UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Le concept de la gravitation et l'enseignement de la physique au Burundi : « Cas de la Section Scientifique B dans la DPE KARUSI»

Habimana, Innocent; Sous la direction de : Dr BANUZA Alexis

2018-08
UB, IPA
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/811

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

INSTITUT DE PEDAGOGIE APPLIQUEE
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE TECHNOLOGIE

LE CONCEPT DE LA GRAVITATION ET L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE AU BURUNDI : « Cas de la Section Scientifique B dans la DPE KARUSI »

Par
Innocent HABIMANA

Sous la direction de :
Dr BANUZA Alexis

Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du grade de Licencié en Pédagogie Appliquée, Agrégé de l'Enseignement Secondaire en Physique.

BUJUMBURA, Août 2018

DEDICACES

A nos parents ;

A notre chère épouse ;

A nos frères et sœurs ;

A nos amis ;

A nos connaissances ;

A tous ceux qui nous sont chers.

Nous dédions ce mémoire

REMERCIEMENTS

L'aboutissement de ce travail ne résulte pas de nos seuls efforts mais plutôt des efforts conjugués de plusieurs personnes. A notre entendement, il nous paraît opportun d'exprimer nos vifs remerciements aux personnes qui ont directement ou indirectement contribué à sa réalisation.

Nous pensons premièrement à présenter nos sincères remerciements au Docteur BANUZA Alexis qui, malgré ses multiples occupations, a accepté de diriger ce travail. Sa responsabilité, ses remarques pleines de sagesse et de pertinence, sa rigueur scientifique nous ont été de précieux concours.

Nos vifs remerciements vont aussi à l'endroit de nos parents NDABAHAGAMYE Jean et NDORUKWIGIRA Papille qui nous ont suivi et soutenu durant tout notre cursus scolaire.

Nous adressons également nos vifs remerciements à nos enseignants de l'école primaire et secondaire; aux Professeurs de l'Université du Burundi en général et du département de physique technologie en particulier.

A toute personne qui, de près ou de loin, a contribué moralement ou matériellement à sa réalisation ;

De tout cœur, nous disons merci.

SIGLES ET ABREVIATIONS

av.J.C	: Avant Jésus-Christ
C.-à-d.	: C'est-à-dire
D.P.E	: Direction Provinciale de l'Enseignement
E.N.S	: Ecole Normale Supérieure
Fig.	: Figure
I.P.A	: Institut de Pédagogie Appliquée
L.C.	: Lycée Communal
m_{e^-}	: Masse de l'électron
m_p	: Masse du proton
P-T	: Physique-Technologie
q_{e^-}	: Charge de l'électron
q_p	: Charge du proton
S.	: Siècle
T.P	: Travaux Pratiques
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific Cultural Organization
%	: Pourcentage

LISTE DES FIGURES

Fig. 1: La force d'interaction entre deux masses. 9

Fig. 2: La mise en évidence du champ gravitationnel $\vec{G}$ en A. 11

Fig. 3: La force attractive entre m' et m 13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les principales caractéristiques des quatre interactions fondamentales..... 15

Tableau 2 : Le programme de Physique dans la section scientifique B et leurs commentaires 20

Tableau 3 : Analyse des cahiers des élèves de la 1ère Scientifique B des différents établissements considérés 23

Tableau 4 : Analyse des cahiers des élèves de la 3ème Scientifique des différents établissements considérés 23

Tableau 5 : Distribution de fréquences des réponses sur la définition de la force de gravitation 26

Tableau 6 : Distribution de fréquences des réponses sur la définition de la pesanteur 27

Tableau 7 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos du sens du signe négatif au niveau de l'expression de la loi de la gravitation universelle de Newton 28

Tableau 8: Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos de l'interprétation de la loi de la gravitation de Newton 29

Tableau 9 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos des applications de la gravitation. 30

Tableau 10 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos de la question concernant l'unité de champ gravitationnel. 30

Tableau 11 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos de la question concernant la différence entre la force gravitationnelle et la force électrostatique 31

Tableau 12 : Distribution de fréquences des réponses des élèves en rapport avec le point de l'orbite terrestre le plus proche et le plus éloigné du soleil 32

Tableau 13 : Distribution de fréquences de réponses des élèves en rapport avec l'interprétation mathématique de la 3ème loi de Kepler 33

Tableau 14 : Distribution de fréquences de réponses des élèves en rapport avec le calcul de l'intensité du champ gravitationnel 34

RESUME

L' enseignement de la physique en général et du concept de la gravitation en particulier est l'une des préoccupations des personnes qui visent sur l'avenir et le développement du pays. Malgré que la gravitation est responsable de nombreux phénomènes qui influencent directement notre vie, je me pose la question de savoir le pourqoui de la non maîtrise du concept de gravitation par les apprenants.

Ainsi, nous nous sommes fixés un objectif général qui est de contribuer dans l'amélioration de la qualité de l'enseignement de la physique. De façon spécifique, nous avons verifié la part de la gravitation sur le programme de physique au Burundi, ce qu'on enseigne sur la gravitation et que les élèves maitrisent les notions en rapport avec la gravitation.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons subdivisé notre mémoire en trois chapitres.
En effet, le premier chapitre est à propos de la gravitation, le deuxième chapitre parle du cadre méthodologique et le troisième chapitre présente, analyse et interprète les résultats. Les résultats montrent que le concept de gravitation est mal enseigné compte tenu des réponses des élèves sur certaines questions et que la gravitation occupe une part moins importante sur le programme de physique du système éducatif burundais.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES ..... **i**
REMERCIEMENTS ..... **ii**
SIGLES ET ABREVIATIONS ..... **iii**
LISTE DES FIGURES ..... **iv**
LISTE DES TABLEAUX ..... **v**
RESUME ..... **vi**
TABLE DES MATIERES ..... **vii**
0. INTRODUCTION GENERALE **1**
0.1. Problématique 1
0.2. Les hypothèses de travail 2
0.3. Justification du choix du sujet 3
0.4. Délimitation du sujet 3
0.5. Articulation du sujet 4
CHAPTRE I : LA GRAVITATION **5**
I.1. Généralités sur le concept de gravitation 5
I.1.1.Introduction 5
I.1.2. Aperçu historique 5
I.1.3. Galilée et Isaac Newton 7
I.1.4. La loi de la gravitation 7
I.1.5. Caractéristiques des forces d'interaction gravifique 9
I.1.6. Comparaison entre force électrique et force gravitationnelle 10
I.1.7. Théorie du champ de gravitation 10
I.1.8. Énergie potentielle de gravitation 12
I.2. Applications de la gravitation 13
I.3. Les interactions fondamentales 15
CHAPTRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE **16**
II.1. Cadre méthodologique 16
II.2. Choix des écoles d'étude 16
II.3. Description du milieu d'enquête 17
II.4. Population d'enquête et échantillon 17
II.5. Instrument d'étude : Questionnaire d'enquête 18
II.6. Composition du questionnaire et son administration 19
II.7.Conclusion 19

CHAPITRE III : PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS 20
III.1. Analyse du programme d'enseignement de Physique au Burundi 20
III.2. Le contenu de quelques manuels d'enseignement du cours de Physique au niveau du cycle supérieur 21
III.3. Analyse des cahiers de physique des élèves de troisième et première Scientifique B. 22
III.4. Résultats de l'enquête faite aux élèves 25
III.4. 1. Introduction 25
III.4.2. Résultats de l'enquête de façon globale 26
III.4.3. Résultats par question 26
III.4.4. Discussion et interprétation des résultats des questions de recherche posées et des hypothèses formulées 34
III.4.5. Conclusion 35
CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS 36
BIBLIOGRAPHIES 38
ANNEXES 40

0. INTRODUCTION GENERALE

0.1. Problématique

L'enseignement de la Physique au Burundi se heurte à plusieurs problèmes :

Les effectifs pléthoriques, l'absence de formations continues aux enseignants, manque de diversification de manuels et livres, manque de matériels de laboratoire, manque de bibliothèques bien équipées, les enseignants non bien formés à la démarche expérimentale, les T.P qui n'existent plus même s'il y a des séances réservées à ces derniers mais qui sont occupées par la théorie, programmes vastes et parfois inadaptés aux contextes actuels mais aussi l'absence de motivation des enseignants (Minani, 2005; Nahayo,2012).

Pourtant l'enseignement de la physique au Burundi souffre de pas mal de problèmes (Banuza, 2013).

« Les sciences sont enseignées comme des dogmes au Burundi ; les jeunes n'aiment pas les sciences ;... » (www.ub.edu.bi, consulté le 27 Janvier 2018 à 17 h 23 min).

La Physique en tant que science essentiellement expérimentale, nécessite la présence de laboratoires équipés et des formateurs qualifiés, compétents et motivés.

D'après l'UNESCO (2003) à propos du personnel enseignant au Burundi :

> *« L'insuffisance quantitative et qualitative du personnel enseignant apparaît comme le point aveugle du système éducatif du Burundi. »* (UNESCO, 2003)

Ainsi les écoles augmentent du jour au jour mais le personnel enseignant reste toujours constant. Le Burundi est confronté à la pénurie des enseignants qualifiés même si ceux-ci à l'heure actuelle sont formés par l'IPA et L'ENS.

Alors, la non qualification des enseignants entraîne la non applicabilité intégrale et rigoureuse du programme de physique.

La motivation de l'enseignant est très importante. Voici alors ce que dit LE THANKHOI (1973) à propos de la motivation de l'Enseignant :

> *« Comment aurait-il le goût d'innover, de se perfectionner, d'inculquer à leurs élèves l'esprit d'entreprise et de recherche si leur activité propre n'est pas récompensée. »*

Le métier d'enseignement exige un effort remarquable de la part des enseignants, d'où alors ils vont embrasser d'autres professions jugées plus rémunérées comme le commerce par exemple.

Si l'encadrement psycho-pédagogique, l'organisation des écoles ne sont plus exploités systématiquement, on assiste directement à une baisse du niveau d'acquisition de connaissances.

Tous ces problèmes évoqués entraînent la chute de la qualité de l'enseignement de la Physique.

Compte tenu de tous ces problèmes qui ont été cités, nous remarquons que l'élève qui sort du secondaire n'a pas probablement de bagage suffisant. Quelques notions pourraient ne pas être comprises.

L'objectif de notre travail est de pouvoir contribuer à améliorer la qualité de l'enseignement de la physique au Burundi. D'autres chercheurs ont déjà apporté leurs contributions. Il y a notamment : Ndayisaba (2016), Nshimirimana (2016), Ntukamazina (2017), Hakizimana, (2018),... . Leurs travaux visaient à découvrir l'enseignement de la physique au Burundi et plus particulièrement l'enseignement de certains concepts et ont trouvé que celui-ci manque de qualité. Plus spécifiquement, je vais me concentrer sur le concept de gravitation.

