

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE NORMALE SUPERIEURE

DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines de l'Education »

SPECIALITE : Physique - Chimie

PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Physique Chimie

MEMOIRE de MASTER PROFESSIONNEL

**IMPORTANCE DE L'EXPÉRIENCE DANS L'ÉTUDE DE LA LOI DE
LAPLACE EN CLASSE TERMINALE SCIENTIFIQUE**

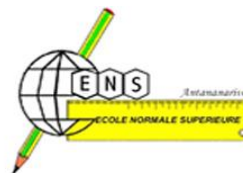
Présenté par **RAKOTONOELY Désiré**

Date de la soutenance : 27 Septembre 2018 ;

N° d'ordre : 08/FPSPC/FRHE



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE ANTANANARIVO



DOMAINE : « SCIENCES DE L'ÉDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines de l'Éducation »

SPECIALITE : Physique - Chimie

PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Physique Chimie

MEMOIRE de MASTER PROFESSIONNEL

IMPORTANCE DE L'EXPÉRIENCE DANS L'ÉTUDE DE LA LOI DE LAPLACE EN CLASSE TERMINALE SCIENTIFIQUE

Présenté par **RAKOTONOELY Désiré**

Membres de Jury :

- Président : *Mr* **ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer**,
Professeur Titulaire
- Juge : *Mr* **RANDRIANANDRAINANA Faneva**,
Ph.D et Maître de conférences
- Encadreur : *Mr* **RASOANAIVO René Yves**,
Ph.D et Maître de conférences

Date de la soutenance : 27 Septembre 2018;
N° d'ordre : 08/FPSPC/FRHE

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre gratitude au Seigneur Tout Puissant qui nous conduit dans la bonté de son Amour grâce à la finition de ce mémoire.

Ainsi, l'expression de notre sincère reconnaissance est destinée particulièrement aux personnes suivantes :

- ❖ *Monsieur* ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer, Professeur Titulaire, qui a bien voulu accepter, malgré ses nombreuses occupations, d'assurer la présidence de ce jury.
- ❖ *Monsieur* RANDRIANANDRAINANA Faneva, Ph.D et Maître de conférences qui a bien voulu examiner et juger ce travail. Vos remarques et vos conseils nous sont utiles et constructifs pour améliorer la qualité de ce travail.
- ❖ *Monsieur* RASOANAIVO René Yves, Ph.D et Maître de conférences qui, en dépit de ses nombreuses responsabilités a bien voulu nous encadrer, nous venir en aide par sa grande disponibilité.

Nos sincères remerciements s'adressent également :

- Aux enseignants et personnels de l'Ecole Normale Supérieure, qui ont intégralement contribué à notre formation.
- Aux professeurs, aux personnels administratifs et aux élèves du Lycée Mananara Ambatomena, grâce à qui nous avons pu effectuer l'expérimentation.
- A nos collègues de la promotion « FANASINA » pour leurs encouragements pendant les années que nous avons passé ensemble.

Enfin, l'opportunité nous est offerte pour exprimer notre gratitude à nos Parents et à notre famille. « Merci de tout cœur pour vos soutiens (morals et financiers), pour vos encouragements et surtout pour votre amour ».

Au terme de cette œuvre de pensée, nous adressons nos plus vifs remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont apporté leurs aides pour mener à bien ce travail.

Que notre réussite figure parmi vos récompenses !!!

A vous tous, merci !!!

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| PARTIE I : PARTIE THEORIQUE | 3 |
| <i>Chapitre I : L'expérience dans l'enseignement des sciences physiques</i> | <i>4</i> |
| I- Rôles de l'expérience en sciences physiques | 4 |
| 1- Les TP-cours..... | 4 |
| 2- Travaux Pratiques..... | 5 |
| II- Réalisation de l'expérience en classe | 5 |
| 1- Démarches expérimentales | 5 |
| a- Démarche inductive | 6 |
| b- Démarche déductive | 6 |
| c- Démarches hypothético-déductives | 7 |
| 2- Mode d'investigation..... | 11 |
| a- Familiarisation pratique ou mode d'expérience-action | 11 |
| b- Investigation empirique ou mode d'expérience-objet..... | 11 |
| c- Elaboration théorique ou mode d'expérience-outil..... | 11 |
| <i>Chapitre II : Evaluation des connaissances des élèves</i> | <i>12</i> |
| I- Définition..... | 12 |
| II- Rôles de l'évaluation | 13 |
| III- Type et objectifs de l'évaluation scolaire | 13 |
| 1- Evaluation diagnostique | 14 |
| 2- Evaluation formative | 14 |
| 3- Evaluation sommative | 15 |
| IV- Taxonomie de Bloom | 16 |
| V- Comment évaluer..... | 17 |
| 1- Note et évaluation scolaire | 17 |
| 2- Forme d'évaluation..... | 17 |

| | |
|---|-----------|
| PARTIE II : APPLICATION DE CES THEORIES ET L'ANALYSE DES SEQUENCES | |
| D'ENSEIGNEMENT | 18 |
| <i>Chapitre I : Etude des phénomènes électromagnétiques.....</i> | <i>19</i> |
| I- Force de Lorentz..... | 19 |
| II- Loi de Laplace | 19 |
| 1- Présentation du rail de Laplace..... | 19 |
| 2- Enoncé de la loi | 20 |
| III- Détermination de l'expression de la force de Laplace à partir de la force de Lorentz. | 21 |
| <i>Chapitre II : Méthodologie et population cible.....</i> | <i>22</i> |
| I- Méthodologie de recherche | 22 |
| II- Description de l'établissement | 22 |
| <i>Chapitre III : Déroulement de l'enseignement.....</i> | <i>23</i> |
| I- Approche sans expérience | 23 |
| 1- Description de l'approche..... | 23 |
| 2- Fiches pédagogiques..... | 24 |
| 5- Remarques sur l'enseignement sans expérience..... | 30 |
| II- Approche avec expérience..... | 30 |
| 1- Description de l'approche..... | 30 |
| 2- Fiches pédagogiques..... | 31 |
| 3- Remarques sur l'enseignement avec expérience | 39 |
| <i>Chapitre IV : Analyse quantitative des résultats d'enseignement apprentissage</i> | <i>39</i> |
| I- Evaluation..... | 39 |
| II- Résultat de l'expérimentation..... | 41 |
| III- Interprétation des graphes obtenus | 43 |
| CONCLUSION..... | 45 |
| REFERENCES | 46 |

| | |
|---|-----------|
| ANNEXES | 48 |
| ANNEXE 1 : Programme scolaire de l'électromagnétisme en classe terminale C et D | 48 |
| ANNEXE 2 : Evaluation sur la loi de Laplace | 53 |
| ANNEXE 3 : Grille d'évaluation | 56 |

Liste des Tableaux

| | |
|--|----|
| <i>Tableau 1</i> : Evolution du sigle | 9 |
| <i>Tableau 2</i> : Différence entre les différents types d'évaluations | 15 |
| <i>Tableau 3</i> : Verbes d'actions dans la taxonomie de Bloom | 16 |
| <i>Tableau 4</i> : Répartition des questions suivant la taxonomie | 39 |
| <i>Tableau 5</i> : Pourcentage de niveau des difficultés | 40 |
| <i>Tableau 6</i> : Pourcentage des notes des élèves | 41 |
| <i>Tableau 7</i> : Pourcentage des élèves dans le groupe A et B suivant le niveau taxonomie de Bloom | 42 |

Liste des Figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Etapes de la démarche inductive et déductive | 7 |
| Figure 2 : Cheminement de la démarche DiPHTeRIC par des questions de stimulation..... | 9 |
| Figure 3 : Modèle de Michel Develay sur la démarche scientifique | 10 |
| Figure 4 : Représentation de rail de Laplace | 20 |
| Figure 5 : Force de Lorentz agit sur les électrons libres..... | 21 |
| Figure 6 : Cheminement de l'expérimentation | 22 |
| Figure 7 : Pourcentage des niveaux taxonomiques sur l'évaluation | 40 |
| Figure 8 : Pourcentage suivant les notes des élèves | 41 |
| Figure 9 : Pourcentage des élèves suivant la taxonomie de bloom | 43 |

INTRODUCTION

Actuellement, le Ministère de l'Education Nationale (MEN) s'efforce d'améliorer la qualité d'enseignement à Madagascar. La volonté du ministère sur la mise en œuvre du projet AQUEM (*Amélioration de la Qualité de l'Education à Madagascar*) l'indique. Ce projet est financé par l'AFD (Agence Française pour le Développement), leur but est de renforcer les filières scientifiques dans les classes secondaires¹. Concernant particulièrement les sciences physiques, cette amélioration demande aux enseignants la réalisation d'une expérience. La concrétisation de l'enseignement et la facilitation de la compréhension des élèves font appel à la manipulation. La plupart des enseignants ne réalisent pas de l'expérience durant notre stage d'observation, le cours est purement théorique. Selon Duhem (1989)², « *la physique théorique ne saisit pas la réalité des choses ; elle se borne à représenter les apparences sensibles par des signes, par des symboles* ». L'activité expérimentale explicite les significations des symboles et des signes pour rendre visible les notions abstraites.

Les sciences physiques font partie des sciences expérimentales, « *L'intérêt de réaliser des expériences dans le cadre des travaux pratiques, où les élèves puissent effectivement manipuler eux-mêmes, comme la nécessité en est affirmée depuis longtemps que, les élèves sont plus responsables de la construction de leur propre savoir* » Richoux (2000). Cela nous amène aux questions suivantes : Quelle influence apporte-t-elle la réalisation d'une expérience sur l'enseignement de la loi de Laplace ? Est-ce que la réalisation d'une expérience pendant le cours augmente-t-elle les notes des élèves ?

La réponse à ces questions nous conduit à orienter notre mémoire sur l'importance de l'expérience dans l'enseignement apprentissage des sciences physiques. Ainsi, nous avons intitulé notre travail : « *Importance de l'expérience dans l'étude de la loi de Laplace en classe terminale scientifique* ». Nous allons analyser ou vérifier si la réalisation des observations expérimentales apporte un avantage par rapport à un enseignement théorique. L'avantage est constaté à travers l'amélioration des notes des élèves dans le devoir en classe.

Notre présent mémoire se divise en deux parties : la première partie met en place les repères théoriques sur l'expérience et l'évaluation. Il y sera développé d'une part les

¹Angola, N-A. (2016). *Projet AQUEM : les filières scientifiques à prioriser*. Express de Madagascar, 7.

²Duhem, P. (1989). *La théorie physique : son objet, sa structure*. France : Print book.

démarches en sciences physiques et, d'autre part, l'évaluation des connaissances des élèves. Elle nous informe sur la progression du processus d'apprentissage face aux objectifs.

Tandis que la deuxième partie est consacrée à l'application de ces deux théories dans l'étude des phénomènes électromagnétiques, à savoir l'action du champ magnétique uniforme sur un courant continu au niveau de la classe terminale D. Elle se termine par l'analyse des résultats obtenus pendant l'enseignement /apprentissage.

PARTIE I :

PARTIE THEORIQUE

Dans cette partie, nous allons développer les notions d'expériences et d'évaluation ; en précisant ses rôles dans l'enseignement/apprentissage des sciences physiques et les apports sur l'acquisition des connaissances des élèves.

Chapitre I : L'expérience dans l'enseignement des sciences physiques

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'importance et les rôles des expériences dans l'enseignement des sciences physiques.

I- Rôles de l'expérience en sciences physiques

L'expérience joue un rôle très important dans l'enseignement/apprentissage des sciences physiques car elles sont avant tout des sciences expérimentales. En effet, toute connaissance dérive de l'expérience car, selon Einstein la connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que de l'information³. L'enseignement des sciences physiques exige l'utilisation des matériels didactiques d'expérimentation autres que les livres et les outils à écrire. Tocatlidous (2003) a remarqué que « le matériel didactique ou d'apprentissage est le champ de confirmation et de matérialisation de toutes les hypothèses théoriques »⁴.

Beaucoup d'auteurs essaient de déterminer les rôles des expériences dans l'enseignement. Avant l'enseignement, les apprenants ont leurs propres représentations et leurs propres idées à propos d'une nouvelle notion (la représentation personnelle). NEAU (2003), remarqua que l'expérience permet de montrer la non cohérence entre la représentation personnelle et la représentation scientifique, les élèves connaissent les limites de leurs représentations⁵. Nous distinguons deux formes d'expérience, selon leur objectif et les manières de les réaliser (pendant le cours ou dans une autre séance).

- Expérience de cours ou TP-cours
- Travaux Pratique TP

Les rôles des élèves et les enseignants varient selon la forme d'expérience à faire.

1- Les TP-cours

Un TP-cours est une séance d'enseignement basée sur une démonstration expérimentale. L'enseignant occupe la majorité des tâches, pour gagner plus de temps. Les élèves font des manipulations et l'enseignant guide les élèves car selon Dewey

³ Source : <http://evene.lefigaro.fr/citation/connaissance-acquierte-experience-tout-reste-information-11854.php> Consulté le 09/08/18

⁴ Damaskou, E. (2009). *Concevoir son propre matériel didactique : la démarche à suivre*. Récupéré le 16/08/18 de <http://gallika.net/article673.html>

⁵ Neau, N. (2003). *ArgoGraph : un support au débat scientifique dans le cadre de travaux pratiques pour l'apprentissage des sciences expérimentales* (Thèse Doctorat). Université du Maine.

(1990), l'enseignement est pratiquement nul si l'élève ne réalise aucune manipulation pour vérifier si ses hypothèses sont vraies ou fausses⁶. L'expérience est considérée comme vérification et démonstration de la théorie développée.

La démonstration attire l'attention des élèves, éveille leur curiosité et montre à eux que la théorie et l'expérience sont inséparables (Abragam, 1986)⁷. Pendant le TP-cours, l'approche expérimentale ne suppose pas que l'apprenant s'active sans cesse mais l'important c'est l'interpellation et les questions.

2- Travaux Pratiques

Les travaux pratiques diffèrent du TP-cours en ce sens que les élèves ont beaucoup de temps pour réaliser l'expérience. Nous proposons aux élèves un protocole à suivre et ils font eux-mêmes des manipulations pour obtenir les objectifs proposés par le protocole. Généralement, ils travaillent en binôme et cela crée un conflit cognitif entre eux. Les élèves émettent des hypothèses et vérifient si leur proposition est vraie en choisissant une démarche scientifique et une mode d'investigation bien adaptée.

II- Réalisation de l'expérience en classe

La réalisation de l'expérience suit une démarche et une mode d'investigation. La construction du savoir scientifique nécessite la présence de deux démarches : la démarche expérimentale et la mode d'investigation.

1- Démarches expérimentales

La démarche expérimentale est une méthode scientifique qui consiste à valider un modèle ou une théorie par des mesures et des expériences ou des observations. De plus, elle exige au moins un problème, une ou des hypothèses déduites dans ce problème. Nous utilisons des montages spécifiques pour tester les hypothèses, cela débouche sur un savoir d'ordre général. (Vecchi, 2006)⁸.

En outre, la démarche expérimentale amène les élèves à concrétiser les notions abstraites. Ratzu (1988), disait que « la démarche expérimentale occupe une partie importante du cours. Lors de chaque leçon de sciences, nous sommes obligés de recourir à

⁶ Develay, M. (1989). *Sur la méthode expérimentale*. Aster, 8. Paris : INRP.

