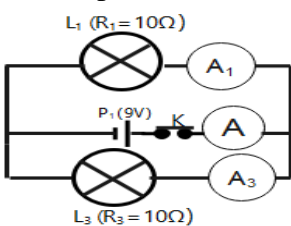


Figure 1

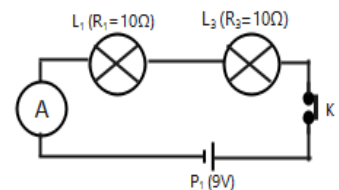


Figure 2

- A1** : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 1** est supérieure à l'intensité du courant qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 2**
- A2** : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 1** est inférieure à l'intensité du courant qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 2**
- A3** : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 1** est égale à l'intensité du courant qui traverse les lampes dans le montage de la **figure 2**
- A4** : Je ne sais pas

Justifie ton choix.....

VI. On réalise le montage d'un circuit constitué d'une lampe L_1 de résistance $R_1=10\ \Omega$, d'une pile P_1 de tension 9v et d'un interrupteur K. On branche dans le circuit de montage deux ampèremètres A_1 et A_2 . La **figure 3** montre le circuit réalisé.

Lorsqu'on ferme K, Les valeurs de l'intensité du courant affichées par les ampèremètres

A_1 et A_2 sont :

- A1** : plus grandes que 0,9 A
- A2** : Plus petites que 0,9 A
- A3** : Egales à 0,9 A
- A4** : Je ne sais pas

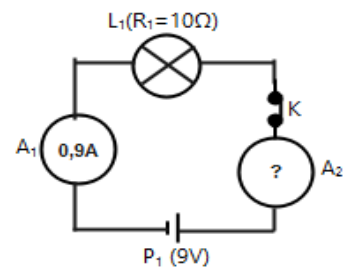


Figure 3

Justifie ton choix.....

VII. Dans le montage de la figure 3 précédentes, on remplace la lampe L_3 par une lampe L_2 de résistance $R_2=20\ \Omega$ et obtient la figure 4.

La valeur de l'intensité affichée par A_3 est :

- A1** : supérieure à valeur affiché par A_1
- A2** : inférieure à valeur affiché par A_1
- A3** : égale à valeur affiché par A_1
- A4** : je ne sais pas

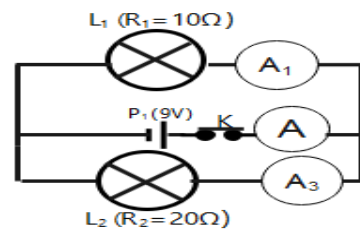


Figure 4

Justifie ton choix.....

Annexe 5 : Fiche pédagogique de conduite des activités

Nom de l'enseignant : SIGHA TAKOUKAM Paul **Classe :** 4ieme **Date :** **Durée :** 1h 30min

Etablissement : Collège Christ-Roi d'Obout & CES EKOMBITIE-MBALMAYO

Module : Actions mécaniques et énergie électrique

Famille de situation : Utilisation de l'énergie électrique au quotidien

Exemple d'action : Alimentation d'un appareil en énergie électrique ;

Catégorie d'action : Utilisation de l'énergie électrique.

Titre de la leçon : L'intensité d'un courant à travers un circuit fermé.

OPO : Mesurer l'intensité du courant électrique dans une portion de circuit électrique

Prérequis : éléments d'un circuit électrique, types de circuit électrique

Etapes/Durée	Activités		Point d'enseignement /apprentissage
	Enseignant	Apprenant	
Introduction (10 min) Présentation et formulation du problème	Présentation de la situation : -Distribue les supports afférents aux apprenants -Présente clairement le contenu et les consignes de travail	Ecoutent, posent des questions.	Amener les apprenants à comprendre les consignes de travail. Outiller les apprenants pour la réalisation des activités
Développement (60 min)	Pour chacune des questions 1, 2, 3, 4 et 5		
Formulation de l'hypothèse	Donne des consignes	-Cherchent individuellement	Amener les apprenants à émettre des hypothèses sur la question
confrontation	Repartis en groupe Distribue les taches de chaque membre du groupe pour la confrontation des différentes hypothèses, il invite le rapporteur de chaque groupe à présenter la synthèse de leur travail et suit sans commentaire	Cherchent en groupe ; interagissent et font la mise en commun	Amener les apprenants à confronter leur hypothèse en vue de proposer des solutions au problème posé.
Vérification par simulation /expérimentation	Inviter les apprenants à Simuler /expérimenter les montages proposé en vue de vérifier les hypothèses émises	Simulent les montages afin de vérifier les hypothèses émises en amont	Amener les apprenants à vérifier leur hypothèse
Interprétation	Invite le rapporteur de chaque groupe à présenter la synthèse des résultats de l'expérimentation ou de la simulation.	Chaque rapporteur de groupe présente les résultats de l'expérimentation mené	Confrontent les résultats obtenus après simulation et expérimentation
Conclusion (20 min)	Institutionnalise le savoir construit	Prennent le résumé	-Consolider les apprentissages