Au cours de notre travail, nous nous sommes posés des questions auxquelles nous allons donner les réponses après l'analyse des résultats de notre recherche. Ces questions sont :

1° Quelle est la part du concept de la gravitation sur le programme de physique au Burundi ?

2° Qu'est-ce qu'on enseigne sur la gravitation?

3° Est-ce que les élèves maîtrisent la gravitation après leurs études ?

0.2. Les hypothèses de travail

Partant de ces questions, on peut alors formuler les hypothèses suivantes:

- Le concept de la gravitation est négligé sur le programme de physique au Burundi.
- La plupart des enseignants de la physique n'insistent pas sur le chapitre de la gravitation.
- La notion de gravitation n'est pas bien comprise par les élèves.

0.3. Justification du choix du sujet

L'enseignement scientifique vise la recherche constante de la précision, une certaine aptitude à la représentation exacte de ce que révèle l'observation du monde extérieur. Il consiste à faire naître chez l'élève, grâce aux premières tentatives d'observation et de raisonnement, le désir d'avoir davantage le goût de la recherche personnelle.

L'enseignement des sciences en général et en particulier celui de la Physique est indispensable pour le développement socio-économique de tout pays.

Tenant compte de l'importance de la Physique dans le développement socio-économique des pays en voie de développement, il est question de se demander quant à la qualité de son enseignement. En tant que futur enseignant, nous avons eu le goût de mener une recherche qui se rapporte sur notre carrière.

Certains auteurs ont fait des recherches sur l'enseignement de la Physique, les uns en s'intéressant sur les facteurs d'échecs en Physique mais pas précisément sur la notion de gravitation et ont trouvé que cet enseignement manque de qualité. Dans le but de nous rendre compte de comment la physique est enseignée en général et le concept de la gravitation en particulier, nous avons choisi comme sujet de recherche : « LE CONCEPT DE LA GRAVITATION ET L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE AU BURUNDI : Cas de la Section Scientifique B dans la DPE KARUSI ».

0.4. Délimitation du sujet

Comme notre sujet est intitulé « **LE CONCEPT DE LA GRAVITATION ET L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE AU BURUNDI : Cas de la Section Scientifique B dans la DPE KARUSI** », il serait difficile de prendre en considération ou de mener notre étude sur tous les établissements qui existent dans la DPE Karusi et qui possèdent la section Scientifique B. Nous avons jugé bon de mener notre recherche au Lycée Communal de Rusamaza et au Lycée Communal de Bugenyuzi pour des raisons suivantes : les deux écoles permettent notre accessibilité compte tenu de notre habitation et puis l'une des deux écoles date longtemps par rapport à l'autre.

Nous pensons que les résultats issus de cette enquête pourront être représentatifs d'autant plus que ces écoles qui possèdent la section Scientifique B sont moins nombreuses dans la DPE Karusi compte tenu de l'ancien système.

0.5. Articulation du sujet

Notre travail est subdivisé en trois chapitres :

Le premier chapitre concerne la gravitation et le deuxième chapitre quant à lui parle du cadre méthodologique. Enfin, le troisième chapitre concerne la présentation, l'analyse et l'interprétation des résultats de notre recherche et nous terminerons par une conclusion générale et les suggestions.

CHAPTRE I : LA GRAVITATION

I.1. Généralités sur le concept de gravitation

I. 1.1.Introduction

Un des problèmes fondamentaux de la Dynamique qui a intrigué l'homme dès l'aube de la civilisation a été le mouvement des planètes (Alonso-Finn, 1977).
La gravitation, bien qu'elle soit la plus faible des interactions connues, fut la première à être étudiée en détail, en raison de l'intérêt manifesté très tôt par l'homme pour l'astronomie et parce que la gravitation est responsable de nombreux phénomènes qui influencent directement notre vie.
Pour analyser correctement le mouvement des corps célestes, quelques définitions d'Astronomie sont nécessaires. Il s'agit entre autres (VAN DE VORST, 1997) :

- Un système solaire est constitué d'une étoile, comme notre soleil, et d'objets appelés planètes qui tournent autour de celui-ci. Une étoile émet sa propre lumière, tandis que les planètes n'émettent pas de lumière mais la réfléchissent. Il peut y avoir en plus, des objets tournant autour des planètes : ce sont des satellites. Dans notre système solaire, par exemple, la Lune est un satellite de la Terre qui est elle-même une planète en rotation autour du soleil.
- La trajectoire d'une planète ou d'un satellite s'appelle son orbite. La plus grande distance d'une planète à son soleil est l'aphélie et la plus petite, le périhélie. La plus grande et la plus petite distance d'une planète à son satellite s'appellent respectivement l'apogée et le périgée.
- La durée de révolution complète ou d'un corps céleste sur son orbite est la période. On lui réserve parfois le nom de période sidérale pour la distinguer d'autres périodes comme de la rotation de la Terre autour de son axe par exemple.

I. 1.2. Aperçu historique

a) Les lois du mouvement des planètes

Les grecs, qui considéraient l'homme comme le centre de l'univers supposaient que la Terre était au centre géométrique de l'univers et que les corps célestes tournaient autour de la Terre. Selon la distance moyenne de la Terre, ces corps étaient rangés dans l'ordre suivant: Lune, Mercure, Venus, Soleil, Mars, Jupiter et Saturne.

La première hypothèse concernant le mouvement planétaire était que les planètes citées ci-dessus décrivaient des cercles concentriques, avec la Terre pour centre commun. Cette hypothèse toutefois, n'était pas en accord avec le mouvement observé de ces corps par rapport à la Terre, et la géométrie du mouvement des planètes devint de plus en plus complexe.

Au II^{ème} siècle avant J. C, l'astronome Ptolémée d'Alexandrie proposa sa théorie des Epicycles pour expliquer ce mouvement. Dans le cas le plus simple, la planète était supposée décrire, d'un mouvement uniforme, un cercle appelé épicycle, dont le centre à son tour se déplaçait sur un plus grand cercle dont la Terre était le centre, et appelé le déférent. La trajectoire résultant de la planète est par suite une épicycloïde.

Dans quelques cas, il fallait un modèle plus compliqué pour expliquer le mouvement des planètes. Dans notre langage actuel, les grecs ne faisaient rien d'autres que de décrire le mouvement des planètes par rapport à un référentiel lié à la Terre (Alonso-Finn, 1977).

La conception actuelle du mouvement des planètes date du XVI^{ème} S. : à cette époque, Nicolas Copernic (I473-1543) proposa de décrire le mouvement de toutes les planètes, y compris celui de la Terre, par rapport au soleil qui serait le centre du système. L'idée n'était pas nouvelle, elle avait été proposée par l'astronome grec Aristarque au 3ème S. av. J. C.

D'après Copernic, les orbites des planètes étaient placées dans l'ordre suivant par rapport soleil : Mercure, Venus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne et la Lune tournant autour de la Terre. En effet, Copernic proposant tout simplement un autre système de référence lié au soleil, dans lequel le mouvement des planètes était décrit plus simplement.

Le soleil, le plus gros corps de notre système planétaire coïncide pratiquement avec le centre de gravité du système et se déplace beaucoup plus lentement que les autres planètes. Ceci justifie son choix comme centre de référence, puisqu'il est pratiquement un référentiel d'inertie.

La proposition de Copernic aida l'astronome Johannes Kepler (1571-1630) à découvrir les lois du mouvement des planètes, au terme de son analyse minutieuse des mesures astronomiques de Tycho Brahe (1546-1601). Ces lois appelées, lois de Kepler sont une description cinématique de mouvement des planètes.

b) Les lois de Kepler

Kepler assemble des observations nouvelles beaucoup plus précises de la position et du mouvement apparent des astres. II en déduit trois lois.

Ces lois s'énoncent sous la forme suivante:

1ère loi : « Les planètes décrivent des orbites elliptiques dont le soleil est l'un des foyers ».

2ème loi : « Le vecteur-position de chaque planète, par rapport au soleil, balaye des surfaces

égales de son ellipse en des temps égaux ». (Cette loi est aussi appelée la loi des aires).

3ème loi : « Les carrés des périodes de révolution sont proportionnels aux cubes des distances moyennes des planètes au soleil ». $T^2 = Ra^3_{moy}$ (1)

où R est une constance. (VAN DE VORST, 1997).

I.1.3. Galilée et Isaac Newton

a) Galilée (1564-1642)

Le savant italien Galilée, considéré comme le père de la physique Moderne a construit en 1609 la première lunette astronomique qui lui permettait de découvrir les satellites de Jupiter.

Les observations de Galilée montrent en définitive qu'il n'y a pas de séparation fondamentale entre le monde terrestre et céleste et que cette division de l'univers en deux mondes n'a plus lieu d'être. De plus, le système de Copernic qui avait mis si longtemps à s'imposer trouvait dans ces observations une justification éclatante. Les travaux de Galilée visent également la compréhension du mouvement et de la chute des corps.

Galilée transforme la vision des choses en allant à l'encontre des conceptions aristotéliciennes et en établissant le premier principe d'inertie (plus tard repris et corrigé par Newton) qui finira enfin à expliquer les mouvements des corps, non seulement dans le ciel, mais aussi sur la Terre et donner la première formulation de la gravitation (*http://www.gravitation.html,* consulté le 27 Janvier 2018 à 17h 55 min).

b) Isaac Newton (1642-1727)

Dans l'histoire de l'astronomie, on trouve une discussion de la Dynamique du mouvement des planètes d'une tentative pour déterminer les interactions responsables d'un tel mouvement. C'est ici qu'Isaac Newton apporta sa remarquable contribution, la loi de la gravitation universelle. Newton développe d'abord les fondements de la Mécanique et expose ensuite la gravitation universelle (Alonso-Finn, 1977).

I. 1. 4. La loi de la gravitation

Avec l'énoncé des principes fondamentaux de la Mécanique, la 2ème et probablement la plus importante contribution de Newton au développement de ce domaine de la Physique fut la découverte de la loi régissant l'interaction de la gravitation. Que faut-il entendre par interaction de gravitation ?

C'est l'interaction entre deux corps, planètes ou particules, tel que le mouvement qui en résulte obéit aux lois de Kepler.

La loi des aires (2ème loi de Kepler) indique que la force associée à l'interaction de gravitation est centrale. Donc la force agit suivant la droite reliant les deux corps entre lesquels s'exerce l'interaction, dans ce cas, une planète et le soleil.

Soient deux particules de masse m_A et m_B placées respectivement en A et B distantes de r. Les deux masses exercent entre elles une force d'attraction.