⁷ Cite dans : Guillon, A. (1995). *Démarches scientifiques en travaux pratiques de physique de DEUG à l'université de Cergy-Pontoise*. Didaskalia, 7,113-127.

⁸ Cite dans : Boucabeille, T. Vallade, P. (2012). *Quel est l'impact de la démarche expérimentale sur la motivation ?* (Mémoire Master II) : Université Montpellier II.

l'expérimentation pour faciliter à nos élèves la compréhension de notions abstraites »⁹. La démarche expérimentale suit des étapes bien déterminées. Nous distinguons trois types de démarche : démarche inductive, démarche déductive et démarche hypothético-déductive (voir figure 1)

a- Démarche inductive

La démarche inductive est utilisée pour construire un concept ou une théorie. Selon l'inductiviste, l'observation est la base des sciences. Elle consiste à réfléchir sur les réels pour en tirer, par induction, les lois qui le régissent. Tout commence par la constatation des faits, en utilisant le raisonnement pour les analyser. Plusieurs observations vérifient une hypothèse et deviennent une loi universelle. La généralisation des énoncés suit les trois conditions suivantes :

- Le nombre d'observation doit être suffisamment grand
- La réalisation des observations doit être sous différentes conditions.
- La loi universelle n'est pas contredite avec d'autres observations.

La méthode inductive ou l'inductivisme est une méthode scientifique qui obtient des conclusions générales à partir de prémisses individuelles.

b- Démarche déductive

La démarche déductive est contrairement à la démarche inductive. Elle est basée sur les hypothèses pour vérifier les prémisses individuelles. Nous pouvons prédire et expliquer certains phénomènes et certain fait à partir des démarches déductives. Elle est considérée comme un moyen pour la démonstration, les propositions sont considérées comme données pour initier la démonstration. Elle part du général pour arriver au particulier c'est-à-dire que le particulier déduit au cas général. La déduction part d'un savoir déjà existant à chercher les réponses aux questions pour susciter du fait les lois qui régissent. Elle est un mode de raisonnement qui se caractérise par la nécessité d'une conclusion, elle va de principe à leur conséquence et leur prédiction.

⁹ Cite dans : Tatchou, G. (2004). *Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques: cas de quelques expériences de cours en électrocinétique*. (Mémoire DEA) : Université de Dakar.

Finalement, les démarches déductive et inductive sont complémentaires vis à vis de leur manière d'avoir des connaissances.

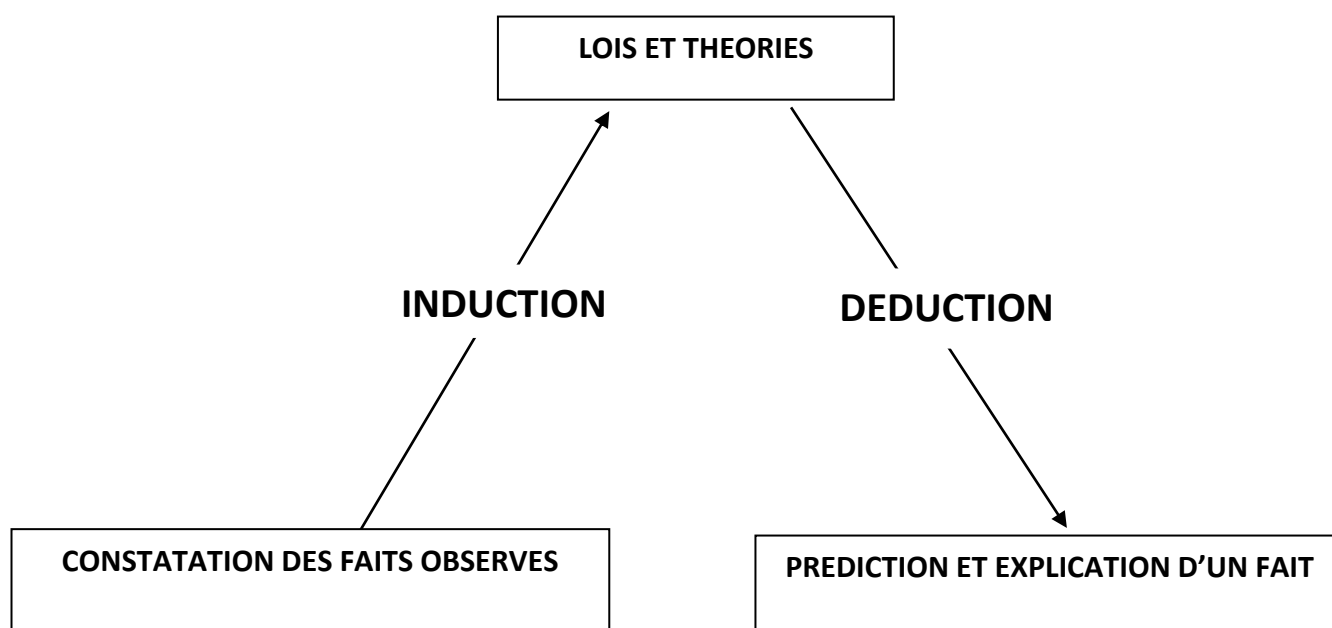


Figure 1 : Etapes de la démarche inductive et déductive

D'après ce schéma, l'analyse des faits observés naissent une loi ou une théorie, ces dernières vont expliquer et prédire un autre fait. Les théories ne procèdent jamais des faits. Les théories ne procèdent que des théories antérieures souvent très anciennes (Canguilhem 1965)¹⁰.

c- Démarches hypothético-déductives

Dans son ouvrage intitulé sur « *l'Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* » en 1865, Claude Bernard présentait la démarche hypothético-déductive. C'est un modèle classique des sciences, c'est-à-dire une méthode scientifique qui consiste à formuler une hypothèse afin d'avoir une prédiction, mais également à faire la rétrodiction, permettant d'en déterminer la validité. Claude Bernard essaie de théoriser la démarche expérimentale. Selon lui, la démarche d'élaboration d'une connaissance commence par une observation, certaines observations résultent un ou plusieurs hypothèses et à l'aide des expériences qu'on veut confirmer ou infirmer une hypothèse.

¹⁰ Cite dans : Cariou, J.-Y. (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences*. (Thèse Doctorat) : Université de Genève.

André Giordan propose le sigle OHERIC pour rassembler les étapes à suivre de l'observation jusqu'à la conclusion. Il est basé sur les travaux de Claude Bernard pour élaborer ce sigle :

Observation : c'est un fait réel ou un phénomène étonnant.

Hypothèse : l'hypothèse est une réponse anticipée

Expérience : c'est un processus pour tester les hypothèses.

Résultat : nous avons des résultats après les tests.

Interprétation : c'est la confrontation des résultats obtenus.

Conclusion : la confrontation des résultats arrive à une conclusion.

Un siècle plus tard, en 2003 Cariou propose un outil DiPHTeRIC dans sa thèse de doctorat intitulée sur la formation de l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences. Cet outil a été élaboré en basant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences pour compléter l'analyse des anomalies du schéma OHERIC vis-à-vis de leur démarche.

Il met des critiques à propos des étapes manquantes comme le problème mais selon Popper (1963), la science est commencée par le problème c'est-à-dire que la science n'est pas née s'il n'y a pas de problème. Selon Cariou (2009), le but de cet outil est d'engager les élèves à résoudre les problèmes par leurs propres forces intellectuelles, les rôles de l'enseignant sont assistés, indiqués les moyens, les limites. Il fournit une précision si nécessaire, mais ne les entraîne pas à sa suite. L'importance de l'utilisation de cet outil pourrait donc se résumer à des questions Où vas-tu ? Cette question incite l'élève à préciser où ils veulent aller et pourquoi. L'outil DiPHTeRIC guide les élèves pour trouver leur cheminement, (Cariou, 2009).

Le sigle DiPHTeRIC diffère l'OHERIC au point de vue de déclenchement de la démarche. Pour l'initialiser, nous parlons du Donnée Initiale, l'observation est englobée dans ce terme. Pour passer d'une étape à une autre, l'élève tente de répondre à ces petites questions et cela développe l'attitude scientifique chez eux.

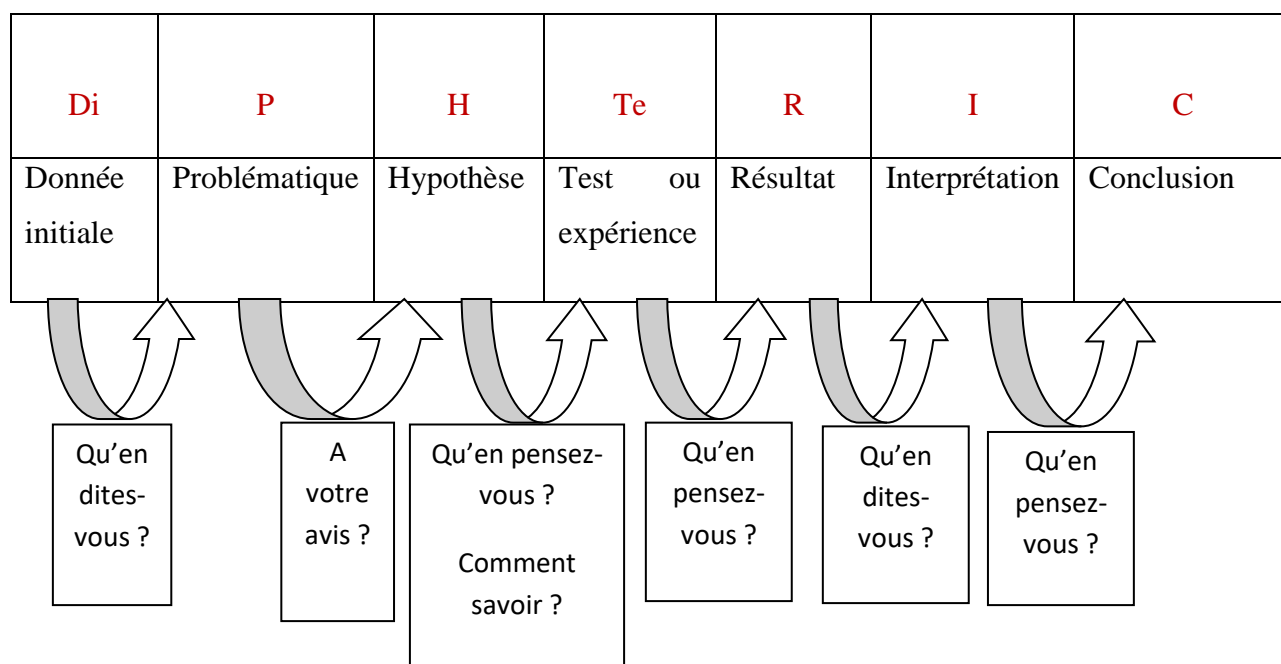


Figure 2 : Cheminement de la démarche DiPHTeRIC par des questions de stimulation¹¹

La démarche scientifique évolue avec le temps. Certain chercheur proposait des sigles et les étapes sont presque pareilles. Nous trouvons des points communs mais l'origine et la manière de la réalisation sont diversifiées.

Tableau 1 : Evolution du sigle¹²

| SIGLE | ANNEE | AUTEUR |
|-----------|-------|------------------|
| OHERIC | 1976 | André GIORDAN |
| OPHERIC | 1988 | COQUIDE |
| PHERIC | 1989 | DEVELAY |
| THEORIC | 1992 | Pierre CLEMENT |
| DiPHTeRIC | 2002 | Jean Yves CARIOU |

Selon Drouard (2008), la démarche expérimentale est divisée en sept étapes, même processus que celle présentée par Cariou. La première étape est l'analyse des faits réels et des situations de départ qui produisent l'étonnement et la perturbation. L'étonnement crée des

¹¹ Cariou, J.-Y. (2009). Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences (Thèse Doctorat). Université de Genève.

¹² Cours didactique ENS Tana

problèmes envers la réflexion personnelle et la vie quotidienne. Si les problèmes ont été identifiés, c'est-à-dire qu'ils sont bien formulés ou bien définis, la prochaine étape est l'utilisation des raisonnements et des connaissances pour expliquer les faits.

L'explication des faits amène à proposer des solutions anticipées ou des arguments pour illustrer les phénomènes, ce sont les hypothèses. La vérification ou la validation des hypothèses appelle la mise en œuvre du protocole expérimental. La réalisation du protocole obtient des résultats à analyser et à constater. Une hypothèse est validée si elle est conforme au résultat de l'expérience, sinon elle est rejetée. La synthèse des hypothèses validées et non validées acquiert une nouvelle théorie ou une nouvelle loi.

Nous présentons ainsi le schéma proposé par Develay pour éclaircir la démarche scientifique.

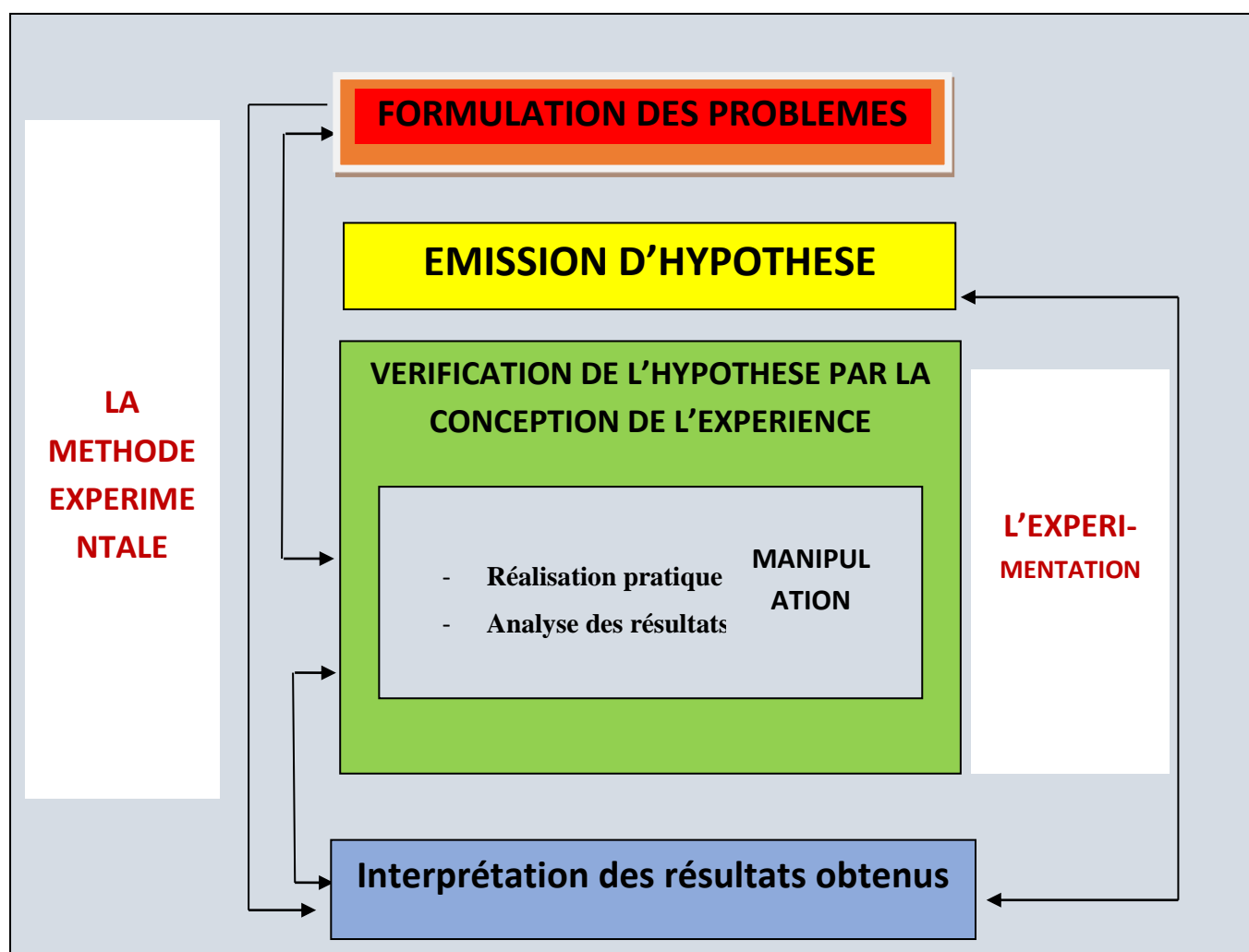


Figure 3 : Modèle de Michel Develay sur la démarche scientifique¹³

¹³ Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, 8, p8. Paris : INRP.

