

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN  
Paix-Travail-Patrie  
\*\*\*\*\*  
UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I  
\*\*\*\*\*  
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE  
\*\*\*\*\*  
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE



REPUBLIC OF CAMEROON  
Peace-Work-Fatherland  
\*\*\*\*\*  
UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
\*\*\*\*\*  
HIGHER TEACHER TRAINING  
COLLEGE  
\*\*\*\*\*  
DEPARTMENT OF PHYSICS

**CONFECTION ET MISE Á L'ESSAI DES PLANS DE  
COURS CENTRÉS SUR LES HABILITÉS  
D'INVESTIGATION SCIENTIFIQUE POUR  
L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE EN CLASSE  
DE TERMINALE C.**

*Plans de cours expérimentés auprès des élèves de la classe de Terminale C 2 du  
lycée général Leclerc de la ville de Yaoundé.*

*Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur de  
l'Enseignement Secondaire général deuxième grade (DI.P.E.S II).*

Par :

**TSEUH NETA Isidor**

Professeur des collèges d'enseignement secondaire général.

Licencié en Physique.

Matricule : 11Y776

Sous la direction de :

**Dr GNOKAM Edmond**

Chargé de cours à l'ENS de Yaoundé I

**Année académique 2015-2016**

---

---

# DÉDICACE

---

*À ma maman*

***TSOPOUBONO MONIQUE***

---

# REMERCIEMENTS

---

La réalisation de ce travail est le fruit d'une étroite collaboration et de la générosité d'un certain nombre de personnes auxquelles je voudrais témoigner ma gratitude. Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit :

♣ **Du DIEU Tout Puissant**, pour toutes les grâces, la protection et l'inspiration qu'il m'a toujours accordées.

♣ **De mon directeur de mémoire, le Dr GNOKAM EDMOND**, chargé de cours à l'E.N.S de Yaoundé pour m'avoir dirigé dans ce travail. Au-delà de son suivi patient et de son aide précieuse sans lesquels ce mémoire n'aurait pu aboutir, je le remercie également pour sa grande disponibilité et ses nombreux conseils.

♣ **De ma famille**, qui m'a permis de poursuivre mes études jusqu'à aujourd'hui. Je les remercie de tout coeur pour leur patience infinie.

♣ **Du Pr BEGUIDE BONOMA**, Chef de département de physique à l'E.N.S de Yaoundé qui a permis que toutes les conditions soient remplies pour notre épanouissement intellectuel.

♣ **De tous les enseignants de l'ENS**, pour les efforts qu'ils ont déployés pour nous assurer une bonne formation professionnelle.

♣ **De M. ABINA et M. FESSI**, enseignants au lycée général Leclerc, pour leur franche collaboration pendant la phase expérimentale de ce travail.

♣ **De M. et Mme TCHIOKERE**, pour leur soutien.

♣ **De M. PANYERE ALEXIS et M. TAFRE MATURIN**, pour l'hébergement et le soutien qu'ils m'ont accordés.

♣ **De M. PEHUIA JUSTIN**, pour son assistance.

♣ **De Mlle NGNONTEWE GISELE**, qui m'a encouragé et m'a soutenu tout au long de cette formation.

♣ **De ma fiancée, DAMBOMVE CHANCELIN**, pour sa présence et son soutien de chaque instant.

♣ **De tous ceux** qui n'ont pas pu être cités mais que je porte dans mon coeur.

---

# Table des matières

---

<b>DÉDICACE</b>	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>i</b>
Liste des abréviations	v
Liste des tableaux	viii
<b>RÉSUMÉ</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b>	<b>1</b>
<b>1 REVUE DE LA LITTÉRATURE</b>	<b>3</b>
1.1 Position du problème . . . . .	3
1.2 Objectifs de l'étude . . . . .	3
1.3 Définition des concepts . . . . .	4
1.3.1 Éducation . . . . .	4
1.3.2 Didactique . . . . .	4
1.3.3 Pédagogie . . . . .	4
1.3.4 Compétence . . . . .	4
1.3.5 Enseignement . . . . .	4
1.3.6 Apprentissage . . . . .	5
1.3.7 Évaluation . . . . .	5
1.3.8 Taxonomie . . . . .	5
1.4 Présentation du système éducatif camerounais . . . . .	5
1.5 Les méthodes pédagogiques . . . . .	6
1.5.1 Les méthodes traditionnelles . . . . .	6

1.5.2	Les méthodes actives . . . . .	7
1.5.3	Les méthodes nouvelles . . . . .	8
1.6	La DI.C.H.I.S (Didactique Centrée sur les Hâbiletés d'investigation Scientifique)	9
1.6.1	Présentation . . . . .	9
1.6.2	Préparation d'une leçon suivant le plan CHIS . . . . .	9
1.7	L'approche par objectifs ou pédagogie par objectifs (PPO) . . . . .	11
1.8	L'approche par compétences (APC) . . . . .	13
1.9	La pédagogie de l'erreur . . . . .	15
1.9.1	Les modèles spontanés . . . . .	15
1.9.2	Le modèle comportementaliste . . . . .	15
1.9.3	Le modèle de la transformation . . . . .	16
1.10	La pédagogie des grands groupes . . . . .	16
<b>2</b>	<b>MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE</b>	<b>18</b>
2.1	Hypothèses de travail . . . . .	18
2.1.1	Hypothèse générale . . . . .	18
2.1.2	Hypothèses spécifiques ou de recherche . . . . .	18
2.1.3	Variable dépendante . . . . .	18
2.1.4	Variable indépendante . . . . .	19
2.2	Type d'étude . . . . .	19
2.3	Population de l'étude . . . . .	19
2.3.1	Population cible . . . . .	19
2.3.2	Population accessible . . . . .	19
2.4	Instruments de collecte des données . . . . .	20
2.5	Description et administration du test . . . . .	20
2.6	Méthodes de traitement des données . . . . .	22
2.6.1	Calcul de la moyenne générale . . . . .	22
2.6.2	Calcul des fréquences . . . . .	22
2.6.3	Test d'hypothèse : le test student . . . . .	22
2.7	Outils de travail utilisés. . . . .	23
2.7.1	Plan CHIS sur les ondes mécaniques. . . . .	23
2.7.2	Modèle de cours sur les ondes mécaniques. . . . .	32
2.7.3	Plan CHIS sur la lumière. . . . .	41
2.7.4	Modèle de cours sur la lumière. . . . .	52

---

<b>3</b>	<b>RÉSULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>62</b>
3.1	Récapitulatif des notes des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au pré-test . . . . .	62
3.2	Récapitulatif des notes des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au Post-test. . . . .	65
3.3	Pourcentage de réussite par habileté des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au post-test. . . . .	68
3.4	Récapitulatif des notes des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au baccalauréat blanc. . . . .	69
<b>4</b>	<b>IMPLICATIONS DU SUJET SUR LE SYSTÈME ÉDUCATIF</b>	<b>73</b>
4.1	Intérêts pédagogiques . . . . .	73
4.1.1	Au Niveau de l'enseignant . . . . .	73
4.1.2	Au Niveau de l'élève . . . . .	73
4.1.3	Au Niveau des inspecteurs pédagogiques . . . . .	73
4.2	Intérêts didactiques . . . . .	74
4.2.1	Les avantages de la DI.C.H.I.S . . . . .	74
4.2.2	Les difficultés rencontrées en utilisant la DI.C.H.I.S . . . . .	74
4.3	Intérêt social . . . . .	74
	<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b>	<b>74</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>75</b>
	<b>ANNEXES</b>	<b>78</b>

---

# Liste des abréviations

---

**APC** : Approche Par Compétences.

**AS** : Attitudes Scientifiques.

**BEPC** : Brevet d'Étude Premier Cycle.

**DI.C.H.I.S** : Didactique Centrée sur les Habilités d'Investigation Scientifique.

**EAO** : Enseignement Assisté par Ordinateur.

**EC** : Énergie Cinétique.

**ENS** : École Normale Supérieure.

**GCE A/L** : General Certificate of Education Advanced Level.

**GCE O/L** : General Certificate of Education Ordinary Level.

**H.I.S** : Habilités d'Investigation Scientifique.

**HR** : Hypothèse de Recherche.

**LGL** : Lycée Général Leclerc.

**MG** : Moyenne Générale.

**MINEDUC** : Ministère de l'Éducation.

**NTIC** : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

**PCT** : Physique Chimie Technologie .

**PPO** : Pédagogie Par Objectifs.

**Q** : Question.

**QCM** : Question à Choix Multiple.

**RAA** : Réponse Attendue de l'Apprenant.

**SP** : Situation Problème.

**SVTEEHB** : Science de la Vie et de la Terre pour l'Éducation à l'Environnement, l'Hygiène et la Biotechnologie.

**Tle** : Terminale.

**TIC** : Technologies de l'Information et de la Communication.

---

---

# Table des figures

---

1.1	Triangle pédagogique . . . . .	6
2.1	propagation d'un signal le long d'une corde élastique . . . . .	32
2.2	propagation d'une ride circulaire à la surface de l'eau . . . . .	33
2.3	propagation d'un signal dans un ressort . . . . .	34
2.4	aspect d'une corde élastique soumise à l'excitation d'un vibreur . . . . .	35
2.5	cuve à onde contenant de l'eau au repos . . . . .	36
2.6	vue en surface d'une onde progressive . . . . .	36
2.7	aspect d'une corde élastique soumise à l'excitation d'un vibreur . . . . .	37
2.8	dispositif expérimental de la superposition des ondes progressives . . . . .	38
2.9	Aspect de la surface de l'eau en éclairage normal et en éclairage stroboscopique	39
2.10	dispositif expérimental de la corde de Melde . . . . .	40
2.11	dispositif expérimental des fentes de Young. . . . .	52
2.12	Différence de marche. . . . .	53
2.13	Dispositif expérimental de l'effet photoélectrique. . . . .	56
2.14	circuit électrique de l'effet photoélectrique et cellule photoélectrique. . . . .	57
2.15	caractéristique tension-courant de la cellule photoélectrique. . . . .	58
2.16	extraction d'un électron à la surface libre d'un métal. . . . .	59
2.17	courbes de Millikan. . . . .	60
3.1	Diagrammes en bâtons des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au pré-test. . . . .	64
3.2	Polygones des fréquences des notes de la classe témoin et de la classe expérimentale au pré-test. . . . .	64
3.3	Diagrammes en bâtons des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au post -test. . . . .	66



---

3.4	Polygones des fréquences des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au post-test. . . . .	67
3.5	Polygones des fréquences des habiletés au Post-test. . . . .	69
3.6	Diagrammes en bâtons des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au baccalauréat blanc. . . . .	71
3.7	Polygones des fréquences des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au baccalauréat blanc. . . . .	71

---

# Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Répartition de la population accessible.....	19
Tableau 2 : Répartition des questions au pré-test et au post-test selon l'habileté évaluée.....	21
Tableau 3 : Plan CHIS sur les ondes mécaniques.....	24
Tableau 4 : Résultats de l'expérience portant sur la célérité d'une onde mécanique.....	34
Tableau 5 : Plan CHIS sur la lumière.....	42
Tableau 6 : Résultats de l'expérience sur la caractéristique courant-tension d'une cellule photoélectrique.....	57
Tableau 7 : Notes des élèves et pourcentages correspondants au pré-test pour le groupe expérimental.....	63
Tableau 8 : Notes des élèves et pourcentages correspondant au pré-test pour le groupe témoin.....	63
Tableau 9 : Notes des élèves et pourcentages correspondant au post-test pour le groupe expérimental.....	65
Tableau 10 : Notes des élèves et pourcentage correspondant au Post-test pour le groupe Témoin.....	66
Tableau 11 : Récapitulatif du taux de réussite par habileté des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au post-test.....	68
Tableau 12 : Notes des élèves et pourcentages correspondant au groupe expérimental.....	70
Tableau 13 : Notes des élèves et pourcentages correspondant au groupe témoin.....	70

---

# RÉSUMÉ

---

On note de plus en plus une baisse de niveau scolaire dans nos lycées et collèges, qui se manifeste par des rendements sans cesse décroissants aux évaluations séquentielles et aux examens nationaux. En suivant de près ce phénomène, on se rend compte que cette baisse de niveau est encore plus considérable lorsqu'il s'agit des évaluations en physique. Dans ce travail, il est question pour nous de savoir si les mauvaises performances des apprenants ne seraient pas dues à l'inadéquation des méthodes d'enseignement utilisées ? Face à cette question, nous avons formulé l'hypothèse de recherche selon laquelle l'application de la didactique centrée sur les habiletés d'investigation scientifique (DI.C.H.I.S) pour l'enseignement de la physique rendrait sa compréhension plus aisée et influencerait de ce fait les performances des apprenants. Après avoir élaborer des plans de cours de physique pour les classes de Terminales C,D,E selon le modèle CHIS basés sur « *la taxonomie des objectifs de l'enseignement des sciences* » de (L.E KLOPFER.1971), nous avons fait l'expérimentation de ces plans dans les classes de Terminale C1 et Terminale C2 du lycée général Leclerc de Yaoundé durant la période de notre stage pratique (Janvier-Avril 2016). Le but de cette expérimentation était de comparer les performances des élèves encadrés par la méthode de la DI.C.H.I.S (Terminale C2) à celles des élèves encadrés par les méthodes habituelles (Terminale C1). Partant de la présentation à l'analyse des résultats, la vérification de l'hypothèse de recherche de notre travail nous révèle que la DI.C.H.I.S est plus efficace dans l'apprentissage de la physique chez les élèves, en dépit des exigences nombreuses de préparation qu'elle impose à l'enseignant.

**Mots clés :** évaluation, habileté, investigation, didactique, taxonomie.

---

# ABSTRACT

---

It has noticed that the level of students in our high schools and colleges are constantly decreases. This decrease is manifested by the low output in the sequential assessments and even more during the national exams. Following this phenomenon, it is realized that this decrease of level is even more frequent when it comes to the physics assessment. In this work, it is therefore a question for us to know if this bad performances of the students are not due to the poor methods of teaching adopted. Faced with this question, a research hypothesis was formulated : by using the application of the didactics centred on the cleverness of scientific investigation (DI.C.H.I.S) for the teaching of the physics which could make its understanding more comfortable and will in fact influence the performances of the students. After the elaboration plans of physics course for the upper sixth science classes according to the CHIS model based on " *the taxonomy of the objectives of the teaching of the sciences*" of (L.E KLOPFER.1971), the lesson plan made was implemented in the upper sixth science S1 and upper sixth science S2 classes of the government high school Leclerc of Yaoundé during the period of our convenient practicum (January-April 2016). The goal of this experimentation was to compare the performances of the students formed by the method of the DI.C.H.I.S (upper sixth science S2) to those of the students formed by the usual methods (upper sixth science S1). The presentation of the result, analysis and the verification of the hypothesis of research has hence reveals that the DI.C.H.I.S method is more efficient in the teaching of physics among the students, inspite of the numerous preparation requirements its imposes to the teacher.

**Keys words :** assessment, cleverness, investigation, didactic, taxonomy.

---

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

La recherche en sciences de l'éducation montre que l'efficacité des apprentissages est essentiellement liée à la mobilisation cognitive de l'élève en qualité et en quantité. Autrement dit, pour un enseignement de meilleure qualité en sciences expérimentales comme la physique, l'élève doit prendre une part sans cesse plus active à ses apprentissages. Mais dans nos lycées et collèges, on assiste plutôt à l'adoption des méthodes d'enseignement de la physique qui obligent les apprenants à développer les habiletés de bas niveau intellectuel telles que la mémorisation, la définition et l'application. C'est fort conscient de ce problème lié à l'enseignement de la physique que le Dr MUKAM Lucien et le Dr GNOKAM Edmond ont mis sur pied le « *projet de développement et de vulgarisation de la D.I.C.H.I.S* » (didactique centrée sur les habiletés d'investigation scientifique) qui est une approche didactique innovante dont le but est d'une part de rendre les enseignements plus intentionnels, rationnels, conscients, méthodiques et d'autre part, de faire acquérir aux apprenants les habiletés d'investigation scientifique et les attitudes scientifiques. Dans ce travail intitulé « *confection et mise à l'essai des plans de cours centrés sur les habiletés d'investigation scientifique pour l'enseignement de la physique en classe de Terminale C* », la question qui nous préoccupe est la suivante : les mauvais résultats enregistrés aux différentes évaluations de Physique dans nos lycées ne sont-ils pas dus à l'inadéquation des méthodes d'enseignement utilisées ? Pour répondre à cette question, nous avons un objectif général qui est de présenter quelques méthodes pédagogiques, ensuite montrer que la D.I.C.H.I.S est l'une des méthodes les plus indiquées pour l'enseignement des sciences physiques. Pour atteindre l'objectif général ci-dessus, nous avons formulé les objectifs spécifiques suivants : élaborer des plans de cours de physique pour les classes de Terminale C, D, E selon le modèle CHIS, rédiger des modèles de cours correspondant à ces plans, expérimenter ces modèles de cours dans les salles de classe, évaluer les enseignements dispensés suivant le modèle CHIS, présenter les résultats, et comparer ces résultats à ceux des enseignements dispensés suivant les méthodes habituelles. Nous avons expérimenté sur un échantillon de 100 élèves des classes de Terminale C du lycée général Leclerc et notre travail est structuré en quatre chapitres :

Chapitre 1 : Revue de la littérature.

Chapitre 2 : Méthodologie de l'étude.

Chapitre 3 : Résultats et discussions.

Chapitre 4 : Implications du sujet sur le système éducatif.

# REVUE DE LA LITTÉRATURE

---

## 1.1 Position du problème

Le Cameroun s'est fixé l'atteinte de l'émergence à l'horizon 2035. Pour atteindre cet objectif, la promotion de la culture scientifique et la professionnalisation des enseignements sont les préceptes de base de la nouvelle politique éducative. C'est d'ailleurs ce qui ressortait de l'arrêté N° 337/D/80/MINEDUC/IGP/ESG du 11 Septembre 2000, portant définition des programmes officiels des sciences physiques au secondaire de l'enseignement général ; et selon lequel l'enseignement de la physique devrait : « *contribuer à ce que chaque enfant puisse devenir à terme un producteur actif capable de créativité, d'auto-emploi et susceptible de s'adapter à tout moment à l'évolution de la science, la technique et la technologie* ». Mais dans les salles de classes de nos lycées et collèges, on a l'impression que cet arrêté n'est pas pris en compte parce-que l'implication des apprenants dans le processus enseignement apprentissage reste encore embryonnaire. C'est ainsi que la physique apparaît comme une discipline redoutable qui suscite peu d'enthousiasme de la part des élèves à cause de son assimilation rendue difficile. Le problème qui se pose est donc celui de savoir comment organiser les enseignements de la physique afin de les rendre attrayants ? Pour remédier à ce sujet, la didactique centrée sur les habiletés d'investigation scientifique ne peut-elle pas mieux aider les élèves à éloigner d'eux cette idée rébarbative de la physique ?

Dans ce travail, nous expérimentons cette approche didactique qui est notre modeste contribution au « *projet de développement et de vulgarisation de la D.I.C.H.I.S* ».