Situation problème:

Après le cours de PCT sur le circuit électrique, OTTOU et MBALLA, deux élèves de la classe de 4^{ième} décident de mettre en pratique les enseignements qu'ils ont reçus. Ils se rendent dans le magasin le plus proche et achètent le matériel suivant :

- **04 ampoules identiques de résistance 10 Ω chacune ;**
- **Deux piles identiques de tension 9 V chacune ;**
- **Des fils de connexion**
- **Des interrupteurs.**

Chacun des élèves réalise un circuit comprenant deux lampes et une pile.

1. Quel sont les montages possibles ?
2. Une fois l'interrupteur fermé, MBALLA constate que ses lampes brillent faiblement alors que celles de OTTOU brillent avec une grande luminosité pourtant ils ont utilisé le même matériel. Parmi

Schéma de montage du circuit de OTTOU	Schéma de montage du circuit de MBALLA

les montages réalisés à la question 1, lequel correspond à celui fait par OTTOU et MBALLA.

Justifier votre réponse.

3. **Attribuez un nom qualifiant chaque type de montage réalisé par OTTOU et celui fait par MBALLA.**

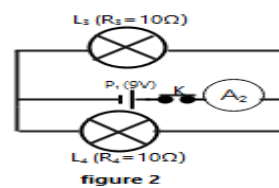
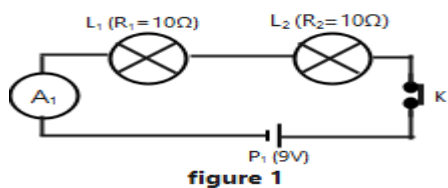
Montage OTTOU..... **Montage MBALLA**.....

4. Proposez une explication sur l'état de la luminosité observé des différentes lampes des montages de MBALLA et OTTOU:

5. On réalise deux montages de circuit ci-dessous :

Montage 1 : deux lampes L_1 et L_2 de résistance identique $R_1=R_2=10 \Omega$ branchées en série aux bornes d'une pile de tension 9 V et un ampèremètre A_1 . La figure 1 montre le montage ainsi réalisé.

Montage 2 : deux lampes L_3 et L_4 de résistance identique $R_3=R_4=10 \Omega$ branchées en parallèle sur une pile de tension 9 V et un ampèremètre A. La figure 2 montre ainsi le montage réalisé.



5.1. Lorsque les interrupteurs K sont ouverts, les ampèremètres : A1 affiche 0,45 A et A2 affiche 1,8 A

Que représentent ces valeurs ?

Pour le montage 1 :

Pour le montage 2 :

5.2. Quel est parmi les montages réalisés ci-dessus celui qui correspond exactement à celui réalisé par OTTOU et MBALA.

OTTOU : MBALLA :

6. Considérons le montage 1 (figure 1)

6.1 On remplace la lampe L_1 par une lampe L_5 de résistance plus élevée $R_5=20 \Omega$. La figure 3 montre le montage ainsi réalisé.

Lorsqu'on ferme K, qu'observe-t-on :

- Au niveau des lampes.....
- Au niveau de l'ampèremètre.....

Que pouvez-vous conclure ?

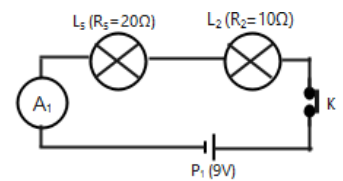


figure 3

6.2. On remplace la pile de la figure 1 par une pile de tension plus élevée de 12 V ; La figure 4 montre le montage ainsi réalisé.