2- Mode d'investigation

a- Familiarisation pratique ou mode d'expérience-action

Ce mode permet aux élèves d'avoir une attitude scientifique, de savoir manipuler et d'utiliser des instruments pour faire une expérience. Il permet aussi de familiariser ou d'habituer les élèves face à l'expérience. Chaque matériel possède des techniques d'investigation et des guides d'utilisation, la classe est conviée à explorer les instruments pour avoir un raisonnement et aboutir à un savoir

b- Investigation empirique ou mode d'expérience-objet

Le mode d'élaboration théorique relève de la démarche scientifique. Les élèves peuvent tester, contredire, argumenter face à une théorie ou une loi. Les expériences visent dans ce cas à débattre des formes de raisonnement employées, à comparer des procédures, à s'assurer de la validité des conclusions. Face à un réel, les élèves confrontent de ce qu'ils sentent, ce qu'ils voient avec les lois et les théories existants. La confrontation les aide à problématiser et à émettre des hypothèses¹⁴.

Ce mode a pour objectif de créer l'esprit scientifique chez les apprenants. Si les élèves ont des raisonnements scientifiques, ils approchent la résistance du réel et faire apparaître les limites de ces théories. Ils utilisent des instruments avec procédures pour vérifier ou chercher les limites d'une loi. L'enseignant pris en charge le guidage pour inciter la réflexion des élèves sur la démarche adoptée.

c- Elaboration théorique ou mode d'expérience-outil

La construction du savoir scientifique a besoin du mode d'élaboration théorique. Les élèves construisent lui-même un modèle, un concept. Ce mode appelle la maîtrise des deux autres modes (familiarisation pratique et investigation empirique). La résolution des problèmes nécessite de savoir manipuler les instruments ou les matériels d'expérimentations. Il n'y a plus de théorie à vérifier mais nous le construisons à partir d'une expérience. Les concepts et les référents empiriques sont indispensables pour élaborer un modèle.

¹⁴ Saliou, K. (2011). *Les pratiques expérimentales au lycée- Regards croisés des enseignants et de leurs élèves*. Radisma, 7.

Chapitre II : Evaluation des connaissances des élèves

I- Définition

Le mot évaluation apparaît depuis longtemps, étymologiquement, il est composé du latin « e » (préposition) signifiant « hors de » et du substantif *valuatio*, dérivé du verbe « Valère » rassemble à une valeur. Evaluer consiste à donner une valeur et selon Michel Vial (2013), « *l'évaluation est le rapport que l'on entretient avec la valeur* ».

Nous entendons toujours le mot évaluation dans différents domaines comme enseignement, société, administration... « *L'évaluation est un acte très fréquent dans notre quotidien et permet d'attribuer une valeur à un objet, un événement* »¹⁵ Raybaud-Patin (2011). La définition de l'évaluation dépend du domaine considéré, le groupe de personne, l'endroit et le moment où l'on fait l'évaluation.

Nous sommes dans le domaine d'enseignement apprentissage et nous n'intéressons que l'évaluation scolaire. Nous tentons de définir l'évaluation scolaire selon les auteurs (experts).

Pour LANDSHEERE, évaluation c'est *l'estimation par une note d'une modalité ou d'un critère considéré dans un comportement ou un produit*.

L'évaluation est considérée comme une appréciation par des notes après avoir constaté l'attitude et le comportement des élèves.

Perrenoud (1989) disait que, *dans le monde scolaire, lorsqu'on dit "évaluation", on pense d'abord à l'appréciation de l'excellence scolaire des élèves dans les diverses disciplines enseignées, éventuellement à l'évaluation de la conduite et du travail. N'oublions pas cependant qu'on évalue aussi les enseignants, les établissements, les programmes, les réformes, le système scolaire dans son ensemble. Certaines de ces évaluations se fondent sur une appréciation préalable des acquis des élèves : sur cette base, on juge souvent de la qualité d'un enseignant, d'une école ou d'un curriculum*.

Selon lui, l'évaluation ne concerne pas uniquement les apprenants mais a tous les personnels dans le champ pédagogique.

¹⁵ Raybaud-Patin, N. (2011). *Pratiques d'enseignement évaluatives informelles orales*. (Thèse Doctorat) : Université de Toulouse.

Legendre définit l'évaluation comme *une opération, consiste à estimer, à apprécier, à porter un jugement de valeur où à accorder une importance à une personne, à un processus, à un événement, à une institution ou à tout objet à partir d'informations qualitatives et/ou quantitatives et de critères précis en vue d'une décision. Evaluer c'est comprendre, éclairer l'action de façon à pouvoir décider avec justesse de la suite des événements.*

En bref, l'évaluation est alors un acte de juger, estimer, apprécier et donner une valeur à un certain travail pour prendre une décision. Nous connaissons alors le concept de l'évaluation, nous essayons de déterminer ses rôles dans l'enseignement apprentissage.

II- Rôles de l'évaluation

L'évaluation est indispensable dans l'enseignement apprentissage. Pour connaître les acquis des élèves, il faut faire une évaluation. Jean Cardinet (1988), dans son ouvrage, classait quatre fondamentaux sur l'évaluation ¹⁶:

- Améliorer les décisions relatives à l'apprentissage de chaque élève
- Informer sur sa progression l'enfant et ses parents
- Décerner les certificats nécessaires à l'élève et à la société
- Améliorer la qualité de l'enseignement en général,

La décision dépend du résultat de l'enseignement à la fin d'une période d'enseignement. L'enseignant décide de changer leur approche, de corriger leur fiche pédagogique, de proposer d'autres activités pour augmenter la motivation des élèves. Les élèves remettent en question les erreurs commises. L'enseignant cherche les obstacles qui empêchent la progression de l'enseignement.

L'évaluation comporte des informations à fournir aux élèves, professeur lui-même, parents, administration scolaire, même la société. L'évaluation sommative se fait à la fin d'une formation ou d'une période d'enseignement et nous avons un certificat si nous réussissons à l'examen ou à l'épreuve (orale ou écrite).

III- Type et objectifs de l'évaluation scolaire

Nous distinguons trois types d'évaluations dans l'évaluation que nous rencontrons à l'école. Ces types d'évaluations diffèrent de leurs objectifs, leurs rôles, le moment où l'on réalise l'évaluation.

¹⁶ Cardinet, J. (1986). *Pour apprécier le travail des élèves*. Bruxelles : De Boeck,

1- Evaluation diagnostique

L'évaluation diagnostique est très fréquente pendant l'enseignement apprentissage. A chaque séance, l'enseignant annonce les objectifs et l'évaluation diagnostique lui permet de situer les apprenants. Selon Cardinet (1986), évaluer c'est situer par rapport au but pour favoriser et pour contrôler l'apprentissage.

L'évaluation diagnostique se fait avant, pendant et après une séance d'apprentissage, elle permet à l'enseignant de déterminer les prérequis des élèves. Elle s'appuie l'acquisition et les démarches, sur les aptitudes, sur les situations de l'élève dans la société. Elle concerne l'analyse de ses productions et les comportements des élèves pour émettre des hypothèses et suggérer des remèdes.

Objectifs de l'évaluation diagnostique

L'évaluation diagnostique donne des informations sur le déroulement de l'enseignement pendant une séquence d'enseignement. Elle permet aux enseignants de susciter les obstacles rencontrés et repéré les difficultés de l'apprenant. Le gommage des lacunes engage les élèves sur la voie du succès pédagogique et le bon déroulement de la séance.

2- Evaluation formative

Une évaluation est formative si elle se fait à la fin de période d'apprentissage. Landsheere (1992) définit l'évaluation formative comme un principe, au terme de chaque tâche d'apprentissage et ayant pour objet d'informer l'élève et maître du degré de la maîtrise atteint. Ces informations sont interprétées pour avoir les origines des difficultés rencontrées¹⁷. L'enseignant cherche à apporter des remédiations pour rectifier les erreurs et proposer des nouvelles stratégies pour faciliter le progrès.

Objectifs de l'évaluation formative

L'évaluation formative amène les élèves à réviser les notions déjà traitées pour aborder la tâche suivante. Elle vise une double rétroaction : rétroaction sur l'élève pour lui dévoiler les étapes qu'il a traversées dans son processus d'apprentissage et les difficultés rencontrées, et rétroaction sur le maître pour lui montrer comment progresser son programme pédagogique et identifier les obstacles auxquels il se heurte.

¹⁷ Rezo, CFA. (1996). *Evaluation : modèle et pratique*. Récupéré le 09/07/18 de <http://sites.estvideo.net/gfritsch/doc/rezo-cfa-308.htm>

3- Evaluation sommative

L'évaluation sommative consiste à synthétiser le déroulement de l'enseignement apprentissage car elle se fait après un ensemble des tâches d'apprentissages. *L'évaluation sommative est la mesure de l'accumulation des connaissances pendant une période donnée : un trimestre (composition), un an (passage de classe) (Albert & Calin, 1996).*

Objectifs de l'évaluation sommative

L'évaluation sommative résulte les différentes évaluations car elle se fait à la fin d'un trimestre ou à la fin d'une année scolaire. L'objectif de cette évaluation est très vaste à cause de la période très longue. Elle a pour objectif de viser tous les savoir-faire intermédiaires et les savoir-faire finals. Elle permet aux élèves de se situer par rapport aux objectifs généraux et aux objectifs spécifiques du programme scolaire. L'information sur les méthodes utilisées par l'enseignant est obtenue à partir de l'évaluation sommative. L'enseignant remet en question sur les démarches utilisées et les élèves prennent leurs responsabilités. Elle permet à l'enseignant de prendre une décision si un élève est admis ou remis à la famille.

Le tableau ci-dessous montre les différences entre les types d'évaluations ;

Tableau 2 : Différence entre les différents types d'évaluations¹⁸

| | Période de réalisation | Objectifs | Mode d'évaluation |
|-------------------------|---|---|--|
| Evaluation Diagnostique | -Avant apprentissage -Pendant l'enseignement | - Gommer des lacunes, carences, difficultés. -Informer la progression de l'enseignement -Tester le prérequis des élèves | - Exercice d'entraînement - Contrôle continue |
| Evaluation Formative | -Après une séquence d'enseignement | -Repérer les difficultés et les obstacles rencontrés -Informer les enseignants sur sa méthode d'enseignement | - Interrogation écrite - Devoir surveillé |

¹⁸ Source : <https://sbssa.ac-versailles.fr/IMG/pdf/EVALUATIONS.pdf> consulté le 10/07/18

| | | | |
|------------------------|--|--|--------------------------|
| Evaluation Sommativ | -Après la période d'apprentissage (trimestre, annuel) -Après la période de formation | -Prendre une décision -Valider un projet avant de donner un certificat | -Examen -Concours |
|------------------------|--|--|--------------------------|

IV- Taxonomie de Bloom

L'évaluation possède un degré selon la difficulté des questions à poser et les tâches demandées aux élèves. Pour la formulation des questions, la taxonomie permet aux enseignants de situer le niveau de compréhension des élèves. En 1956, Bloom a essayé d'établir le niveau taxonomique d'une évaluation. Il classait en deux niveaux le degré d'évaluation : niveau inférieur et niveau supérieur. Chaque niveau contient trois étapes pour les classer. Chaque étape est associée par des verbes d'actions.

Tableau 3 : Verbes d'actions dans la taxonomie de Bloom¹⁹

| Niveau inférieure | | | Niveau supérieure | | |
|-------------------|---------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
| Connaissance | compréhension | Application | Analyser | Synthétiser | Evaluer |
| Lister | Interpréter | Utiliser | Organiser | Utiliser | Organiser |
| nommer | donner un | exécuter | comparer | exécuter | comparer |
| mémoriser | exemple | construire | rechercher | construire | Rechercher |
| répéter | classer | développer | structurer | développer | structurer |
| distinguer | expliquer | résoudre | intégrer | résoudre | intégrer |
| identifier | paraphraser | manipuler | discerner | manipuler | discerner |
| définir | traduire | adapter | catégoriser | adapter | catégoriser |
| réciter | illustrer | réaliser | tirer une | réaliser | tirer une |
| citer | observer | faire | conclusion | faire | conclusion |
| correspondre | rapporter | | examiner | | examiner |
| décrire | discuter | | arranger | | arranger |
| formuler | démontrer | | argumenter | | argumenter |
| étiqueter | | | | | |

¹⁹ Source : <http://francois.muller.free.fr/diversifier/taxonomi1.htm> consulté le 10/07/18

V- Comment évaluer

L'évaluation scolaire se fait à tout moment, avant enseignement, pendant et à la fin de la période d'apprentissage. Elle a pour but de mesurer les connaissances des élèves, apprécier leur compétence ou estimer leur savoir-faire. Elle permet situer un individu par rapport à une norme, constituée par les performances d'un groupe de référence, (Landsheere, 1992).

1- Note et évaluation scolaire

On utilise une échelle pour comparer les compétences des élèves. Chaque objectif est attribué par une note et les élèves sont évalués selon les objectifs atténués. Souvent, nous employons les chiffres 0 à 20 ou 0 à 10 pour mesurer les compétences des apprenants. Le système anglo-saxon utilise des lettres pour juger le comportement et le savoir-faire des élèves.

2- Forme d'évaluation

L'évaluation prend plusieurs formes dans l'enseignement apprentissage. Nous citons ci-dessous des exemples :

- Cahier d'évaluation des modules
- Interrogation orale
- Interrogation écrite de courte ou longue durée
- Exercices d'applications
- Devoir à la maison
- Examen

L'évaluation et les objectifs sont inséparables, les critères de réussite obtiennent à partir des objectifs atteints par les apprenants. Face aux objectifs et aux critères omniprésents, l'évaluation est-elle absolue ? L'évaluation est relative selon les objectifs à viser. Benjamin BLOOM fait leur étude pour améliorer la qualité d'évaluation. L'évaluation des objectifs d'enseignement suit la taxonomie de Bloom. La note pour chaque question dépend du niveau taxonomique : plus le niveau taxonomique augmente, plus la note attribuée est élevée.