Notons $\vec{F}_{A/B}$ la force exercée par la masse m_A sur la masse m_B et $\vec{F}_{B/A}$ celle exercée par la masse m_B sur la masse m_A. Elles s'appellent forces de gravitation ou forces gravitationnelles.

Selon le principe de l'action et de la réaction (3ème loi de Newton), ces deux forces ont même direction (droite AB), des sens opposés et même intensité.

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} \quad (2)$$

En module, $F_{A/B} \equiv F_{B/A}$ (3)

D'après la loi de Newton, on a : $F_{A/B} = F_{B/A} = \varepsilon.\frac{m_A.m_B}{r^2}$ (4)

Les forces d'interaction entre deux masses sont attractives. L'interaction de gravitation doit être directement proportionnelle aux masses des corps et inversement proportionnelle au carré de leur distance. On dit souvent que c'est la loi de l'inverse carrée de la distance ($\frac{1}{r^2}$).

L'interaction de gravitation est extrêmement faible et la force de gravitation est très petite à moins que les masses ne soient très importantes (comme pour deux planètes), ou que la distance r ne soit très petite.

La constante de proportionnalité ε est déterminée par la balance de torsion de Henry Cavendish (1731-1810).

$$\varepsilon = \frac{F r^2}{m_A m_B} \quad (5)$$

De cette formule, on en déduit que dans le système international d'unités, ε s'exprime en $N.m^2.kg^{-2}$ et elle vaut $6{,}67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}$ (Fontaine, 1989).

a. Enoncé de la loi

Cette loi s'énonce comme suit :

« L'interaction de gravitation entre deux corps peut s'exprimer par une force centrale proportionnelle à la masse des deux corps et inversement proportionnelle au carré de leur distance ».

b. Relation vectorielle de la loi de Newton

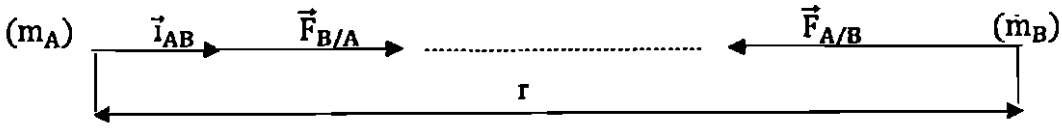


Fig. 1: La force d'interaction entre deux masses.

$$\vec{F}_{A/B} = -\varepsilon.\frac{m_A.m_B}{r^2}\vec{i}_{AB} \qquad (6)$$

(Forme symétrique de $\vec{F}_{A/B}$) où $\vec{i}_{AB}$ est le vecteur unitaire de la droite AB orientée de A vers B. On remarque que $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{i}_{AB}$ sont de sens inverses.

En faisant une analogie des forces gravitationnelles avec les forces électrostatiques, nous trouvons de grandes similitudes : les deux forces sont dirigées suivant la droite qui joint les deux masses ponctuelles ou bien les deux charges, il s'agit de deux lois en $\frac{1}{r^2}$.

$$\bar{F} = \varepsilon.\frac{m_A.m_B}{r^2} \qquad (7)$$

Loi de Newton

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_A.q_B|}{r^2} \qquad (8)$$

Loi de Coulomb. Selon les signes des charges, les forces électrostatiques peuvent être attractives ou répulsives. Elles sont attractives dans le cas où les charges sont de signes contraires et répulsives dans le cas contraire.

Nous mettons cette loi de Coulomb pour mieux comprendre que cette analogie formelle a excité la curiosité des physiciens.

Les interactions peuvent être gravitationnelles et électrostatiques à la fois. C'est le cas des interactions entre deux particules chargées : cas du proton et de l'électron pour un atome d'hydrogène par exemple. Mais les interactions gravitationnelles sont toujours négligeables par rapport aux interactions électrostatiques.

I.1.5. Caractéristiques des forces d'interaction gravifique

Elles peuvent être résumées dans ce qui suit :

- La valeur numérique de ε montre que l'**intensité de la force d'attraction entre deux objets n'est importante que si au moins l'un des deux objets en interaction a une grande masse** (par exemple : étoile, planète, ….).
- La loi de gravitation s'applique à tous les objets matériels dont les masses sont gigantesques. Elle s'applique à n'importe quel endroit de l'Univers : c'est une **loi universelle**. Elle fait apparaître une **constante** ε dont la valeur est indépendante

des objets qui s'attirent et de l'endroit où ils se trouvent : c'est une **constante universelle.**

- La force de gravitation universelle n'a pas de limite de distance mais elle décroît rapidement lorsque la distance entre les objets augmente : à une distance double, l'intensité est divisée par 4; à une distance triple, elle est divisée par 9; ...
- L'action à distance s'exerce même à travers le vide et il n'existe pas d'écran antigravitationnel.

I.1.6. Comparaison entre force électrique et force gravitationnelle

Si on prend un proton ($m_p = 1{,}6 \cdot 10^{-27} kg, q_p = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \mathrm{C}$) et un électron ($m_{e^-} = 9{,}1 \cdot 10^{-31} kg, q_{e^-} = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \mathrm{C}$), par exemple, la force électrique qui s'exerce sur eux est $2 \cdot 10^{39}$ fois plus grande que la force gravitationnelle qui s'exerce sur ces deux mêmes particules placées au même endroit. Ceci explique que dans l'étude des atomes et molécules, on néglige complétement les forces gravitationnelles pour ne tenir compte que des forces électriques.

Dans le cas de la force électrique, l'intensité est directement proportionnelle au produit des charges des deux corps électrisés alors que dans le cas de la force gravitationnelle, l'intensité est directement proportionnelle au produit des masses des corps.

Dans les deux cas, l'intensité est inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare les deux corps.

Notons encore que la force électrique a un caractère parfois attractif, parfois répulsif tandis que la force gravitationnelle est uniquement attractive.

I.1.7. Théorie du champ de gravitation

Il existe dans la nature outre les champs électromagnétiques d'autres champs appelés champs de gravitation.

a. Champs de gravitation

La propriété principale des champs de gravitation consiste en ce que tous les corps s'y mouvant indépendamment de leur masse et de leur charge d'une manière identique. Par exemple la loi de la chute libre des corps (dans le champ d'attraction de la Terre) est identique pour tous les corps, quelle que soit leur masse, tous reçoivent la même accélération (B. IVANOV, 1997).

C'est quoi alors un champ gravitationnel ?

En un point donné de l'espace, on dit qu'il existe un champ de gravitation ou un champ gravitationnel si, une masse placée en ce point est soumise à une force de gravitation. On peut directement conclure qu'au voisinage de la Terre, il règne un champ de gravitation car toute masse y est soumise à des attractions de nature gravitationnelle.

Le vecteur-champ de gravitation est exprimé par la relation :

$$\vec{G} = \frac{\vec{F}}{M} \text{ ou } \vec{F} = M\vec{G} \qquad (9)$$

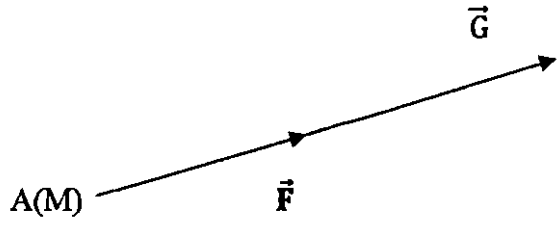


Fig. 2: La mise en évidence du champ gravitationnel $\vec{G}$ en A.

M étant positive, $\vec{F}$ et $\vec{G}$ ont toujours même direction et même sens. L'intensité de $\vec{G}$ vaut

donc $G = \frac{F}{M}$ (10)

et s'exprime dans le système international d'unités en $N.kg^{-1}$.

b. Champ gravitationnel créé par une masse ponctuelle

Selon la loi de Newton, on a: $\vec{F} = -\varepsilon\frac{m.M}{r^2}\vec{i}$ (11)

Le vecteur-unitaire $\vec{i}$ est dirigé de m vers M. Or, on a : $\vec{F} = M\vec{G}$,

d'où $M\vec{G} = -\varepsilon\frac{m.M}{r^2}\vec{i}$ (12)

$\Rightarrow \vec{G} = -\varepsilon\frac{m}{r^2}\vec{i}$ (13)

Le vecteur $\vec{G}$ est toujours dirigé vers la masse m. On dit qu'il est radial et centripète. Son intensité vaut : $G = \varepsilon\frac{m}{r^2}$ (14)

avec G en $N.kg^{-1}$, m en kg, r en m et ε en $N.m^2.kg^{-2}$.

G diminue quand on s'éloigne de la masse m.

c. Lignes de champ gravitationnel G d'une masse ponctuelle

Le vecteur-champ gravitationnel G étant dirigé vers la masse m, les lignes de champ gravitationnel sont des droites passant par m. Sur toute sphère de centre m, l'intensité G du champ gravitationnel est constante.

d. Champ gravitationnel créé par une masse à symétrie sphérique

Puisqu'une répartition à symétrie sphérique peut être remplacée par une masse ponctuelle coïncidant avec son centre, le champ gravitationnel à l'extérieur de la sphère s'identifie à celui de cette masse ponctuelle. Pour un astre de masse m_a, le champ gravitationnel qu'il crée en A à la distance r de son centre vaut : $G = \varepsilon\frac{m_a}{r^2}$ où: $G = \varepsilon\frac{m_a}{(R+Z)^2}$ (15)

avec R le rayon de l'astre et Z l'altitude du point A.

e. Principe d'équivalence

Cette propriété des champs de gravitation permet d'établir une analogie fondamentale entre le mouvement des corps dans un champ de gravitation et le mouvement des corps ne se trouvant dans un champ extérieur quelconque mais considérés du point de vue d'un repère non galiléen. En effet, dans un système galiléen, le mouvement libre de tous les corps est rectiligne et uniforme et si à l'instant initial leurs vitesses sont égales, elles le restent continuellement.

C'est pourquoi si l'on considère le mouvement libre des corps dans un système donné non galiléen, tous les corps se déplaceront d'une manière identique par rapport à ce système.

Les propriétés du mouvement dans un système de référence non galiléen sont les mêmes que si l'on considère un système galiléen en présence d'un champ de gravitation. En d'autres termes, un repère non galiléen est équivalent à un certain champ de gravitation. C'est là ce que l'on appelle le principe d'équivalence.

I.1.8. Énergie potentielle de gravitation

Comme l'interaction de gravitation est centrale et ne dépend que de la distance, il lui correspond une force dérivant d'un potentiel. Nous pouvons alors lui associer une énergie potentielle de gravitation.