## 1.2 Objectifs de l'étude

Nous avons un objectif général qui est de présenter quelques méthodes pédagogiques, ensuite montrer que la D.I.C.H.I.S est l'une des méthodes les plus indiquées pour l'enseignement des sciences physiques. Pour atteindre l'objectif général ci-dessus, nous avons formulé les objectifs spécifiques suivants :

- ★ Elaborer des plans de cours de physique pour la classe de Terminale C, D, E selon le modèle CHIS basés sur « *la taxonomie des objectifs de l'enseignement des sciences* » de L.E. KLOPFER (1971) ;
- ★ Rédiger des modèles de cours correspondant à ces plans ;
- ★ Expérimenter ces modèles de cours dans les salles de classe ;
- ★ Evaluer les enseignements dispensés suivant le modèle CHIS, présenter les résultats, et comparer ces résultats à ceux des enseignements suivant les méthodes habituelles ;

## 1.3 Définition des concepts

### 1.3.1 Éducation

C'est l'ensemble des processus et procédés qui permettent à tout enfant humain d'accéder progressivement à la culture ; l'accès à la culture étant ce qui distingue l'homme de l'animal.

### 1.3.2 Didactique

La didactique est l'étude des différents processus de transmission de savoirs relatifs à la discipline et leur acquisition par les élèves.

### 1.3.3 Pédagogie

La pédagogie est la réflexion sur les doctrines, les systèmes, les méthodes, les techniques d'éducation et d'enseignement, pour en apprécier la valeur, en rechercher l'efficacité ; pour améliorer les démarches, les moyens élaborés en vue des fins, proches ou lointaines, des buts que se proposent l'éducation et l'enseignement.

### 1.3.4 Compétence

C'est un ensemble structuré et cohérent de ressources qui permet d'être efficace dans un domaine social d'activité. On distingue quatre types de ressources : Habiletés motrices, habiletés méthodologiques, connaissances déclaratives et attitude (motivation).

### 1.3.5 Enseignement

Enseigner, c'est faire apprendre en indiquant, en montrant. Il s'agit de faire acquérir des connaissances par la pratique de la science, d'un art. C'est aussi la transmission par une aide à la compréhension et à l'assimilation.



### 1.3.6 Apprentissage

C'est un changement durable de comportement dû à l'interaction entre l'organisme et l'environnement.

### 1.3.7 Évaluation

C'est la formulation d'un jugement, l'attribution d'une valeur, d'un sens, d'une signification sur quelque chose ou sur quelqu'un.

### 1.3.8 Taxonomie

Elle peut s'entendre comme une classification de l'information de façon hiérarchique, de la simple restitution de faits jusqu'à la manipulation complexe des concepts, souvent mise en oeuvre par les facultés cognitives dites supérieures. La taxonomie permet, en outre, d'identifier la nature des habiletés sollicitées par un objectif de formation et son degré de complexité. Elle aide ainsi les enseignants à formuler des questions qui permettent de situer le niveau de compréhension des élèves. On peut citer entre autres la taxonomie de B. BLOOM, celle de KLOPFER...

## 1.4 Présentation du système éducatif camerounais

Le système éducatif camerounais est régi par la loi N° 98/004 du 14 Avril 1998 d'orientation de l'éducation au Cameroun. Selon l'article 15 de ladite loi, le système éducatif camerounais est subdivisé en deux sous-systèmes : le sous-système anglophone et le sous-système francophone. Les Articles 16 et 17 organisent ces sous-systèmes en cycles et filières ainsi qu'il suit : le préscolaire, le primaire, le post primaire, le secondaire et le normal.

- ♣ L'enseignement maternel d'une durée de deux (2) ans ;
- ♣ L'enseignement primaire d'une durée de six (6) ans ;
- ♣ L'enseignement secondaire d'une durée de sept (7) ans ;
- ♣ L'enseignement post-primaire d'une durée de deux (2) ans ;
- ♣ L'enseignement normal d'une durée de deux (2) à trois (3) ans ;

Ces Articles 16 et 17 organisent l'enseignement secondaire en deux cycles dont le premier dure cinq (5) ans et le second deux (2) ans. Cette organisation n'est pour le moment appliquée que dans le sous-système anglophone. L'enseignement secondaire dans le sous-système francophone comprend un premier cycle qui dure quatre (4) ans et un second qui dure trois (3) ans.

Le premier cycle secondaire général anglophone est sanctionné par le « General Certificate

of Education Ordinary Level (GCE O/L) » et par le BEPC dans le sous-système francophone. Le second cycle est sanctionné par le « General Certificate of Education Advanced Level (GCE A/L) » dans le sous-système anglophone et par le Baccalauréat dans le système francophone.

## 1.5 Les méthodes pédagogiques

Une méthode pédagogique est ensemble de démarches formalisées et appliquées selon des principes définis pour acquérir un ensemble de savoirs conformes à des objectifs pédagogiques.

D'après LALANDE, par méthode pédagogique, il faut entendre, "*programme réglant d'avance une suite d'opérations à accomplir et signalant certains événements à éviter en vue d'atteindre un certain résultat*". Les méthodes pédagogiques sont différenciées en fonction des objectifs, des contenus et des publics et peuvent être présentées sous forme de typologies.

### 1.5.1 Les méthodes traditionnelles

Ce sont des méthodes centrées sur l'action du professeur, il parle, explique et dicte les notes que les élèves prennent. On distingue :

★ **La méthode dogmatique, transmissive, passive ou encore magistrale** : L'enseignant maîtrise un contenu structuré et transmet ses connaissances sous forme d'exposé : c'est le cours magistral qui laisse peu de place à l'interactivité avec l'apprenant. Dans le triangle pédagogique de Jean HOUSSAYE [15], une telle méthode correspond à la relation privilégiée enseignant-savoir, où l'enseignant est un expert du contenu, un détenteur de la vérité qui transmet l'information de façon univoque.

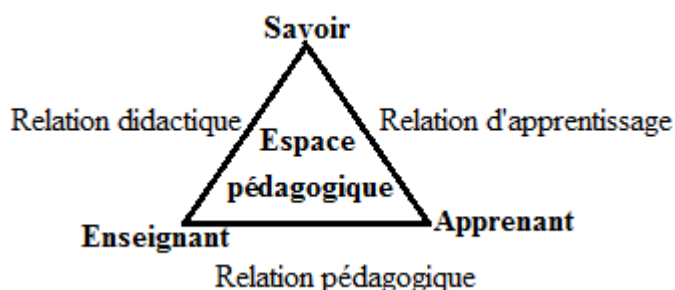


FIGURE 1.1 – Triangle pédagogique

★ **La méthode démonstrative** : L'enseignant détermine un chemin pédagogique : il montre, fait faire ensuite et fait formuler l'élève pour évaluer le degré de compréhension.

Cette méthode suit l'enchaînement suivant : montrer (démonstration), faire faire (expérimentation), et faire dire (reformulation). Cette méthode est souvent utilisée dans les travaux dirigés et travaux pratiques où l'apprenant acquiert un savoir-faire par simple imitation.

Bien qu'économique en temps, les méthodes traditionnelles présentent des limites à savoir : le développement de la passivité et la dépendance chez les élèves. Ce qui ne saurait garantir l'autonomie de l'apprenant comme l'affirme BLONDIN : *"un enseignement axé sur la mémorisation des formules et sur l'application numérique assommante, abrutit et détruit l'esprit créateur"*.

### 1.5.2 Les méthodes actives

Ce sont des méthodes centrées sur l'action des apprenants. Dans cette méthode, les élèves ne sont plus des destinataires des connaissances mais des acteurs de la construction du savoir. Ils agissent au lieu de subir, Comme le dit (M. DEBESSE.1969), avec les méthodes actives *" il s'agit d'activités d'investigation et de création, non d'activités de pure répétition. L'enfant saisit mieux en agissant qu'en se contentant d'écouter et de lire. "* On recense :

★ **La méthode interrogative ou maïeutique** : L'apprenant est reconnu comme possédant des éléments de connaissances ou des représentations du contenu à acquérir. A l'aide d'un questionnement approprié, l'enseignant lui permet de construire ses connaissances ou de faire des liens entre ces éléments épars, et leur donner un sens. Les apprenants sont ainsi inciter à formuler ce qu'ils savent, ce qu'ils pensent et ce qu'ils se représentent...

★ **La méthode de découverte** : L'enseignant crée un scénario pédagogique avec du matériel qui permet d'utiliser les essais, les erreurs et le tâtonnement pour apprendre. Il mobilise l'expérience personnelle de l'étudiant ou celle d'un groupe d'étudiants pour apprécier la situation et résoudre le problème avec leurs moyens. Le travail intra cognitif et le travail collaboratif entre pairs sont favorisés. Cette méthode suit l'enchaînement suivant : faire faire à l'apprenant, faire dire à l'apprenant, puis l'enseignant reformule.

★ **La méthode expérientielle** : Certains savoirs ne sont pas encore formalisés aujourd'hui par des écrits ou reconnus comme tels car trop jeunes. Dans ce cas, ces savoirs sont acquis par l'étudiant (toujours actif) dans un projet réel. L'enseignant incite à la formalisation du savoir-faire par l'élève qui est le vrai producteur du savoir qu'il partage et réélabore avec d'autres. La méthode expérientielle suit les directives suivantes : observation, hypothèse, résultat, interprétation et conclusion. C'est donc le processus par lequel l'élève découvre la combinaison des règles apprises antérieurement qui lui permettra de résoudre le problème auquel il est confronté.

Les méthodes actives permettent aux élèves d'apprendre de manière autonome mais sont coûteuses en temps et sollicitent un haut niveau de compétence de l'enseignant, ainsi que

des effectifs réduits dans les salles de classes.

### 1.5.3 Les méthodes nouvelles

★ **L'enseignement programmé** : C'est une méthode centrée sur le contenu de l'enseignement. Elle naît avec le développement des T.I.C. et utilise la technique des didacticiels consistant à l'utilisation :

- \* d'un programme informatique relevant de l'enseignement assisté par ordinateur (E.A.O).
- \* d'un document ou support numérique visant à former à l'utilisation d'un logiciel.
- \* des livres.

On parle d'enseignement programmé car l'organisation donnée au contenu doit permettre la pratique de l'apprentissage. Cette méthode favorise l'auto-apprentissage dans beaucoup de domaines mais présente cependant quelques limites :

- \* L'apprentissage individuel peut paraître solitaire. De plus, il faut être fortement motivé pour s'engager sur ce chemin et le suivre jusqu'à son terme ; cela est sûrement envisageable pour la formation des adultes, mais moins évident dans le monde scolaire.
- \* La qualité de l'enseignement ne dépend plus de la performance de l'enseignant, mais de la qualité du programme et de la fiabilité de la technique utilisée.
- \* La méthode requiert beaucoup de temps et de travail.

★ **Le E-learning** : Cette nouvelle pratique pédagogique appelée "apprentissage en ligne", encore connue sous l'expression "formation à distance" naît à la suite de la vulgarisation de l'outil informatique, de l'Internet et des T.I.C. L'interactivité entre l'apprenant et l'enseignant-tuteur est assurée par l'utilisation et la manipulation des N.T.I.C.

Le principal avantage du E-learning réside dans la formation sur place : En effet cette méthode ne nécessite aucun déplacement, ce qui favorise un gain de temps considérable, une économie en argent et des conditions optimales de formation (à la maison par exemple) sans oublier que cet avantage est très bénéfique pour les personnes handicapées.

Des problèmes techniques imputés à la perturbation du réseau de communication, aux pannes des ordinateurs ou serveurs, aux attaques des documents électroniques de cours par des virus informatiques, constituent les faiblesses notoires de cette méthode pédagogique.

## 1.6 La DI.C.H.I.S (Didactique Centrée sur les Habiletés d'investigation Scientifique)

### 1.6.1 Présentation

La DI.C.H.I.S est une méthode d'enseignement mise en oeuvre par le Dr MUKAM Lucien et le Dr GNOKAM Edmond. Elle exploite les trois méthodes pédagogiques évoquées ci-dessus mais son objectif principal est d'amener l'apprenant à acquérir une autonomie et un comportement d'homme de sciences au moyen des habiletés d'investigation scientifique / attitudes scientifiques qu'il développe pendant les séquences d'enseignement apprentissage prévues par l'enseignant. La démarche de cette méthode consiste à créer des situations-problèmes face auxquelles les élèves doivent réagir. C'est le principe de base de la DI.C.H.I.S. L'une des particularités de la DI.C.H.I.S consiste en ce que les actes d'apprentissage et d'enseignement soient «*intentionnels, conscients et méthodiques* » conformément à l'objectif du *projet de développement et de vulgarisation de la DI.C.H.I.S.* (Mukam.1996).

### 1.6.2 Préparation d'une leçon suivant le plan CHIS

La préparation d'une leçon est la planification de toutes les activités qui seront menées tout au long d'une leçon. Pour préparer une leçon en physique selon la DI.C.H.I.S, l'enseignant doit rassembler dans l'ordre de priorité les documents suivants :

- ✓ Le programme officiel de physique, portant les instructions et objectifs pédagogiques, en vigueur.
- ✓ Le livre au programme choisi par l'établissement scolaire où il est en service ;
- ✓ Les autres livres incluant ceux qui ne sont pas au programme officiel ;
- ✓ Une taxonomie des objectifs de l'enseignement des sciences d'après KLOPFER, servant de référence pour les habiletés à développer avec leurs définitions opérationnelles ;
- ✓ Tout élément de sa bibliothèque où il pourra trouver des éléments utiles pour développer une séquence d'enseignement ;
- ✓ Des maquettes et du matériel d'expérimentation.

L'outil d'opérationnalisation de la DI.C.H.I.S est le plan CHIS, véritable cahier de bord sur lequel sont consignés tous les éléments d'une leçon de manière bien structurée. Le plan C.H.I.S. s'organise en deux (02) parties :

- ♣ Un en-tête comportant les coordonnées de la leçon (le titre de la leçon, le but de la leçon, la durée et la classe ou niveau auquel il est destiné).
- ♣ Un tableau à sept (07) colonnes dans lesquelles sont réparties dans cet ordre les rubriques suivantes : contenus, habiletés, contexte, situations-problèmes, activités d'enseignement et

d'apprentissage, matériel didactique, et items d'évaluation.

\* **Le titre de la leçon :**

C'est l'énoncé de la leçon tel que figurant dans le programme officiel.

\* **Le but de la leçon :**

C'est l'ensemble des objectifs à atteindre à la fin de la leçon. Il définit ce pourquoi la leçon est offerte aux apprenants. En D.I.C.H.I.S on adopte les objectifs prescrits par le programme officiel.

\* **Le contenu de la leçon :**

C'est l'ensemble des notions ou sous notions à étudier lors d'un cours. Il est extrait des programmes et livres officiellement recommandés.

\* **Les habiletés :**

Une habileté est une disposition ou une capacité acquise, permettant à celui qui la possède, de manifester un comportement donné. Dans son projet de développement et de vulgarisation de la D.I.C.H.I.S, le Dr MUKAM Lucien définit une habileté en ces termes : *"C'est une capacité intellectuelle ou fonctionnelle dont la possession rend l'individu capable de certains comportements. Il s'agit d'une manière de réagir à la réalité, d'une opération ou d'un processus mental, d'un modèle de pensée ou d'action que l'individu a acquis et emmagasiné dans la mémoire à long terme et à l'issue de la réception et de la transformation de certains stimuli, et qui lui confère certaines habitudes ou dispositions de pensée et de travail"*.

Une habileté d'investigation scientifique est celle qui s'observe à travers les comportements de l'homme de science. Il s'agit d'une démarche intellectuelle que ce dernier met en oeuvre pour découvrir des faits, améliorer des connaissances ou résoudre des doutes et des problèmes. Les comportements liés aux habiletés d'investigation scientifique ont été catégorisés par L. E. KLOPFER sous forme de taxonomie des objectifs de l'enseignement des sciences. Ce sont ces habiletés qui sont appelées à être développées dans le cadre de la D.I.C.H.I.S.

\* **Le contexte :**

C'est le cadre ou le domaine dans lequel l'habileté pourra se manifester. La référence au contexte permet de diversifier les domaines d'application des connaissances et des habiletés. Nous utilisons pour notre étude les cadres définis par (L. D'HAINAUT.1977) proposant ainsi plusieurs, parmi lesquels : la vie scolaire, la vie culturelle, la vie professionnelle, la vie pratique et familiale, la vie politique, et les loisirs.

\* **Les situations-problèmes :**

Une situation-problème est une difficulté ou un obstacle que l'apprenant doit surmonter pour acquérir une connaissance. C'est une somme d'informations fournies à l'apprenant déclenchant de ce fait chez ce dernier un ensemble d'opérations cognitives qui déboucheront sur la connaissance. La situation-problème constitue le point essentiel de notre méthode d'ensei-

gnement car elle est le point départ de toute séquence d'enseignement.

\* **Activités d'enseignement et d'apprentissage :**

Une activité est l'ensemble d'actes coordonnés d'un être humain ou une fraction spéciale de cet ensemble (Micro-Robert, 1988). Dans un plan CHIS, les activités des apprenants sont liées à ceux de l'enseignant. Ces activités doivent être menées de manière intentionnelle, méthodique et consciente. Il s'agit pour l'enseignant de mettre en oeuvre des stratégies pour permettre aux élèves d'atteindre les objectifs du cours tout en développant une HIS/AS. Cela consiste pour l'enseignant à prévoir ce qu'il fera en classe ainsi que les répliques possibles des élèves. Toujours dans le cadre de ces activités, lorsqu'une question ne provoque pas la réaction des élèves, le modèle CHIS prévoit que l'enseignant, soit reformule la question, soit réactive les prérequis, notamment à un appel à la définition des termes de la question par les élèves. Toutefois, en cas d'insuccès de cette démarche, il est prévu un QCM.

\* **Le matériel didactique :**

C'est l'ensemble des objets, documents, matériels de laboratoire ou de récupération pris dans le milieu familial de l'apprenant, utilisés pour illustrer les phénomènes et mener ainsi à bien un enseignement. Ceci a l'avantage de mettre l'apprenant au contact des choses et par là même d'être en interaction avec le milieu didactique. Le savoir s'acquiert ainsi de façon effective comme le souligne (C. FREINET.1964) dans l'un des invariants pédagogiques : *"Les acquisitions ne se font pas comme l'on croit parfois, par l'étude des règles et des lois, mais par l'expérience". Étudier d'abord ces règles et ces lois, c'est placer la charrue avant les boeufs"*. Le matériel didactique est prévu pour chaque séquence d'enseignement.

\* **Les items d'évaluation :**

Il s'agit des questions d'un test d'évaluation qui visent la vérification de l'atteinte des objectifs. En DICHIS, les items utilisés pour évaluer l'acquisition des habiletés sont généralement des QCM comprenant plusieurs distracteurs (ou leurres) et une réponse juste. La pertinence accordée à cette forme d'évaluation se justifie par le fait qu'à travers les QCM, l'élève approfondit davantage ses connaissances ; car le choix de la bonne réponse ou l'élimination des leurres dans un QCM suppose une analyse rigoureuse des réponses aux questions posées.

## 1.7 L'approche par objectifs ou pédagogie par objectifs (PPO)

La PPO est une technologie éducative prônée par ( Tyler.1949). Apparue aux États-Unis au cours des années 1950 d'abord dans un contexte socio-économique, celui de l'industrie automobile, elle s'est ensuite diffusée dans le domaine éducatif à travers les travaux de Bloom. La PPO a été appliquée dans la formation professionnelle et technique avant d'être étendue à

l'enseignement général au cours des années 1980. En tant que technologie éducative, la PPO se caractérise par son origine théorique qui se trouve dans le comportementisme. Ce courant psychologique est centré sur les comportements observables et mesurables et rejette la référence à la conscience, c'est-à-dire à tout ce qui se passe dans « la boîte noire » qu'est le cerveau. La PPO, donc, « se fonde sur le comportementisme qu'elle conjugue à des contenus disciplinaires décomposés en très petites unités » (Buffault et alii.2011), ce second aspect de la PPO mentionné dans cette citation (c'est-à-dire le fractionnement des savoirs) représente ainsi une autre marque du comportementisme pour lequel la segmentation des savoirs éviterait l'erreur.