PARTIE II :

APPLICATION DE CES THEORIES ET L'ANALYSE DES SEQUENCES D'ENSEIGNEMENT

Dans cette deuxième partie, nous allons appliquer ces deux théories pour enseigner la loi de Laplace. Le choix de ce thème est suggéré par le fait que, durant l'entretien effectué avec les enseignants des sciences physiques au lycée JJ Rabearivelo, certains d'entre eux ont des difficultés pendant l'enseignement de l'électromagnétisme en classe terminale scientifique.

Dans un premier temps, nous décrivons les phénomènes électromagnétiques, en développant l'action du champ magnétique uniforme sur une charge en mouvement et sur un conducteur mobile. Ensuite, nous présentons la méthodologie de notre travail, la population cible et le terrain où nous avons fait l'expérimentation. En plus, nous exposons le déroulement des séances d'enseignements et la description des approches utilisées : approche sans expériences et approches avec expériences. Elles sont accompagnées par des fiches pédagogiques et des constatations de la séance d'apprentissage.

Enfin, l'analyse des résultats nous permet de conclure notre travail sur l'impact de l'expérience sur l'évaluation.

Chapitre I : Etude des phénomènes électromagnétiques

I- Force de Lorentz

Hendrik Antoon Lorentz est un physicien néerlandais, né le 18 juillet 1853 à Arnhem (Pays-Bas) et décédé le 4 février 1928. Son travail sur l'électromagnétisme est basé sur le mouvement d'une particule dans un champ magnétique uniforme.

Une particule P de charge q animée d'une vitesse \vec{V} dans un champ magnétique caractérisé par le vecteur \vec{B} subit une force magnétique appelée *force de Lorentz* \vec{F}_m .

Cette force est donnée par la relation suivante :

$$\vec{F}_m = q \cdot \vec{V} \wedge \vec{B}$$

Caractéristiques de la force de Lorentz :

- *Point d'application* : la particule P
- *Direction* : droite perpendiculaire au plan formé par \vec{V} et \vec{B}
- *Sens* : déterminé par la règle des trois doigts de la main droite ou par le bonhomme d'Ampère.
- *Intensité* : $F_m = |q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\vec{V}, \vec{B})|$

$$F_m \text{ en N} ; \quad V \text{ en m/s} ; \quad q \text{ en C} ; \quad B \text{ en T}$$

$$\text{Si : } (\vec{V}, \vec{B}) = \pi/2 \text{ alors } F_m = q \cdot V \cdot B ; \text{ Si } (\vec{V}, \vec{B}) = 0 \text{ alors } F_m = 0$$

II- Loi de Laplace

Pierre-Simon de Laplace est un mathématicien, physicien, astronome français, né le 23 mars 1749 à Beaumont-en-Auge et décédé le 5 mars 1827 à Paris. Son travail est appliqué dans différents domaines scientifiques comme médecine, mathématique et physique, mais ce qui nous intéresse est son étude sur l'électromagnétisme.

1- Présentation du rail de Laplace

Le dispositif de rail de Laplace est constitué de deux tiges métalliques parallèles et horizontales, sur lesquelles est posée perpendiculairement une autre tige métallique. Lorsque cette dernière, parcourue par un courant continu, est placée dans un champ magnétique uniforme \vec{B} , elle se déplace suivant la direction parallèle au rail et dans le sens défini par le sens du courant (voir schéma ci-dessous)

Voici un schéma permettant de présenter le dispositif expérimental du rail de Laplace :

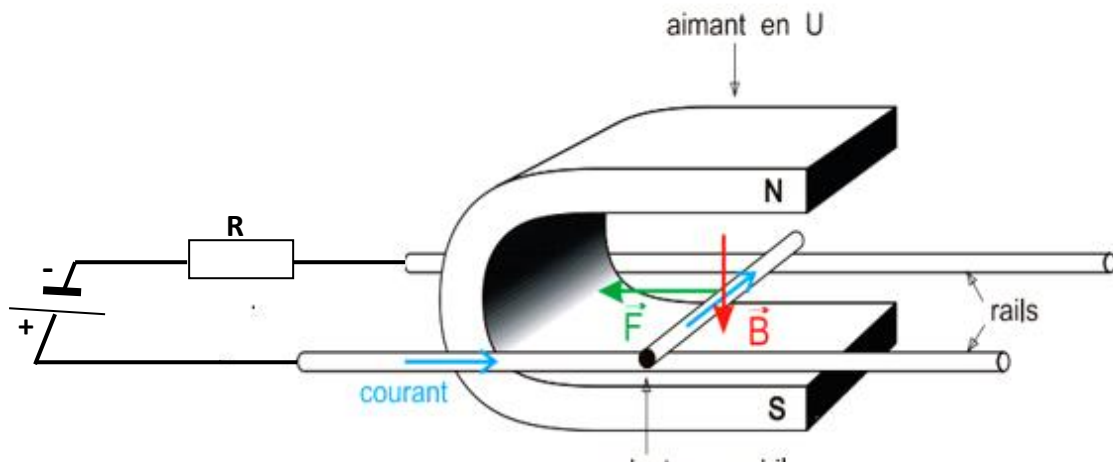


Figure 4 : Représentation de rail de Laplace²⁰

Un générateur produit du courant continu d'intensité I qui circule dans le sens indiqué par la flèche en bleu. La flèche rouge indique le champ magnétique. La tige se déplace dans le sens indiqué par la flèche verte qui représente la force de Laplace.

2- Enoncé de la loi

Un conducteur rectiligne de longueur ℓ parcouru par un courant d'intensité I placé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} est soumis à une force \vec{F} , cette force est appelée *force de Laplace*. Elle est donnée par la relation suivante :

$$\vec{F} = I \vec{\ell} \wedge \vec{B}$$

Caractéristiques de la force :

- *Point d'application* : au centre du conducteur mobile
- *Direction* : droite perpendiculaire au plan formé par $\vec{\ell}$ et \vec{B}
- *Sens* : déterminer par la règle de la main droite ou par le bonhomme d'Ampère
- *Intensité* : $F = |I \cdot \ell \cdot B \sin(\vec{\ell} ; \vec{B})|$

$$F \text{ en N} \quad ; \quad I \text{ en A} \quad ; \quad \ell \text{ en m} \quad ; \quad B \text{ en T}$$

$$\text{Si } (\vec{\ell}, \vec{B}) = \pi/2 \text{ alors } F = I \cdot \ell \cdot B ; \quad \text{si } (\vec{\ell}, \vec{B}) = 0 \text{ alors } F = 0$$

²⁰ Source : www.al.lu/physics/deuxieme/mousset/lorentz_laplace.pdf consulté le 10/07/18

III- Détermination de l'expression de la force de Laplace à partir de la force de Lorentz.

Dans un conducteur métallique, nous trouvons des électrons libres. Le passage du courant électrique est dû au déplacement de ces charges. Quand le courant passe, ces électrons sont animés d'une vitesse \vec{V} et, quand ils sont placés dans un champ magnétique \vec{B} , chacun d'eux subit une force de Lorentz \vec{F}_m .

Supposons maintenant que le conducteur contient N électrons libres, la somme de toutes les forces exercées sur les charges est donnée par $\vec{F} = N \cdot \vec{F}_m$.

Or : $\vec{F}_m = -e\vec{V} \wedge \vec{B}$, donc $\vec{F} = -Ne\vec{V} \wedge \vec{B}$

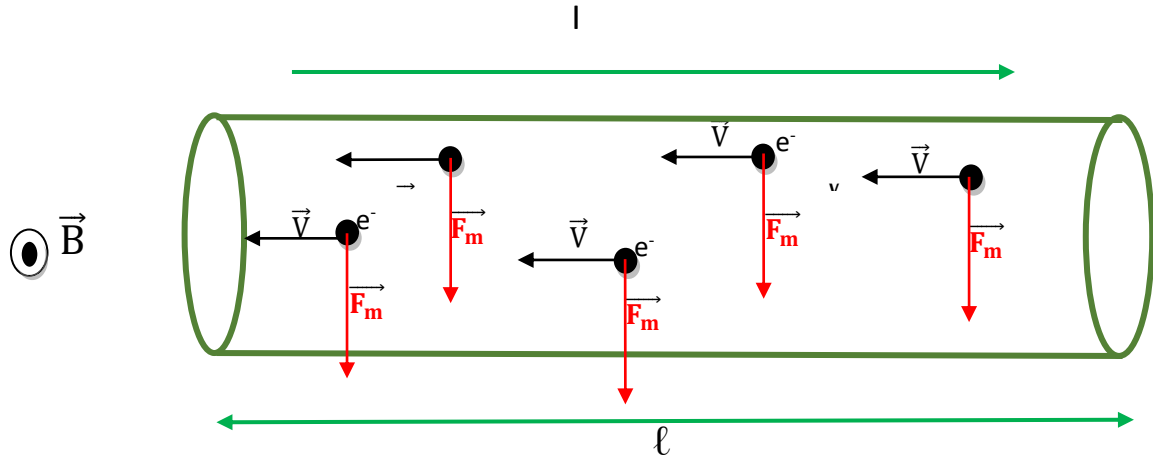


Figure 5 : Force de Lorentz agit sur les électrons libres

Par ailleurs, l'intensité du courant est définie comme la quantité de charges ΔQ se déplaçant pendant une durée Δt dans un conducteur :

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{-Ne}{\Delta t}$$

où l'on a posé : $\Delta Q = -Ne$. Ainsi, il vient : $-Ne = I\Delta t$ (le signe négatif signifie que le courant circule dans le sens contraire du déplacement des électrons)

Finalement, nous obtenons : $\vec{F} = I\Delta t \vec{V} \wedge \vec{B}$ et, en posant $\vec{l} = \Delta t \vec{V}$, nous avons $\vec{F} = I\vec{l} \wedge \vec{B}$

La relation démontrée tout à l'heure nous permet de conclure que la loi de Laplace est dérivée de la force de Lorentz.

Chapitre II : Méthodologie et population cible

I- Méthodologie de recherche

Pour atteindre nos objectifs, nous allons adopter la méthodologie qui consiste à diviser une classe Terminale D en deux : groupe A et groupe B (voir figure 6 ci-dessous). Le groupe A est formé de 18 élèves, tandis que le groupe B contient 19 élèves.

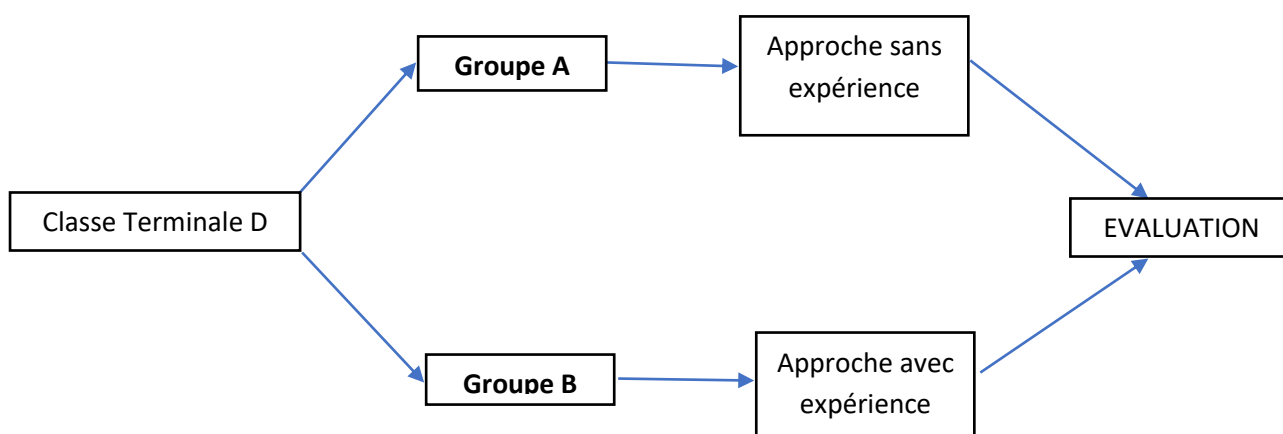


Figure 6 : Cheminement de l'expérimentation

Notre hypothèse donne une faveur à l'expérimentation en classe pendant le cours. Pour constater l'influence de l'expérience, les groupes sont enseignés par deux manières différentes. Selon Einstein, la réalisation d'une expérience nécessite le montage *TEMOIN* car il sert à comparer avec le montage *TEST*. Sans lui, l'expérience ne vérifiera pas vraiment l'hypothèse²¹. Alors nous choisissons le groupe A comme témoin et le groupe B comme groupe test :

Dans le Groupe témoin (A) l'enseignement se fait de façon classique (Approche sans expérience)

Dans le Groupe test (B) l'enseignement se fait de façon expérimentale (Approche avec expérience)

II- Description de l'établissement

Notre étude est menée au Lycée Mananara Ambatomena (L.M.A), situé à trentaine de kilomètre d'Antananarivo, dans la commune rurale de Mananara Ambatomena. Ce lycée,

²¹ Source : http://www.ac-grenoble.fr/college/le-semnoz.seynod/IMG/pdf/demarche_scientifique_2012_2013_vert-3.pdf consulté le 06/07/18

fondé en 1995, se trouve dans la juridiction du Cisco Manjakandrina, DREN Analamanga. L'établissement possède une salle de médiathèque mais ne possède pas de connexion.

Au total, nous avons six classes dont deux classes de seconde, deux classes de première (première A et première D) et deux classes de terminale (terminale A et terminale D). Nous avons ciblé les élèves en classe terminale D du lycée.

L'électromagnétisme est une grande partie de la physique dans le programme scolaire Malgache. Un des chapitres attirant notre attention est l'action du champ sur le conducteur. Pour appliquer la théorie concernant l'expérience et l'évaluation, nous l'avons utilisée pour évaluer les connaissances acquises par les élèves après l'enseignement.

Chapitre III : Déroulement de l'enseignement

La séquence d'enseignement se déroulait le jeudi 21 juin 2018 au lycée LMA. A cette époque-là, la revendication syndicale (enseignement) est en pleine action. La plupart des enseignants sont en grève, ainsi nous disposons beaucoup de temps pour la réalisation de notre expérimentation.

Premièrement, nous nous sommes présentés auprès des responsables administratifs présents avec l'enseignant responsable. Nous avons déposé la lettre d'introduction émanant de l'Ecole Normale Supérieure.

Nous avons enseigné le groupe A durant la matinée et l'autre groupe pendant l'après-midi. Pour vérifier notre hypothèse, nous avons utilisé les deux approches suivantes : l'approche sans expérience et l'approche avec expérience.

I- Approche sans expérience

Dans cette partie, nous avons décrit le déroulement de la séquence d'apprentissage de l'approche sans expérience et son impact sur le savoir enseigné et la gestion du temps.

1- Description de l'approche

Dans cette approche, l'enseignant assure la plupart des tâches pendant la séance du cours. Nous avons cité les applications de la force de Laplace dans la vie courante pour introduire la leçon. L'enseignant décrit le phénomène physique, l'expérience et le dispositif expérimental qui est schématisé au tableau. Le cours étant purement théorique, nous utilisons des langages symboliques et des schémas pour simplifier l'enseignement.