Prenons l'origine des coordonnées en m′ et ne considérons que la force agissant sur m (figure ci-dessous) : Nous remarquons que $\vec{F}$, étant une force attractive est dans la direction de $\vec{u}_r$ (vecteur unitaire) mais de sens opposés. Dans ces conditions, la relation $\vec{F} = m'\vec{G}$ peut s'écrire sous forme vectorielle:

$$\vec{F} = -G\frac{m.m'}{r^2}\vec{u}_r \qquad (16)$$

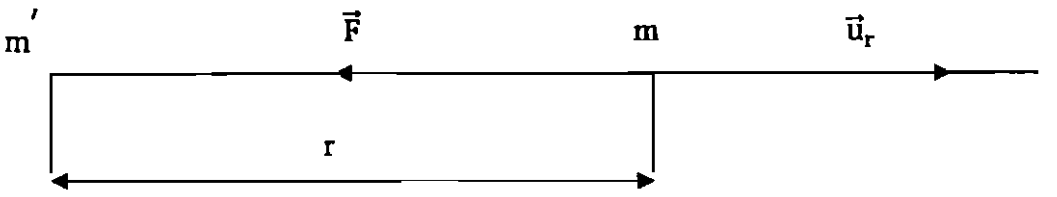


Fig. 3: La force attractive entre m′ et m

En vertu de la relation entre une force conservative $\vec{F}$ et l'énergie potentielle correspondante E_p, c'est-à-dire $\vec{F} = -\overrightarrow{grad}E_p$ (17)

et compte tenu que $\vec{F}$ est centrale, et ne dépend que de $|r|$, l'énergie potentielle E_p correspondante ne sera fonction que de r et vérifiera la relation :

$$\frac{dE_p}{dr} = G\frac{mm'}{r^2} \qquad (18)$$

En intégrant et en annulant l'énergie potentielle de très grande distance ($r \geq \infty$), nous obtenons:

$$\int_0^{E_p} dE_p = Gmm' \int_\infty^r \frac{dr}{r^2} \qquad (19)$$

qui donne l'énergie potentielle de gravitation du système composé des masses m et m′.

$$E_p = -G\frac{mm'}{r} \qquad (20)$$

La relation (20) représente l'énergie potentielle de gravitation d'un système de deux masses m et m′.

L'énergie totale d'un système de plusieurs particules soumises à leur interaction de gravitation est alors :

$$E = \sum_{\substack{\text{toutes les par-}\\\text{ticules}}} \frac{1}{2} m_i v_i^2 - \sum_{\substack{\text{toutes les par-}\\\text{ticules}}} G\frac{m_i m_j}{r_{ij}} \qquad (21)$$

(VAN DE VORST, 1997).

I.2. Applications de la gravitation

Les applications de la gravitation sont nombreuses. Nous pouvons citer quelques-unes parmi celles-ci.

a. Le Gyroscope

Le Gyroscope est un appareil qui fournit une direction invariable de référence grâce à la rotation rapide d'une lourde masse autour d'un axe possédant un ou deux degrés de liberté par rapport au boîtier de l'instrument.

On peut utiliser les propriétés de l'inertie gyroscopique et de la force de gravitation pour

faire fonctionner le gyroscope comme indicateur de direction ou boussole.

b. Le centre de gravité

La notion du centre de gravité est utilisée en Mécanique plus particulièrement dans l'étude des corps solides. Le centre de gravité est défini comme étant le point d'application de la résultante des forces gravitationnelles pour un corps matériel quelle que soit la position de ce corps.

c. Les marées

Les forces gravitationnelles exercées par la lune et le soleil sont cause du flux et du reflux quotidien des marées.

d. Le calcul de la vitesse de libération

Quand un corps est animé d'une vitesse suffisante, il peut quitter la Terre et se satelliser autour d'elle et ainsi adopter une trajectoire elliptique. Il peut même quitter complètement la Terre et sortir de son champ de gravitation si son énergie augmente. Sa trajectoire sera alors soit parabolique ou hyperbolique. C'est cette vitesse qu'on appelle vitesse de libération. La trajectoire sera parabolique si la vitesse du corps est égale à la vitesse de libération.
Le calcul de la vitesse de libération découle directement de l'expression de la force de gravitation et de la $2^{ème}$ loi de Newton.

On sait que l'énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ (22)

et l'énergie potentielle

$$E_p = -G\frac{M}{R} \quad (23)$$

(où m est la masse du corps et M la masse de la planète).
L'énergie totale du corps sur son orbite devient alors :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{M}{R} \quad (24).$$

e. Les trous noirs

Un trou noir est décrit comme une sorte de puits sans fond de l'espace-temps. Il résulte de l'effondrement gravitationnel du cœur d'une étoile massive.
La lumière modifie son parcours au voisinage d'un fort champ de gravitation. Il peut cependant, parfois exciter de champs de gravitation tellement intenses, que la lumière elle-même chute sur le corps central et ne puisse plus s'en échapper. On appelle cela : un trou noir. C'est un corps tellement dense que sa vitesse de libération est supérieure à celle de la lumière. Mais pratiquement impossible. Un objet tombant dans un trou noir disparaît alors à

jamais : il devient complètement séparé de l'univers (Alonso-Fin, 1977).

f. Le domaine d'étude de la Physique

C'est le cas de la Physique théorique (gravitation) où on peut ajouter aussi des notions sur la Dynamique : cas de chute libre, de la pesanteur, de l'impesanteur,...

I. 3. Les interactions fondamentales

On pense maintenant que tous les phénomènes naturels sont régis, aux températures ordinaires, par quatre interactions fondamentales : les interactions gravitationnelles, les interactions électromagnétiques, les interactions faibles et les interactions fortes (ou nucléaires). Chacune de ces interactions serait véhiculée par un rayonnement ou une particule dont l'échange entre les particules en interaction matérialiserait la force.
Sous forme d'un tableau, présentons les principales caractéristiques des quatre interactions fondamentales (VAN DE VORST, 1997).

Interaction	Intensivité relative (actuelle)	Portée (en m)	Manifestations
Forte		10^{-15}	Forces nucléaires responsables de la cohésion des noyaux
Electromagnétique	10^{-2}	∞	Forces atomiques et moléculaires
Faible	10^{-2}	10^{-17}	Désintégration radioactive
Gravitationnelle	10^{-38}	∞	Structure de l'univers à grande échelle

Tableau 1: Les principales caractéristiques des quatre interactions fondamentales

I.4. Conclusion

Dans ce premier chapitre, intitulé « LA GRAVITATION » : nous avons présenté les généralités sur le concept de gravitation et donné l'aperçu historique sur la gravitation. Nous avons également donné la loi de la gravitation universelle, les caractéristiques des forces d'interaction gravifique, la comparaison entre force électrique et force gravitationnelle ainsi que les applications de la gravitation. Nous avons présenté aussi les différentes interactions fondamentales ainsi que la théorie de champ de gravitation et enfin l'énergie potentielle de gravitation.
Le deuxième chapitre sera celui dans lequel on va présenter la méthodologie de recherche.

CHAPTRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Dans ce chapitre, il est maintenant question de présenter de manière claire la méthodologie que nous avons utilisée. L'importance de la démarche méthodologique en tant qu'outil de travail de recherche est capitale.

Plus la méthode est plus perfectionnée, plus sûrs et plus précis et donc plus utiles seront les résultats. Par ailleurs, on s'accorde à dire que quel que soit le domaine de la recherche scientifique concerné, les méthodes et les procédés utilisés doivent être analysés et évalués de façon à présenter les plus fortes garanties d'efficacité (Levasseur, 1956).

II.1. Cadre méthodologique

Dans le but de tester les hypothèses ou répondre aux questions, nous avons procédé de la manière suivante :

1° Consultation des programmes et des manuels afin de constater la part de la gravitation dans l'enseignement de la physique au Burundi.

2° Afin de se rendre compte de ce qu'on enseigne sur la gravitation, nous avons consulté les cahiers de physique des élèves de troisième et première Scientifique B des différents établissements.

3° Dans le but de tester si les élèves ont bien maîtrisé la gravitation, nous avons eu recourt au questionnaire d'enquête. Les questions utilisées ont été choisies parmi celles utilisées par AMUNDALA MBILIKA Joseph lors de son travail de mémoire intitulé : « Le concept physique de gravitation : étude comparative des compétences des élèves de 6ème scientifique de la ville de Bukavu ».

II.2. Choix des écoles d'étude

Notre enquête a eu lieu plus précisément au Lycée communal de RUSAMAZA et au Lycée Communal de Bugenyuzi. Suite aux raisons socio-économiques, nous avons considéré ces écoles car elles permettent facilement notre accessibilité compte tenu de notre emplacement. Et puis le Lycée Communal de Bugenyuzi date de longtemps par rapport au Lycée Communal de Rusamaza.

II.3. Description du milieu d'enquête

Notre enquête a eu lieu aux Lycées communaux de Rusamaza et Bugenyuzi. Ces écoles font partie respectivement des écoles de la DCE de Gihogazi et de Bugenyuzi. La DCE de Gihogazi compte 6 Lycées Communaux dont :

- ✓ L.C de Rusamaza comportant deux sections : Sciences et Langues
- ✓ L.C de Gihogazi comportant deux sections : Sciences et Pédagogie
- ✓ L.C Saint Paul de Bikinga comportant une section : Sciences
- ✓ L.C des Amis de Gasongati comportant une section : Sciences Sociales et Humaines
- ✓ L.C de Ruganira comportant une section : Sciences
- ✓ L.C de Mugogo comportant une section : Langues

Quant à la DCE de Bugenyuzi, elle compte 5 Lycées Communaux :

- ✓ L.C de Bugenyuzi comportant 4 sections : Sciences Sociales et Humaines, Pédagogie, Sciences et Langues
- ✓ L.C de Canzikiro comportant une section : Sciences
- ✓ L.C de Rugazi comportant une section : Sciences
- ✓ L.C de Gashanga comportant une section : Langues
- ✓ Ecole Technique Saint Benoît comportant trois sections : Electricité industrielle, Electromécanique et Mécanique Générale.

II.4. Population d'enquête et échantillon

a. Population d'enquête

J'ai préféré m'adresser aux élèves finalistes de la section scientifique B car ils sont à la fin de leurs études secondaires. Encore plus, c'est dans l'année terminale où on revient sur le concept de gravitation après que celui-ci est enseigné en première année.

b. Échantillon

Selon DE LANDSHEERE (1970) :

> « *Echantillonner c'est choisir un nombre limité d'individus, d'objets ou d'événements dans l'observation permettant de tirer des conclusions applicables à la population entière à l'intérieur de laquelle le choix a été fait* ».

Donc, un échantillon est un ensemble d'individus choisis comme représentatifs d'une population ou bien un sous-ensemble de la population.

Au terme de notre enquête, nous avons considéré un nombre réduit d'élèves (60) étant donné

qu'on était dans l'impossibilité d'atteindre toute la population.