Lorsqu'on ferme K, qu'observe-t-on :

- Au niveau des lampes.....
- Au niveau de l'ampèremètre.....

Que pouvez-vous conclure ?

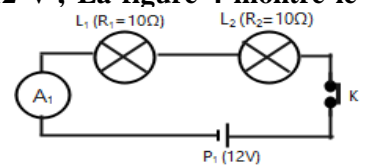


figure 4

7. Considérons le montage 1 : montage en série (figure 1)

On branche un second ampèremètre A_2 dans le circuit comme le montre la figure 5. L'ampèremètre A_1 affiche 0,45 A. Quel est la valeur affichée par l'ampèremètre A_2 ?.....

Que pouvez-vous conclure ?

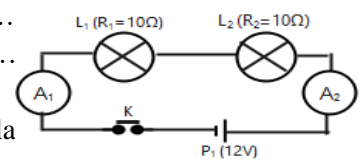


figure 5

8. Considérons le montage 2 : montage en dérivation (figure 2)

On remplace la lampe L_3 par une lampe L_6 de résistance plus élevée $R_6=20 \Omega$. On branche dans le circuit deux autres ampèremètres A_1 et A_2 respectivement sur les branches la lampe L_6 et L_4 le montage ainsi réalisé.

Lorsqu'on ferme K, qu'observe-t-on :

- Au niveau des lampes.....
- Au niveau des ampèremètres : $A=$ $A_1=$ $A_2=$

Considérons le montage de la figure 5 ci-contre.

Soient I , l'intensité du courant traversant la branche contenant la pile,

I_1 , l'intensité du courant traversant la branche de la lampe L_6 de résistance 20Ω , et

I_2 l'intensité du courant traversant la lampe L_4 de 10Ω .

En vous référant aux informations de ce montage, donnez la relation entre I_1 , I_2 et I_3

.....

Que pouvez-vous conclure ?

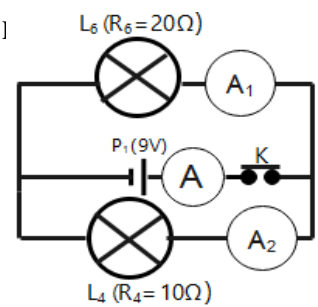


figure 6

Annexe 7 : Quelques productions des apprenants

Fiche activité élèves

Situation problème:

Après le cours de PCT sur le circuit électrique, OTTOU et MBALLA, deux élèves de la classe de 4^{ème} décident de mettre en pratique les enseignements qu'ils ont reçus. Ils se rendent dans le magasin le plus proche et achètent le matériel suivant :

- > 04 ampoules identiques de résistance 10Ω chacune;
- > Deux piles identiques de tension 9V chacune ;
- > Des fils de connexion
- > Des interrupteurs.

Chacun des élèves réalise un circuit comprenant deux lampes et une pile.

1. Quel sont les montages possibles ?



2. Une fois l'interrupteur fermé, MBALLA constate que ses lampes brillent faiblement alors que celles de OTTOU brillent avec une grande luminosité pourtant ils ont utilisé le même matériel. Parmi les montages réalisés à la question 1, lequel correspond à celui fait par OTTOU et MBALLA.

Schéma de montage du circuit de OTTOU	Schéma de montage du circuit de MBALLA

Justifier votre réponse. *C'est le circuit de OTTOU qui a plus de charge possible qui pourra briller.*

3. Attribuez un nom qualifiant chaque type de montage réalisé par OTTOU et celui fait par MBALLA.

Montage OTTOU. montage en parallèle. Montage MBALLA. montage en série.

4. Proposez une explication sur l'état de la luminosité observé des différentes lampes des montages de MBALLA et OTTOU: *Les courants de ces deux phénomènes est que l'intensité de ces deux montage ne se pas fait de la même façon.*

5. On réalise deux montages de circuit ci-dessous :
Montage 1 : deux lampes L_1 et L_2 de résistance identique $R_1=R_2=10\Omega$ branchées en série aux bornes d'une pile de tension 9V et un ampèremètre A_1 . La figure 1 montre le montage ainsi réalisé.