Les élèves doivent utiliser leur imagination pour comprendre le phénomène présenté par l'enseignant. L'essentiel du cours est retenu par cœur. Ils prennent notes des formules mathématiques sans savoir vraiment leurs significations et les relations avec les phénomènes considérés.

2- Fiches pédagogiques

Classe : Terminale D

Durée : 1h 30min

Matière : Physique

Séquence : Électromagnétisme

Chapitre : Loi de Laplace

Objectif : A l'issue de cette séance, il faut que les élèves soient capables de :

- Connaitre l'existence de la force de Laplace.
- Déterminer les caractéristiques de la force de Laplace (Point d'application, direction, sens, intensité).

Prérequis :

- Définition et sens conventionnel du courant dans un circuit (Déplacement d'une charge électrique)
- Nature du champ à l'intérieur d'un aimant en U (uniforme) et sens du champ magnétique (du pôle nord vers le pôle sud)
- Les 4 caractéristiques d'une force (Point d'application, direction, sens, intensité).
- Règle de trois doigts de la main droite ou bonhomme d'Ampère

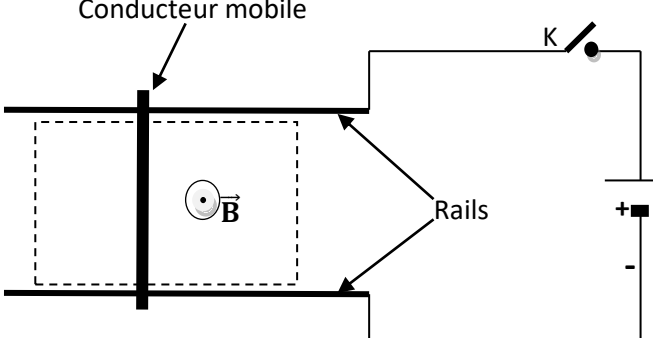
Bibliographies :

- Bramand, P. Faye, P. & Thomassier, G. (1983). *Physique Terminale D*. Paris : Hachette.
- Bramand, P. Faye, P. & Thomassier, G. (1988). *Physique Terminales C et E*. Paris : Hachette.
- Gozard, F. Soulie, L. & Zemb, T. (1989). *Physique Terminales C et E*. Paris : Hatier.

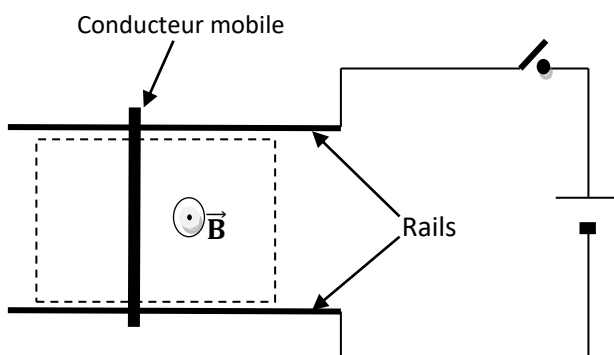
Matériels Didactiques : Règle, Craies, Manuels scolaires

Plan du cours :

- Représentation des rails de Laplace
- Mise en évidence de la force de Laplace
- Loi de Laplace
- Caractéristiques de la force de Laplace

| STRATEGIE / PARTIE ORALE / CONSIGNES | TRACE ECRITE |
|--|--|
| <p>Salutation !!!!</p> <p><i>On trouve beaucoup d'applications de la force de Laplace dans la vie quotidienne ; citons par exemple le moteur électrique et le haut-parleur.</i></p> <p>Notre nouvelle leçon concerne la loi de Laplace (Mettre le titre au tableau)</p> <p>Avant d'entamer notre objectif, on va vous schématiser au tableau le dispositif permettant d'étudier la loi de Laplace.</p> <p>Présentation du rail de Laplace :</p> <p>Pour réaliser une expérience, Laplace utilisait un dispositif expérimental. Le dispositif comporte un aimant en U, un conducteur mobile, deux rails parallèles et horizontaux, un générateur de courant continu, un interrupteur.</p> | <p style="text-align: center;">FORCE DE LAPLACE</p> <p>1- Présentation du rail de Laplace</p> <p>Un conducteur mobile placé à l'intérieur d'un aimant en U peut glisser sans frottement entre deux rails métalliques parallèles et horizontaux.</p>  |

Voici le schéma de notre dispositif :



Q1 : Quel est le rôle de l'aimant ?

RA1 : *Un aimant produit un champ magnétique*

Q2 : Quel est la nature du champ magnétique à l'intérieur de l'aimant en U

RA2 : *Le champ magnétique à l'intérieur d'un aimant en U est uniforme.*

Q3 : quel est le sens du champ magnétique dans un aimant en U ?

RA3 : *le champ magnétique sort du pôle Nord et entre dans le pôle Sud.*

Q4 : Que se passe-t-il si on ferme l'interrupteur ?

RA4 : Il y a un courant qui circule à l'intérieur du conducteur mobile.

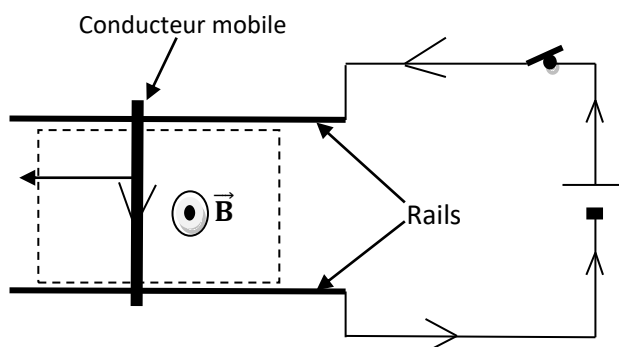
2- Mise en évidence de la force de Laplace

Expérience :

- Placer le conducteur mobile sur les deux rails à l'intérieur de l'aimant en U.
- Fermer l'interrupteur

Q5 : Indiquer le sens du courant dans notre schéma

RA5 :



On constate que le conducteur mobile se met en mouvement

Q6 : Pourquoi le conducteur se déplace ?

RA6 : *Il y a une force qui repousse le conducteur mobile*

Nous disons qu'une force repousse le conducteur et cela produit leur déplacement.

Consigne : l'aimant crée le champ magnétique et le générateur produit le courant électrique.

Résultat :

- Le conducteur mobile se met en mouvement.

Interprétation :

- Une force repousse le conducteur mobile, alors il se met en mouvement.

Q7: Quelle sont alors les conditions d'existence de la force de Laplace ?

RA7: *la force existe s'il est parcouru par un courant et est placé dans un champ magnétique.*

Laplace exposait en 1796 l'interaction entre le champ magnétique sur le courant. Il annonce une loi et elle (la loi) se nomme « *Loi de Laplace* »

Comme toutes les forces que vous connaissez, elle possède des caractéristiques, on va déterminer leurs caractéristiques.

Q8: Quels sont les caractéristiques d'une force ?

RA8: *Point d'application, Direction, Sens, Intensité*

Conclusion :

- En présence du champ magnétique, le passage du courant dans le conducteur mobile crée une force qui produit le déplacement. Cette force s'appelle Force de Laplace.

3- Loi de Laplace :

Un conducteur mobile de longueur ℓ parcouru par l'intensité I placé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} subit une force \vec{F} appelée Force de Laplace.

L'expression de la force de Laplace est donnée par la relation suivante :

$$\vec{F} = I \cdot \vec{\ell} \wedge \vec{B}$$

L'existence de la force de Laplace est due à la présence du champ magnétique et du courant électrique dans le conducteur, ces derniers ont des sens.

Q9 : Comment déterminer le sens de la force de Laplace ?

RA9 : le sens de la force de Laplace est obtenu à partir du sens du courant I et du sens du champ magnétique \vec{B} .

Q10 : Quelle est l'intensité de la force F si le champ magnétique \vec{B} et $I.\vec{\ell}$ sont orthogonaux ?

RA10: $F = I \ell . B$ car $\sin \alpha = 1$ si $\alpha = \pi/2$

4- Caractéristiques de la force de Laplace

Point d'application : Au centre du conducteur mobile.

Direction : Droite perpendiculaire au sens du courant (perpendiculaire au conducteur mobile) et perpendiculaire à la direction du champ magnétique c'est-à-dire perpendiculaire au plan formé par \vec{B} et $I.\vec{\ell}$

Sens : obtient à partir du sens du courant et du sens du champ magnétique (par la règle de 3 doigts de la main droite ou bonhomme d'Ampère)

Intensité : L'intensité de cette force est donnée par $F = I \ell . B . |\sin \alpha|$

F en Newton (N)

I en Ampère (A)

L en mètre (m)

B en Tesla (T)

➤ Si $\alpha = \pi/2$ alors $F = I \ell . B$

| | |
|--|--|
| <p>Q11: Que vaut la valeur de l'intensité de la force F si \vec{B} et $I.\vec{\ell}$ sont parallèles.</p> <p>RA11: si \vec{B} et $I.\vec{\ell}$ sont parallèles alors $\alpha=0$</p> <p>Donc $F=0$ car $\sin\alpha=0$ si $\alpha=0$</p> | <p>➤ Si $\alpha=0$ alors $F=0$</p> |
|--|--|

5- Remarques sur l'enseignement sans expérience

L'enseignement sans expérience est simple au point de vue transmission de connaissance mais inefficace : le maître ne fait qu'expliquer théoriquement la leçon et poser des questions pour vérifier la compréhension des élèves. Toutefois, nous avons constaté que la plupart des élèves prennent tout simplement note des lois qui régissent les phénomènes physiques sans vraiment les comprendre. En principe, les questions posées par les élèves devraient aider le maître à donner beaucoup plus d'explication du phénomène physique et sa relation avec des équations mathématiques. Cette méthode risque de se limiter tout simplement aux calculs numériques.

II- Approche avec expérience

Dans cette optique, l'expérience est considérée comme une clé de l'enseignement. Nous allons décrire le déroulement de l'enseignement/apprentissage utilisant un matériel didactique.

1- Description de l'approche

Cette approche considère l'expérience comme un outil parfait d'acquisition des connaissances. En effet, l'enseignement est accompagné d'une expérience ; et les élèves font des manipulations pour vérifier leurs hypothèses. Le cours est donc fondé sur l'expérimentation. De plus, les élèves sont incités à poser des questions et d'exploiter leur curiosité. Le phénomène physique n'est pas décrit verbalement, mais le cours permet aux élèves de bien distinguer la différence entre leur représentation à priori et le phénomène physique réellement observé. Dans la pratique, nous utilisons la démarche OHERIC pour vérifier les hypothèses des élèves.

2- *Fiches pédagogiques*

Nous présentons ci-après la fiche de préparation basée sur l'approche avec expérience.

Classe : Terminale D

Durée : 1h 30min

Matière : Physique

Séquence : Électromagnétisme

Chapitre : Loi de Laplace

Objectif : A l'issue de cette séance, les élèves doivent être capable de :

- Connaitre l'existence de la force de Laplace.
- Déterminer les caractéristiques de la force de Laplace (Point d'application, direction, sens, intensité).

Prérequis :

- Définition et sens conventionnel du courant dans un circuit (Déplacement d'une charge électrique)
- Nature du champ à l'intérieur d'un aimant en U (uniforme) et sens du champ magnétique (du pôle nord vers le pôle sud)
- Les 4 caractéristiques d'une force (Point d'application, direction, sens, intensité).
- Règle de trois doigts de la main droite

Bibliographies :

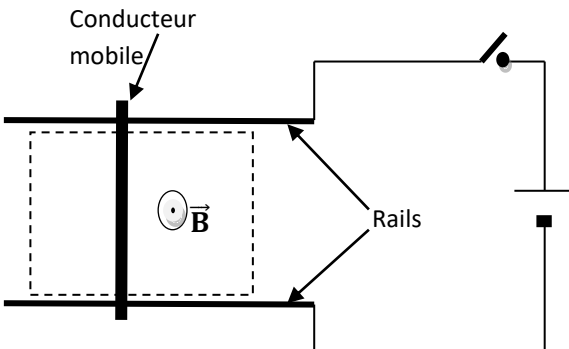
- Bramand, P. Faye, P. & Thomassier, G. (1983). *Physique Terminale D*. Paris: Hachette.
- Bramand, P. Faye, P. & Thomassier, G. (1988). *Physique Terminales C et E*. Paris: Hachette.
- Gozard, F. Soulie, L. & Zemb, T. (1989). *Physique Terminales C et E*. Paris: Hatier.
- Razafimanazato, J., et al. (2010). Unité Physique-Chimie TC-TD. Madagascar: UCEMS. Explication et Application
- Tomasino, A et al. (1995). *Physique Chimie Terminale S*; Paris: Nathan

Matériels didactiques :

- Un aimant en U, un générateur du courant continu
- Fil de connexion, un interrupteur
- Le support du rail, Métal cuivre (rail)

Plan du cours :

- Description du rail de Laplace
- Mise en évidence la force de Laplace
- Loi de Laplace
- Caractéristiques de la force de Laplace

| STRATEGIE PARTIE ORALE/ CONSIGNES | TRACE ECRITE |
|---|-------------------------|
| <p>Salutation !!</p> <p><i>Aujourd'hui, nous abordons une nouvelle leçon concernant la loi de Laplace.</i></p> <p>Présentation du rail de Laplace :</p> <p>Avant de faire notre expérience, je vous présente notre dispositif expérimental. Le dispositif comporte un aimant en U, un conducteur mobile, deux rails parallèles et horizontaux, un générateur de courant continu, un interrupteur.</p> <p>Voici le schéma et un volontaire pour réaliser le montage,</p>  | <p>FORCE DE LAPLACE</p> |

Maintenant, nous allons essayer de manipuler notre dispositif en respectant les consignes que je vous donne. Nous réalisons plusieurs manipulations pour vérifier nos propositions mais avant la manipulation, je pose quelques questions à propos du fonctionnement de notre dispositif.

Q1 : Quel est le rôle de l'aimant ?

RA1 : *Un aimant produit un champ magnétique*

Q2 : Quel est la nature du champ magnétique à l'intérieur de l'aimant en U

RA2 : *Le champ magnétique à l'intérieur d'un aimant en U est uniforme.*

Q3 : quel est le sens du champ magnétique dans un aimant en U ?

RA3 : *le champ magnétique sort du pôle Nord et entre dans le pôle Sud.*

Voici la première manipulation :

Manipulation I :

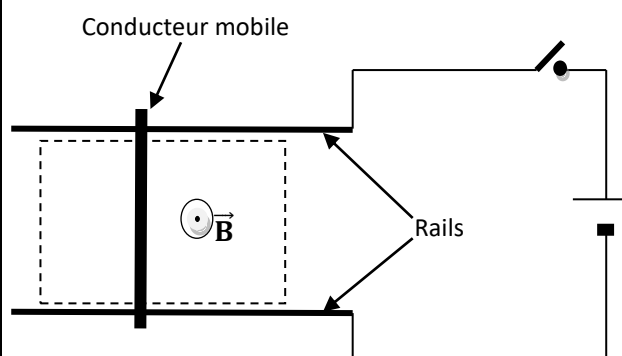
Premier test

- Prenez le conducteur mobile et placez-le perpendiculairement aux rails.
- Faire passer le courant à travers le conducteur mobile en absence du champ magnétique

Un volontaire doit réaliser la manipulation I.