II.5. Instrument d'étude : Questionnaire d'enquête

Le questionnaire écrit est le principal outil de notre enquête car il a un avantage de permettre au chercheur d'obtenir en un peu de temps une grande quantité d'informations relatives à un phénomène donné (DE LANDSHEERE, 1979).

Selon MUCHELLI (1975) :

> *« Le questionnaire est une suite des propositions ayant certaine forme et, certain ordre, sur lesquelles on sollicite l'avis, le jugement ou l'évaluation d'un sujet interrogé ».*

Le processus fondamental en docimologie est l'évaluation.

Selon DE KETELE (1985), « *évaluer* » veut signifier examiner le degré d'adéquation entre un ensemble d'informations et un ensemble de critères adéquats à l'objet fixé, en vue de prendre une décision. L'évaluation n'est pas simplement une description de critères, elle n'est pas simplement un message, il s'agit de prononcer sur le degré d'acquisition entre les deux pour pouvoir prendre une décision pédagogique concrète et valide.

En voulant vérifier le niveau d'acquisition atteint par les élèves de 1ère scientifique B sur le concept de gravitation en physique, on a fait recours à l'évaluation terminale qui vise son degré de réussite ou d'échec.

Comment alors on peut y arriver ?

Selon DE LANDSHEERE (1979), il existe deux grandes catégories de révélateurs :

-Les révélateurs à réponses ouvertes : ici alors on pose une question à laquelle l'élève est appelé à s'exprimer en utilisant son propre vocabulaire. Ceci constitue alors un avantage. Néanmoins, ça présente quelques inconvénients tels que : le dépouillement est long, l'effet de Halo, la subjectivité, ...

-Les révélateurs à réponses fermées : il s'agit des questions de Vrai ou Faux, de choix multiples. C'est ce type que nous avons adopté grâce à ses avantages :

- La correction peut se faire par des non spécialistes ou à la machine (ordinateur) ;
- Le dépouillement est facile ;
- Il est objectif (pas de subjectivité) ; etc.

Ces questions présentent elles aussi des inconvénients :

- En proposant des réponses, le chercheur se prive des informations qui, dans certains cas pourraient lui être utiles ;

- Le hasard intervient dans le choix des réponses de l'élève ; etc.

Après l'analyse minutieuse faite de programme de Physique et considérant certaines applications de la gravitation apparaissant dans certains points figurant sur le programme, nous avons posé des questions plus ou moins adaptées au niveau des élèves de 1ère Scientifique B car ce sont eux qui sont à la fin de leurs études secondaires.

II.6. Composition du questionnaire et son administration

Dans le but de déceler les points du programme mal compris ou ignorés et qui empêchent une bonne acquisition des notions fondamentales par les élèves, nous avons formulé des questions permettant d'y parvenir. Nous avons utilisé les lettres a, b, c et d pour désigner les assertions et l'élève devrait encercler la seule réponse qu'il juge correcte et les résultats seront analysés qualitativement et quantitativement.

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons précisé comment on va procéder pour effectuer notre étude. Nous avons également décrit le milieu d'enquête et puis nous avons présenté la population d'enquête ainsi que le questionnaire d'enquête et enfin, nous avons montré la composition du questionnaire et son administration.

CHAPITRE III : PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Dans ce chapitre, nous allons présenter, analyser et interpréter les résultats de notre recherche.

Nous présenterons en premier lieu le programme d'enseignement de Physique au Burundi au niveau de l'enseignement général. En deuxième lieu, nous analyserons le contenu de quelques manuels d'enseignement du cours de Physique au Burundi au niveau du cycle supérieur. En troisième lieu, nous allons analyser les cahiers de physique des élèves de la troisième et première Scientifique B et enfin nous finirons à présenter, à analyser et à interpréter les résultats de l'enquête faite auprès des élèves.

III.1. Analyse du programme d'enseignement de Physique au Burundi

L'analyse faite se focalisait plus particulièrement sur la partie qui parle de la gravitation. Les points figurant sur le programme de physique au niveau de l'enseignement général, section scientifique B sont repris dans le tableau ci-après :

Classe	Contenu	Commentaires
3ème scientifique	1. La mesure et les incertitudes de mesure en Physique 2. La statique des solides: notion de force, masse,... 3. Pression, travail et énergie, puissance 4. Hydrostatique 5. Les états de la matière 6. Calorimétrie	On remarque qu'en 3ème scientifique la notion de force de gravitation est vue superficiellement car on parle de la force de gravitation, du champ gravitationnel et de l'intensité de la pesanteur.
2nde scientifique	1. Electrostatique 2. Electrocinétique 3. Electromagnétisme 4. Optique géométrique	On remarque que la notion de force de gravitation ne figure pas sur ce programme.
1ère scientifique	1. Cinématique 2. Dynamique 3. Mouvements vibratoires 4. Les interférences lumineuses 5. Panorama général des ondes Electromagnétiques 6. Courant alternatif sinusoïdal.	On remarque que la partie qui parle de la gravitation figure sur le programme mais malheureusement on n'entre pas en profondeur. On parle de chute libre, de pesanteur, des satellites.

Tableau 2: Le programme de Physique dans la section scientifique B et leurs commentaires

Nous avons remarqué que la notion de gravitation universelle n'est pas bien détaillée dans le programme de Physique même si le programme est trop vaste malgré le peu d'heures accordées à ce cours par semaine. Cela constitue alors un problème dangereux pour certains enseignants ayant de problèmes liés à l'exploitation de la matière.

III.2. Le contenu de quelques manuels d'enseignement du cours de Physique au niveau du cycle supérieur

Les manuels jouent un rôle important dans l'enseignement. L'enseignant est interpellé à transformer, restructurer les savoirs indiqués dans un livre et essayer à enrichir ces derniers. Pour enseigner un savoir qui correspond aux objectifs d'un enseignement bien conçu, l'enseignant doit avoir une formation solide de chercher, sinon, il ne fera que rassembler des données scientifiques à l'acquisition desquelles il n'a jamais participé.
On veut alors se rendre compte de l'importance attachée à la notion de gravitation dans les manuels utilisés au Burundi.
Faisons alors un regard critique sur ces derniers :

a. Faucher R, 1967: Physique classique de 1ère, section C, D et E; Paris, Hatier

Ce manuel parle de tous les points figurant dans le programme de 1ère scientifique et d'autres n'y figurant pas. Mais il y a des exercices très difficiles et qui ne sont pas vraiment adaptés au niveau des élèves. L'avantage est qu'il y a des leçons qui permettent une bonne compréhension. On parle aussi un peu sur la gravitation où on trouve les notions de chute libre, de pesanteur et de mouvement des satellites. Quelques contenus de ce manuel ont été cités dans le tableau 2.

b. Physique terminale C et E, Paris, Hachette

Celui-ci est également conforme au programme et présente un atout car on trouve à la fin des questions de synthèse pouvant permettre une bonne compréhension de la matière. Quelques contenus de ce manuel ont été cités dans le tableau 2. Il s'agit du programme de la 2nde scientifique.

c. Physique seconde C et T, Edition Saint-Paul Duala

Ce manuel quant à lui, est conforme au programme camerounais. C'est bien dans cet ouvrage où on parle un peu de la force de gravitation. Il comporte aussi des exercices se rapportant à la matière prévue dans le programme burundais. Quelques contenus de ce manuel ont été cités dans le tableau 2. Il s'agit du programme de la 3ème scientifique.

III.3. Analyse des cahiers de physique des élèves de troisième et première Scientifique B

L'analyse faite se focalisait sur la partie qui parle de la gravitation. Les contenus des différents cahiers consultés sont repris dans le tableau suivant :

Ecole	Types d'écoles	Classe	DPE	Qualification de l'enseignant	Matière vue sur la gravitation
Ecole 1	Ecole à régime d'internat	1ère SC_B	KARUSI	Licencié agrégé en Mathématiques	Titre : Attraction universelle a) loi de Newton : $F = G\frac{m.m'}{r^2}$ b) champ de gravitation de la terre - l'accélération de la pesanteur sur la surface de la terre est $g_o = G\frac{M_T}{R^2}$ - A une altitude h au-dessus du sol, $g = G\frac{M_T}{(R+h)^2}$
Ecole 2	Ecole à régime d'internat	1ère SC_B	GITEGA	Licencié en Physique	1. L'intensité de pesanteur selon la loi d'attraction universelle -A l'altitude h, $g_h = k\frac{M_T}{(R+h)^2}$ -A la surface de la terre, $g_o = k\frac{M_T}{R^2}$ 2. Chute libre et mouvement d'un satellite
Ecole 3	Ecole à régime d'internat	1ère SC_B	BURURI	Licencié en Physique	Chute libre et mouvement d'un satellite
Ecole 4	Ecole à régime d'externat	1ère SC_B	Bujumbura rural	Licencié agrégé en Physique	Chute libre

Ecole 5	Ecole à régime d'externat	1ère SC_B	Makamba	IPA P-T III	1. Loi d'attraction universelle : Enoncé de la loi 2. Chute libre
Ecole 6	Ecole à régime d'externat	1ère SC_B	Bubanza	IPA P-T III	Chute libre

Tableau 3 : Analyse des cahiers des élèves de la 1ère Scientifique B des différents établissements considérés

Ecole 1	Ecole à régime d'externat	3ème SC	KAYANZA	Licencié agrégé en Physique	Titre : Force de gravitation 1. L'attraction universelle 2. L'expression vectorielle de la loi d'attraction : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -\varepsilon.\frac{m_A.m_B}{r^2}\vec{u}$ 3. Le champ de gravitation 4. Le champ de pesanteur 5. Variation de l'intensité de la pesanteur 6. un exercice d'application
Ecole 2	Ecole à régime d'externat	3ème SC	Bujumbura rural	Licencié agrégé en Physique	Même matière qu'à l'Ecole 1 mais avec des exercices variés
Ecole 3	Ecole à régime d'externat	3ème SC	Bubanza	IPA P-T III	Même matière qu'à l'Ecole 1 et 2
Ecole 4	Ecole à régime d'externat	3ème SC	Makamba	IPA P-T III	Même matière qu'à l'Ecole 1 et 2

Tableau 4 : Analyse des cahiers des élèves de la 3ème Scientifique des différents établissements considérés

Nous avons consulté les cahiers de physique des élèves de première et troisième scientifique et avons trouvé qu'au niveau de la première Scientifique B les contenus ne sont pas les mêmes. Par exemple, à l'école 1 on rappelle la loi de Newton et on donne les expressions de l'intensité de pesanteur à l'altitude h et à la surface de la terre. A l'école 2, on donne les expressions de l'intensité de pesanteur à l'altitude h et à la surface de la terre plus la chute libre et le mouvement des satellites. Pour d'autres écoles, on parle de chute libre et de mouvement de satellite.