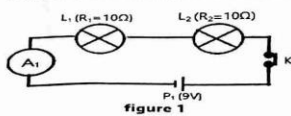


figure 1

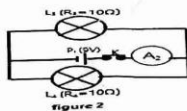


figure 2

Montage 2 : deux lampes L_3 et L_4 de résistance identique $R_3=R_4=10\Omega$ branchés en parallèle sur une pile de tension 9V et un ampèremètre A. La figure 2 montre ainsi le montage réalisé.

5.1. Lorsque les interrupteurs K sont ouverts, les ampèremètres : A_1 affiche 0,45A et A_2 affiche 1,8A. Que représentent ces valeurs ?

Pour le montage 1 : *0,45 ampères l'intensité du premier circuit*
 Pour le montage 2 : *1,8 ampères l'intensité du deuxième circuit*

5.2. Quel est parmi les montages réalisés ci-dessus celui qui correspond exactement à celui réalisé par OTTOU et MBALLA.

OTTOU : montage 2. MBALLA : montage 1.

6. Considérons le montage 1 (figure 1) *pas deux circuits mais le même le même circuit et ne se pas parce que pas la même intensité de courant*

- On remplace la lampe L_1 par une lampe L_5 de résistance plus élevée $R_5=20\Omega$. La figure 3 montre le montage ainsi réalisé.

Lorsqu'on ferme K, qu'observe-t-on :
 - Au niveau des lampes. *les lampes brillent plus faiblement*
 - Au niveau de l'ampèremètre. *l'ampèremètre affiche 0,30 ampères*

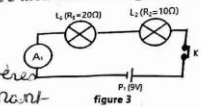


figure 3

- On remplace la pile de la figure 1 par une pile de tension plus élevée de 12V ; La figure 4 montre le montage ainsi réalisé.

Lorsqu'on ferme K, qu'observe-t-on :
 - Au niveau des lampes. *les lampes brillent plus intensément*
 - Au niveau de l'ampèremètre. *l'ampèremètre affiche 0,60 ampères*

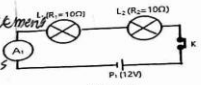


figure 4

Que pouvez-vous conclure ? *lorsque la tension de la pile augmente l'intensité du courant augmente également.*

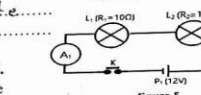


figure 5

7. Considérons le montage 1 : montage en série (figure 1). On branche un second ampèremètre A_2 dans le circuit comme le montre la figure 5.

L'ampèremètre A_1 affiche 0,45A. Quel est la valeur affichée par l'ampèremètre A_2 ? *0,45 est la valeur de l'ampèremètre*
 Que pouvez-vous conclure ? *en un circuit en série l'intensité est la même*

8. Considérons le montage 2 : montage en dérivation (figure 2). On remplace la lampe L_3 par une lampe L_6 de résistance plus élevée $R_6=20\Omega$. On branche dans le circuit deux autres ampèremètres A_1 et A_2 respectivement sur les branches la lampe L_6 et L_4 . La figure 6 montre le montage ainsi réalisé.

Lorsqu'on ferme K, qu'observe-t-on :
 - Au niveau des lampes. *elles brillent plus que L4*
 - Au niveau des ampèremètres : $A_1 = 0,30A$ et $A_2 = 0,90A$ ampères

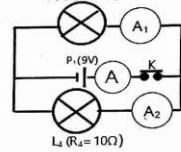


figure 6

Soient I_1 l'intensité du courant traversant la branche contenant la pile, I_2 l'intensité du courant traversant la branche de la lampe L_6 de résistance 20Ω , et I_3 l'intensité du courant traversant la lampe L_4 de 10Ω .

En vous référant aux informations de ce montage, donnez la relation entre I_1 , I_2 et I_3
 $I_1 = I_2 + I_3$

Que pouvez-vous conclure ?

Fiche activité élèves

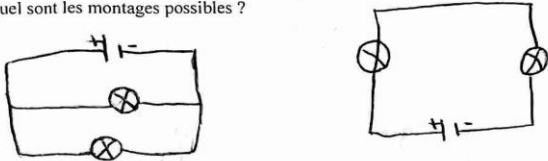
Situation problème:

Après le cours de PCT sur le circuit électrique, OTTOU et MBALLA, deux élèves de la classe de 4^{ème} décident de mettre en pratique les enseignements qu'ils ont reçus. Ils se rendent dans le magasin le plus proche et achètent le matériel suivant :

- > 04 ampoules identiques de résistance 10Ω chacune;
- > Deux piles identiques de tension 9v chacune ;
- > Des fils de connexion
- > Des interrupteurs.