1- Présentation du rail de Laplace

Un conducteur mobile placé à l'intérieur d'un aimant en U peut glisser sans frottement entre deux rails métalliques parallèles et horizontaux.



Q4 : que se passe-t-il à propos de notre conducteur mobile ?

RA4 : le conducteur reste immobile.

Nous constatons que le conducteur reste immobile, nous allons le placer dans le champ magnétique sans passer du courant.

Deuxième test

- Prenez le conducteur mobile et placez-le sur les deux rails métalliques
- Sans passer du courant électrique à travers le conducteur mobile en présence du champ magnétique.

Q5 : Que se passe-t-il à travers de notre conducteur mobile ?

RA5 : *le conducteur reste immobile.*

Jusqu'ici, le conducteur reste toujours immobile. La seule chose que nous n'avons pas réalisé est le conducteur placé dans le champ magnétique et parcouru par un courant. Nous allons réaliser ce montage.

Troisième test

- Prenez le conducteur mobile et placez-le perpendiculairement aux rails.
- Faire passer le courant à travers le conducteur mobile en présence du champ magnétique

| | |
|--|---|
| <p>Q6 : Que se passe-t-il ?</p> <p>RA6 : <i>Le conducteur se met en mouvement</i></p> <p>Q7 : Quels sont les conditions nécessaires pour que le conducteur mobile soit en mouvement ?</p> <p>RA7 : <i>Il est parcouru par un courant et est placé dans un champ magnétique.</i></p> <p>Q8 : Comment interpréter le mouvement du conducteur mobile ? Pourquoi se déplace-t-il ?</p> <p>RA8 : <i>le déplacement de notre conducteur est produit par une force.</i></p> <p>Q9 : Que peut-on conclure à propos de ces trois tests ?</p> <p>RA9 : <i>Le conducteur subit une force s'il est placé dans un champ magnétique et il est parcouru par un courant.</i></p> <p>Laplace exposait en 1796 l'interaction entre le champ magnétique et le courant électrique. Il annonce une loi et elle (la loi) se nomme « Loi de Laplace »</p> | <p>2- Mise en évidence de la force de Laplace</p> <p><i>Expérience :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Placer le conducteur mobile sur les deux rails à l'intérieur de l'aimant en U. - Fermer l'interrupteur <p><i>Résultat :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Le conducteur mobile se met en mouvement. <p><i>Interprétation :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Une force repousse le conducteur mobile, alors il se met en mouvement. <p><i>Conclusion :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En présence du champ magnétique, le passage du courant dans le conducteur mobile crée une force qui produit le déplacement. Cette force s'appelle Force de Laplace. <p>3- Loi de Laplace :</p> <p><i>Un conducteur mobile de longueur ℓ parcouru par un courant d'intensité I placé dans un champ magnétique uniforme B subit une force F appelée Force de Laplace.</i></p> |
|--|---|

| | |
|---|--|
| <p>Comme toutes les forces que vous connaissez, on va déterminer leurs caractéristiques.</p> <p>Q10 : Quelles sont les caractéristiques</p> <p>RA10 : les caractéristiques d'une force sont point d'application, direction, sens, intensité.</p> <p>On va faire quelques manipulations pour déterminer ses caractéristiques.</p> <p>Nous disons que la présence du champ magnétique et le passage du courant crée la force de Laplace.</p> <p>Nous allons déterminer le sens de la force de Laplace en fixant l'un des variables et varier l'autre paramètre.</p> <p>Un élève doit réaliser les manipulations.</p> <p><u>Manipulation II :</u></p> <p>Refaire la première manipulation (Manipulation I) en respectant les consignes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fixer le sens de B et varier le sens du courant. ➤ Fixer le sens de I et varier le sens de B | <p>L'expression de cette force est :</p> $\vec{F} = I \cdot \vec{\ell} \wedge \vec{B}$ <p>4- Caractéristiques de la force de Laplace :</p> <p><u>Point d'application :</u> Au centre du conducteur mobile.</p> <p><u>Direction :</u> Droite perpendiculaire au sens du courant (perpendiculaire au conducteur mobile) et perpendiculaire à la direction du champ magnétique c'est-à-dire perpendiculaire au plan forme par \vec{B} et $I \cdot \vec{\ell}$</p> |
|---|--|

Q11 : que se passe-t-il si on change les sens du courant ?

RA11 : Quand on change le sens du courant, le sens de la force de Laplace change, de même pour le sens du champ magnétique.

Nous faisons la même manipulation que la précédente mais on fixe le sens du courant et faire varier le sens du champ.

Q12 : Que peut-on dire à propos du sens de la force et le sens du champ ?

RA12 :

Le sens de la force de Laplace dépend du sens de champ \vec{B} .

Q13 : que peut-on conclure ?

RA13 : Conclusion :

Le sens de la force de Laplace dépend du sens de \vec{B} et le sens de I.

La détermination du sens de la force de Laplace est donnée par la règle de 3 doigts de la main droite.

Nous allons déterminer l'influence de la variation de l'intensité I sur le mouvement du conducteur mobile.

Sens : obtient à partir du sens du courant et du sens du champ magnétique (par la règle de 3 doigts de la main droite)

Intensité : L'intensité de cette force est donnée par $F = I \ell \cdot B \cdot |\sin \alpha|$

F en Newton (N)

I en Ampère (A)

ℓ en mètre (m)

B en Tesla (T)

Q14 : comment faire pour constater l'influence de l'intensité sur le mouvement du conducteur mobile ?

RA14 : en variant l'intensité du courant traversant le conducteur mobile.

Un ou une volontaire pour réaliser la manipulation

Manipulation III :

Expérience :

Refaire la manipulation I et varier l'intensité du courant qui traverse le conducteur mobile.

Résultat :

Quand on augmente l'intensité du courant, le mouvement du conducteur mobile est accéléré.

Interprétation :

L'intensité de la force de Laplace augmente si on augmente l'intensité du courant I.

Conclusion :

L'intensité de la force de Laplace est proportionnelle à l'intensité du courant I.

Q15 : Quelle est l'intensité de la force F si le champ magnétique \vec{B} et $I.\vec{\ell}$ sont orthogonaux ?

RA155: $F = I \ell . B$ car $\sin \alpha = 1$ si $\alpha = \pi/2$

➤ Si $\alpha = \pi/2$ alors $F = I \ell . B$

Q16 : Que vaut la valeur de l'intensité de la force F si \vec{B} et $I.\vec{\ell}$ sont parallèles.

RA16 : si \vec{B} et $I.\vec{\ell}$ sont parallèles alors $\alpha = 0$

Donc $F = 0$ car $\sin \alpha = 0$ si $\alpha = 0$

➤ Si $\alpha = 0$ alors $F = 0$

3- Remarques sur l'enseignement avec expérience

La réalisation de l'expérience exige plus de temps, donc la gestion du temps est très importante dans cette approche car le cours doit être fini dans le délai prévu. Les élèves sont motivés car ils participent bien aux activités pendant le cours. Ils ne cessent plus de poser de questions concernant l'expérience et ses applications. Les élèves prennent note de l'essentiel du cours et les schémas de l'expérience. Les connaissances des élèves s'étoffent. De plus, ils sont familiarisés avec les matériels d'expérimentations. En somme, ceci enlève les obstacles didactiques chez les élèves, et les connaissances acquises sont précises et confirmées par des faits observés.

Chapitre IV : Analyse quantitative des résultats d'enseignement apprentissage

L'enseignement est accompagné toujours avec l'évaluation. Nous allons analyser les résultats obtenus.

I- Evaluation

Nous considérons maintenant que l'enseignement apprentissage est la façon d'acquérir des connaissances, l'évaluation consiste à les mesurer ou à les estimer. Nous avons fait un test après la séquence d'enseignement, ce test comporte dix questions dont nous trouvons les niveaux taxonomiques selon la proposition de Benjamin Bloom. D'après cela, nous avons récolté des notes et nous les avons analysé. Elle est notée sur dix (10), nous montrons dans le tableau suivant, la répartition des barèmes suivant les niveaux taxonomiques.

Tableau 4 : Répartition des questions suivant la taxonomie

| Niveau taxonomique | Connaissance | Compréhension | Application | Analyse | Synthèse | Evaluation |
|--------------------|--------------|---------------|-------------|---------|----------|------------|
| Note sur 10 | 3,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Pourcentage | 30% | 10% | 15% | 10% | 15% | 20% |

Ce tableau nous permet de construire le diagramme concernant les niveaux taxonomiques et leurs pourcentages.

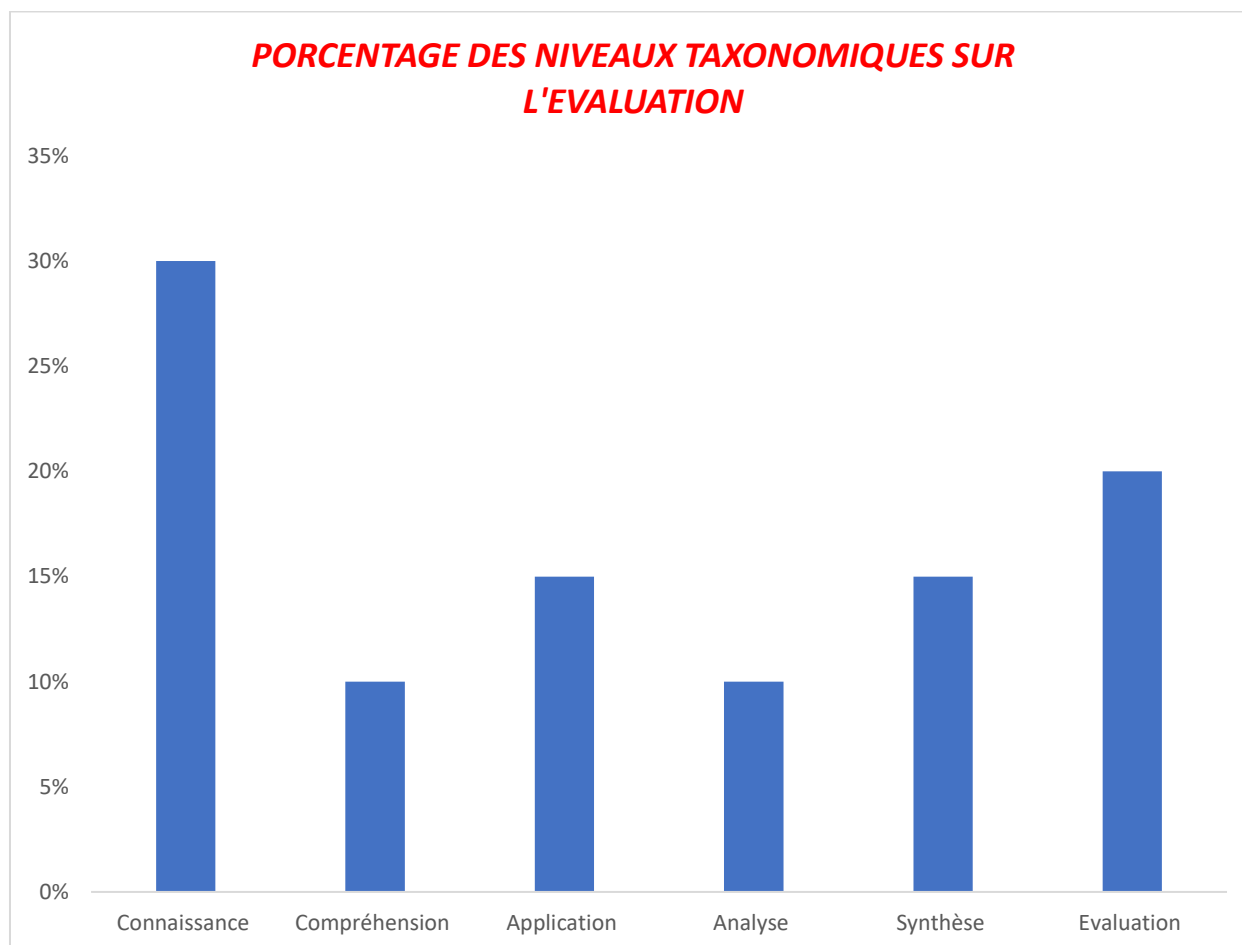


Figure 7 : Pourcentage des niveaux taxonomiques sur l'évaluation

Ce diagramme nous permet de savoir le pourcentage des niveaux faciles, moyens et difficiles dans notre évaluation. La capacité d'apprendre est différente pour chaque élève, car chacun a sa façon d'acquérir la connaissance. L'évaluation n'est pas spécifique pour un groupe d'élèves (les élèves un peu avancés ou les élèves moins avancés), alors nous avons respecté les pourcentages des niveaux des difficultés des questions à poser.

Tableau 5 : Pourcentage de niveau des difficultés

| Niveau des difficultés des questions suivant la taxonomie de Bloom | Facile | Moyenne | Difficile |
|--|--------|---------|-----------|
| Proportions | 30% | 50% | 20% |

II- Résultat de l'expérimentation

Nous classons les élèves suivant les notes attribuées, et comparons les pourcentages issus des deux groupes.

Les résultats des deux groupes (A et B) pour chaque intervalle des notes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Pourcentage des notes des élèves

| Intervalle de note | Pourcentage A | Pourcentage B |
|--------------------|---------------|---------------|
| [0 ; 2[| 00% | 00% |
| [2 ; 4[| 21% | 05% |
| [4 ; 6[| 56% | 32% |
| [6 ; 8[| 17% | 42% |
| [8 ; 10] | 06% | 21% |

Le diagramme nous explicite les résultats obtenus, de mieux comprendre la différence entre les deux groupes.