En troisième Scientifique, le contenu est le même sauf qu'à l'école 1 où on ignore les exercices.

Comme constat, certains enseignants ne parviennent pas à épuiser tout ce qui est en rapport avec la gravitation. Pour mieux enseigner la notion de gravitation, il faut expliquer l'expression de la loi de Newton et donner des applications différentes. Il faut aussi comparer cette force à d'autres telle que la force électrostatique et dire aux élèves que l'attraction entre deux corps se fait si au moins l'un des corps a une très grande masse.

Voici ce qui est proposé comme matière en première année, section sciences dans le nouveau système d'enseignement :

1. LES FORCES DE GRAVITATION : Loi de l'attraction universelle

L'univers est composé de corps célestes comme les astres. Ces astres gravitent les uns autour des autres, tout en s'attirant mutuellement. C'est pourquoi on parle d'attraction universelle ou gravitation universelle : l'action qu'un astre exerce sur l'autre et réciproquement. La loi de Newton, qui fut énoncée pour la première fois au XVII^{ème} siècle, exprime l'intensité égale des forces d'attraction en fonction des masses des corps et de la distance entre eux :

$\mathbf{F_{B/A} = F_{A/B} = \frac{\varepsilon . m_A . m_B}{d^2}}$ avec $\varepsilon =$ 6,67 x 10^{-11} (u.SI.), la constante de gravitation universelle.

Le champ de gravitation

D'après la définition, on dit qu' « il existe un champ de gravitation en un point de l'espace si une masse placée en ce point est soumise à une force de gravitation ».

Pour déterminer le vecteur champ de gravitation $\vec{G}$ créé par une masse m_A ponctuelle en un point A, on partira de l'expression vectorielle de l'attraction universelle puis on isolera :

$\mathbf{\frac{\vec{F}_{A/B}}{m_A} = -\frac{\varepsilon m_B}{d^2}.\vec{u} = \vec{G}}$ et $\mathbf{\vec{F}_{A/B} = m_A.\vec{G}}$

2. CAS PARTICULIER : Le champ de pesanteur

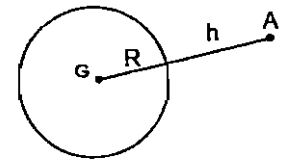
Le champ de pesanteur apparaît comme un cas particulier du champ de gravitation universelle.

Le vecteur champ de pesanteur créé par la Terre de masse M_T au point A, est :

$\vec{g}_A = -\frac{\mathcal{G}.M_T.\vec{u}}{R^2}$, ce qui montre que le support de $\vec{g}_A$ passe par le centre de la Terre.

L'intensité de la pesanteur varie :

- avec l'altitude (g diminue avec l'altitude) : $\vec{g}_A = -\frac{\mathcal{G}.M_T.\vec{u}}{(R+h)^2}$



- avec la latitude (aux pôles où R est plus faible qu'à l'équateur, g augmente)

Exercices

I. Calculer le rapport existant entre le poids d'un homme, de masse m = 80 kg, à la surface de Jupiter et le poids du même homme sur Mars. On donne : pour Jupiter : $M_1 = 1{,}9.\ 10^{27}$kg, $R_1 = 7{,}2.10^7$m ; pour Mars : $M_2 = 6{,}4.\ 10^{23}$kg, $R_2 = 3{,}4.10^6$ m .

II. La planète Terre est une sphère de diamètre D = 12.800 km. La lune est un satellite de la Terre de masse $M_L = 7{,}34.10^{22}$ kg et de rayon $R_L = 16{,}97.10^5$ m.

1. Calculer la masse de la Terre, sachant que l'intensité de la pesanteur au voisinage du sol est $g = 9{,}78\ N.kg^{-1}$
2. Quelle est l'intensité du champ de gravitation à la surface de la Terre ?
3. Quel serait le poids d'un homme de masse m = 75 kg à la surface de la Lune ?

Nous remarquons que cette matière est bien structurée car la force de gravitation est enseignée à part alors qu'en 3ème Scientifique elle est enseignée comme un exemple de force à distance.

III.4. Résultats de l'enquête faite aux élèves

III.4. 1. Introduction

Selon JAVEAU (1972) :

> « *Dépouiller un questionnaire, c'est dégager des résultats intéressants s'inscrivant dans le cadre défini par les hypothèses du travail* ».

Après avoir rassemblé tous les exemplaires de notre questionnaire, nous allons passer au dépouillement pour dégager des résultats de l'enquête.

Nous présenterons combien de fois une réponse apparaît et calculerons le pourcentage. Nous passerons à présenter, à analyser et à interpréter les résultats de notre enquête. Et puis, nous allons procéder à l'analyse quantitative et qualitative.

Dans l'analyse quantitative, les réponses recueillies auprès de nos enquêtés seront présentées question par question et enfin au niveau de l'analyse qualitative, nous allons interpréter le contenu du tableau, c'est-à-dire que nous chercherons à expliquer les réponses données par nos enquêtés et donner des conclusions.

III .4.2. Résultats de l'enquête de façon globale

Sur les 60 exemplaires de questionnaires distribués à deux écoles, 30 pour le lycée communal RUSAMAZA et 30 autres pour le lycée communal BUGENYUZI, j'ai ramassé la totalité d'exemplaires et toutes les questions sont répondues.

Le questionnaire comportait 10 questions. En faisant l'analyse des résultats, on trouve que 8 élèves sur les 30 au lycée communal RUSAMAZA ont eu 50%, soit un taux de réussite de 26, 66% et 9 du lycée communal BUGENYUZI ont 50%, soit 30% de réussite sur l'effectif total évalué, nous avons 17 qui ont réussi, soit un taux de réussite de 28, 33%.

Nous constatons enfin que les résultats pour les 2 écoles sont presque les mêmes, ils sont proches.

III .4.3. Résultats par question

Q1. Une force d'attraction mutuelle entre deux corps matériels qui est directement proportionnelle à leurs masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance est une force :

a) De rotation
b) De Coulomb
c) Magnétique
d) De gravitation

Cette question a été posée dans le but de savoir si les élèves sont à mesure de définir la force de gravitation et de faire la différence de celle-ci avec d'autres forces comme la force coulombienne, la force de rotation, la force magnétique.

Tableau 5 : Distribution de fréquences des réponses sur la définition de la force de gravitation

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	3	10
	b	10	33,3
	c	8	26,66
	d	9	30
L .C BUGENYUZI	a	4	13,33
	b	3	10
	c	8	26,66
	d	15	50

Nous remarquons que sauf les élèves du L.C. Bugenyuzi ont pu réussir à 50% à la question et qu'ils veulent confondre la force de gravitation à la force magnétique ou colombienne.
Il est toujours bon, lors de l'enseignement de la partie de la dynamique, que les enseignants expliquent aux élèves la force de gravitation et de la différencier aux autres forces bien sûr en précisant qu'elle est très petite à moins que les masses ne soient très importantes ou que la distance ne soit très petite (ALONSO F. ,1977).
Q2. La Terre attire les corps matériels situés à de basses altitudes. La force mise en jeu dans un tel processus est :

a) La pesanteur
b) La gravitation
c) La repulsion
d) Attraction

Tableau 6 : Distribution de fréquences des réponses sur la définition de la pesanteur

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	12	40
	b	0	0
	c	1	3,33
	d	17	56 ,66
L .C BUGENYUZI	a	16	53,33
	b	1	3,33
	c	2	6,66
	d	11	36,66

En analysant les résultats présentés dans ce tableau, on voit que les élèves ont pu réussir à la question. La gravitation étant employée comme la force de pesanteur car la référence c'est la terre c.-à-d. qu'on fait allusion au champ de pesanteur et comme c'est une notion enseignée à la partie de chute libre qui est une application de la gravitation, les élèves ont réussi à la question.
Il est souhaitable qu'on précise bien sûr, lors de l'enseignement que cette force est une forme particulière de la force de gravitation à de basses altitudes.

Q3. L'expression mathématique de la loi de la gravitation universelle de Newton est :$\vec{F} = -G\frac{m_A.m_B}{r^2}\overrightarrow{u_r}$ Dans cette expression, le signe négatif a pour sens physique :

a) la force est centripète

b) la force est centrifuge

c) la force est attractive

d) la force est répulsive

Tableau 7 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos du sens du signe négatif au niveau de l'expression de la loi de la gravitation universelle de Newton

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	8	26,66
	b	10	33,3
	c	4	13,33
	d	8	26,66
L .C BUGENYUZI	a	5	16,66
	b	16	53,33
	c	6	20
	d	3	10

En se servant de la première question, dans le but de savoir si les élèves sont à mesure de donner le sens physique du signe négatif à l'expression de la force de gravitation nous avons posé une telle question.

On voit que la majorité des élèves n'ont pas pu parvenir à donner la bonne réponse.

Il est alors souhaitable lors de l'établissement de l'équation de la force de gravitation qu'il y ait le signe négatif qu'il faut expliquer aux élèves en précisant que ce signe dépend du sens du vecteur unitaire et qui disparaît en cherchant le module de cette force.

En analysant l'expression de la loi d'attraction universelle, le signe négatif ne traduit pas le caractère attractif de la force gravitationnelle car il dépend du sens du vecteur unitaire. Considérons par exemple deux particules de masses respectives m_A et m_B en interaction. Soit $\vec{F}_{A/B} = -\varepsilon.\frac{m_A.m_B}{r^2}\vec{\imath}_{AB}$ la force exercée par la particule placée en A sur la particule placée en B. Cette force est dirigée vers la masse m_A dans le sens contraire de $\vec{\imath}_{AB}$. D'où alors le signe négatif est nécessaire (Douglas C.Giancoli, 2009). Cette question étant tirée parmi celles utilisées par AMUNDALA MBILIKA Joseph lors de son travail de mémoire contient une erreur. Pendant la préparation de leurs leçons, il faut que les enseignants tirent attention et surtout lorsqu'ils se documentent.

Q4. Selon l'expression de la loi de la gravitation universelle de newton (force gravitationnelle entre deux corps), on remarque que $\vec{F}$ est :

a) proportionnelle au carré de la distance qui sépare les deux corps
b) inversement proportionnelle aux masses de deux corps
c) proportionnelle aux masses des deux corps et à leur distance
d) toutes les réponses sont fausses

Cette question a été posée dans le but de connaître si les élèves sont à mesure d'interpréter une formule physique.

Tableau 8: Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos de l'interprétation de la loi de la gravitation de Newton

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	6	20
	b	2	6,66
	c	9	30
	d	13	43,33
L .C BUGENYUZI	a	7	23,33
	b	7	23,33
	c	3	
	d	13	43,33

Le défaut qui se fait remarquer est que la plupart des enseignants donnent seulement la loi sans toutefois songer à expliquer chaque élément constituant la loi de la gravitation universelle de Newton.
Les élèves ne sont pas à mesure d'expliquer directement ou inversement propositionnelle.
D'où les élèves n'ont pas pu réussir majoritairement à la question.