Chacun des élèves réalise un circuit comprenant deux lampes et une pile.

1. Quel sont les montages possibles ?



2. Une fois l'interrupteur fermé, MBALLA constate que ses lampes brillent faiblement alors que celles de OTTOU brillent avec une grande luminosité pourtant ils ont utilisé le même matériel. Parmi les montages réalisés à la question 1, lequel correspond à celui fait par OTTOU et MBALLA.

Schéma de montage du circuit de OTTOU	Schéma de montage du circuit de MBALLA

Justifier votre réponse. Parce que le montage en série brille beaucoup plus que le montage de MBALLA.

3. Attribuez un nom qualifiant chaque type de montage réalisé par OTTOU et celui fait par MBALLA.

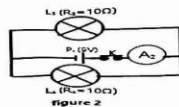
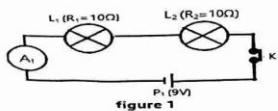
Montage OTTOU : Série Montage MBALLA : parallèle

4. Proposez une explication sur l'état de la luminosité observé des différentes lampes des montages de MBALLA et OTTOU: le montage de OTTOU brille beaucoup plus que celui de MBALLA.

5. On réalise deux montages de circuit ci-dessous :

Montage 1 : deux lampes L₁ et L₂ de résistance identique R₁=R₂=10Ω branchées en série aux bornes d'une pile de tension 9V et un ampèremètre A₁. La figure 1 montre le montage ainsi réalisé.

Montage 2 : deux lampes L₃ et L₄ de résistance identique R₃=R₄=10Ω branchées en parallèle sur une pile de tension 9V et un ampèremètre A. La figure 2 montre ainsi le montage réalisé.



5.1. Lorsque les interrupteurs K sont ouverts, les ampèremètres : A1 affiche 0,45A et A2 affiche 1,8A. Que représentent ces valeurs ?

Pour le montage 1 : 0,45A représente l'intensité du courant.

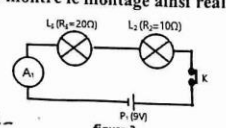
Pour le montage 2 : 1,8A représente l'intensité du courant.

5.2. Quel est parmi les montages réalisés ci-dessus celui qui correspond exactement à celui réalisé par OTTOU et MBALLA.

OTTOU : montage 2. MBALLA : montage 1.

6. Considérons le montage 1 (figure 1) On remplace la lampe L₁ par une lampe L₅ de résistance plus élevée R₅=20Ω. La figure 3 montre le montage ainsi réalisé.

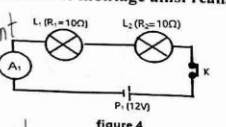
- Lorsque l'on ferme K, qu'observe-t-on : les lampes brillent plus faiblement.
- Au niveau de l'ampèremètre : l'ampèremètre affiche 0,30A.



Que pouvez-vous conclure ? Lorsque la résistance de la lampe augmente, l'intensité du courant diminue.

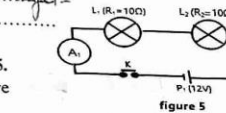
6. Considérons le montage 1 (figure 1) On remplace la pile de la figure 1 par une pile de tension plus élevée de 12V ; La figure 4 montre le montage ainsi réalisé.

- Lorsque l'on ferme K, qu'observe-t-on : les lampes brillent plus intensément.
- Au niveau de l'ampèremètre : l'ampèremètre affiche 0,60A.



Que pouvez-vous conclure ? Lorsque la tension de la pile augmente, l'intensité du courant augmente également.

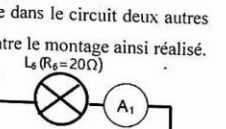
7. Considérons le montage 1 : montage en série (figure 1) On branche un second ampèremètre A₂ dans le circuit comme le montre la figure 5. L'ampèremètre A₁ affiche 0,45A. Quel est la valeur affichée par l'ampèremètre A₂ ? 0,45A.



Que pouvez-vous conclure ? Dans un montage en série, l'intensité est la même.