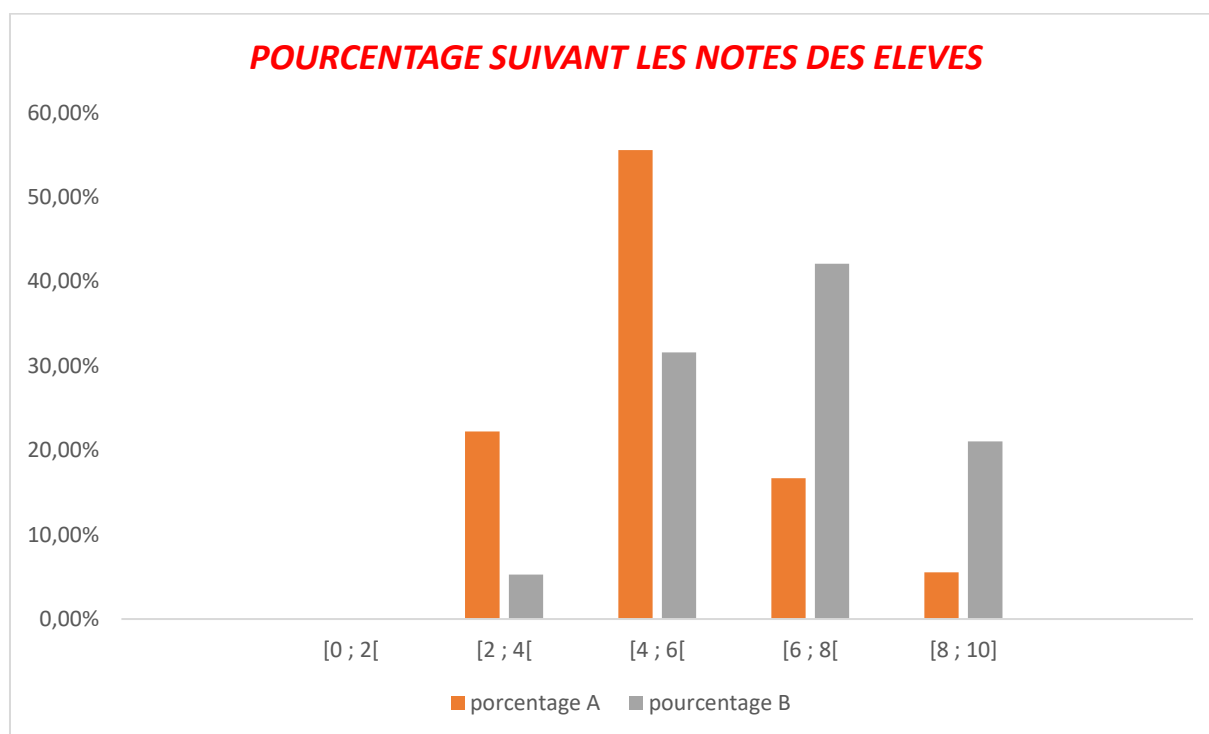


Figure 8 : Pourcentage suivant les notes des élèves

D'après ces résultats, nous constatons que le pourcentage des élèves dans le groupe A est plus grand que celle du groupe B pour les notes inférieures à 6 sur 10. Nous avons trouvé une zone de prédominance. Pour les questions difficiles, le pourcentage des élèves dans le groupe A diminuent. Le pourcentage des élèves dans le groupe B est plus grand que celle du groupe A pour les notes supérieures à 6.

Nous pouvons conclure que l'expérience aide les élèves à sauter les barrières de la moyenne. La réalisation d'expérience pendant le cours améliore les notes des élèves car les moyennes du groupe A (4,95) sont inférieures à la moyenne du groupe B (6,29).

Résultat suivant le niveau taxonomie de Bloom

Ce tableau montre le résultat de l'évaluation enseignements

Tableau 7 : Pourcentage des élèves dans le groupe A et B suivant le niveau taxonomie de Bloom

| Niveau Taxonomique | Pourcentage du groupe A | Pourcentage du groupe B |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| Connaissance | 94% | 95% |
| Compréhension | 78% | 89% |
| Application | 56% | 79% |
| Analyse | 33% | 63% |
| Synthèse | 17% | 26% |
| Evaluation | 5% | 10% |

Nous avons analysé les résultats suivant le niveau taxonomique des questions :

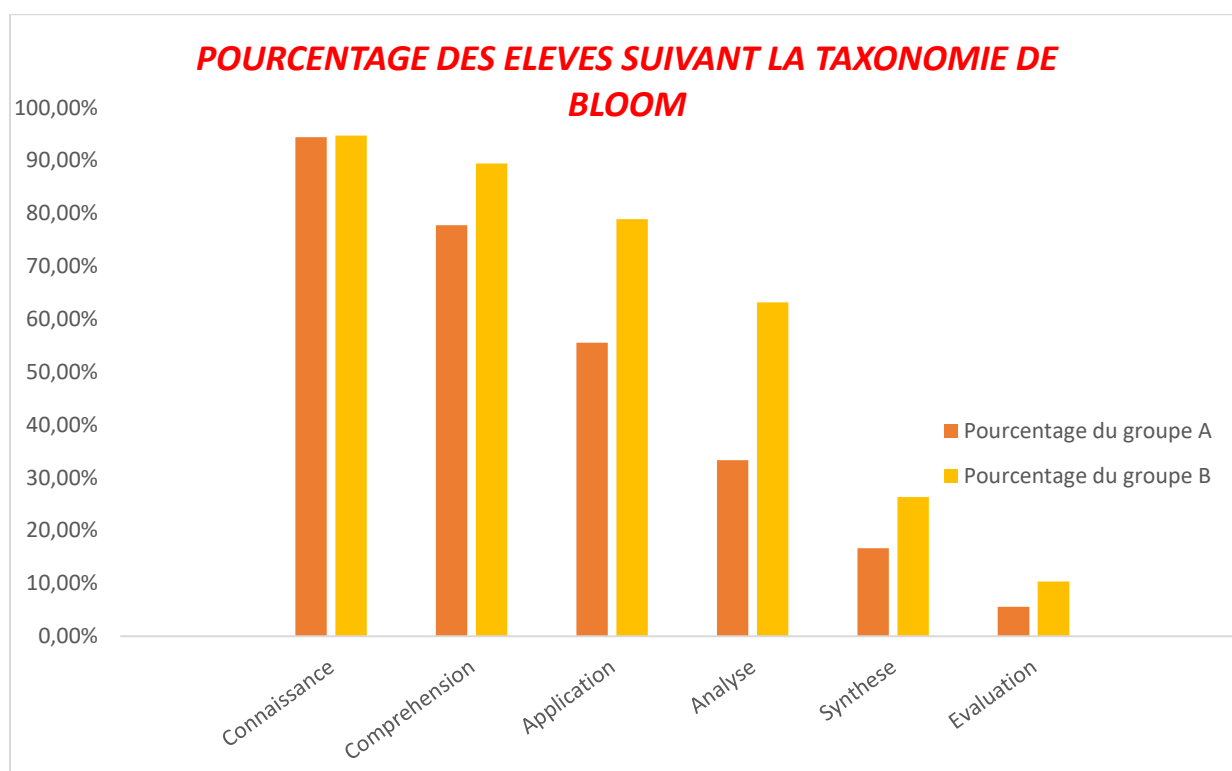


Figure 9 : Pourcentage des élèves suivant la taxonomie de bloom

Le diagramme ci-après informe l'évolution des nombres des élèves en fonction des niveaux taxonomiques. Si les objectifs de l'enseignement s'arrêtent au niveau de connaissance, la réalisation d'une expérience n'est pas importante car la plupart des apprenants arrivent en ce stade. Le passage d'un niveau à une autre demande aux élèves une réflexion parce que le niveau est changé. Nous constatons que le nombre d'élèves diminue progressivement quand le niveau taxonomique augmente mais nous avons remarqué que la proportion d'élèves dans le groupe témoin est inférieure à celle des élèves dans le groupe test.

III- Interprétation des graphes obtenus

Nous allons interpréter et essayer de décrire les raisons qui produisent les inégalités de proportion entre les groupes. La réalisation d'une expérience ne signifie pas qu'il n'y a plus des mauvaises notes mais cela diminue les nombres des élèves qui ont eu ces notes-là.

L'acquisition des connaissances nécessite le fonctionnement des organes de sens. Le fonctionnement de nos organes en même temps améliore la compréhension. La main touche et

les yeux regardent ce qu'il sent, les oreilles entendent l'explication via de l'enseignant. Les choses imaginaires sont réduites lors de l'expérimentation, les élèves ont beaucoup de réflexion sur ce qu'ils ont vu.

CONCLUSION

Ce présent travail montre les rôles de l'expérience et de l'évaluation dans les sciences physiques. Les exploitations ont été faites après le développement des notions utilisées par des études bibliographiques. Nous avons préparé des séquences d'apprentissage sur le phénomène électromagnétique dont la pratique a été effectuée au Lycée Mananara Ambatomena (LMA) dans la classe Terminale D. Nous avons constaté l'impact de cette expérimentation sur l'acquisition des connaissances en adoptant deux approches différentes.

Les résultats obtenus ont montré que la réalisation de l'expérience pendant le cours est efficace par rapport à l'enseignement classique. En effet, l'approche sans expérience ne permet pas aux apprenants d'acquérir plus de connaissances et de savoir-faire en sciences physiques. L'expérimentation est considérée comme un cric qui soulève les élèves pour avoir un meilleur résultat sur ses notes. De plus, nous avons observé le dynamisme, la curiosité et la volonté des élèves au cours de la réalisation de l'expérience.

A notre avis, si les élèves veulent aller plus loin et veulent posséder des esprits critiques, il est impératif de réaliser des expériences afin de concrétiser la leçon et faciliter sa compréhension. Cela les aide à analyser les phénomènes physiques et à réfléchir sur des faits réels.

Toutefois, différentes contraintes empêchent souvent l'enseignant à faire des expériences, citons par exemple manque de matériel, manque de temps, manque de laboratoire. Malgré cela, j'encourage fermement mes collègues à la réalisation des activités expérimentales autant que possible si nous voulons améliorer la qualité de l'enseignement à Madagascar et surtout si nous voulons augmenter le nombre d'élèves qui voudront choisir la série scientifique.

Nos études sont limitées sur la variation des notes des élèves, alors nous soulignons que ce mémoire est loin d'être parfait. Nous souhaitons que d'autres étudiants approfondissent ce thème en constatant le changement de conception ou l'évolution de la motivation des élèves. De ce fait, nous encourageons nos cadets à exploiter les ressources numériques en tant que possible pour améliorer l'enseignement/apprentissage des sciences physiques.

REFERENCES

- Angola, N-A. (2016). *Projet Amélioration de la Qualité de l'Education à Madagascar : les filières scientifiques à prioriser*. Express de Madagascar, p.7.
- BOEN. (2001). *Programmes d'enseignements de la classe de seconde générale et technologique*. Paris.
- Boucabeille, T. Vallade, P. (2012). *Quel est l'impact de la démarche expérimentale sur la motivation ?* (Mémoire Master II). Université Montpellier II.
- Boutrand, M. (1968). *Guide pédagogique de l'instituteur Malgache*. Madagascar : Nathan.
- Bramand, P. Faye, P. & Thomassier, G. (1983). *Physique Terminale D*. Paris: Hachette.
- Bramand, P. Faye, P. & Thomassier, G. (1988). *Physique Terminales C et E*. Paris: Hachette.
- Cardinet, J. (1986). *Pour apprécier le travail des élèves*. Bruxelles : De Boeck.
- Cariou, J.-Y. (2002). *La formation de l'esprit scientifique-trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC*. Paris : Instituts Universitaires de Formation des Maîtres.
- Cariou, J.-Y. (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences* (Thèse Doctorat). Université de Genève.
- Coquidé, M. (1998). *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*. L'enseignement scientifique vu par les enseignants, 26, 109-132.
- Damaskou, E. (2009). *Concevoir son propre matériel didactique : la démarche à suivre*. Récupéré le 16/08/18 de <http://gallika.net/article673.html>
- Develay, M. (1989). *Sur la méthode expérimentale*. Aster, 8. Paris : INRP.
- Duhem, P. (1989). *La théorie physique : son objet, sa structure*. France : Print book.
- Giordan, A. (1999). *Épistémologie de la démarche expérimentale*. Une didactique pour les sciences expérimentales. p.48-57. Paris : Belin.
- Gozard, F. Soulie, L. & Zemb, T. (1989). *Physique Terminales C et E*. Paris: Hatier.
- Guillon, A. (1995). *Démarches scientifiques en travaux pratiques de physique de DEUG à l'université de Cergy-Pontoise*. Didaskalia, 7, 113-127.

- Neau, N. (2003). *ArgoGraph : un support au débat scientifique dans le cadre de travaux pratiques pour l'apprentissage des sciences expérimentales* (Thèse Doctorat). Université du Maine.
- Raybaud-Patin, N. (2011). *Pratiques d'enseignement évaluatives informelles orales* (Thèse Doctorat). Université de Toulouse.
- Razafimanazato, J., et al. (2010). *Unité Physique-Chimie TC-TD*. Madagascar: Unité de Conception et d'Édition de Manuels Scolaires.
- Rézo Centres de Formation d'Apprentis. (1996). *Évaluation : modèle et pratique*. Récupéré le 09/07/18 de <http://sites.estvideo.net/gfritsch/doc/rezo-cfa-308.htm>
- Richoux, H. Beaufils, D. (2005). *Conception de travaux pratiques par les enseignants : analyse de quelques exemples de physique en termes de transposition didactique*. Didaskalia, 27, 11-39.
- Richoux, H.A. (2000). *Rôles des expériences quantitatives dans l'enseignement de la physique au lycée* (Thèse Doctorat). Université Paris 7.
- Saliou, K. (2011). *Les pratiques expérimentales au lycée- Regards croisés des enseignants et de leurs élèves*. Radisma, 7.
- Tatchou, G. (2004). *Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques: cas de quelques expériences de cours en électrocinétique* (Mémoire DEA). Université de Dakar.
- Tomasino, A et al. (1995). *Physique Chimie Terminale S*. Paris: Nathan.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Programme scolaire de l'électromagnétisme en classe terminale C et D

Objectif général : l'élève doit être capable de (d') :

- Définir le vecteur champ magnétique créé par un courant ;
- Définir les vecteurs forces de Lorentz et de Laplace ;
- Définir la f.é.m. d'auto-induction ;
- Décrire le phénomène de décharge d'un condensateur dans une bobine ;
- Déterminer les grandeurs caractéristiques de la réponse d'un circuit (R, L, C) à une excitation sinusoïdale forcée ;

| Objectifs spécifiques | Contenus | Observations |
|---|---|---|
| <p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mettre en évidence l'existence d'un champ magnétique • Représenter le vecteur champ magnétique en un point donné d'un champ magnétique • Définir une ligne d'induction magnétique • Définir le vecteur champ magnétique \vec{B} créé par un courant rectiligne, circulaire et par un solénoïde parcouru par un courant | <p>▼ Le champ magnétique</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en évidence expérimentale du champ magnétique ▪ Spectre magnétique Vecteur champ magnétique ? Champs magnétiques créés par des courants | <p>Durée : 05 heures</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ On pourra se servir d'une aiguille aimante pour détecter un champ magnétique (elle subit une action magnétique qui l'oriente) ▪ L'expérience de la limaille de fer de matérialiser les lignes de champ et le spectre magnétique ▪ On fera remarquer l'analogie entre un aimant et un solénoïde ▪ La proportionnalité entre la valeur de B et l'intensité du courant I a été vérifiée avec l'exemple du solénoïde, on admettra que cette propriété est générale en tout point situé au voisinage d'un circuit quelconque ▪ On habituera l'élève à l'utilisation de la règle d'observateur d'Ampère pour trouver le sens du vecteur champ magnétique. |

| | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Énumérer les caractéristiques de la force de Lorentz • Établir que le mouvement d'une particule chargée soumise à l'action d'un champ magnétique uniforme est plan, uniforme et circulaire. • Énoncer et appliquer la loi de Laplace | <p>▼ Action d'un champ magnétique uniforme sur une particule chargée</p> | <p>Durée : 05 heures</p> <p>L'utilisation du produit vectoriel n'est pas une obligation avec les forces de Lorentz et de Laplace, on pourra utiliser la règle des trois doigts ou la règle de l'observateur d'Ampère...</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ On établira l'expression de la déflexion ▪ On indiquera l'emploi d'un champ magnétique pour dévier un faisceau d'électrons (tube de télévision) ou de particules positives. ▪ On fera des exercices sur le spectromètre de masse et le cyclotron |
| <ul style="list-style-type: none"> • montrer expérimentalement que le déplacement d'un aimant devant une bobine engendre simultanément une tension aux bornes de celle-ci • définir l'origine de la f.e.m. induite • énoncer la loi de Lenz | <p>▼ Loi de Laplace</p> | <p>Durée : 05 heures</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ On pourra suivre le cheminement suivant : <ul style="list-style-type: none"> - Mise en évidence expérimentale de la force de Laplace : cas du conducteur-pendule et du rail de Laplace - Démontrer la loi de Laplace à partir de la force de Lorentz <p>Durée : 11 heures</p> <p>On n'introduira plus la notion de flux magnétique dans le souci de simplifier</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le déplacement d'un barreau aimanté, convenablement orienté, devant les spires d'une bobine connectée à un voltmètre à aiguille et à zéro central permet de montrer l'existence d'une tension induite |

| | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> montrer qu'une bobine s'oppose aux variations de courant définir et calculer la f.é.m. d'auto-induction dans une bobine parcourue par un courant dépendant du temps : $e = -L \frac{di}{dt}$ calculer l'inductance d'un solénoïde appliquer la loi d'Ohm pour une bobine inductive : $u = Ri + L \frac{di}{dt}$ définir l'énergie emmagasinée dans une bobine : $E_m = \frac{1}{2} Li^2$ établir l'équation différentielle d'un circuit (L, C) définir sa fréquence propre appliquer la conservation de l'énergie mécanique pour les oscillations non amorties $E = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2} Li^2 = C^te$ | <p>▼ Induction électromagnétique</p> <ul style="list-style-type: none"> Mise en évidence expérimentale : Loi de Lenz Auto-induction : mise en évidence expérimentale f.é.m. d'auto-induction | <ul style="list-style-type: none"> On fera connaître qu'un circuit placé dans un champ magnétique variable est le siège d'une f.é.m. induite On décrira rapidement quelques applications de ce phénomène : <ul style="list-style-type: none"> Les alternateurs Les courants de Foucault Le freinage électromagnétique On montrera que la bobine s'oppose à l'installation ou à l'annulation du courant dans un circuit. On fera admettre la f.é.m. d'auto-induction e est liée à la variation du courant i par la relation $e = -L \frac{di}{dt}$ Où L est l'inductance de la bobine : une constante définie positive exprimée en (Henry) ; et t le temps. On fera noter que le signe (-) traduit la loi de Lenz On fera une interprétation énergétique de la loi d'Ohm : $u = Ri + L \frac{di}{dt}$ $P = u_i = Ri^2 + L \frac{di}{dt} i = Ri^2 + \frac{d(1/2 Li^2)}{dt}$ pour aboutir à la conclusion que $1/2 Li^2$ est l'énergie magnétique emmagasinée par la bobine |
|---|---|---|

| | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • établir l'équation différentielle d'un circuit (RLC) • résoudre cette équation par la méthode de Fresnel <p>définir son impédance <input type="checkbox"/> définir la réponse d'un circuit (RLC) à une excitation sinusoïdale forcée : fréquence, résonance d'intensité, bande passante à 3db, facteur de qualité</p> <ul style="list-style-type: none"> • définir les grandeurs efficaces (Intensité et tension) <p>définir la puissance moyenne et le facteur de puissance.</p> | <p style="text-align: center;">▼ Oscillations</p> <p style="text-align: center;">Électriques</p> <p><input type="checkbox"/> équation différentielle d'un circuit (L, C)</p> | <p>Durée : 07 heures</p> <p>On exploitera l'analogie avec le pendule élastique pour expliquer les transformations de l'énergie électrostatique en énergie magnétique et inversement :</p> $E_c = \frac{1}{2} m \left(\frac{x}{t} \right)^2 \Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2} L i^2$ <p>(énergie magnétique)</p> $E_p = \frac{1}{2} k \left(\frac{x}{t} \right)^2 \Leftrightarrow E_c = \frac{1}{2} \frac{q^2}{c}$ <p>(énergie magnétique)</p> <p>Durée : 09 heures</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ On notera qu'il faut parler de phase et non plus de déphasage φ : si $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ Et $i(t) = I_m \cos(\omega t)$ ▪ φ est la phase de $i(t)$ par rapport à $u(t)$, mais en faisant remarquer que φ est une grandeur algébrique ▪ les applications de la résonance sont dégagées de manière pratique, à partir d'un réglage d'un récepteur radio sur une station ▪ on pourra prendre l'exemple des tensions efficaces de la JIRAMA (110V, 220V) ▪ en utilisant le calcul d'intégrale, on établira l'expression de la puissance moyenne |
|---|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fréquence ▪ Conservation d'énergie <p>▼ Circuit en régime sinusoïdal forcé</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Oscillations forcées en régime sinusoïdal d'un circuit RLC série ; impédance ▪ Résonance d'intensité, bande passante, facteur de qualité <input type="checkbox"/> Intensité et tension efficaces. Puissance et le facteur de puissance | <p>on mettra en exergue que dans un circuit RLC série, la puissance moyenne consommée l'est uniquement par effet Joule et vaut RI^2</p> |
|--|--|--|

ANNEXE 2 : Evaluation sur la loi de Laplace

Etablissement :

Codage :.....

Fanamarihana :

Entanina ianao mba tsy hanontany ny namana na hijery izay ataony mandritra ny famaliana ireto andiam-panontaniana ireto.

I. Renseignements concernant l'élève:

Nom et Prénom:

Classe : Age : Sexe : ☐ M ☐ F

☐ Passant (e) ☐ Redoublant (e)

II. Question sur le champ magnétique

III-1. Donner trois sources des champs magnétiques :

.....
.....
.....
.....

III-2. L'unité de champ magnétique est :

☐ $V.m^{-1}$ ☐ Tesla ☐ $N.m^{-1}$

III-2. Le champ magnétique à l'intérieur d'un aimant en U est :

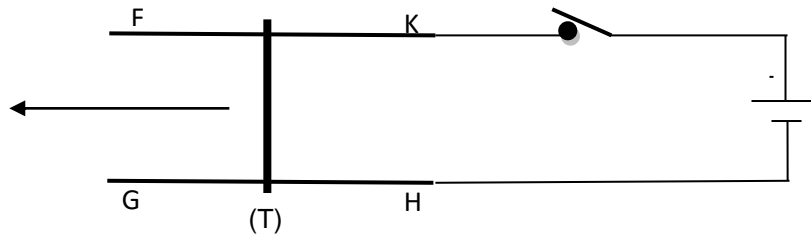
☐ Uniforme ☐ Nul ☐ Variable

III-3. Sens du champ magnétique :

☐ Sort du pôle Sud et entre dans le pôle Nord
☐ Sort du pôle Nord et entre dans le pôle Sud

III. Exercice de synthèse

IV.A- On considère une tige conductrice (T) de masse m et de longueur L qui se déplace sans frottement sur deux rails (EF) et (GH) parallèles, le générateur délivre un courant continu d'intensité I .

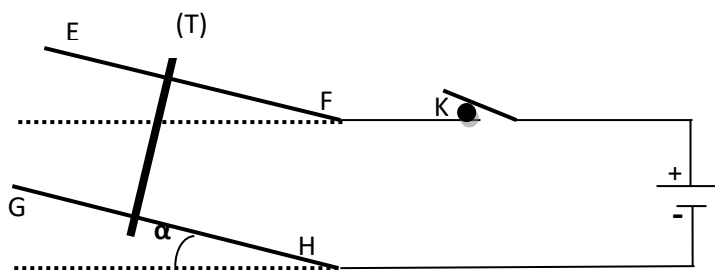


IV.A.1- Indiquer le sens de champ \vec{B} pour que la tige (T) se déplace dans le sens indiqué dans la figure

IV.A.2- Donner l'expression de la force de Laplace

.....

IV.B- Considérons maintenant que les deux rails (EF) et (GH) sont inclinés d'un angle α , le champ magnétique \vec{B} est perpendiculaire à la tige (T) et aux deux rails selon la figure ci-dessous.



IV.B.1- Inventer les forces exercées sur la tige (T) ?

- ☐ Poids de la tige (T) : \vec{P}
- ☐ Force de frottement : \vec{f}
- ☐ Réaction des rails : \vec{R}
- ☐ Force de Laplace : \vec{F}
- ☐ Tension du fil : \vec{T}
- ☐ Force de Lorentz : \vec{f}_m

IV.B.2- Etablir l'expression de l'intensité **I** à l'équilibre

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$\square \quad I = \frac{mg}{l.B.\sin\alpha}$$

$$\square \quad I = \frac{mg}{l.B.\cos\alpha}$$

$$\square \quad I = \frac{mg.\sin\alpha}{l.B}$$

$$\square \quad I = \frac{mg.\cos\alpha}{l.B}$$

IV.B.3- Déterminer les facteurs (paramètres) qui modifient la valeur de l'intensité ?

.....

.....

.....

.....

.....

IV.B.4- Interpréter l'expression de l'intensité **I** vis-à-vis des facteurs dépendants (l'influence de ces facteurs sur la valeur de l'intensité **I**)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ANNEXE 3 : Grille d'évaluation

| Questions | Objectifs de la question | Niveau taxonomique | Note attribuée |
|----------------|--|--|--|
| Q ₁ | Connaitre les trois sources du champ magnétique | Niveau 1 : CONNAISSANCE L'élève cite les sources du champ, il n'y a pas d'analyse. | Bonne réponse : 0,5 point pour chaque source Mauvaise réponse : 0 point |
| Q ₂ | Rappeler l'unité du champ magnétique | Niveau 1 : CONNAISSANCE La mémorisation est importante dans cette question | Bonne réponse : 0,5 point Mauvaise réponse : 0 point |
| Q ₃ | Donner la nature du champ magnétique à l'intérieur de l'aimant en U | Niveau 1 : CONNAISSANCE L'élève donne tout simplement la nature du champ sans savoir aucune formule. | Bonne réponse : 0,5 point mauvaise réponse: 0 point |
| Q ₄ | Identifier le sens du champ magnétique | Niveau 1 : CONNAISSANCE C'est une question du cours, l'élève ne fait que d'apprendre par cœur | Bonne réponse : 0,5 point sinon 0 point |
| Q ₅ | Indiquer le sens du champ magnétique en utilisant la règle de la main droite | Niveau 2 : COMPREHENSION Il faut connaitre le sens du courant pour déterminer le sens du champ magnétique. | Bonne réponse : 0,5 point sinon 0 point |

| | | | |
|----|--|---|---|
| Q6 | Donner l'expression de l'intensité de la force de Laplace à partir d'un schéma | <p>Niveau 2: COMPREHENSION</p> <p>Dans cette question, il connaît la relation $\vec{F} = I \vec{\ell} \wedge \vec{B}$, de plus la connaissance de l'angle entre $I \vec{\ell}$ et \vec{B} est importante pour l'intensité de cette force.</p> | <p>Bonne réponse : 1 point</p> <p>Mauvaise réponse : 0 point</p> |
| Q7 | Inventer les forces exercées sur le conducteur mobile | <p>Niveau 5 : SYNTHESE</p> <p>Dans cette perspective, utilise leur connaissance antérieure avant de répondre à cette question.</p> | <p>Bonne réponse : 0,5 point pour chaque réponse.</p> <p>Mauvaise réponse : 0 point</p> <p>S'ils ont tous coché on attribue 0 point</p> |
| Q8 | Appliquer la condition d'équilibre | <p>Niveau 6 : EVALUATION</p> <p>Cette question amène les élèves à réviser les étapes pour la résolution d'un problème de mécanique. Ils font évaluer tous ce qui a été appris depuis la classe de seconde.</p> | <p>Bonne réponse : 1,5 point si les élèves arrivent à démontrer la réponse choisie.</p> <p>Mauvaise réponse : 0 point si les élèves ne justifient pas la réponse choisie.</p> <p>S'ils ont trouvé la bonne réponse et la démonstration n'est pas fini, on donne 1 point</p> |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| Q9 | Déterminer les facteurs qui produisent le changement de la valeur de I | <p>Niveau 4 : ANALYSE</p> <p>Non seulement l'élève doit établir l'expression de l'intensité à l'équilibre, mais ils essayent de déterminer les variables existantes.</p> | Bonne réponse : 1 point s'ils ont trouvé les quatre facteurs (0,25 point pour chaque facteur) |
| Q10 | Enumérer l'influence de ces paramètres sur la valeur de I | <p>Niveau 3 : APPLICATION</p> <p>L'élève doit interpréter la variation de la valeur de I en fonction de ces paramètres.</p> | <p>On attribue 0,5 point si les élèves ont trouvé l'impact d'un facteur sur la valeur de I.</p> <p>Nous donnons 2 points si les élèves découvrent tous les facteurs et ses influences.</p> |

Université d'Antananarivo

Ecole Normale Supérieure

DOMAINE : « SCIENCES DE L'EDUCATION »

MENTION : « Formation des Ressources Humaines de l'Education »

SPECIALITE : Physique - Chimie

PARCOURS : Formation de Professeur Spécialisé en Physique-Chimie

Résumé du Mémoire de Master Professionnel

Titre : *IMPORTANCE DE L'EXPERIENCE DANS L'ETUDE DE LA LOI DE LAPLACE EN CLASSE TERMINALE SCIENTIFIQUE*

Mots-clés : Expérience, évaluation, notes, phénomène physique, enseignement/apprentissage, taxonomie.

Au cours de ce mémoire, nous allons constater l'impact de la réalisation d'une expérience pendant le cours. Dans un premier temps, nous avons développé deux théories : évaluation des connaissances des élèves et les rôles de l'expérience en science physique. Ensuite, nous avons enseigné le phénomène électromagnétique concernant la loi de Laplace en classe terminale D dans le Lycée Mananara Ambatomena. Nous avons évalué les apprenants selon leur connaissance acquise en utilisant la taxonomie de Bloom. Enfin, nous avons remarqué une augmentation des notes des élèves dans le groupe test (groupe A) par rapport aux notes des élèves dans le groupe témoin (groupe B). Nous pouvons conclure que la réalisation d'une expérimentation augmente les notes des élèves.

Title : *IMPORTANCE OF THE EXPERIENCE IN THE STUDY OF THE LAPLACE LAW IN THE SCIENTIFIC TERMINAL CLASS*

Keywords : Experience, evaluation, notes, physical phenomenon, teaching / learning, taxonomy.

In this dissertation, we will look at the impact of conducting an experiment during the course. First, we developed two theories: evaluation of students' knowledge and the roles of experience in physical science. Then, we taught the electromagnetic phenomenon concerning the Laplace law in the terminal class D in the Lycée Mananara Ambatomena. We assessed learners by using Bloom's taxonomy according to their knowledge. Finally, we noticed an increase in students' grades in the test group (group A) compared to students' grades in the control group (group B). We can conclude that carrying out an experiment increases students' grades.

Auteur : RAKOTONOELY Désiré

Coordonnées : Lot IVL 148 B Andohatopenaka II / ledezy@gmail.com / 0344309513

Encadreur : RASOANAIVO René Yves, Ph. D et Maître de conférences

Coordonnées : e-mail valide + téléphone