La PPO s'articule sur trois concepts principaux qui sont : **un comportement observable**, **un objectif général** et **un objectif spécifique**.

Selon (Hameline.1991), l'**objectif général** se définit comme « *un énoncé d'intention pédagogique décrivant en termes de capacités de l'apprenant l'un des résultats escomptés d'une séquence d'apprentissage* ».

L'**objectif spécifique ou opérationnel** est selon (Mager.1971) « *issu de la démultiplication d'un objectif général en autant d'énoncés rendus nécessaires* ». Toujours selon Hameline, pour qu'un objectif soit qualifié d'opérationnel, il doit répondre à quatre conditions qui sont :

♣ « *Son contenu doit être énoncé de la façon la moins équivoque possible* ».

Cela signifie que la lecture et l'interprétation d'un objectif par des personnes différentes ne doivent pas donner lieu à des interprétations divergentes.

♣ « *Il doit décrire une activité de l'apprenant identifiable par un comportement observable* ».

Cela veut dire qu'un objectif opérationnel répond à des conditions d'énonciation en termes de comportements concrets, excluant tout verbe subjectif tel comprendre/ apprécier, etc.

Nous remarquons que ce critère découle de la référence au comportementisme.

♣ « *Il doit mentionner les conditions dans lesquelles le comportement escompté doit se manifester* ». L'objectif opérationnel doit répondre à des conditions de précision de : lieu/ temps/ moyen de réalisation de l'objectif. Par exemple l'utilisation ou non d'un document, pour faire un exercice en 30 minutes/1 heure, etc.

♣ « *Il doit indiquer le niveau d'exigence auquel l'apprentissage est tenu de se situer, et les critères qui serviront à l'évaluation de cet apprentissage* ». L'objectif opérationnel doit fixer les modalités et les critères définitoires de l'évaluation qui portera par exemple sur la maîtrise syntaxique, l'adéquation au contexte communicatif et le degré de réussite au test d'évaluation. Par exemple nous considérons qu'un test est réussi si huit réponses positives sur dix sont données.

Plusieurs critiques ont été faites à la PPO notamment :

♣ La PPO s'est renfermée, selon (Pelpel.2002), « *dans un opérationnalisme comportemental*,



ce qui l'a énormément éloignée de l'acte pédagogique et l'a transformée en un acte constitué de réflexes conditionnés faisant abstraction de toute pensée créative chez l'apprenant. » Ce qui implique qu'avec la PPO nous sommes donc dans le conditionnement, le montage de réflexes et non dans la construction des savoirs par l'apprenant, dans l'appel à son potentiel cognitif.

♣ Étant soumis aux objectifs de l'enseignant, l'apprenant n'est pas toujours au centre du processus d'apprentissage.

♣ On reproche à la PPO de fractionner les savoirs à apprendre au point que l'élève perd la finalité des apprentissages, ce que souligne (Deronne.2012 ) en accusant la PPO « *de trop compartimenter les savoirs en décomposant les contenus en de multiples objectifs opérationnels. [...] cette accumulation de connaissances cloisonnées engendrait une perte de sens des apprentissages et une incapacité des élèves à mobiliser les savoirs spontanément dans des situations pour lesquelles ils seraient pertinents* ».

## 1.8 L'approche par compétences (APC)

L'APC est une méthodologie développée par De Ketele, Roegiers et le groupe du BIEF. Elle a été transposée dans le domaine de l'éducation après avoir été initialement appliquée dans la formation professionnelle au niveau des entreprises. Aujourd'hui, l'APC est appliquée dans la formation des enseignants, l'enseignement des élèves du secondaire et les systèmes d'évaluation. Pour (De Ketele.2000), l'APC « *cherche à développer la possibilité par les apprenants de mobiliser un ensemble intégré de ressources pour résoudre une situation-problème appartenant à une famille de situations.* ». Cette approche met donc en situation les apprentissages et elle permet aux apprenants de partager, d'échanger et de coopérer entre eux lors des différents apprentissages. L'APC relève de ce fait du même paradigme que le cadre car les savoirs/savoir-faire/savoir-être doivent être réinvestis dans des situations empruntées à la vie réelle.

L'APC poursuit selon (Roegiers.2000) trois objectifs principaux :

♣ « *Mettre l'accent sur ce que l'élève doit maîtriser à la fin de chaque année scolaire [...], plutôt que sur ce que l'enseignant doit enseigner. Le rôle de celui-ci est d'organiser les apprentissages de la meilleure manière pour amener ses élèves au niveau attendu* ». Nous retrouvons là une référence directe à la centration sur l'apprenant, et une quasi-reformulation de la définition d'un objectif.

♣ « *Donner du sens aux apprentissages, montrer à l'élève à quoi sert tout ce qu'il apprend à l'école, [...] à situer les apprentissages par rapport à des situations qui ont du sens pour lui, et à utiliser ses acquis dans ces situations* ». Cela signifie que l'APC, tout comme le cadre,

renvoie aux principes de l'éducation active, à l'enseignement expérientiel de Dewey (à son célèbre principe du « Learning by doing »).

♣ « Certifier les acquis de l'élève en termes de résolution de situations concrètes, et non plus en termes d'une somme de savoirs et de savoir-faire que l'élève s'empresse d'oublier, et dont il ne sait pas comment les utiliser dans la vie active ». En d'autres termes, il s'agit ici de l'évaluation en termes de savoir-agir dans la réalité et non plus de restitution de savoirs déconnectés du réel.

Enfin, selon Miled (2005 : 128-130), l'APC repose sur les deux principes suivants :

★ Intégrer les apprentissages au lieu de les faire acquérir de façon séparée, cloisonnée ou juxtaposée. Avec l'APC, on passe d'un apprentissage cloisonné des savoirs à un apprentissage intégré qui leur donne sens.

★ Déterminer et installer des compétences pour développer des capacités mentales utiles dans différentes situations. Il s'agit ici de développer des compétences transversales (telle : analyser une situation).

Bref, développer une compétence chez un apprenant consiste à lui apprendre à mobiliser ses ressources face aux différentes situations d'apprentissage qui sont désormais des situations problèmes proposées par un enseignant à ses élèves.

### **Les compétences à faire acquérir aux élèves de 6<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> au Cameroun**

L'APC est actuellement appliquée dans plusieurs pays africains dans le cadre des nouveaux programmes issus des refontes éducatives. Dans ces pays, l'APC consiste selon Roegiers (2006 :2) « à rendre les apprentissages plus concrets et plus opérationnels, orientés vers l'insertion dans la société et dans la vie de tous les jours ». Le Cameroun a adopté l'APC dans son système éducatif lors de la refonte des programmes en 2012. Le programme sciences (PCT/SVTEEHB) des classes de 6<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> est entré en vigueur au cours de l'année 2014-2015. Son but principal est d'aider les apprenants à développer des compétences leur permettant :

- ♠ D'expliquer des phénomènes naturels ;
- ♠ De résoudre les problèmes que ces derniers posent dans leurs domaines de vie ;
- ♠ De gérer durablement leur environnement ;
- ♠ De sauvegarder leur santé ainsi que celle de leur entourage ;
- ♠ De mettre en oeuvre des processus d'acquisition de connaissances ;
- ♠ De s'approprier la démarche scientifique ;
- ♠ De lire son environnement.

## 1.9 La pédagogie de l'erreur

L'erreur est, dans la vie quotidienne, d'une affligeante banalité : elle est perçue comme un certain acte de l'esprit, une faute (dotée d'une connotation plus ou moins moralisante), ou bien encore comme une maladresse. Le bon sens n'hésite pas à répéter qu'il n'y a que ceux qui ne font rien qui ne se trompent pas.

L'erreur est souvent considérée, à l'école, de façon négative, péjorative, d'où une certaine peur de l'élève vis à vis d'elle. Le statut de l'erreur à l'école a évolué en même temps que les différents mécanismes d'apprentissage. Nous verrons que ce n'est pas en cohabitant avec l'erreur qui crée son acceptation mais plutôt en la présentant comme un indice afin de comprendre le processus d'apprentissage de l'élève. En effet, en cessant de l'ignorer, de la refuser, et au contraire en parlant d'elle, en la travaillant, elle devient un réel outil pour apprendre.

### 1.9.1 Les modèles spontanés

Dans ce type d'enseignement, l'esprit de l'élève est considéré comme une page blanche que l'on remplit sans que celui-ci n'ait fait le moindre effort.

**Statut de l'erreur :** Dans ce type d'enseignement, l'erreur est à bannir, elle est assimilée à une « faute » (avec toutes les connotations moralisantes associées au terme). Elle est à la charge de l'élève et de ses efforts d'adaptation à la situation didactique. L'enseignant sera peu enclin à admettre l'erreur, et pourra même, selon sa personnalité, s'en étonner ou s'en indigner. En tout cas, il l'interprétera comme un dysfonctionnement, dans l'émission qu'il s'est porté à se remettre en cause, ou dans la réception : manque d'attention lors de l'information (« Pourtant, je leur ai dit ! »), manque de concentration, de sérieux dans la réalisation (« Ils ont fait n'importe quoi »).

### 1.9.2 Le modèle comportementaliste

L'apprentissage est conçu comme une addition de compétences élémentaires, acquises par un entraînement systématique à la réalisation. Pour chaque compétence élémentaire, l'enseignant montre comment faire ; l'élève apprend en reproduisant. Ce type d'enseignement considère que la structure mentale de l'élève est telle une « boîte noire » à laquelle on n'a pas accès.

**Statut de l'erreur :** Dans ce modèle, le statut de l'erreur est celui d'un « bug » ou d'un « bogue » (Informatique, un bug ou bogue est un défaut de conception d'un programme informatique à l'origine d'un dysfonctionnement.) . A la différence du modèle précédent, si

l'élève commet des erreurs alors celles-ci ne lui sont pas imputées ; elles sont à la charge du concepteur de programme qui n'est pas suffisamment adapté au niveau réel de l'élève. En revanche, par rapport au modèle précédent, dans la mesure où les entraînements sur les composantes élémentaires auront été systématiques, plus rigoureux, l'erreur, peut-être, paraîtra-t-elle au professeur encore plus aberrante.

### 1.9.3 Le modèle de la transformation

Dans ce type d'enseignement, on s'interroge sur ce qui se passe à l'intérieur de la fameuse « boîte noire ». L'élève n'est pas un réceptacle vide où s'accumulerait le savoir déversé par un professeur. Pour comprendre et maîtriser le monde, chacun a besoin de s'en faire une théorie.

**Statut de l'erreur :** Dans ce modèle, les erreurs commises ne sont plus des fautes condamnables ni des bogues regrettables : elles deviennent les symptômes intéressants d'obstacles auxquels la pensée des élèves est confrontée. L'erreur devient alors intéressante puisqu'elle est révélatrice d'une authentique activité intellectuelle de l'élève (stratégie d'appropriation par élaboration progressive de schémas de représentation). Ainsi, l'erreur devient outil et non fatalité : elle est reconnue comme nécessaire au processus d'apprentissage.

## 1.10 La pédagogie des grands groupes

De nos jours plusieurs appellations peuvent être relevées dans la littérature pour désigner les « grands groupes », et ceci, à divers niveaux scolaires (préscolaire, primaire, post-primaire, secondaire, supérieur) aussi bien en Afrique qu'ailleurs : « effectifs pléthoriques » ; « classes pléthoriques » ; « classes surchargées » ; « classes surpeuplées » ; « classes à larges effectifs » ; « classes nombreuses ». Ces appellations mettent en évidence le caractère exceptionnel de ces groupes avec toutes les difficultés liées à leur prise en charge pédagogique. C'est dans ce contexte que des réflexions ont été menées sur la question et ont abouti à la « pédagogie des grands groupes ».

*« On est en situation de grand groupe à partir du moment où dans une situation d'enseignement apprentissage donnée, le nombre d'apprenants est tel qu'il constitue un facteur réducteur, parmi d'autres, pour l'application des méthodes habituelles d'enseignement et d'évaluation et pour l'efficacité et l'équité du système d'apprentissage ».* (CONFEMEN.1991).

Les objectifs que s'assigne la pédagogie des grands groupes sont essentiellement :

- ★ Adapter la pédagogie aux conditions objectives du système éducatif ;
- ★ Aider l'enseignant à mieux gérer sa classe ;
- ★ Amener tous les élèves, malgré leur grand nombre, à participer activement aux activités

d'apprentissage à travers une organisation de la classe en sous-groupes de travail avec des techniques appropriées.

La Pédagogie des grands groupes s'appuie essentiellement sur le travail en groupe qui présente des avantages multiples et multiformes pour l'élève et l'enseignant.

### ♣.Pour l'apprenant

Le travail en groupe permet de : confronter et échanger les idées ; exercer une pensée critique ; confronter sa façon de faire avec celle des autres ; découvrir l'intérêt de la discussion, l'efficacité de la coopération ; prendre conscience de la nécessaire organisation du travail ; développer des habiletés sociales de participation, d'empathie, d'écoute ; de respect ; développer la confiance en soi ; révéler ses capacités ; prendre conscience de ses limites ; surmonter sa timidité ;

On peut résumer en disant que le travail de groupe permet de développer des valeurs telles que la coopération, la solidarité, le respect mutuel,...

### ♣.Pour l'enseignant

Le travail de groupe permet : d'accroître l'efficacité pédagogique de l'enseignant (les élèves formulent davantage d'idées, s'expriment oralement, apprennent les uns des autres et s'enseignent les uns les autres) ; d'accroître la confiance de l'élève vis-à-vis de l'enseignant car celui-ci n'est plus perçu comme un gendarme mais plutôt comme un facilitateur.

Dans la gestion des grands groupes, l'enseignant est confronté à des difficultés de divers ordres. Il s'agit entre autres des difficultés en rapport avec : le maintien de la discipline, la prise en compte de la diversité des apprenants, la participation effective de tous les apprenants à l'apprentissage, la mise en oeuvre des méthodes actives, la gestion du temps, l'évaluation (respect du nombre d'évaluations exigé par trimestre ou semestre), le remplissage des bulletins et des livrets scolaires...

# MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

---

## 2.1 Hypothèses de travail

Une hypothèse est une proposition résultant d'une observation et que l'on peut vérifier expérimentalement. Toute recherche scientifique part toujours d'une hypothèse. Notre étude regorge deux types d'hypothèses : l'hypothèse générale et les hypothèses spécifiques.

### 2.1.1 Hypothèse générale

Nous formulons l'hypothèse générale suivante : l'application de la D.I.C.H.I.S à l'enseignement de la physique permet d'obtenir un meilleur rendement scolaire par rapport aux autres méthodes d'enseignement pratiquées dans les lycées et collèges.

### 2.1.2 Hypothèses spécifiques ou de recherche

Pour confirmer ou infirmer notre hypothèse générale nous nous fixons deux hypothèses de recherche :

♠ **Hypothèse 1 (HR1)** : les élèves du groupe expérimental seront plus performants que ceux du groupe témoin au Post-test.

♠ **Hypothèse 2 (HR2)** : les élèves encadrés par la méthode CHIS développeront plus d'habiletés que ceux encadrés par les méthodes habituelles.

♠ **Hypothèse 3 (HR3)** : les élèves du groupe expérimental seront plus performants que ceux du groupe témoin au baccalauréat blanc.

Ces hypothèses dépendent de deux variables que nous expliciterons.

### 2.1.3 Variable dépendante

La variable dépendante est le comportement ou la propriété que l'expérimentateur veut mesurer ou étudier. Dans notre travail, la variable dépendante est la performance scolaire qui se mesure par les notes des élèves au post-test.

### 2.1.4 Variable indépendante

La variable indépendante est la cause de la mesure obtenue. Pour ce travail, la variable indépendante est la méthode pédagogique utilisée. Le groupe expérimental suit le cours selon la D.I.C.H.I.S alors que le groupe témoin le fait selon les méthodes en cours dans nos salles de classe.

## 2.2 Type d'étude

Dans ce travail, nous adopterons le type de recherche ex-ante facto ou type expérimental où le chercheur mène des expériences sur la variable indépendante en vue de générer les données.

## 2.3 Population de l'étude

La population de l'étude est constituée de l'ensemble des élèves des lycées et collèges du Cameroun susceptible d'être soumis à notre expérimentation. Cette population se subdivise en population cible et en population accessible

### 2.3.1 Population cible

Nous avons ciblé l'ensemble des élèves des classes de Terminale C, D, E des lycées et collèges du département du Mfoundi pour le compte de l'année scolaire 2015/2016.

### 2.3.2 Population accessible

Notre population accessible est l'ensemble des élèves des classes de Terminale C du Lycée général Leclerc de l'année scolaire 2015/2016. Cette population accessible a un effectif de 100 élèves. Le groupe expérimental est constitué des élèves de la classe de Terminale C2 qui sont encadrés suivant la méthode CHIS pendant l'expérimentation tandis que le groupe témoin est formé des élèves de la classe de Terminale C1 enseignés suivant les méthodes habituelles. Le tableau ci-dessous nous donne de façon détaillée la répartition cette population accessible.

**Tableau 1** : Répartition de la population accessible

ÉTABLISSEMENT	CLASSES	EFFECTIFS	POURCENTAGES
LYCÉE GÉNÉRAL LECLERC	TC1	54	54
LYCÉE GÉNÉRAL LECLERC	TC2	46	46
TOTAL	2	100	100

## 2.4 Instruments de collecte des données

Il existe plusieurs types d'instrument de collecte de données à savoir : la grille d'observation ; les questionnaires d'enquêtes ; les interviews ; les questionnaires d'évaluations... Toutefois, l'instrument de collecte des données dépend du type de recherche. Nos hypothèses de recherche nous imposent une recherche de type comparatif, c'est pourquoi l'instrument approprié est le test ou questionnaire d'évaluation.

## 2.5 Description et administration du test

L'administration du test s'est faite en deux étapes : le Pré-test et le Post-test.

**Le Pré-test** est un questionnaire constitué de vingt QCM (voir annexe) portant sur les Pré-requis des leçons à enseigner suivant la méthode CHIS ou les leçons antérieures, administré aux deux groupes pour comparer leur niveau initial.