8. Considérons le montage 2 : montage en dérivation (figure 2) On remplace la lampe L₃ par une lampe L₆ de résistance plus élevée R₆=20Ω. On branche dans le circuit deux autres ampèremètres A₁ et A₂ respectivement sur les branches la lampe L₆ et L₄. La figure 6 montre le montage ainsi réalisé.

- Lorsque l'on ferme K, qu'observe-t-on : L₃ brille plus que L₄.
- Au niveau des ampèremètres : A₁ = 1,35A ; A₂ = 0,45A ; A = 0,90A.



Considérons le montage de la figure 5 ci-contre. Soient I, l'intensité du courant traversant la branche contenant la pile, I₁, l'intensité du courant traversant la branche de la lampe L₆ de résistance 20Ω, et I₂ l'intensité du courant traversant la lampe L₄ de 10Ω.

En vous référant aux informations de ce montage, donnez la relation entre I₁, I₄ et I₂. I = I₁ + I₂.

Que pouvez-vous conclure ?

Annexe 8 : Questionnaire post-test rempli

Identification de l'enquête :

Code : E3
 Classe : ESP Age : 15.0m Sexe : Masculin Féminin

Pour chacune des questions suivantes, coche la case correspondant à la bonne réponse et justifie ton choix :

I. Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, si on remplace la lampe par une lampe de résistance plus élevée, l'intensité du courant dans le circuit :

A1 : augmente A2 : diminue A3 : est constante A4 : Je ne sais pas
 Justifie ton choix : parce que les lampes vont briller plus faiblement

II. Dans un circuit électrique comprenant une lampe et une pile, si on remplace la pile par une pile de tension plus élevée, l'intensité du courant dans le circuit :

A1 : augmente A2 : diminue A3 : est constante A4 : Je ne sais pas
 Justifie ton choix : parce que les lampes vont briller plus intensément

III. On considère deux circuits électriques dont les schémas de montage sont les suivants :

Montage 3 : Deux lampes identiques L_1 et L_3 de résistance 10Ω branchées en parallèle sur une même pile de tension $9V$ et trois ampèresmètre A , A_1 et A_3 branchés respectivement sur les branches contenant la pile, la lampe L_1 et la lampe L_3 et d'un interrupteur K connecté sur la branche contenant la pile. (**Figure 1**)

Montage 4 : Deux lampes identiques L_1 et L_3 de résistance 10Ω branchées en série avec une pile de tension $9V$, un ampèresmètre A et d'un interrupteur K . (**Figure 2**)

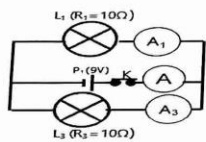


Figure 1

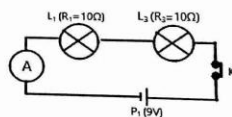


Figure 2

A1 : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes du montage de la **figure 1** est supérieure à l'intensité du courant qui traverse les lampes du montage de la **figure 2**

A2 : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes du montage de la **figure 1** est inférieure à l'intensité du courant qui traverse les lampes du montage de la **figure 2**

A3 : l'intensité du courant électrique qui traverse les lampes du montage de la **figure 1** est égale à l'intensité du courant qui traverse les lampes du montage de la **figure 2**

A4 : Je ne sais pas

Justifie ton choix : Parce que dans le circuit en parallèle les lampes vont briller intensément, alors que en série les lampes brillent faiblement.

IV. On réalise le montage d'un circuit constitué d'une lampe L_1 de résistance $R_1=10\Omega$, d'une pile P_1 de tension $9V$ et d'un interrupteur K . On branche dans le circuit de montage deux ampèresmètres A_1 et A_2 . La **figure 3** montre le circuit réalisé.

Lorsqu'on ferme K , l'ampèresmètre A_1 affiche $0,9A$. La valeur de l'intensité affichée par A_2 sera :

A1 : plus grande que $0,9A$

A2 : Plus petite que $0,9A$

A3 : Egales à $0,9A$

A4 : Je ne sais pas

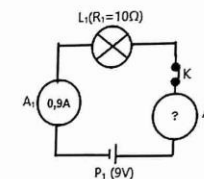


Figure 3

Justifie ton choix : parce que dans un montage en série l'intensité est la même dans toutes les ampèresmètres.

V. Dans le montage de la **figure 1** précédente, on remplace la lampe L_3 par une lampe L_2 de résistance plus élevée $R_2=20\Omega$ et obtient la **figure 4**.