Q5. L'une des propositions suivantes est une application de la gravitation

a) La dynamique
b) La chute libre
c) La translation
d) La rotation

A cette question, nous avons voulu savoir si les élèves sont à mesure de préciser les applications de la gravitation.

Tableau 9 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos des applications de la gravitation.

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	5	16,66
	b	6	20
	c	5	16,66
	d	14	46,66
L .C BUGENYUZI	a	15	50
	b	4	13,33
	c	1	3,33
	d	10	33,33

En analysant ces résultats, nous remarquons que les élèves ont échoué à la question dont sa réponse est b) mais beaucoup ont répondu d) c'est-à-dire qu'ils ont confondu la gravitation et la rotation.

D'autres ont répondu a) c'est-à-dire la partie de la physique qui parle de la gravitation.

Il est souhaitable lors de l'enseignement de la gravitation ou tout autre concept que les enseignants précisent les applications car celles-ci attirent l'attention des élèves et leur motivent.

Q 6. L'unité légale de champ gravitationnel est :

a) Le kilogramme par seconde au carré (kg/s^2)
b) Le mètre par seconde au carré (m/s^2)
c) Le mètre par seconde (m/s)
d) Le kilogramme par seconde (kg/s)

Cette question est posée dans le but de savoir si les élèves maîtrisent bien le champ gravitationnel et dont l'unité est déduite de sa définition.

Tableau 10 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos de la question concernant l'unité de champ gravitationnel.

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	19	63,33
	b	7	23,33
	c	1	3,33
	d	3	10
L .C BUGENYUZI	a	11	36,66
	b	9	30
	c	2	6,66
	d	8	26,66

En effet, le champ gravitationnel existe lorsque la force gravitationnelle agit sur une masse placée dans un point de l'espace.

Sa formule est $G = \frac{F}{m}$. Donc l'unité est le newton par kilogramme (N/Kg) dont l'équivalent est le mètre par seconde au carré (m/s^2). Nous voyons que peu d'élèves ont réussi à la question, ils ont confondu le kg/s^2 au N/Kg car beaucoup ont répondu a).

Il est souhaitable lors de l'enseignement du champ gravitationnel que les enseignants déduisent de sa définition son unité et de préciser son équivalent. Pas seulement pour cette notion mais aussi pour les autres concepts dont on peut déterminer la formule.

Q 7. En évaluant les forces gravitationnelles et les forces électrostatiques, on peut dire que :

a) Les deux forces sont les mêmes car elles déplacent les masses en leurs propres directions
b) Elles sont égales car elles dépendent d'une certaine constante
c) Elles sont différentes car les forces gravitationnelles sont toujours attractives alors que les forces électrostatiques peuvent être attractives ou répulsives
d) Elles sont différentes car les forces gravitationnelles sont toujours répulsives alors que les forces électrostatiques sont attractives

Pour cette question, nous avons voulu savoir si les élèves sont à mesure de distinguer la force gravitationnelle et la force électrostatique dont cette dernière peut être attractive ou répulsive ce qui n'est pas le cas pour la force gravitationnelle, force toujours attractive.

Tableau 11 : Distribution de fréquences des réponses des élèves à propos de la question concernant la différence entre la force gravitationnelle et la force électrostatique

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	2	6,66
	b	8	26,66
	c	15	50
	d	5	16,66
L .C BUGENYUZI	a	1	3,33
	b	5	16,66
	c	19	63,33
	d	5	16,66

Nous voyons que les élèves ont pu répondre à la question car partout pour les deux écoles, nous avons 50% de réussite.

Pour enseigner la force gravitationnelle, il faut que les enseignants insistent aussi sur les autres sortes de forces et donner la différence entre celles-ci.

Q 8. Le point de l'orbite terrestre autour du soleil le plus proche et le plus éloigné du soleil s'appellent respectivement :

a) Côte et éloignement
b) Eloignement et côte
c) Aphélie et périhélie
d) Périhélie et aphélie

Cette question a été posée dans le but d'avoir une information si les élèves ont de notions de surplus surtout qu'on se connecte au monde de communication et de recherche. C'est pour cette raison que nous avons voulu donner les appellations des distances proches ou éloignées du soleil (Périhélie et Aphélie).

Tableau 12 : Distribution de fréquences des réponses des élèves en rapport avec le point de l'orbite terrestre le plus proche et le plus éloigné du soleil

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	4	13,33
	b	5	16,66
	c	9	30
	d	12	40
L .C BUGENYUZI	a	5	16,66
	b	8	26,66
	c	6	20
	d	11	36,66

A cette question, nous remarquons que peu d'élèves ont pu donner la vraie réponse. Il est préférable que lors de l'enseignement de physique que les enseignants conseillent à leurs élèves de faire des recherches soit à l'internet afin d'enrichir leurs connaissances.

Q 9. La troisième loi de Kepler dans la gravitation s'énonce comme suit : « Autour d'un astre, le carré de la période (T) de révolution d'un satellite en orbite circulaire est proportionnel au cube du rayon (a) de l'orbite ». Sachant que K est une constante, l'expression correcte est :

a) $T = a\sqrt{ka}$
b) $T^2 = ka^2$
c) $T^3 = ka^3$
d) $T = K$

Pour cette question, nous voudrions savoir si nos élèves sont à mesure d'exprimer une expression littérale en une expression algébrique.

Tableau 13 : Distribution de fréquences de réponses des élèves en rapport avec l'interprétation mathématique de la 3ème loi de Kepler

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	16	53, 33
	b	1	3,33
	c	8	26,66
	d	5	16,66
L .C BUGENYUZI	a	18	60
	b	1	3, 33
	c	6	20
	d	5	16,66

En analysant ces résultats, nous remarquons que les élèves ont pu réussir à la question car ils ont réussi à plus de 50%.

L'expression était celle de la 3è loi de Kepler. D'où $T = \sqrt{ka^3}$ peut s'écrire encore $T = a\sqrt{ka}$ qui était alors la vraie réponse.

Il est préférable que lors de l'enseignement de la physique, les enseignants donnent l'expression mathématique qui accompagne une loi si on énonce celle-ci.

Q 10. L'intensité du champ gravitationnel créée par la lune au centre de la terre est d'environ (la masse de la lune et le rayon de l'orbite lunaire autour de la Terre sont respectivement $7{,}34.10^{22}$kg et 385000km)

a) $3{,}3.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$
b) $4{,}4.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$
c) $5{,}5.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$
d) $50.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$

En posant cette question, nous voudrions savoir si nos élèves sont capables d'analyser un problème ou un exercice de physique et afin de choisir la meilleure réponse parmi celles qui ont été proposées. Ainsi nous avons voulu faire l'application numérique de la 6è question.

Tableau 14 : Distribution de fréquences de réponses des élèves en rapport avec le calcul de l'intensité du champ gravitationnel

Ecole	Réponses	fréquences	%
L.C RUSAMAZA	a	13	43,33
	b	5	16,66
	c	8	26,66
	d	4	13,66
L .C BUGENYUZI	a	15	50
	b	8	26 ,66
	c	3	10
	d	4	13,66

Cette question n'a pas été bien répondue, soit parce que les élèves n'ont pas de prérequis suffisants pour résoudre un tel problème.

Quand les notions, les prérequis sont biaisés, le reste des notions qui suivront auront des difficultés d'être comprises.

III.4.4. Discussion et interprétation des résultats des questions de recherche posées et des hypothèses formulées

Dans ce chapitre, nous venons de faire l'analyse des résultats tirés de notre travail de recherche.

Nous avons analysé minutieusement le programme de Physique au niveau du cycle supérieur, les manuels d'enseignement de Physique au cycle supérieur, les cahiers de physique des élèves finalistes de la section scientifique et ceux de la troisième scientifique. Enfin, nous avons terminé par un questionnaire d'enquête adressé aux élèves.

Nous avons analysé question par question afin de mettre en évidence les réponses données par nos enquêtés auxquelles ils font souvent recours lorsqu'ils examinent une situation particulière d'apprentissage en physique, raison pour laquelle nous allons donner les réponses aux différentes questions principales et aux hypothèses que nous nous sommes fixées au début de notre travail.

La première hypothèse de savoir si la gravitation est négligée sur le programme de physique n'est pas confirmée car les notions sur la gravitation se trouvent sur le programme mais peu approfondies. Par exemple les caractéristiques spécifiques sur la gravitation ne sont pas développées. Les lignes de champ ne figurent pas sur le programme. A la deuxième hypothèse qui est celle de savoir si les enseignants donnent des leçons sur la gravitation différemment, celle-ci est confirmée parce que d'après les différents cahiers des élèves

consultés des différents établissements, nous avons remarqué qu'il y a des cahiers où ce concept n'apparaît pas et surtout en première scientifique B. Pour certains, ils rappellent la loi de Newton et d'autres l'oublient. Les autres enseignent les applications de la gravitation et le mouvement des satellites.

Quant à la troisième hypothèse qui est celle de savoir si la notion de gravitation n'est pas bien comprise par les élèves, il est remarqué que celle-ci est vérifiée car d'après les résultats des élèves pour les deux établissements auxquels nous avons fait l'enquête, les élèves ont échoué à majorité ; soit un taux de réussite de 28,33% pour les 60 enquêtés.

III.4. 5. Conclusion

Dans ce chapitre que nous venons de constituer, nous avons d'abord analysé le programme d'enseignement de Physique au Burundi, et puis le contenu de quelques manuels d'enseignement du cours de Physique au niveau du cycle supérieur, ensuite les cahiers de physique des élèves de troisième et première Scientifique et enfin, nous avons présenté les résultats de l'enquête faite aux élèves.

Tenant compte des résultats de notre recherche, il est retenu que la façon dont la gravitation est enseignée serait la cause principale des difficultés des élèves sur cette notion. Nos élèves ne fournissent pas d'effort pour des recherches, ils se contentent de la matière que les enseignants donnent en classe. La langue d'enseignement dans le système éducatif burundais étant le français, il pourrait aussi que le français est aussi l'une des causes des difficultés des élèves car certains élèves ne maîtrisent pas cette langue. Donc nos résultats prouvent bien que la notion de gravitation n'est pas bien comprise.

Pour tout le travail nous allons alors donner une conclusion générale et quelques suggestions à l'intention du gouvernement, des enseignants et des élèves.

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS

Nous voici au terme de notre travail de recherche intitulé : « LE CONCEPT DE LA GRAVITATION ET L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE AU BURUNDI : Cas de la Section Scientifique B dans la DPE KARUSI », travail consacré à vérifier le degré de maîtrise du concept de gravitation par les élèves finalistes de la section scientifique.