**Le Post-test** : il s'agit d'une évaluation dans les deux groupes, après avoir dispensé les leçons portant sur les ondes mécaniques et la lumière par la méthode CHIS dans le groupe expérimental et par la méthode habituelle dans le groupe témoin. Cette épreuve comporte vingt QCM (voir annexe) portant uniquement sur les habiletés développées pendant les cours. C'est le post-test qui permettra de juger l'efficacité de la méthode utilisée grâce à une comparaison des notes obtenues par les deux groupes. Les habiletés évaluées au pré-test et au post-test figurent dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2** : Répartition des questions au pré-test et au post-test selon l'habileté évaluée



HABILETES	QUESTIONS AU PRE-TEST	QUESTIONS AU POST-TEST
Observation d'objets et de phénomènes.		Q4
Description des observations en utilisant un langage approprié.	Q14.1 ; Q14.2 ; Q14.2 ; Q14.3	Q3 ; Q11 ; Q12
Présentation des données sous forme de relations fonctionnelles.	Q2 ; Q4	Q13 ; Q14 ; Q18 ; Q19
Application des connaissances à de nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.	Q7 ; Q10 ; Q16 ; Q18	Q1 ; Q5 ; Q6 ; Q7 ; Q8
Application des connaissances à de nouveaux problèmes dans un autre domaine de la science.	Q11 ; Q12 ; Q15	
Formulation d'un modèle théorique en accord avec les connaissances.	Q1	
Formulation d'hypothèse de travail.	Q3	Q16
Planification d'une procédure appropriée en vue d'une expérimentation.	Q8	Q2 ; Q17
Choix des instruments de mesure appropriés.	Q13	Q15
Perception d'un problème.	Q5 ; Q9	
Interprétation des données expérimentales.	Q6	Q9
Choix de tests convenables à une hypothèse.		Q20
Traitement des données expérimentales.		Q10

## 2.6 Méthodes de traitement des données

Après la collecte des données, nos résultats seront analysés par trois procédés statistiques à savoir : le calcul des moyennes générales, le calcul des fréquences et le test d'hypothèse (le test student)

### 2.6.1 Calcul de la moyenne générale

C'est le quotient de la somme des notes obtenues par le nombre total de notes.

$$MG = \frac{\sum n_i}{N}$$

### 2.6.2 Calcul des fréquences

La fréquence est obtenue en faisant le rapport du nombre d'élèves ayant obtenus une même note, par le nombre total d'élèves ayant composés.

### 2.6.3 Test d'hypothèse : le test student

Le test d'hypothèse est un test qui permet de vérifier si les moyennes des deux populations dont la distribution est normale sont égales. (B.Howard. 1986 : 419). Il existe plusieurs types de test d'hypothèse, mais le mieux indiqué dans le cadre de notre travail est le test student car le caractère étudié est quantitatif. Ce test permettra de vérifier si la différence des moyennes entre les deux groupes est significative.

#### Principe du test student :

Soient  $x_1$  et  $x_2$  les moyennes respectives du groupe expérimental et du groupe témoin. Soient  $\bar{X}$  et  $\bar{Y}$  les moyennes générales calculées respectivement dans la classe expérimentale et la classe témoin.

▲ **Hypothèse nulle** :  $x_1 - x_2 = 0$ ; il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes.

▲ **Hypothèse alternative** :  $x_1 - x_2 \neq 0$ ; il y a une différence significative entre les deux groupes. Soient  $N_1$  et  $N_2$  les effectifs respectifs du groupe expérimental et du groupe témoin. L'indice de la distribution (valeur moyenne calculée) notée  $t$ , est donné par la relation :

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left( \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}}$$

Avec :

$$S_1^2 = \frac{1}{N_1 - 1} \sum (x_i - \bar{X})^2$$

$$S_2^2 = \frac{1}{N_2-1} \sum (y_i - \bar{Y})^2$$

Où  $x_i$  est la moyenne de l'élève  $i$  pris dans la classe expérimentale ;

$y_i$  : la moyenne de l'élève  $i$  pris dans la classe témoin ;

$N_1 + N_2 - 2$  : le degré de liberté.

Après le calcul de  $t$ , nous allons comparer la valeur obtenue notée  $t_{cal}$  ( $t$  calculé) à la valeur théorique notée  $t_{th}$  ( $t$  théorique) qui dans notre cas est  $t_{th} = 1.98$  conformément à une distribution appropriée. ( voir annexe )

Si  $t_{cal} < t_{th}$  , alors l'hypothèse nulle est maintenue. Dans le cas contraire, l'hypothèse alternative est admise.

## 2.7 Outils de travail utilisés.

Dans cette section, nous présentons les deux chapitres que nous avons eu à expérimenter au lycée avec la méthode CHIS. Il s'agit des plans de cours sur les ondes mécaniques et la lumière ainsi que les modèles de cours correspondants.

### 2.7.1 Plan CHIS sur les ondes mécaniques.

**Titre de la leçon : LES ONDES MÉCANIQUES**

**Objectifs :** A la fin de ce cours, l'élève doit être capable de :

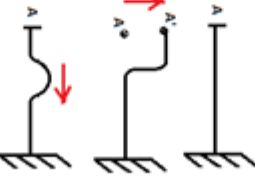
- ◆ Définir et caractériser une onde mécanique.
- ◆ Décrire et interpréter le phénomène d'interférences mécaniques.


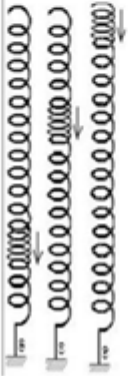
**Tableau 3 :** Plan CHIS sur les ondes mécaniques

### Titre de la leçon : LES ONDES MÉCANIQUES


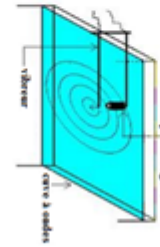

#### Objectifs :

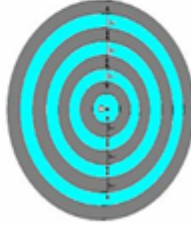
- Définir et caractériser une onde mécanique.
- Décrire et interpréter les interférences mécaniques.

contenus	Habiletés	Cadre de vie	Situation-problèmes	Activités enseignement/apprentissage	Matériels didactiques	Items d'évaluation
<p><b>1-Notion de signal.</b></p> <p><b>1-1-Quelques exemples de signaux.</b></p> <p><b>1.1.1 Propagation d'un ébranlement, le long d'une corde élastique.</b></p>	Observations des objets et phénomènes.	Loisir	<p>On considère le dispositif expérimental ci-dessous. Qu'observe-t-on lorsqu'on donne une impulsion verticale brève à l'extrémité libre de la corde ?</p> 	<p>-Présentation du dispositif expérimental</p> <p>-Décrivez-le</p> <p>-Déplacer la corde de A vers A' ensuite de A' vers A.</p> <p>-Décrire le mouvement ultérieur de la corde</p> <p>-Reprenons l'expérience en attachant un petit nylon en un point quelconque de la corde</p> <p>-Comparer la position du nylon avant et après la perturbation</p> <p>-La perturbation transporte-t-elle de la matière ?</p> <p>-Comparer la direction de la propagation avec celle de la déformation.</p> <p>- Remplaçons la corde élastique par une corde non élastique. Reprenez l'expérience. Qu'observe-t-on ?</p> <p>- Introduction des notions de milieu élastique et de signal.</p>	<p>-corde élastique</p> <p>-Corde non élastique</p> <p>- un support</p>	<p>Un signal est :</p> <p>a- Une déformation locale de courte durée.</p> <p>b- Une propagation locale de courte durée.</p> <p>c- Une déformation locale de grande durée.</p>
<p><b>1.1.2- Propagation d'une ride circulaire dans</b></p>	Observations des objets et phénomènes.	Loisir	<p>Faisons tomber un caillou à la surface libre de l'eau d'un étang. Qu'observez-vous ?</p>	<p>-Présentation du dispositif expérimental</p> <p>-Laisser tomber le caillou dans l'eau de la cuvette</p> <p>-Observer le point d'impact.</p>	<p>-Une cuvette contenant de l'eau</p> <p>-Un caillou</p>	<p>Lorsqu'on laisse tomber un caillou à la surface libre d'une eau calme, on observe :</p> <p>a- Des rides circulaires qui</p>


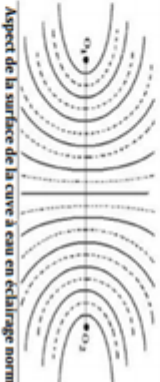

l'eau.			<p>Comment évolue ce qui se crée ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Introduction de la notion de ride</li> <li>- Comparer la direction de la perturbation à celle de la propagation des rides</li> </ul>	<p>Ressort</p> <p>-Support</p>	<p>se propagent parallèlement à la direction de la perturbation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>b- Des rides circulaires qui se propagent perpendiculairement à la direction de la perturbation.</li> <li>c- Des rides hyperboliques qui se propagent perpendiculairement à la direction de la perturbation</li> </ul>
1.1.3 <b>Propagation d'un signal le long d'un ressort</b>	Observations des objets et phénomènes.	scolaire	<p>Comprimons quelques spires de l'une des extrémités (l'autre extrémité est fixe) d'un ressort à spires non jointives suivant son axe et lâchons-les. Qu'observez-vous?</p> 	<p>-Présentation du dispositif expérimental</p> <p>-Décrivez-le</p> <p>-Comprimer quelques spires du ressort et relâcher-les. -</p> <p>Qu'observe-t-on ?</p> <p>- Comparer la direction de la propagation à celle de la compression</p>	<p>Les spires du ressort se déplacent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a- Linéairement à la direction de la compression.</li> <li>b-Perpendiculairement à la direction de la compression.</li> <li>c-Parallèlement à la direction de la compression.</li> </ul>
1.1.4 <b>Propagation d'un signal sonore</b>	Description des observations en utilisant un langage approprié.	Familial	<p>Considérons un haut-parleur en fonctionnement. Par quel mécanisme entendons-nous le son émis par ce haut-parleur ?</p>	<p>Nous entendons le son parce que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a-Le signal sonore émis se propage dans l'air.</li> <li>b-Le signal sonore émis est de bonne qualité.</li> <li>c-Le signal sonore émis vibre.</li> </ul>	<p>Nous entendons le son parce que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a-Le signal sonore émis se propage dans l'air.</li> <li>b-Le signal sonore émis est de bonne qualité.</li> <li>c-Le signal sonore émis vibre.</li> </ul>

<p><b>1.2 Les différents types de signaux mécaniques.</b></p>	<p>Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.</p>	<p>scolaire</p>	<p>Définir signal longitudinal, signal transversal.</p>	<p>- Classer les différents signaux vus précédemment suivant que la direction de propagation soit parallèle ou perpendiculaire celle de la perturbation. - Introduction des notions de signal transversal et signal longitudinal. - Introduction des notions d'onde et d'onde mécanique.</p>	<p>Craie tableau</p> <p>Une onde mécanique est : a- Une perturbation qui se propage sans transport de matière dans un milieu élastique. b- Une perturbation qui se propage avec transport de matière dans un milieu élastique. c- Une perturbation qui se propage sans transport de matière dans un milieu inélastique.</p>												
<p><b>1-3-La célérité d'une onde mécanique progressive.</b></p> <p><b>1.3.1-Définition de la célérité.</b></p>	<p>Présentation des données sous forme de relations fonctionnelles</p>	<p>Scolaire</p>	<p>Un dispositif a permis de déterminer la position et le temps mis par une onde au cours de sa propagation. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :</p> <table border="1" data-bbox="703 797 895 1070"> <tr> <td>d(m)</td> <td>50</td> <td>25</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>τ(s)</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td><math>\frac{d}{\tau}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Calculer la vitesse de propagation de l'onde.</p>	d(m)	50	25	75	τ(s)	10	5	15	$\frac{d}{\tau}$				<p>- Complétez le tableau. - Quel constat faites-vous ? - Introduction de la notion de célérité.</p>	<p>Règle Craie tableau</p> <p>La célérité d'une onde est donné par : a- <math>c = \frac{d}{\tau}</math> b- <math>c = d\tau</math> c- <math>c = \frac{d}{\tau}</math></p>
d(m)	50	25	75														
τ(s)	10	5	15														
$\frac{d}{\tau}$																	
<p><b>1.3.2 - Célérité d'une onde le long d'une corde élastique.</b></p>	<p>Présentation des données sous forme de relations fonctionnelles</p>	<p>scolaire</p>	<p>Un dispositif a permis de déterminer la tension d'une corde et sa masse par unité de longueur produisant une onde se propageant le long de cette corde. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :</p> <table border="1" data-bbox="240 797 416 1178"> <tr> <td>F(N)</td> <td>8</td> <td>16</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td><math>\mu(kg/m)</math></td> <td>2</td> <td>4</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td><math>\sqrt{F/\mu}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	F(N)	8	16	32	$\mu(kg/m)$	2	4	8	$\sqrt{F/\mu}$				<p>- Complétez le tableau. - Quel constat faites-vous ? - Introduction de la notion de Célérité d'une onde le long d'une corde élastique.</p>	<p>Règle Craie tableau</p> <p>La célérité d'une onde le long d'une corde est donné par : a- <math>c = \sqrt{F/\mu}</math> b- <math>c = \sqrt{\mu/F}</math> c- <math>c = \sqrt{\mu F}</math></p>
F(N)	8	16	32														
$\mu(kg/m)$	2	4	8														
$\sqrt{F/\mu}$																	

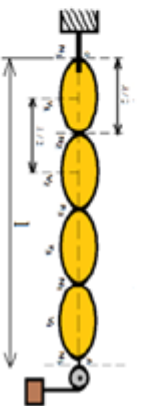
1.4 Grandeur associée à un signal.	Présentation des données sous forme de relations fonctionnelles	scolaire	Calculer la célérité de l'onde. Soit le schéma ci-dessous, représentant le mouvement d'un point M d'une corde. Quelle est la grandeur physique qui caractérise le mouvement de ce point ? 	- Identifier la direction de la déformation sur le schéma. - Introduction de la notion d'élongation transversale $Y_M(t)$ - Comparer les mouvements des points M et M' ? - Sachant que le point M' reproduit le mouvement du point M avec le retard de temps $\tau = MM'/V$ où V est la célérité de l'onde, exprimer $Y_{M'}(t)$ en fonction de $Y_M(t)$ et $\tau$ .	Planche	L'élongation du point M' est : a- $Y_{M'}(t) = Y_M(t - \tau)$ b- $Y_{M'}(t) = Y_M(\tau - t)$ c- $Y_{M'}(t) = Y_M(t - V)$
2. Les mécaniques ondes périodiques. 2.1 Quelques exemples. 2.1.1 Les ondes sinusoidales à la surface d'un liquide.	Observations des objets et phénomènes.	scolaire	Considérons une cuve à ondes contenant de l'eau au repos. Une pointe fixer à un vibreur de fréquence $f$ s'enfonce périodiquement dans l'eau. On éclaire le dispositif à l'aide d'un stroboscope. Qu'observe-t-on lorsque la fréquence des éclairs $f_s \approx f$ ( $f_s < f$ ) ? 	-Présentation du dispositif expérimental -Décrivez le dispositif expérimental -Qu'observe-t-on lorsque $f_s = f$ -Qu'observe-t-on lorsque $f_s \approx f$ ( $f_s < f$ ) ? -Introduction de la notion d'onde progressive	-Une cuve à ondes contenant de l'eau -Un vibreur muni d'une fourche à une pointe -Un stroboscope	Une onde progressive est : a-Une répétition périodique dans le temps des signaux qui apparaissent fixes. b-Une répétition périodique dans le temps des signaux qui se propagent. c- Une répétition dans le temps des signaux qui se propagent.
2.2- Les ondes progressives sinusoidales le long d'une corde élastique.	Description des observations en utilisant un langage approprié.	scolaire	Fixons l'extrémité libre 0 d'une corde tendue horizontalement à un vibreur. Lorsque le vibreur est mis en marche, le phénomène observé est schématisé ci-dessous : 	-Présentation du dispositif expérimental -Décrivez le dispositif expérimental -Quelle est sa forme de la corde ?	Corde élastique Vibreur	une corde soumise à l'excitation d'un vibreur a la forme : a-D'une hyperbole b-D'une parabole c-D'une sinusoïde
2.2- Périodicité	Application	scolaire	Les deux expériences ci-dessus	-Définir période dans le cas	Planche	La longueur d'onde est

spatiale d'une onde périodique.	de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.	Scolaire	<p>sont reprises en fixant <math>f_s = f</math>. Les phénomènes observés sont schématisés ci-dessous :</p> <p>Que représente le paramètre <math>\lambda</math> ?</p> 	général -Calculer la distance parcourue par l'onde à la vitesse $V$ pendant une période $T$ de la source. -Introduction de la notion de période spatiale -Quelle remarque peut-on faire entre la distance qui sépare les différentes rides ?	Planche	donnée par la relation : a- $\lambda = VT$ b- $\lambda = V/T$ c- $\lambda = \frac{T}{V}$
2.3- Equation de l'élongation d'onde périodique sinusoïdale.	Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.	Scolaire	<p>Considérons le schéma du contenu 2.2.2. Sachant que la source O effectue un mouvement de la forme <math>y_o(t) = a \sin \omega t = a \sin \frac{2\pi}{T} t</math>, établir l'équation du mouvement du point M situé à la distance <math>x</math> de O.</p>	-Rappeler la relation qui donne le mouvement d'un point $M'$ en fonction de $M$ , -Ecrire $y_M$ en fonction de $t$ , $y_o$ et $\tau$ . -Remplacer $\tau$ par sa valeur et en déduire l'expression de $y_M$ en fonction de $t$ , $T$ , $x$ et $\lambda$ -Tracer $y_M(t; x)$ lorsque $x$ est constant - Tracer $y_M(t; x)$ lorsque $t$ est constant - Introduction de la notion de double périodicité de l'onde	Planche	L'équation du point M est : a- $y_M(t; x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ b- $y_M(t; x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ c- $y_M(t; x) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T} T - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$
2.4- Etat vibratoire de deux points.	Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.	Scolaire	<p>Quelle est l'expression de la différence de phase entre deux points M et N d'abscisses respectifs <math>x_M</math> et <math>x_N</math> ?</p>	-Rappeler la définition de déphasage -Rappeler les déphasages particuliers d'une grandeur sinusoïdale. -En utilisant l'expression de $y_M(t; x)$ trouvée, calculer la différence de phase $\Delta\varphi = \varphi_M - \varphi_N$ -Déduire la condition pour que les points M et N vibrent en	Tableau Craie	La différence de phase entre deux points M et N d'abscisses respectifs $x_M$ et $x_N$ est : a- $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (x_N - x_M)$ b- $\Delta\varphi = \frac{\pi}{\lambda} (x_M - x_N)$ c- $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (x_M - x_N)$



<p>3- <b>Superposition des ondes progressives de faible amplitude.</b></p> <p>3.1- <b>Interférences mécaniques à la surface d'un liquide.</b></p> <p>3.1.1- <b>Dispositif expérimental</b></p>	Description des observations en utilisant un langage approprié.	Scolaire	<p>Soit le schéma ci-dessous représentant le dispositif expérimental d'interférences à la surface de l'eau. Décrivez ce dispositif.</p> 	<p>phase.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dédure la condition pour que les points M et N vibrent en opposition de phase.</li> <li>-Présentation du dispositif expérimental</li> <li>-Décrivez le dispositif expérimental</li> <li>-Identifier la source primaire et les sources secondaires</li> <li>-Réalisation de l'expérience</li> <li>-Les deux pointes vibrent-elles à la même fréquence ?</li> <li>- Introduction des notions des notions de cohérence et de synchronisme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Une cuve à ondes contenant de l'eau</li> <li>-Un vibreur muni d'une fourche à deux pointes</li> <li>-Un stroboscope</li> </ul>	<p>Décrivez ce dispositif expérimental d'interférences à la surface de l'eau.</p>
<p>3.1.2- <b>Observations des objets et phénomènes.</b></p>	Observations des objets et phénomènes.	Scolaire	<p>Les schémas ci-dessous représentent les observations en éclairage normal et en éclairage stroboscopique (<math>f_e = f</math>). Décrivez ces observations.</p> 	 <p>Aspect de la surface de la cuve à eau en éclairage stroboscopique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Quelle est la forme des rides en éclairage normal ?</li> <li>-Quelle est la forme des rides en éclairage stroboscopique ?</li> <li>-Qu'observe-t-on lorsqu'une des pointes ne touche plus la surface de l'eau ?</li> <li>- Introduction des notions des notions de franges d'interférences et de champ d'interférences.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Une cuve à ondes contenant de l'eau</li> <li>-Un vibreur muni d'une fourche à deux pointes</li> <li>-Un stroboscope</li> </ul>	<p>Le dispositif expérimental permet d'observer :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a-Des franges d'interférences</li> <li>b-Des rides d'interférences</li> <li>c-Des ondes d'interférences</li> </ul>
<p>3.1.3- <b>Interprétation</b></p>	Application de connaissances	Scolaire		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Enoncez du principe de superposition par l'enseignant</li> <li>-Ecrire l'équation du</li> </ul>	<p>Craie</p> <p>tableau</p>	<p>L'interférence est dite constructive lorsque :</p>

	et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.		Donner la condition d'obtention des franges constructives ou destructives.	<p>mouvement de <math>S_1</math> en un point M situé à la distance <math>d_1</math> de <math>S_1</math>.</p> <p>-Ecrire l'équation du mouvement de <math>S_2</math> en un point M situé à la distance <math>d_2</math> de <math>S_2</math>.</p> <p>-En utilisant principe de superposition et la construction de Fresnel, écrire le mouvement résultant au point M sous la forme <math>Y_M = A \cos(\omega t + \psi)</math></p> <p>-Donner les expressions de l'amplitude A et de la phase initiale <math>\psi</math></p> <p>-En déduire les conditions d'obtention des points d'amplitude maximale et d'amplitude nulle</p> <p>- Introduction des notions des notions de franges constructives, de franges destructives et d'ordre d'interférence.</p>	Règle Craie tableau	<p>a- <math>d_2 - d_1 = k\lambda</math></p> <p>b- <math>d_2 - d_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}</math></p> <p>c- <math>d_2 - d_1 = k\lambda</math></p>
3.1.4- Construction des franges d'interférences	Application à de nouveaux problèmes dans un autre domaine de la science.	Scolaire	Construire les franges d'interférences obtenues de l'expérience précédente.	<p>-Placer les points M, <math>S_1</math> et <math>S_2</math> sur un schéma en les reliant.</p> <p>-Tracer pour les deux sources les cercles de rayon entier (<math>k\lambda</math>) en trait fort et les cercles de rayon demi-entier (<math>(2k+1)\frac{\lambda}{2}</math>) en trait interrompu</p> <p>-Tracer les courbes <math>d_2 - d_1 = k\lambda</math> sachant qu'elles passent par les intersections des cercles de même nature</p> <p>-Tracer les courbes</p>		Citer les différentes étapes qui permettent de Construire les franges d'interférences.