La valeur de l'intensité affichée par A_3 est :

A1 : supérieure à valeur affichée par A_1

A2 : inférieure à valeur affichée par A_1

A3 : égale à valeur affichée par A_1

A4 : je ne sais pas

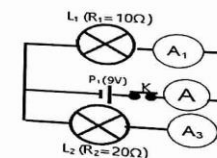


Figure 4

Justifie ton choix : parce que lorsque la résistance de lampe augmente l'intensité diminue.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
RÉSUMÉ.....	iv
LISTES DES ABRÉVIATIONS	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	- 1 -
PARTIE 1 : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	- 6 -
CHAPITRE 1 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	7
1.1. Etude historique et épistémologique du courant électrique	8
1.1.1. De l'électricité statique à l'électricité dynamique.....	8
1.1.2. La naissance du courant électrique	9
1.1.3. L'invention batteries électriques.....	11
1.1.4. La circulation du courant électrique et la particule fondamentale de l'électricité.....	12
1.1.5. L'intensité et la vitesse du courant électrique.....	13
1.2. Clarification des concepts.....	13
1.2.1. Enseignement et apprentissage	13
1.2.2. Concept et construction d'un Concept.....	15
1.2.3. Circuit électrique	16
1.2.4. Intensité du courant électrique.....	16
1.2.5. La transposition informatique.....	17
1.2.6. Simulation informatique	18
1.2.7. Expérimentation informatisée.....	19
1.3. Revue de la littérature.....	20
1.3.1. Les représentations des apprenants sur le courant électrique.....	20
1.3.2. Travaux antérieurs sur la construction du concept de courant électrique.....	22
1.4. Théorie explicative du sujet : socioconstructivisme de Vygotski	29
CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE	32
2.1. Le contexte de l'étude et justification	33
2.1.1. Le contexte de l'étude	33
2.1.1.1. L'enseignement des Sciences physiques dans l'enseignement secondaire au Cameroun	33
2.1.1.2. Le concept de courant électrique en classe de quatrième.	34
2.1.2. Justification de l'étude :.....	34
2.2. Position et formulation du problème de l'étude	36
2.2.1. Quelques constats 36	
2.2.2. Position du problème	38
2.3. Les questions de la recherche	38
2.4. Les hypothèses de la recherche.....	38

2.5. Les objectifs de la recherche	39
2.6. Tableau synoptique.....	39
PARTIE 2 : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATOIRE	41
CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE	42
3.3. Définition de la population d'étude :	43
3.2. Délimitation de l'étude :	43
3.1. Type de recherche : Pré-expérimentale.....	43
3.2. Méthode de la recherche : quantitative.....	44
3.4. Outils de collecte des données :	44
3.2. Analyse à priori des dispositifs d'expérimentation.....	47
3.2.1. Le pré-test.....	47
3.2.2. L'expérimentation	49
3.2.3. Le post-test	50
CHAPITRE 4 : EXPÉRIMENTATIONS	54
4.1. Situation problème 55	
4.2. La formulation du problème :	55
4.3. L'émission des hypothèses	56
4.4. Confrontation 58	
4.5. La vérification de l'hypothèse et interprétation	59
4.5.1. Influence du type de montage sur l'intensité du courant dans un circuit électrique.....	59
4.5.2. Influence de la résistance interne d'un récepteur et de la force électromotrice de la pile sur l'intensité du courant dans un circuit électrique.....	60
4.5.3. Distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique série	62
4.5.4. Distribution de l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique à dérivation.	63
CHAPITRE 5 : PRÉSENTATION ET DISCUSSIONS RÉSULTATS	65
5.1. Présentation des résultats du pré-test :	66
5.2. Présentation des résultats du post test :	69
5.3. Analyse statistique globale des résultats du pré-test et du post-test.....	73
5.4. Vérification des hypothèses de recherche	75
5.4.1. Vérification de l'hypothèse secondaire 1 (HS1).....	75
5.4.2. Vérification de l'hypothèse secondaire 2 (HS2).....	77
5.5. Bilan et discussion.....	78
CONCLUSION GÉNÉRALE	81
BIBLIOGRAPHIE	85
ANNEXE	89
TABLE DES MATIERES	I