Nous avons présenté la problématique à la recherche et interprété les résultats de nos enquêtés afin de contribuer à l'amélioration de l'enseignement de physique en général et de la gravitation en particulier.

En effet, notre travail s'est articulé sur trois chapitres précédés d'une introduction générale.

Dans le premier chapitre, nous avons parlé de la gravitation. Nous avons présenté son aperçu historique, la loi de gravitation, les caractéristiques des forces d'interaction gravifique, la comparaison entre force électrique et force gravitationnelle, champ de gravitation, l'énergie potentielle de gravitation, les exemples d'application de la gravitation ainsi que les quatre interactions fondamentales.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la méthodologie de recherche.

En effet, l'objectif principal de notre travail est de contribuer à un enseignement de qualité en Physique. Avec le troisième chapitre, nous avons constaté après analyse des résultats de notre recherche que la notion de gravitation n'est pas bien enseignée et par conséquent, mal comprise par les élèves. Par exemple, les élèves ne parviennent pas à définir la force de gravitation mais aussi à la distinguer des autres forces. Ils confondent la force de gravitation et la force de rotation.

Après analyse du programme de physique au niveau du cycle supérieur, il a été remarqué que le concept de gravitation occupe une part moins importante car en troisième scientifique, on ne parle que de la force de gravitation, du champ gravitationnel et de l'intensité de la pesanteur tandis qu'en première, on parle de chute libre et de mouvement des satellites. Nous avons également constaté que certains enseignants n'insistent pas sur ce concept lors de l'enseignement ; cela se fait remarquer même dans les cahiers des élèves. Par exemple, certains enseignants rappellent la loi de Newton et donnent les expressions de l'intensité de pesanteur à l'altitude h et à la surface de la terre. Les autres donnent les expressions de l'intensité de pesanteur à l'altitude h et à la surface de la terre plus la chute libre et le mouvement des satellites. Pour d'autres écoles, on parle de chute libre et de mouvement de satellite.

Notre enquête a été appliquée sur un échantillon de 60 élèves dont 30 au L.C. de RUSAMAZA et le reste au L.C de BUGENYUZI. D'après les résultats recueillis, nous constatons qu'ils sont proches, soit un taux de réussite de 26,66% au L.C. de RUSAMAZA

et un taux de 30% au L.C de BUGENYUZI.

Afin d'améliorer la qualité d'enseignement de la Physique en général et de la gravitation en particulier, nous proposons quelques suggestions :

- A l'endroit du ministère de l'éducation, de la formation technique et professionnelle:
  - Organiser des formations continues
  - Réviser les programmes de Physique
  - Améliorer les conditions de vie des enseignants
- A l'endroit des enseignants :
  - Conseiller les élèves de faire leurs propres recherches
  - Se documenter et s'informer pour donner un enseignement de qualité
  - Fournir des explications suffisantes aux élèves
- A l'endroit des élèves :
  - Travailler sérieusement
  - Avoir l'esprit de créativité
  - Savoir bien exploiter la formule de la loi gravitationnelle

Il est clair que nous ne pouvons pas épuiser tout le sujet dans un travail de fin d'études avec le peu de temps et de moyens dont nous disposons. Espérons que d'autres personnes, intéressées par ce domaine, pourront y apporter des compléments nécessaires sur « La contribution à l'amélioration de l'enseignement du concept de la gravitation par exemple » et nous leur souhaitons bon courage et beaucoup de succès.

De plus, il faut faire de même pour les autres concepts.

BIBLIOGRAPHIES

I. LES OUVRAGES GÉNÉRAUX

1. ALONSO, F., (1977) : « *Physique générale Tome 1* », paris, Inter. Ed.
2. DE KETELE, J-M, (1985) : « *introduction aux concepts et aux pratiques* », 2ème Ed. , Cabay
3. DE KETELE, J-M, (1995) : « *Guide du formateur* », Bruxelles, Ed. DE BOECK
4. DE LANDESHEERE, G., (1982) : « *Introduction à la recherche en éducation, préface de G. Mialeret* », Paris 5ème édition revue et augmentée
5. DE LANDESHEERE, G., (1979) : « *Evolution continue et examens, précis de docimologie* », 3ème Ed. Labor, Bruxelles
6. DERANDEAU, (1995) : « *Physique terminales* », Paris, Ed. Hachette
7. DOUGLAS C. Giancoli, (2009) : « *Physics for scientists and engineers with modern physics*», Fourth Edition
8. FAUCHER R., (1967) : « *Physique classes terminales C/D/E* », Hâtier, Paris VIè
9. GERARD L, A W. B, (1993) : « *Construire du concept en Physique* », Boulevard Saint-Germain, Paris
10. Guy FONTAINE, J. P et al, (1989) : « *Physique terminale C E* », Ed. Nathan, Paris
11. JAVEAU, G. (1972) : « *L'enquête par questionnaire* », Bruxelles
12. MUCCHIELLI, R., (1973) : « *Le questionnaire dans l'enquête psychologique, applications pratiques* », Paris édition E. S. F
13. TOMBET. D, (2010) : « *Guide pour enseigner les sciences au secondaire* », Paris
14. VAN DE VORST, (1997) : « *Introduction à la Physique générale. Premier cycle* », Paris, Bruxelles 2ème édition

II. MEMOIRES ET THESE

1. AMUNDALA MBILIKA Joseph, (2010-2011) : « *Le concept physique de gravitation : Etude comparative des compétences des élèves de 6ème scientifique de la ville de BUKAVU* »
2. BADENDE, (1974-1975) : « *L'enseignement de la Physique dans les écoles secondaires du Burundi* »
3. BANUZA, A., (2013) : « *Introduire les bases de la dynamique dans l'enseignement de la Physique au Burundi : Des machines simples au concept de travail* », U Mons, Thèse de Doctorat

4. KANYABITABO, (1979), « *Optimisation de l'enseignement de la Physique dans les écoles secondaires du Burundi* »
5. MINANI, (2005), « *Problèmes auxquels se heurte l'enseignement au cycle inférieur du secondaire* »
6. MUTERITEKA, J.C, (2017) : « *Champ électrique et enseignement de la Physique au Burundi* »
7. NAHAYO (2012), « *Etude des facteurs d'échecs en Physique au second cycle des humanités générales : Point de vue des enseignants de la D.P.E Bururi* »
8. NTIBAYINDUSHA (2004), « *Etude de quelques facteurs d'échecs en Physique : enquêtes menées dans les écoles secondaires de la Mairie de Bujumbura* »

III. INTERNET

1. www.gravitation.html (Consulté le 27 Janvier 2018 à 17 h 55 min)
2. www.ub.edu.bi (Consulté le 27 Janvier 2018 à 17 h 23 min)

ANNEXES

HABIMANA Innocent
UNIVERSITE DU BURUNDI
INSTITUT DE PEDAGOGIE APPLIQUEE
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE-TECHNOLOGIE

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

I. Consignes

Chers élèves,

Dans le but de collecter les données relatives à notre travail de fin d'études (Mémoire) intitulé « **Le Concept de la Gravitation et l'Enseignement de la Physique au Burundi : Cas de la Section Scientifique B dans la DPE KARUSI** », je voudrais vous solliciter à répondre de façon objective et personnelle à ce questionnaire. Vos réponses nous permettront d'avoir une vision sur vos connaissances en rapport avec le concept de « gravitation » et contribueraient à l'amélioration de la qualité de l'enseignement de physique.

N.B :-Encercler la bonne réponse

-Toute réponse raturée n'a aucune valeur

II. Questions

1. Une force d'attraction mutuelle entre deux corps matériels qui est directement proportionnelle à leurs masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance est une force :
   a) De rotation
   b) De Coulomb
   c) Magnétique
   d) De gravitation
2. La Terre attire les corps matériels situés à de basses altitudes. La force mise en jeu dans un tel processus est :

e) La pesanteur
f) La gravitation
g) La répulsion
h) L'attraction

3. L'expression mathématique de la loi de la gravitation universelle de Newton est : $\vec{F} = -G\frac{m_A.m_B}{r^2}\overrightarrow{u_r}$ Dans cette expression, le signe négatif a pour sens physique :

e) la force est centripète
f) la force est centrifuge

g) la force est attractive

h) la force est répulsive

4. Selon l'expression de la loi de la gravitation universelle de newton (force gravitationnelle entre deux corps), on remarque que $\vec{F}$ est :

e) proportionnelle au carré de la distance qui sépare les deux corps

f) inversement proportionnelle aux masses de deux corps

g) proportionnelle aux masses des deux corps et à leur distance

h) toutes les réponses sont fausses

5. L'une des propositions suivantes est une application de la gravitation

e) La dynamique

f) La chute libre

g) La translation

h) La rotation

6. L'unité légale de champ gravitationnel est :

e) Le kilogramme par seconde au carré (kg/s^2)

f) Le mètre par seconde au carré (m/s^2)

g) Le mètre par seconde (m/s)

h) Le kilogramme par seconde (kg/s)

7. En évaluant les forces gravitationnelles et les forces électrostatiques, on peut dire que :

e) Les deux forces sont les mêmes car elles déplacent les masses en leurs propres directions

f) Elles sont égales car elles dépendent d'une certaine constante

g) Elles sont différentes car les forces gravitationnelles sont toujours attractives alors que les forces électrostatiques peuvent être attractives ou répulsives

h) Elles sont différentes car les forces gravitationnelles sont toujours répulsives alors que les forces électrostatiques sont attractives

8. Le point de l'orbite terrestre autour du soleil le plus proche et le plus éloigné du soleil s'appellent respectivement :

e) Côte et éloignement

f) Eloignement et côte

g) Aphélie et périhélie

h) Périhélie et aphélie

9. La troisième loi de Kepler dans la gravitation s'énonce comme suit : « Autour d'un astre, le carré de la période (T) de révolution d'un satellite en orbite circulaire est

proportionnel au cube du rayon (a) de l'orbite ». Sachant que K est une constante, l'expression correcte est :

e) $T = a\sqrt{ka}$

f) $T^2 = ka^2$

g) $T^3 = ka^3$

h) $T = K$

10. L'intensité du champ gravitationnel créée par la lune au centre de la terre est d'environ (la masse de la lune et le rayon de l'orbite lunaire autour de la Terre sont respectivement $7{,}34.10^{22}$kg et 385000km)

e) $3{,}3.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$

f) $4{,}4.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$

g) $5{,}5.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$

h) $50.10^{-5}\text{N.kg}^{-1}$

REPONSES AU QUESTIONNAIRE D'ENQUETE ADRESSE AUX ELEVES

1. d
2. a
3. c
4. d
5. b
6. b
7. c
8. d
9. a
10. a