			<p><math>d_2 - d_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}</math> sachant qu'elles passent par les intersections des cercles de nature différentes</p>	Planche	<p>Pour n fuseaux, la longueur utile de la corde est :</p> <p>a- <math>l = (2n+1)\frac{\lambda}{2}</math></p> <p>b- <math>l = n\lambda</math></p> <p>c- <math>l = n\frac{\lambda}{2}</math></p>
<p><b>3-2- Les ondes stationnaires</b></p>	<p>Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.</p>	<p>Scolaire</p> <p>Le schéma ci-dessous représente la superposition de deux ondes progressives de même amplitude et de même fréquence se propageant en sens contraires dans un même milieu.</p>  <p>Exprimer l en fonction de <math>\frac{\lambda}{2}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction de la notion d'onde stationnaire</li> <li>- Donner le nombre de motif observé sur le schéma</li> <li>- En déduire la relation entre l et <math>\frac{\lambda}{2}</math></li> <li>- Généraliser cette relation pour n motifs</li> <li>- Introduction des notions des notions de nœud, ventre et fuseau</li> </ul>		

## 2.7.2 Modèle de cours sur les ondes mécaniques.

### 1. Notion de signal

#### 1.1. Quelques exemples de signaux

##### 1.1.1 Propagation d'un ébranlement le long d'une corde élastique

**SP** : Étendons sur un sol lisse une très longue corde élastique, et fixons l'une des extrémités à un support fixe. Qu'observe-t-on lorsqu'on donne une impulsion brève à l'extrémité libre de la corde ?

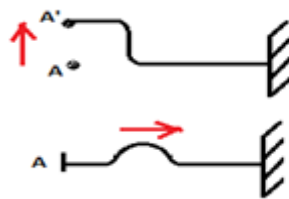


FIGURE 2.1 – propagation d'un signal le long d'une corde élastique

**Q** : Comment appelle-t-on l'impulsion brève donnée à la corde ?

**RAA** : Un signal.

**Q** : Qu'est-ce qu'un signal ?

**RAA** : C'est une déformation locale de courte durée.

**Q** : A quoi est dû la déformation de la corde ?

**RAA** : A un transfert d'énergie.

**Q** : Comparer la direction de la déformation avec celle de la propagation.

**RAA** : la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de la déformation.

**Q** : Attachons un nylon en un point quelconque de la corde. Comparer la position du nylon avant et après la perturbation. La perturbation transporte-t-elle de la matière ?

**RAA** : le nylon reprend sa position initiale. Il n'y a pas de transport de matière.

**Q** : A quoi est due la déformation de la corde du point A à A' ?

**RAA** : A un transfert d'énergie.

**Q** : Que se passerait-il si on remplaçait la corde élastique par un fil de fer ? Quelle doit être la propriété d'un milieu pour qu'une perturbation se propage ?

**RAA** : la perturbation ne se propagera pas. Le milieu doit être élastique.

### Conclusions de l'expérience :

On constate que :

✓ La perturbation se propage dans une direction perpendiculaire à la direction de la déformation : on dit que le signal est transversal.

✓ la déformation se transmet d'un point à l'autre sans transport de matière.

- ✓ La déformation de la corde d'un point à l'autre est due à un transfert d'énergie.
- ✓ La propagation d'une perturbation nécessite la présence d'un milieu élastique.

### 1.1.2. Propagation d'une ride circulaire à la surface de l'eau

**SP :** Faisons tomber verticalement un caillou à la surface libre d'une eau au repos contenue dans une bassine. Qu'observez-vous au point d'impact ?

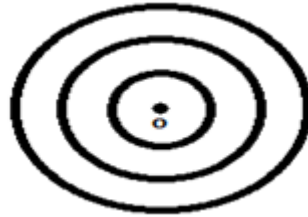


FIGURE 2.2 – propagation d'une ride circulaire à la surface de l'eau

**RAA :** On observe des rides circulaires centrées au point d'impact.

**Q :** Comparer la direction de la déformation avec celle de la propagation.

**RAA :** la direction de propagation est perpendiculaire à la direction de la déformation.

**Q :** Comment se comporte un objet flottant placé au voisinage de la perturbation ?

**RAA :** Il oscille verticalement dès qu'il est atteint par le signal mais n'est pas entraîné par ce dernier. Il n'y a pas transport de matière.

#### Conclusions de l'expérience :

On constate que :

- ✓ La perturbation se propage dans une direction perpendiculaire à la direction de la déformation : on dit que le signal est transversal.
- ✓ la déformation se transmet d'un point à l'autre sans transport de matière.

### 1.1.3 Propagation d'un signal dans un ressort

**SP :** Comprimons quelques spires de l'une des extrémités d'un ressort à spires non jointives et lâchons-les. Qu'observez-vous ?

**Q :** Comparer la direction de la déformation avec celle de la propagation.

**RAA :** La perturbation se propage parallèlement à la propagation.

**Q :** Attachons un nylon en un point quelconque du ressort. Comparer la position du nylon avant et après la perturbation. La perturbation transporte-t-elle de la matière ?

**RAA :** le nylon reprend sa position initiale. Il n'y a pas de transport de matière.

#### Conclusions de l'expérience :

On constate que :

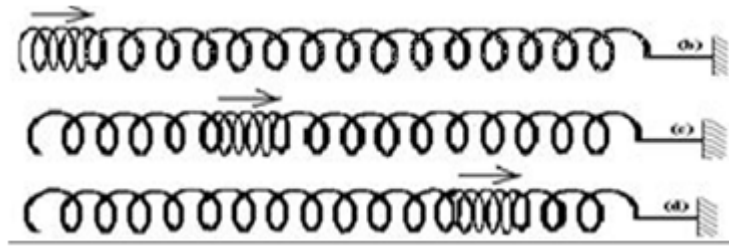


FIGURE 2.3 – propagation d'un signal dans un ressort

✓ La perturbation se propage dans une direction parallèle à la direction de déformation : on dit que le signal est longitudinal.

✓ la déformation se transmet d'un point à l'autre sans transport de matière.

#### 1.1.4 Définition

**Q** : Quelle est la caractéristique commune à la propagation des signaux étudiés précédemment ?

**RAA** : tous s'effectuent sans transport de matière.

**Q** : sachant que l'ensemble des signaux constituent une onde, définir onde.

**RAA** : une onde : est un phénomène de propagation d'une perturbation sans transport de matière.

**NB** : les signaux décrits plus haut nécessitent la présence des milieux matériels élastiques. De tels signaux sont dits mécaniques. Par conséquent, lorsque l'onde nécessite la présence d'un milieu élastique pour se propager, elle est dite mécanique.

#### 1.2. Célérité d'une onde mécanique

**SP** : Un dispositif a permis de déterminer la position et le temps mis par une onde au cours de sa propagation. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

**Tableau 4** : Résultats de l'expérience portant sur la célérité d'une onde mécanique

d(m)	5	10	15
$\tau$ (s)	1	2	3
$\frac{d}{\tau}$			

**Q** : Compléter le tableau. Quel constat faites-vous ? Que représente le rapport  $\frac{d}{\tau}$  ?

**RAA** : Le rapport est constant. C'est la vitesse de l'onde

**Conclusion** : la célérité est le terme utilisé pour désigner la vitesse de propagation d'une onde mécanique. Dans un milieu homogène, elle est donnée par :  $V = \frac{d}{\tau}$  où V est la célérité de l'onde mécanique ( $m.s^{-1}$ ) ; d est la distance parcourue par l'onde (m) ;  $\tau$  est la durée mis par l'onde pour franchir la distance d .

**Remarque** : la célérité d'une onde se propageant le long d'une corde élastique dépend de la tension de la corde et de sa masse par unité de longueur. Elle est donnée par :  $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ . F (tension de la corde) s'exprime en N. ( $\mu$ ). s'exprime en ( $Kg.m^{-1}$ ).

## 2. Les ondes mécaniques progressives.

### 2.1. Les ondes progressives le long d'une corde élastique.

**SP** : Fixons l'extrémité libre O d'une corde tendue horizontalement à un vibreur. Lorsque le vibreur est mis en marche, un dispositif est placé à l'autre extrémité pour éviter la réflexion des ondes. Le phénomène observé lorsque le système est éclairé par un stroboscope dont la fréquence des éclairs est égale à celle du vibreur est schématisé ci-dessous :

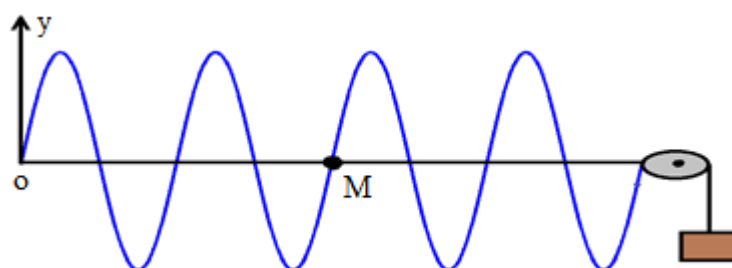


FIGURE 2.4 – aspect d'une corde élastique soumise à l'excitation d'un vibreur

**Q** : Quelle est sa forme de la corde ?

**RAA** : c'est une sinusoïde.

**Q** : Décrire l'aspect de la corde pour un éclairage stroboscopique telle que  $f \lesssim f_e$

**RAA** : On observe la sinusoïde avancer à partir du point O.

**Q** : Sachant que le phénomène observé est une onde progressive, définir onde progressive.

**RAA** : Une onde est dite progressive lorsqu'il y a répétition périodique dans le temps de signaux identiques qui se propagent.

### 2.2. Les ondes progressives à la surface d'un liquide.

**SP** : Considérons une cuve à onde contenant de l'eau au repos. Une pointe fixée à un vibreur de fréquence  $f$  s'enfonce périodiquement dans l'eau. Qu'observe-t-on à la surface de l'eau ?

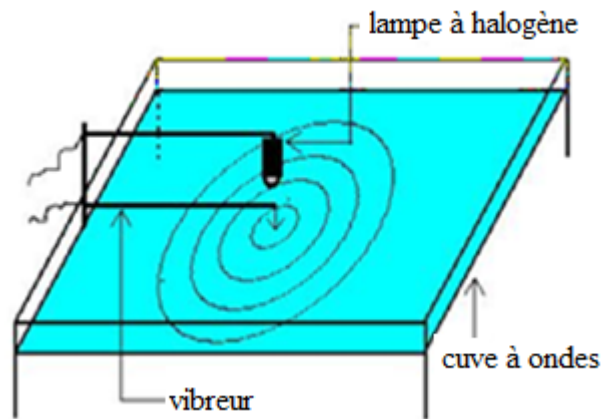


FIGURE 2.5 – cuve à onde contenant de l'eau au repos

**RAA** : on observe des rides circulaires concentriques qui se propagent à partir de la pointe.

**Q** : Soit  $f$  la fréquence des rides et  $f_e$  la fréquence des éclairs. Éclairons la cuve à l'aide d'un stroboscope dont la fréquence des éclairs est  $f_e$ . Qu'observe-t-on lorsque  $f = f_e$ ?, lorsque  $f \approx f_e$ ?

**RAA** : Lorsque  $f = f_e$ , les rides apparaissent fixes et équidistantes. Et lorsque  $f \lesssim f_e$ , les rides s'éloignent lentement de la source : c'est une **onde progressive**.

### 2.3. Période spatiale d'une onde progressive

**SP** : Les deux expériences ci-dessus sont reprises en fixant  $f = f_e$ . Les phénomènes observés sont schématisés ci-dessous :

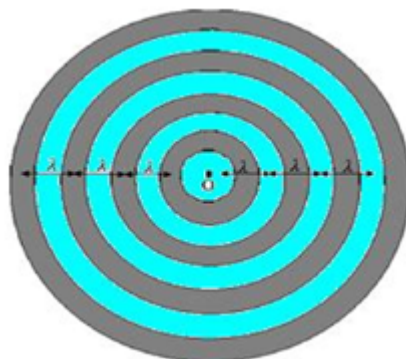


FIGURE 2.6 – vue en surface d'une onde progressive

**Q** : Rappeler la définition de la période d'un mouvement périodique.



**RAA** : Plus petit intervalle de temps au bout duquel le mouvement se reproduit identique à lui-même.

**Q** : Calculer la distance parcourue par l'onde à la vitesse  $V$  pendant une période  $T$  de la source.

**RAA** :  $d = V.T$ .

**Q** : Que représente le paramètre  $\lambda$  ?

**RAA** : distance parcourue par l'onde pendant une période : c'est la période spatiale d'une onde progressive. Elle est appelé longueur d'onde et est donnée par :  $\lambda = V.T$  avec :  $\lambda(m)$  ;  $C(m.s^{-1})$  ;  $T(s)$ .

#### 2.4. Équation de propagation ou élongation d'une onde progressive.

**SP** : Soit le schéma ci-dessous, représentant le mouvement d'un point  $M$  d'une corde élastique. Sachant que le point  $M$  reproduit le mouvement de  $O$  avec un retard  $\tau = \frac{x}{V}$  où  $OM = x$ ,  $V$  la vitesse de l'onde et  $\lambda = V.T$ . Établir l'équation de l'élongation  $Y_M$  de l'onde au point  $M$ . On donne :  $Y_O(t) = a \sin(\omega t)$ .

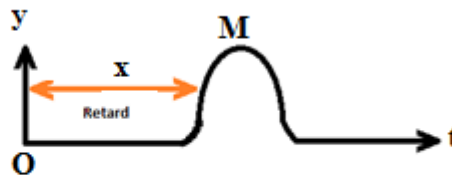


FIGURE 2.7 – aspect d'une corde élastique soumise à l'excitation d'un vibreur

**RAA** :

$$\begin{aligned}
 Y_M &= Y_O(t - \tau) \\
 &= Y_O\left(t - \frac{x}{V}\right) \\
 &= a \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{V}\right) \\
 &= a \sin \left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{T} \frac{x}{V}\right) \quad \text{or } V = \frac{\lambda}{T} \\
 &= a \sin \left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2x\pi}{\lambda}\right)
 \end{aligned}$$

**Q** : Comment varie  $y(t,x)$  lorsque  $t$  ou  $x$  est constant ?

**RAA** :

- Lorsque  $t$  est constant alors l'élongation est une fonction sinusoïdale d'espace et la période est dite **spatiale** ( $\lambda$ ).

- Lorsque  $x$  est constant alors l'élongation est une fonction sinusoïdale du temps et la période est dite **temporelle** (T) : on parle de **double périodicité**.

### 2.5. État vibratoire de deux points

**SP** : Quelle est l'expression de la différence de phase entre deux points M et N d'abscisses respectifs  $x_M$  et  $x_N$  ?

**Q** : Rappeler les déphasages particuliers de deux grandeurs sinusoïdales. Partant de  $\varphi_M - \varphi_N$ , établir la différence de phase entre deux points M et N d'abscisses respectives  $x_M$  et  $x_N$ . Quelle est la condition pour que deux points vibrent En phase ? En opposition de phase ?

**RAA** :

- Les points M et N vibrent en phase si  $|x_M - x_N| = k\lambda$  ( $k \in \mathbb{N}$ ).
- Les points M et N vibrent en opposition de phase si  $|x_M - x_N| = (k+1/2)\lambda$  ( $k \in \mathbb{N}$ ).

## 3. Superposition des ondes progressives de faible amplitude.

### 3.1. Interférences mécaniques à la surface d'un liquide.

#### 3.1.1. Dispositif expérimental

**SP** : Soit le schéma ci-dessous représentant le dispositif expérimental d'interférences à la surface de l'eau. Décrivez ce dispositif.

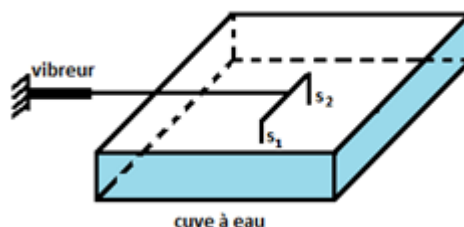


FIGURE 2.8 – dispositif expérimental de la superposition des ondes progressives

**Q** : Identifier la source primaire et les sources secondaires. Les deux pointes vibrent-elles à la même fréquence ?

**N.B** : Pour obtenir le phénomène d'interférence, les sources doivent être synchrones (même fréquence) et cohérentes (différence de phase constante)

#### 3.1.2 Observations

**SP** : Les schémas ci-dessous représentent les observations en éclairage normal et en éclairage stroboscopique.

**Q** : Quelle est la forme des rides en éclairage normal ? en éclairage stroboscopique ?

**RAA** : En éclairage normal, on observe entre les pointes des rides de forme hyperbolique.

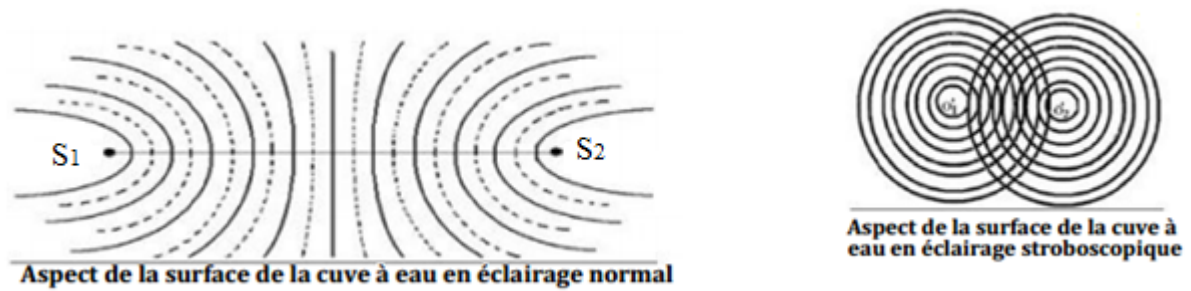


FIGURE 2.9 – Aspect de la surface de l'eau en éclairage normal et en éclairage stroboscopique

En éclairage stroboscopique, on observe des systèmes de rides circulaires autour des deux points. Ces systèmes de rides se croisent dans la région située entre les points : cet espace est appelé champ d'interférence. En dehors de cette zone, le phénomène d'interférence n'est plus observé.

### 3.1.3. Interprétation

**Énoncé du principe de superposition des petits mouvements :** Lorsque deux ondes de faible amplitude se propagent dans la même direction, dans un même milieu, l'élongation résultante en un point est égale à la somme des élongations de chacune de ces deux ondes en ce point.

**SP :** Au point M se superposent les vibrations venant de  $s_1$  et  $s_2$ . Établir en utilisant le principe de superposition l'élongation de la vibration résultante Y au point M. Sachant que V est la célérité des ondes à la surface du liquide et M un point du champ d'interférence telle que :  $S_1M = d_1$  et  $S_2M = d_2$ .

**RAA :** Au point M se superposent les vibrations venant  $s_1$  et  $s_2$ . L'élongation de la vibration résultante au point M est  $y_{12} = y_1 + y_2$ .

- Au niveau des sources  $s_1$  et  $s_2$ , on a :

$$y_{s_1} = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_1\right)$$

$$y_{s_2} = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_2\right)$$

- Au point M, on a :

$$y_1 = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{d_1}{V}\right) + \varphi_1\right)$$

$$y_2 = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{d_2}{V}\right) + \varphi_2\right)$$

En appliquant le principe de superposition au point M, on obtient :

$$y_{12} = y_1 + y_2 = a \cos\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{d_1}{V}\right) + \varphi_1\right) + a \cos\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{d_2}{V}\right) + \varphi_2\right)$$

$$y_{12} = 2A \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_1 - d_2) + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right] \cos\left[\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{\lambda}(d_1 + d_2) + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right]$$

- D'après le principe de superposition, les deux sources sont en phase. Ceci implique

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 0 + 2k\pi$$

$$\text{D'où } y_{12} = 2A \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_1 - d_2)\right] \cos\left[\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{\lambda}(d_1 + d_2) + \varphi\right]$$

On note  $\delta = d_2 - d_1$  la différence de marche et l'ordre d'interférence est  $p = \frac{\delta}{\lambda}$

**Remarque :**

– **Points vibrant à amplitude nulle**

$$A = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\pi}{\lambda}(d_1 - d_2) = \frac{\pi}{2} + k\pi = 0$$

$$\Rightarrow 2 \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] = 0$$

$$\Rightarrow 2 \cos \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) = 0$$

$$\text{D'où } d_2 - d_1 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad (k \in \mathbb{Z}).$$

On dit que les ondes arrivent en opposition de phase en M.

– **Points vibrant à amplitude maximale**

$$A = \pm 2a$$

$$\Rightarrow 2a \cos\left[\frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1)\right] = \pm 2a$$

$$\Rightarrow 2 \cos \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) = \pm 1$$

$$\Rightarrow \frac{\pi}{\lambda}(d_2 - d_1) = k\pi$$

$$\text{D'où } d_2 - d_1 = k\lambda \quad (k \in \mathbb{Z})$$

### 3.2. Les ondes stationnaires

**SP :** Fixons l'extrémité libre 0 d'une corde fine et souple tendue horizontalement à un vibreur et adaptons à l'autre extrémité passant par la gorge d'une poulie un dispositif d'amortissement (du coton par exemple). Lorsque le vibreur est mis en marche, on obtient le schéma suivant : Décrire les observations

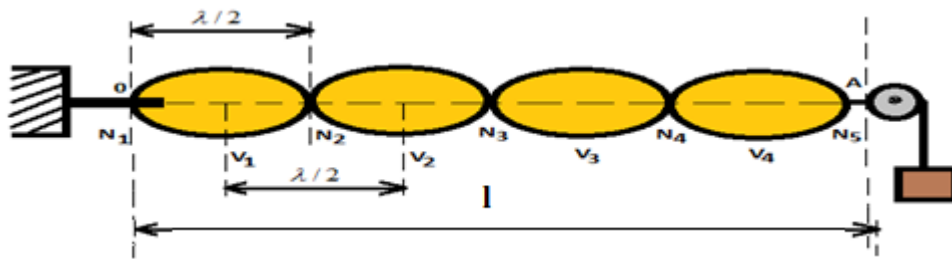


FIGURE 2.10 – dispositif expérimental de la corde de Melde

**RAA :** les points V de la corde vibrent avec une amplitude maximale. On dit que ce sont les ventres de la vibration. Les points N sont immobiles. Ce sont les noeuds de vibration.

**Q :** Donner le nombre de motif (qu'on appelle fuseau) observé sur le schéma. En déduire la relation entre  $l$  (longueur utile de la corde) et  $\frac{\lambda}{2}$ . Généraliser cette relation pour  $n$  fuseaux.

**RAA :**  $l = \frac{n\lambda}{2}$  où  $n$  est le nombre de fuseaux.

**Applications :** On produit les ondes stationnaires :

\* Dans les appareils de musique à cordes (guitare, violon, harpe, piano...). Le milieu de propagation est une corde élastique.

\* Dans les appareils de musique à percussion (tam-tam, cloche...). Le milieu de propagation est une membrane ou un corps solide.

### 2.7.3 Plan CHIS sur la lumière.

**Titre de la leçon : LA LUMIÈRE**

**Objectifs :** A la fin de ce cours, l'élève doit être capable :

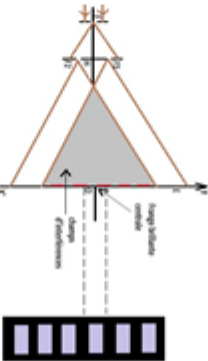
- ◆ D'expliquer le phénomène d'interférences lumineuses.
- ◆ D'expliquer l'effet photoélectrique.
- ◆ De mettre en relief le double aspect ondulatoire et corpusculaire de la lumière.

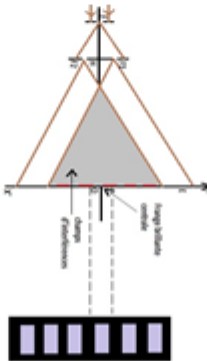
**Tableau 5 :** Plan CHIS sur la lumière

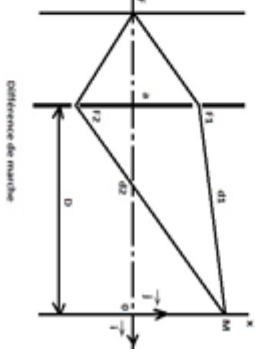
### Titre de la leçon : LA LUMIERE

#### Objectifs :

- Expliquer le phénomène d'interférences lumineuses.
- Expliquer l'effet photoélectrique.
- Mettre en relief le double aspect ondulatoire et corpusculaire de la lumière.

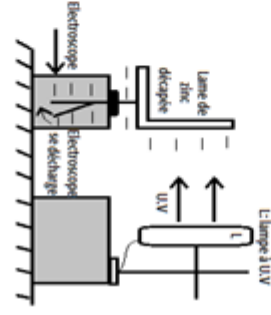
contenus	Habiletés	Cadre de vie	Situation-problèmes	Activités enseignement/apprentissage	Matériels didactiques	Items d'évaluation
<p><b>1-Le modèle ondulatoire de la lumière.</b></p> <p>1-1- Une expérience d'interférences lumineuses : l'expérience de Young</p> <p>1.1.1- Dispositif expérimental</p>	Description des observations en utilisant un langage approprié.	Scolaire	<p>On considère le dispositif expérimental ci-dessous. Décrivez-le</p> 	<p>-Présentation de la planche</p> <p>-Décrivez-le</p>	Une planche	<p>Le dispositif expérimental de Young est constitué :</p> <p>a-D'une source lumineuse, de deux fentes primaires, d'une fente secondaire et d'un écran.</p> <p>b-De deux sources lumineuses, de deux fentes secondaires, d'une fente primaire et d'un écran.</p> <p>c-D'une source lumineuse, d'une fente primaire, de deux fentes secondaires, et d'un écran.</p>
<p><b>1.1.2- Observations.</b></p>	Description des observations en utilisant un langage approprié.	Scolaire	<p>Décrivez l'aspect de l'écran lorsqu'on envoie la source lumineuse ?</p>	<p>-Rappeler les observations faites lors des interférences mécaniques à la surface de l'eau</p> <p>-Décrivez l'aspect de l'écran ?</p> <p>-Introduction des franges d'interférences</p> <p>-Comparez la distance entre les</p>	Une planche	<p>Dans l'expérience de Young, on observe sur l'écran :</p> <p>a- Un ensemble de bandes brillantes alternant avec des bandes sombres.</p>

			<p>franges brillantes consécutives et les franges sombres consécutives. Introduction de la notion d'interfrange.</p> <p>-Que se passe-t-il si on avance ou recule, ou incline l'écran (cas des figures...)? Introduction de la notion de franges non localisées</p> <p>-Que se passe-t-il lorsqu'on couvre l'une des fentes ?</p>	Craie tableau	<p>b- Un ensemble de bandes brillantes, rectilignes et parallèles alternant avec des bandes sombres.</p> <p>c- Un ensemble de bandes brillantes, rectilignes et perpendiculaires alternant avec des bandes sombres.</p>
<p><b>1.1.3- Interprétation</b></p>	<p>Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.</p>	<p>Scolaire</p> <p>Expliquer la formation des franges d'interférences</p> 	<p>- Rappeler l'origine des franges d'interférences des interférences mécaniques à la surface de l'eau.</p> <p>-Que se passe-t-il au niveau des fentes ?</p> <p>-Que représente la zone grise ?</p> <p>-Expliquer la formation des différents types de franges sur l'écran</p> <p>- Rappeler les conditions d'obtention des franges constructives et destructives dans le cas des ondes mécaniques</p> <p>-Si la lumière a le même comportement qu'une onde mécanique, que peut-on dire de sa nature ?</p> <p>-Suivons deux rayons lumineux issus de la source et parcourant deux chemins distinct avant de se rejoindre en un point M du champ d'interférences, quelle est la condition pour que le point M soit situé sur :</p>		<p>Dans l'expérience de Young, les franges d'interférences résultent de :</p> <p>a- La superposition de deux ondes lumineuses issues de deux sources <math>F_1</math> et <math>F_2</math> cohérentes et synchrones.</p> <p>b- La superposition de deux ondes lumineuses issues de deux sources <math>F_1</math> et <math>F_2</math> cohérentes et synchrones.</p> <p>c- La superposition de deux ondes lumineuses issues de deux sources <math>F_1</math> et <math>F_2</math>.</p>

<p><b>Position des franges</b></p>	<p>Application à de nouveaux problèmes dans un autre domaine de la science.</p>	<p>Scolaire</p>	<p>Considérons un point M du champ d'interférences ci-dessous. Calculer la différence de marche <math>\delta = d_2 - d_1</math></p>  <p style="text-align: center;">différence de marche</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Donner les coordonnées des points <math>F_1, F_2</math> et M dans le repère <math>(O, i, j)</math>. Puis calculer les distances <math>d_1</math> et <math>d_2</math>.</li> <li>- Calculer la différence <math>d_2^2 - d_1^2</math></li> <li>- Déduire <math>\delta</math> en utilisant l'approximation <math>d_1 + d_2 \approx 2D</math></li> <li>- Rappeler les conditions d'obtention des franges brillantes et sombres</li> <li>- En déduire les positions des franges brillantes et sombres</li> <li>- Rappeler la définition de l'interfrange puis déduire son expression</li> </ul>	<p>Une planche</p>	<p>L'expression de la différence de marche est :</p> $a-d_1-d_2 = \frac{\alpha x}{D}$ $b-d_1-d_2 = \frac{aD}{x}$ $c-d_1-d_2 = \frac{D}{\alpha x}$ <p>L'interfrange est donnée par :</p> $a-i = \frac{\lambda a}{D}$ $b-i = \frac{\lambda D}{a}$ $c-i = \frac{a}{\lambda D}$
------------------------------------	---	-----------------	--	--	--------------------	---

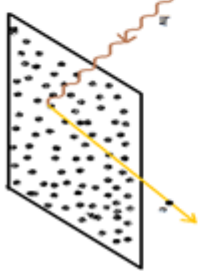


<p><b>1.1.4 – L'intensité lumineuse</b></p>	<p>Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.</p>	<p>scolaire</p>	<p>Donner l'expression de l'intensité lumineuse en un point M de l'écran</p>	<p>-Sachant que les rayons lumineux issus de <math>F_1</math> et <math>F_2</math> peuvent être représentés par <math>S_1 = S_2 = S_0 \cos \omega t</math>, écrire l'équation de ces mouvements en un point M de l'écran -Rappeler l'énoncé du principe de superposition -En utilisant la construction de Fresnel, écrire la vibration résultante au point M -Déduire l'intensité lumineuse en ce point sachant qu'elle est proportionnelle au carré de l'amplitude du mouvement résultant</p>	<p>Craie tableau</p>	<p>L'intensité lumineuse en un point M de l'écran est : a- <math>I = 4k\epsilon_0^2 \cos^2\left(\frac{\pi D x}{aD}\right)</math> b- <math>I = 4k\epsilon_0^2 \cos^2\left(\frac{\pi D x}{a\lambda}\right)</math> c- <math>I = 4k\epsilon_0^2 \cos^2\left(\frac{\pi a x}{\lambda D}\right)</math></p>
<p><b>1.1.5 – Interférence en lumière blanche</b></p>	<p>Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.</p>	<p>Scolaire</p>	<p>Dans l'expérience précédente, on remplace la source de lumière monochromatique par une source de lumière blanche. L'écran est schématisé ci-dessous. Décrire l'aspect de l'écran.</p>	<p>-Donner la différence entre lumière polychromatique et monochromatique. -Qu'observe-t-on sur l'écran dans le cas de la lumière polychromatique ? -Quelle est la différence de marche au point O ? en déduire la nature de la frange centrale dans le cas de la lumière blanche ? -Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la frange centrale : a-Les radiations qui se superposent sont de moins en plus nombreuses et les franges de plus en plus distinctes. b-Les radiations qui se superposent sont de plus en plus nombreuses et les franges de plus en plus distinctes.</p>	<p>Une planche</p>	<p>Dans l'interférence en lumière blanche, la frange centrale : a-Est brillante b-Est sombre c-A un aspect blanc grisâtre -Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la frange centrale : a-Les radiations qui se superposent sont de moins en plus nombreuses et les franges de plus en plus distinctes. b-Les radiations qui se superposent sont de plus en plus nombreuses et les franges de plus en plus distinctes.</p>

<p><b>1.2- Autres dispositifs interférentiels à franges non localisées</b></p>	<p>Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.</p>	<p>Scolaire</p>	<p>Citer d'autres dispositifs interférentiels à franges non localisées</p>	<p>-Introduction des autres dispositifs interférentiels à franges non localisées - Introduction de la nature des ondes lumineuses</p>	<p>Craie tableau</p>	<p>Deux autres dispositifs interférentiels à franges non localisées sont : a-Le bi-prisme de Fresnel et demi-lentilles de Lloyd b-Le bi-prisme de Fresnel et demi-lentilles de Billet c-Le bi-prisme de Billet et demi-lentilles de Fresnel</p>
<p><b>2-Le modèle corpusculaire de la lumière</b></p> <p><b>2.1-Mise en évidence et définition de l'effet photoélectrique : expérience de Hertz</b></p> <p><b>2.1.1-Observations</b></p>	<p>Observations des objets et phénomènes.</p>	<p>Scolaire</p>	<p>Considérons le dispositif expérimental ci-dessous. Qui observe-t-on lorsque la lame est éclairée avec une source de lumière riche en rayonnement ultraviolet ?</p> 	<p>-Présentation du dispositif expérimental (planche) -Décrivez le dispositif expérimental -Réalisation de l'expérience - Qui observe-t-on lorsque la lame est éclairée avec une source de lumière riche en rayonnement ultraviolet ? - Qu'observe-t-on lorsqu'on interpose sur le trajet lumineux une lame de verre capable d'arrêter les rayons ultraviolets ? - Qu'observe-t-on lorsque la plaque est éclairée par une lampe à incandescence ?</p>	<p>-Un électroscope chargé négativement -Une plaque de zinc bien décapée, -Lampe à UV -Lampe à incandescence -Lame de verre -Planche</p>	<p>Lorsque la lame est éclairée par une source de lumière riche en rayonnement ultraviolet, les feuilles de l'électroscope : a-S'éloignent progressivement b-Se rapprochent progressivement c-Restent fixes</p>
<p><b>2.1.2-Interprétation</b></p>	<p>Interprétation des données expérimentales et des observations</p>	<p>Scolaire</p>	<p>Pourquoi les feuillets de l'électroscope se rapprochent quand on éclaire la lame de zinc par une source lumineuse UV ?</p>	<p>- Pourquoi les feuillets de l'électroscope se rapprochent quand on éclaire la lame de zinc par une source lumineuse UV sachant qu'un rayonnement ultraviolet est capable d'expulser les électrons du métal de zinc ?</p>	<p>Craie Tableau</p>	<p>L'effet photoélectrique est : a-L'extraction des électrons d'un métal par un rayonnement électromagnétique b-L'extraction des électrons d'un métal</p>





<p><b>2-3-2</b> <b>Interprétation d'Einstein du seuil photoélectrique</b></p>	<p>science.</p>	<p>Description des observations en utilisant un langage approprié.</p>	<p>Scolaire</p>	<p>Considérons le schéma suivant :</p>  <p>Que se passe-t-il lorsqu'un photon entre en collision avec un électron de la surface libre du métal ?</p>	<p>-Rappeler l'expression de l'énergie d'un quantum -Sachant que <math>W_0</math> est le travail minimal qu'il faut fournir à un électron de conduction pour le sortir du métal avec une vitesse nulle, écrire la relation liant <math>W_0</math> et la fréquence seuil <math>\nu_0</math> du photon (le processus de collision est un transfert d'énergie du photon à l'électron) - Introduction du travail</p>	<p>Planchette</p>	<p>multiples d'une quantité fondamentale appelée quantum d'énergie. b-Les échanges d'énergie entre le rayonnement et la matière s'effectuent de façon discontinue par paquets multiples d'une quantité fondamentale appelée quanta d'énergie.</p> <p>L'énergie cinétique maximale des électrons est :</p> <p>a- <math>EC_{max} = h(\nu - \nu_0)</math> b- <math>EC_{max} = h(\nu_0 - \nu)</math> c- <math>EC_{max} = h(\nu + \nu_0)</math></p>
---	-----------------	--	-----------------	--	--	-------------------	--

		<p>d'extraction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Que se passerait-il si l'énergie du photon <math>h\nu</math> est inférieure au travail d'extraction <math>W_0</math> ?</li> <li>- Et lorsque <math>h\nu &gt; W_0</math> ?</li> </ul> <p>Exprimer l'énergie cinétique maximale des électrons en fonction de <math>h\nu</math> et <math>W_0</math>.</p>	Planche	<p>L'équation de la droite de Millikan est :</p> <p>a- <math>U_0 = h\nu(\nu - \nu_0)</math></p> <p>b- <math>U_0 = \frac{e}{h}(\nu - \nu_0)</math></p> <p>c- <math>U_0 = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0)</math></p>																				
<p><b>2-3-3 Confirmation de Millikan</b></p>	<p>Traitement des données expérimentales</p>	<p>Scolaire</p> <p>Pour deux métaux utilisés (lithium et potassium), on a déterminé les potentiels d'arrêt <math>U_0</math> en fonction des fréquences de la radiation incidente. Les valeurs trouvées sont inscrites dans le tableau suivant :</p> <table border="1" data-bbox="651 833 992 1205"> <tr> <td><math>U_0</math> pour rLi</td> <td>0,1</td> <td>0,4</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td><math>U_0</math> pour rK</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>5</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td><math>\nu \cdot 10^{14} \text{ Hz}</math></td> <td>6,1</td> <td>6,9</td> <td>7,6</td> <td>8,2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>7</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>2</td> </tr> </table> <p>Représenter sur le même graphique <math>U_0 = f(\nu)</math></p>	$U_0$ pour rLi	0,1	0,4	0,7	0,9	$U_0$ pour rK	24	25	5	7	$\nu \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	6,1	6,9	7,6	8,2		7	1	9	2		<p>d'extraction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Que se passerait-il si l'énergie du photon <math>h\nu</math> est inférieure au travail d'extraction <math>W_0</math> ?</li> <li>- Et lorsque <math>h\nu &gt; W_0</math> ?</li> </ul> <p>Exprimer l'énergie cinétique maximale des électrons en fonction de <math>h\nu</math> et <math>W_0</math>.</p> <p>- Choix d'une échelle convenable</p> <p>- Quelle est l'allure des courbes obtenues ? Comparer leurs directions</p> <p>- Introduction des courbes de Millikan</p> <p>- Donner l'équation générale de ces droites en fonction de <math>\nu</math> et <math>\nu_0</math>.</p> <p>- En utilisant les deux expressions de <math>EC_{\text{max}}</math> trouvées ci-dessus, exprimer le coefficient directeur de ces droites en fonction de <math>h</math> et <math>e</math>.</p> <p>- Que représente la fréquence correspondant à <math>U_0 = 0</math> pour chaque métal ? En déduire la fréquence seuil de chaque métal</p> <p>- Introduction de la troisième et de la quatrième loi de l'effet photoélectrique</p>
$U_0$ pour rLi	0,1	0,4	0,7	0,9																				
$U_0$ pour rK	24	25	5	7																				
$\nu \cdot 10^{14} \text{ Hz}$	6,1	6,9	7,6	8,2																				
	7	1	9	2																				
<p><b>2-4- Autres illustrations de l'aspect corpusculaire de la lumière</b></p>	<p>Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.</p>	<p>Scolaire</p> <p>Citer d'autres expériences qui permettent de mettre en évidence l'aspect corpusculaire de la lumière</p>	<p>Craie</p> <p>Tableau</p>	<p>Les expériences ci-dessous permettent de mettre en évidence l'aspect corpusculaire de la lumière :</p> <p>a- L'effet photoélectrique, l'effet Compton,</p>																				

					Craie Tableau	l'expérience de Young b-L'effet photoélectrique, l'effet Compton, l'effet Raman c-L'effet photoélectrique, l'effet Compton, le bi-prisme de Fresnel
<b>2-5- Applications de l'effet photoélectrique</b>	Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.	Scolaire	Citer les appareils fonctionnant sur le principe de l'effet photoélectrique	Parmi les appareils suivants identifier ceux qui sont des applications de l'effet photoélectrique : photopiles, panneaux solaires, DVD, photodiodes, téléviseur, photo-résistors. - Introduction des notions de photoconductivité, photovoltaïque, photo-ionisation et de photoémission.	Craie Tableau	Les appareils suivants sont des applications de l'effet photoélectrique : b-Photoémission, photopiles, c-Panneaux solaires, photopiles, photoconductivité a-Panneaux solaires, photopiles, photodiodes
<b>3-Dualité onde-corpuscule</b>	Application de connaissances et de méthodes scientifiques à des nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.	Scolaire	Au regard des expériences menées précédemment, quelle est la véritable nature de la lumière ?	- Sous quelles formes peuvent se manifester la lumière ? - Introduction de la Dualité onde-corpuscule de la lumière.	Craie Tableau	La lumière a un comportement : a-Corpusculaire ou ondulatoire b-Ondulatoire c-Corpusculaire et ondulatoire d-Corpusculaire

## 2.7.4 Modèle de cours sur la lumière.

### 1. Aspect ondulatoire de la lumière

#### 1.1. Interférences lumineuses

##### 1.1.1. Expérience des fentes de Young

**SP** : On considère le dispositif expérimental ci-dessous. Décrivez-le.

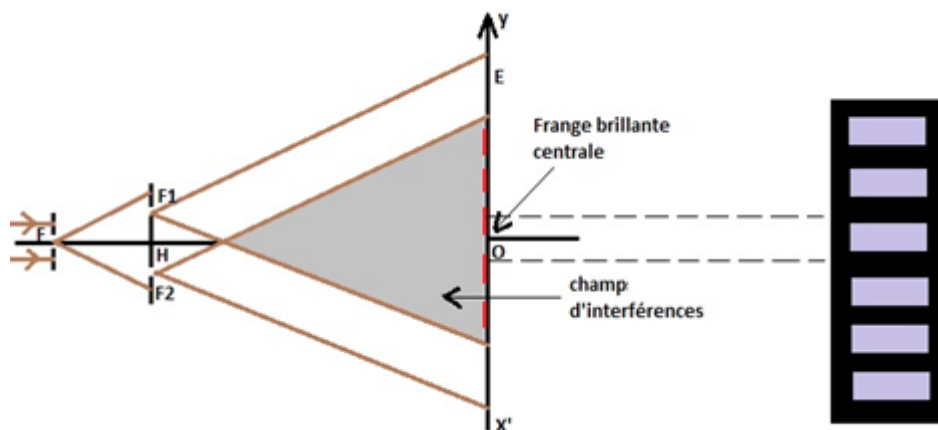


FIGURE 2.11 – dispositif expérimental des fentes de Young.

**RAA** : le dispositif est constitué d'une fente primaire éclairée par une source de lumière laser, de deux fentes secondaires symétriques par rapport à la fente primaire et d'un écran.

#### 1.1.2 Observations

**Q** : Qu'observe-t-on sur la zone éclairée par la lumière issue des deux fentes secondaires ?

**RAA** : Dans la zone éclairée simultanément par les deux fentes  $F_1$  et  $F_2$ , on observe un ensemble de bandes brillantes, rectilignes et parallèles, alternant avec des bandes sombres : ce sont **des franges d'interférences**.

**Q** : Qu'observe-t-on si le système de fentes est plus rapproché (diminution de la largeur des fentes secondaires) ?

**RAA** : si l'on utilise un système de fentes plus rapprochées, les franges d'interférences deviennent aussi plus espacées.

**Q** : Comparer la distance entre les franges brillantes consécutives et les franges sombres consécutives.

**RAA** : la distance entre deux franges consécutives est la même que celle de entre franges sombres consécutives : cette distance est appelée **interfrange**.

**Q** : Que se passe-t-il lorsqu'on déplace l'écran (éloignement ou rapprochement tout en restant dans le champ d'interférence) ?



**RAA** : Lorsqu'on recule l'écran, les franges d'interférences deviennent plus espacées et l'interfrange augmente.

**Q** : Que se passe-t-il lorsqu'on couvre une des fentes ?

**RAA** : les franges disparaissent.

**N.B** : La variation de la position (quelques centimètres) de l'écran (avancée, reculée, frontale ou inclinée) dans le champ d'interférence laisse toujours observer les franges d'interférences. On dit que **les franges sont non localisées**.

### 1.1.3. Interprétations des observations

**SP** : En se référant aux interférences mécaniques, expliquer la formation des franges d'interférences.

**RAA** : Les franges résultent de la superposition de deux ondes lumineuses issues de deux sources cohérentes et synchrones.

**Q** : Si la lumière a le même comportement qu'une onde mécanique, que peut-on dire de sa nature ?

**RAA** : La lumière est une onde.

#### ♣ Position des franges

**SP** : Considérons un point M du champ d'interférences ci-dessous. Calculer la différence de marche.

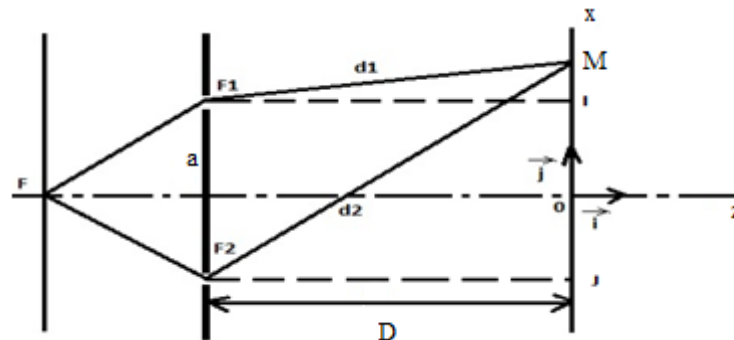


FIGURE 2.12 – Différence de marche.

**RAA** :  $\delta = (FF_2 + F_2M) - (FF_1 + F_1M) = FF_2 + F_2M - FF_1 - F_1M$  car  $FF_2 = FF_1$ .  
 $\delta = d_2 - d_1$ .

**Q** : Donner les coordonnées des points  $F_1$ ,  $F_2$  et M dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ . Puis déterminer  $d_1$  et  $d_2$ . Sachant que  $d_1 + d_2 \cong 2D$ , calculer la différence de marche.

**RAA** : Dans le triangle  $F_2JM$  rectangle en J, le théorème de Pythagore se traduit par :

$$d_2^2 = D^2 + \left(x + \frac{a}{2}\right)^2.$$

De la même manière dans  $F_1IM$ , on a :  $d_1^2 = D^2 + \left(x - \frac{a}{2}\right)^2$ .

Ainsi,  $d_2^2 - d_1^2 = (x + \frac{a}{2})^2 - (x - \frac{a}{2})^2 = [x + \frac{a}{2} + x - \frac{a}{2}][x + \frac{a}{2} - x + \frac{a}{2}] = 2ax$  or  $d_2^2 - d_1^2 = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1)$

$$\Rightarrow (d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2ax$$

Pour produire les franges d'interférences, le système doit être tel que  $a$  et  $x$  soient de l'ordre du millimètre et  $D$  de l'ordre du mètre alors  $d_2 + d_1 \approx 2D$ , on a :

$$(d_2 - d_1)(2D) = (2ax)(a)$$

$$\Rightarrow \delta = d_2 - d_1 = a \frac{x}{D}$$

**Q :** Déduire la position des différentes franges.

**RAA :**

✓ Si M est sur une frange brillante alors  $\delta = k\lambda$  or  $\delta = a \frac{x}{D}$ , en égalant les deux expressions on a  $x_k = k \frac{\lambda D}{a}$ .

Pour  $k = 0$ ,  $x = 0$  on a donc la frange brillante centrale. Pour  $k = 1$ ,  $x = \frac{\lambda D}{a}$ , on a la frange brillante suivante et ainsi de suite.

✓ Si M est sur une frange sombre alors,  $\delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$  or  $\delta = a \frac{x}{D}$ , en égalant les deux expressions on a  $x_k = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a}$ .

**Q :** Donnez la relation qui lie la différence de marche de deux rayons issus des fentes  $F_1$  et  $F_2$ , à la longueur d'onde  $\lambda$ .

**RAA :**

✓ Si la différence de marche est  $\delta = d_2 - d_1 = k\lambda$  ( $k \in \mathbb{Z}$ ), les vibrations issues de  $F_1$  et de  $F_2$  qui parviennent en M sont en phases (**interférences constructives**), on a alors un maximum de lumière.

L'ordre d'interférence P est dans ce cas :  $p = \frac{\delta}{\lambda} = k$ .

Pour  $k = 0$ ,  $p = 0$ . **La frange centrale est donc brillante** pour tous les systèmes de franges.

De façon générale, les franges brillantes ont les ordres :  $-n, \dots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots, n$ .

✓ Si la différence de marche est  $\delta = d_2 - d_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$  ( $k \in \mathbb{Z}$ ) les vibrations issues de  $F_1$  et de  $F_2$  qui parviennent en M sont en opposition de phases (**interférences destructives**), on a alors des franges sombres. L'ordre d'interférence est dans ce cas :  $p = k + 1/2$ . Les franges sombres ont donc de façon générale des ordres :  $-(n + 1/2), \dots, -3/2, -1/2, 1/2, \dots, n + 1/2$ .

**Q :** Rappeler la définition de l'interfrange puis déduire son expression.

**RAA :** On appelle interfrange, la distance qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature.

Nous avons établi que pour une frange brillante, la position était donnée par la relation  $x_k = k \frac{\lambda D}{a}$ . Ainsi, la frange consécutive a  $x_k$  peut être  $x_{k+1} = (k + 1) \frac{\lambda D}{a}$  ou  $x_{k-1} = (k - 1) \frac{\lambda D}{a}$ . L'interfrange sera  $i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a}$  avec  $D$ ,  $i$  et  $\lambda$  en m.

**Remarque :** Le phénomène d'interférence lumineuse peut aussi être observé à partir du bimiroir de Fresnel, du bi-prisme de Fresnel ou des demi-lentilles de Billet.

#### 1.1.4. Intensité lumineuse.

Elle n'est observable que pour les franges brillantes, pour celles sombres ( $A = 0$ ) Les ondes associées à chaque rayon lumineux peuvent être représentées par des fonctions sinusoïdales :  
 $S_1 = S_2 = S_0 \cos \omega t$ .

Si  $\phi$  est le déphasage en un point M du champ d'interférence entre les ondes issues des sources  $F_1$  et  $F_2$ , on montre que l'intensité lumineuse en un point est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde résultante en ce point.

$$I(M) = 4k^2 S_0^2 \cos^2[\pi(d_2 - d_1) \frac{1}{\lambda}] \text{ or } d_2 - d_1 = \frac{ax}{D} \text{ et } i = \frac{\lambda D}{a}$$

$$\text{D'où } I(M) = 4k^2 S_0^2 \cos^2(\pi \frac{x}{i})$$

#### 1.1.5. Interférences en lumière blanche.

**SP :** Quelle est la différence entre lumière polychromatique et monochromatique ? Que se passe-t-il lorsqu'on remplace la source de lumière monochromatique par une autre source de lumière polychromatique blanche ?

**RAA :** Une lumière blanche est un ensemble constitué de lumières monochromatiques chacune caractérisée par sa longueur d'onde. Le spectre de la lumière blanche est constitué de spectre visible qui renferme des radiations donc les longueurs d'ondes sont comprises entre 400nm et 750nm soit  $(0,4 \mu m \text{ et } 0,75 \mu m)$ , du rayonnement ultra violet (UV) et du rayonnement infrarouge (IR).

Si on éclaire le dispositif de Young avec une lumière blanche, chaque radiation monochromatique donnera son propre système de franges sur l'écran. La frange centrale étant brillante pour tout le système de frange, elle apparaît en blanc. De part et d'autre de la frange centrale et symétriquement, on observe quelques franges colorées de plus en plus décalées jusqu'à ce qu'il y ait brouillage. On a l'impression d'avoir un blanc grisâtre appelé blanc d'ordre supérieur.

## 2. Le modèle corpusculaire de la lumière.

**2.1. Mise en évidence et définition de l'effet photoélectrique : expérience de Hertz.**

### 2.1.1. Observations.

**SP :** Considérons le dispositif expérimental ci-dessous. Qu'observe-t-on lorsque la lame est éclairée avec une source de lumière riche en rayonnement ultraviolet ?

✓ Qu'observe-t-on lorsqu'on interpose sur le trajet lumineux une lame de verre capable

d'arrêter les rayons ultraviolets ?

✓ Qu'observe-t-on lorsque la plaque est éclairée par une lampe à incandescence ?

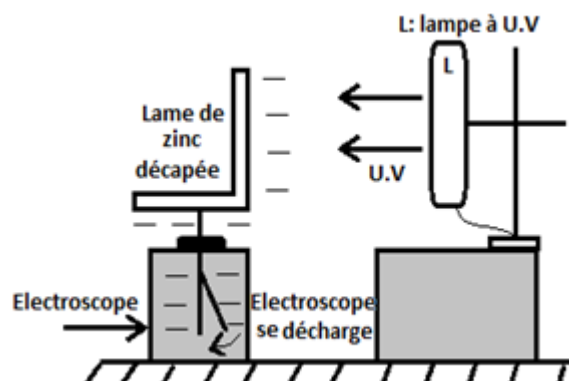


FIGURE 2.13 – Dispositif expérimental de l'effet photoélectrique.

**RAA :** Lorsque la lame est éclairée par une source de lumière riche en rayonnement ultraviolette, les feuillets de l'électroscope se rapprochent. Mais lorsqu'on interpose sur le trajet lumineux une lame de verre capable d'arrêter les rayons ultraviolets ou lorsque la plaque est éclairée par une lampe à incandescence les feuillets se repoussent.

### 2.1.2. Interprétation.

**SP :** Pourquoi les feuilles de l'électroscope se rapprochent quand on éclaire la lame Zn par une source lumineuse UV ? (décharge) Le phénomène observé met en évidence l'effet photoélectrique. Qu'est-ce que l'effet photoélectrique ?

**RAA :** il y a eu perte d'électrons car la lumière les a arraché du métal. **L'effet photoélectrique** est un phénomène au cours duquel les électrons sont expulsés de la surface d'un métal éclairé par un rayonnement électromagnétique convenable.

## 2.2. Etude expérimentale de l'effet photoélectrique.

### 2.2.1. Dispositif expérimental : la cellule photoélectrique.

**SP :** Soit le dispositif expérimental ci-dessous : Identifier les différents éléments du circuit.

**RAA :** Le circuit électrique comprend : un générateur de tension variable, un voltmètre, un microampèremètre, un interrupteur, une source de lumière UV et une cellule photoélectrique constituée de l'anode, la cathode et du vide.

### 2.2.2. Observations.

**SP :** Réaliser le montage du schéma ci-dessus et fermer le circuit. Que se passe-t-il lorsqu'on fait varier la fréquence de la lumière incidente ?

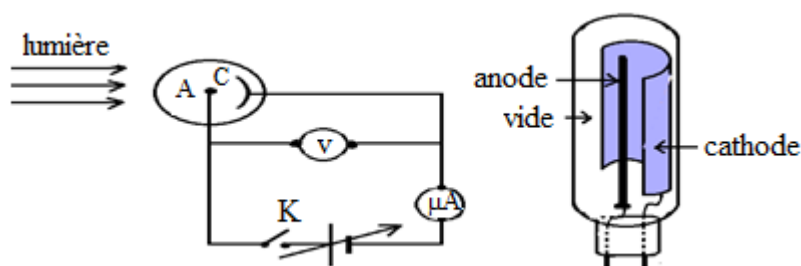


FIGURE 2.14 – circuit électrique de l'effet photoélectrique et cellule photoélectrique.

**RAA :** En faisant varier la fréquence de la lumière incidente, on constate que l'émission des électrons d'un métal n'est possible que si la fréquence de la lumière utilisée est supérieure ou égale à une valeur limite  $\nu_0$  caractéristique du métal : c'est la **fréquence seuil** du métal (fréquence minimale du rayonnement capable de provoquer l'émission des électrons du métal).

### 2.2.3. Tracé de la caractéristique.

**SP :** Lors d'une expérience de l'effet photoélectrique, on a relevé les valeurs suivantes : Tracer la courbe représentant les variations du courant en fonction de la tension.

**Tableau 6 :** Résultats de l'expérience sur la caractéristique courant-tension d'une cellule photoélectrique.

$U_{AC}(V)$	-0,6	0	1	2	3	5
$I_{AC}(\mu A)$	0	4,5	15	25	32,5	42,5
$U_{AC}(V)$	8	12	14	20	30	40
$I_{AC}(\mu A)$	54	62,5	65	68	74	74

**RAA :**

**Q :** Décrivez l'évolution de cette courbe.

**RAA :** L'analyse de cette courbe montre que :

- Si  $U_{AC}$  est négative et de grande valeur absolue, les électrons émis par la cathode ne peuvent atteindre l'anode qui les repousse.
- Si  $U_0 \leq U_{AC} \leq 0$ , certains électrons émis par la cathode peuvent atteindre l'anode malgré la force électrique qui les freine. La tension  $U_0$  est appelée **potentiel d'arrêt** (tension qui annule le courant photoélectrique pour une fréquence de la radiation

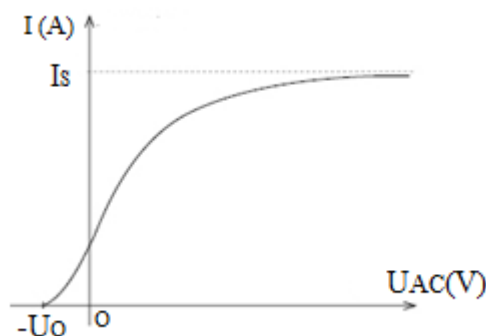


FIGURE 2.15 – caractéristique tension-courant de la cellule photoélectrique.

lumineuse incidente donnée) pour la cellule.

- Lorsque  $U_{AC} > 0$ , les électrons sont attirés par l'anode. Le nombre d'électrons capté par l'anode augmente avec  $U_{AC}$  puis, puis, se stabilise car tous les électrons émis par la cathode sont capté par l'anode. L'intensité atteint alors sa valeur maximale  $I_s$  et appelé **intensité de saturation**.

Le potentiel d'arrêt permet de connaître l'énergie cinétique maximale des électrons émis par effet photoélectrique. En effet, si  $U_{AC} \lesssim -U_0$  aucun électron n'arrive à l'anode. Pour  $U_{AC} = -U_0$ , des électrons arrivent à l'anode avec une vitesse nulle.

**Q :** Sachant qu'à la saturation, tous les électrons extraits de la cathode et accélérés par le champ électrique sont captés par l'anode, exprimé le courant de saturation en fonction du nombre d'électrons extraits.

✓ Sachant que les photoélectrons expulsés de la cathode arrivent à l'anode par la force électrique avec une vitesse nulle, déterminer leur énergie cinétique maximale à la cathode.

✓ Donner l'expression de l'énergie cinétique à la cathode et à l'anode. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique déterminer  $E_{Cmax}$  en fonction de  $m$  et de  $V_{max}^2$ . Puis en fonction de  $e$  et  $U_0$ .

**RAA :** Pour  $U_{AC} = -U_0$ , des électrons arrivent à l'anode avec une vitesse nulle. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre le moment où ils partent de la cathode et celui où ils arrivent à l'anode. Les électrons émis sont soumis à leurs poids et à la force électrique due au champ électrique entre l'anode et la cathode que nous allons supposer uniforme. On peut négliger leurs poids par rapport à la force électrique. Ils partent de la cathode avec une vitesse maximale  $V_{max}$

. **Q :** Que se passerait - il si  $E_c < eU_0$  ?

**RAA :** Si  $E_c < eU_0$ , plus aucun électron ne parvient à l'anode car son énergie cinétique est insuffisante : l'intensité du courant traversant le circuit devient alors nulle.

### 2.3. Interprétation de l'effet photoélectrique.

#### 2.3.1. Insuffisances du modèle ondulatoire.

**SP** : La théorie ondulatoire permet-elle d'expliquer le phénomène de seuil photoélectrique ?

**RAA** : Non.

**Postulat de Planck** : « les échanges d'énergie entre le rayonnement et la matière s'effectuent de façon discontinue par paquets multiples d'une quantité fondamentale appelée quantum d'énergie ».

#### 2.3.2. Interprétation d'Einstein du seuil photoélectrique.

**SP** : Considérons le schéma suivant : Que se passe-t-il lorsqu'un photon frappe (entre en collision avec) un électron de la surface libre du métal ?

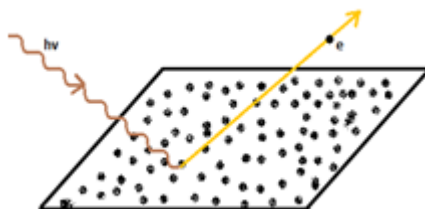


FIGURE 2.16 – extraction d'un électron à la surface libre d'un métal.

**Q** : Étant donné que la vitesse de l'électron est nulle au départ, que se passe-t-il pour qu'il soit expulsé du métal après contact avec le photon ?

**RAA** : Lorsqu'un photon frappe un électron de la surface du métal, il lui cède toute son énergie et disparaît.

**Le travail d'extraction**  $W_0$  est le travail minimal qu'il faut fournir à un électron de conduction pour le sortir du métal avec une vitesse nulle.

**Q** : Qu'observe-t-on lorsque l'énergie du photon  $h\nu < W_0$  ? lorsque  $h\nu > W_0$  ?

**RAA** : Lorsque  $h\nu > W_0$ , l'électron requiert une énergie électrique suffisante et est expulsé du métal. Au cas contraire, l'énergie n'acquiert aucune énergie cinétique et n'est pas expulsé du métal.

**Q** : Sachant que l'énergie du photon, non seulement expulse les électrons mais aussi les met en mouvement avec énergie électrique, exprimer cette énergie en fonction de  $h\nu$  et  $W_0$ .

**RAA** :  $E_{Cmax} = h\nu - W_0$

**Q** : Que se passerait-t-il si on augmentait la puissance lumineuse ?

**RAA** : Si on augmente la puissance lumineuse, on accroît le nombre de photons incidents mais pas leur énergie individuelle. L'hypothèse d'Einstein prévoit donc l'existence d'un seuil

de fréquence.

$$h\nu - h\nu_0 = E_{Cmax} \geq 0$$

D'où  $\nu \geq \nu_0$ .

### 2.3.3. Confirmation de Millikan.

SP : Millikan effectue une expérience. Il fait varier la fréquence du rayonnement incident  $\nu$  et relève le potentiel d'arrêt correspondante à chaque valeurs de  $\nu$ .

Il obtient ainsi le graphe suivant :

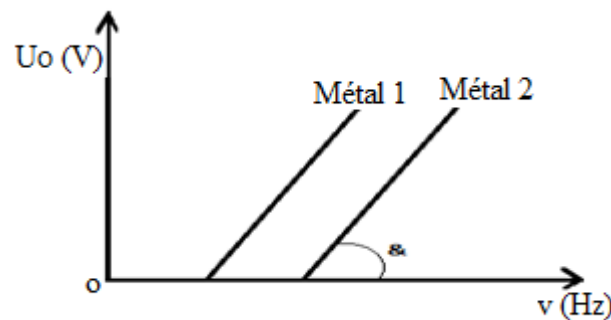


FIGURE 2.17 – courbes de Millikan.

En utilisant le graphe ci-dessus, déterminer la relation entre  $U_0$  et  $\nu$ .

**Q1** : Comment appelle-t-on les courbes obtenues ? Donner l'équation générale de l'une de ces droites. Exprimer  $b$  en fonction de  $\nu_0$  et  $a$  lorsque  $U_0 = 0$ .

**RAA** : Les courbes obtenues sont des droites parallèles. L'équation de telles droites affines s'écrit :  $U_0 = a\nu + b$  avec  $a = \frac{\Delta U}{\Delta \nu}$ .

Si  $U_0 = 0$  alors  $\nu = \nu_0$  et  $b = -a\nu_0$ .

La fréquence du seuil photoélectrique  $\nu_0$  est la fréquence du rayonnement correspondant à un tension d'arrêt nulle : c'est le point d'intersection de la courbe avec l'axe des abscisses.

**Q2** : Réécrire l'équation de la droite et déduire de ce qui précède  $E_{Cmax}$

Par identification aux résultats prédits par Einstein, trouver  $h$  (constante de Planck).

**RAA** : l'équation s'écrit encore.

$$U_0 = a(\nu - \nu_0)$$

$$\text{Il vient } E_{Cmax} = eU_0 = ea(\nu - \nu_0)$$

$$\text{Par identification aux résultats prédits par Einstein, } E_{Cmax} = h(\nu - \nu_0)$$

On a ainsi  $h = ea$

La pente de la courbe de Millikan permet de déterminer la valeur de la constante Planck  $h = 6,626176 \cdot 10^{-34} J.S$ .

## 2.4. Applications de l'effet photoélectrique.



**SP** : Parmi les appareils suivants identifier ceux qui sont des applications de l'effet photo-électrique : photopiles, panneaux solaires, DVD, photodiodes, téléviseur, photo-résistors.

**RAA** : photopiles, panneaux solaires, photodiodes, photo-résistors.

### 3. Dualité onde- corpuscule.

**SP** : Au regard des expériences menées précédemment, sous quelles formes peuvent se manifester la lumière ?

**RAA** : Sous forme d'onde et sous forme de corpuscule : on parle de **dualité onde-corpuscule**.

Les aspects corpusculaire et ondulatoire de la lumière sont inséparables. La lumière se comporte à la fois comme une onde et un corpuscule.

---

# RÉSULTATS ET DISCUSSION

---

Dans ce chapitre, les résultats sont présentés sous forme de tableaux et suivis d'une analyse comparative des performances des élèves du groupe expérimental à celles des élèves du groupe témoin. Une comparaison des habiletés développées par les élèves du groupe expérimental et celles développées par les élèves du groupe témoin est également faite. Les données proviennent de trois évaluations : le pré-test qui a compté pour  $20\%$  aux notes de la quatrième séquence, le post-test qui a également compté pour  $20\%$  aux notes de la cinquième séquence et le baccalauréat blanc.

## 3.1 Récapitulatif des notes des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au pré-test

Cette section va nous permettre de vérifier l'équivalence des niveaux initiaux des élèves des deux classes par comparaison de leurs notes au pré-test.

**Tableau 7** : *Notes des élèves et pourcentages correspondants au pré-test pour le groupe expérimental.*

Notes sur 20	Effectifs	Pourcentages <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
04	01	02,44
05	03	04,88
06	04	09,76
07	04	09,76
08	06	14,62
09	03	07,32
10	01	02,44
11	05	12,18
12	04	09,76
13	03	07,32
14	04	09,76
15	03	07,32
16	00	0,00
17	01	02,44
TOTAL	41	100

Moyenne Générale(MG)= 10,02

Notes sur 20	Effectifs	Pourcentages <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
02	01	01,96
03	02	03,92
04	02	03,92
05	03	05,89
06	01	01,96
07	03	05,89
08	01	01,96
09	09	17,65
10	02	03,92
11	08	15,68
12	06	11,76
13	06	11,76
14	04	07,84
15	00	0,00
16	03	0,00
17	00	05,89
TOTAL	51	100

**Tableau 8 :** Notes des élèves et pourcentages correspondant au pré-test pour le groupe

témoin.

Moyenne Générale(M.G)= 09,98

Pour interpréter les notes ainsi présentées, nous allons construire les diagrammes en bâtons et les polygones de fréquences pour chaque classe.

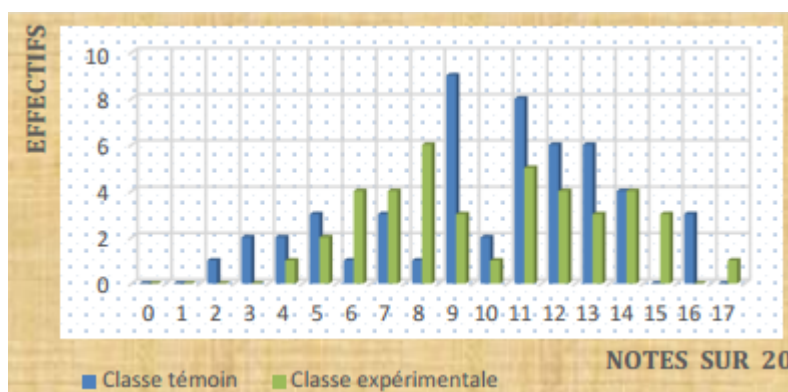


FIGURE 3.1 – Diagrammes en bâtons des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au pré-test.

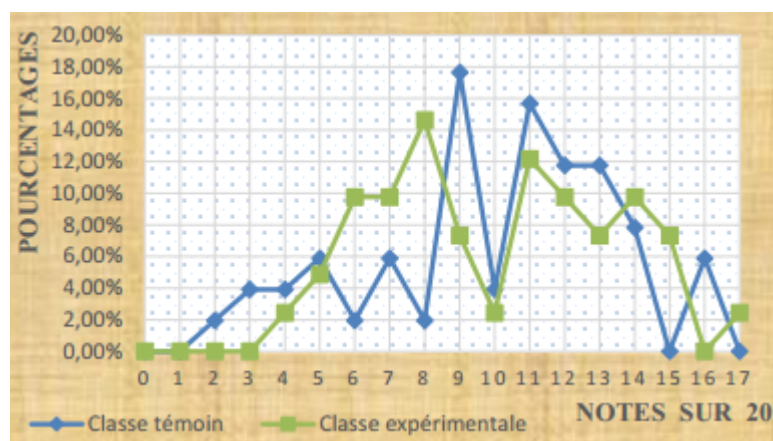


FIGURE 3.2 – Polygones des fréquences des notes de la classe témoin et de la classe expérimentale au pré-test.

L'analyse des polygones des fréquences montre que les pics les plus élevés des deux courbes sont concentrés dans l'intervalle  $[7,10]$ , ainsi les notes des élèves du groupe témoin et du groupe expérimental sont plus fréquentes dans cet intervalle au pré-test.

Les diagrammes en bâtons nous révèlent que la note la plus fréquente est **09/20** pour le groupe témoin avec un effectif de **09** tandis qu'elle est de **08/20** pour le groupe expérimental avec un effectif de **06**.

Les moyennes générales obtenues sont de **09,98** pour le groupe témoin et de **10,02** pour le groupe expérimental.

L'application du test-student aux deux groupes donne une valeur  $t_{cal} = 0,06$  tandis que la valeur théorique ( $t_{th}$ ) est **1,98** pour une marge de confiance de **95**<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. On remarque que  $t_{cal} < t_{th}$ . L'hypothèse nulle (**H0**) est maintenue : il n'y a pas de différence significative entre les performances des deux groupes au pré-test. Nous déduisons qu'au départ, les deux groupes d'élèves ont le même niveau.

### 3.2 Récapitulatif des notes des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au Post-test.

Notes sur 20	Effectifs	Pourcentages <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
03	01	02,33
04	01	02,33
05	02	04,65
06	00	0,00
07	01	02,33
08	01	02,33
09	04	09,30
10	02	04,65
11	05	11,63
12	09	20,93
13	06	13,95
14	03	06,98
15	02	04,65
16	03	06,98
17	00	0,00
18	03	06,98
TOTAL	43	100

**Tableau 9** : Notes des élèves et pourcentages correspondant au post-test pour le groupe expérimental.

Moyenne Générale (M.G.) = 11,69

Notes sur 20	Effectifs	Pourcentages <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
02	01	01,92
03	00	0,00
04	02	03,85
05	02	03,85
06	03	05,77
07	03	05,77
08	05	09,62
09	10	19,23
10	08	15,38
11	02	03,85
12	02	03,85
13	04	07,69
14	03	05,77
15	01	01,92
16	04	07,69
17	02	03,85
18	00	0,00
TOTAL	52	100

**Tableau 10 :** Notes des élèves et pourcentage correspondant au Post-test pour le groupe Témoin.

**Moyenne Générale (M.G.) = 10,04**

Pour interpréter les notes ainsi présentées, nous allons également construire les diagrammes en bâtons et les polygones de fréquences pour chaque classe.

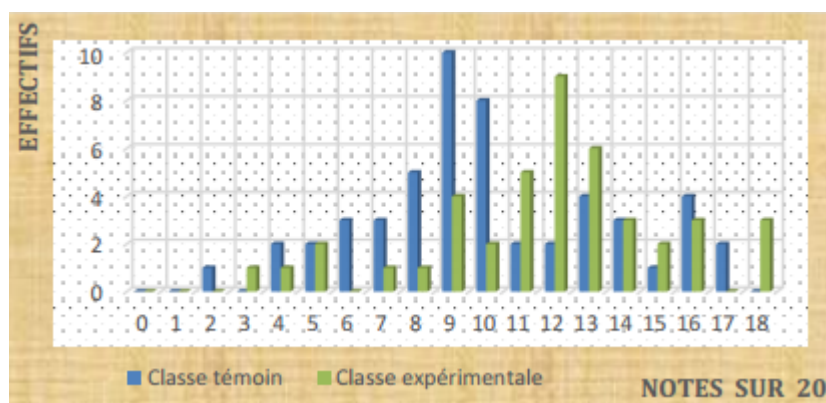


FIGURE 3.3 – Diagrammes en bâtons des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au post -test.

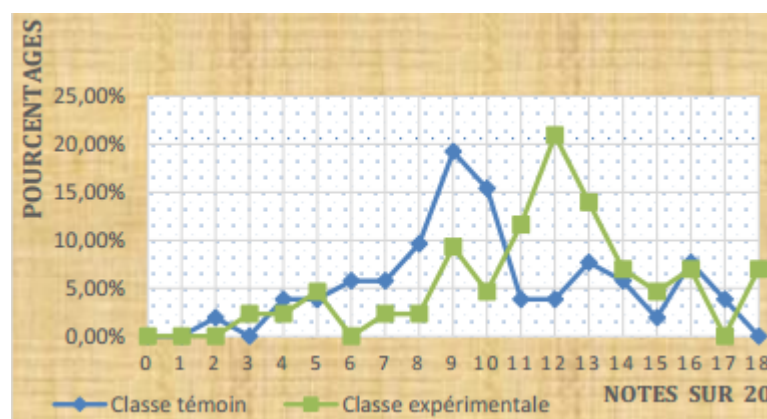


FIGURE 3.4 – Polygones des fréquences des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au post-test.

L'analyse des polygones des fréquences montre que les pics les plus élevés des deux courbes ont subi un décalage vers la droite en passant de l'intervalle  $[7,10]$  à l'intervalle  $[9,13]$  ainsi les notes des élèves du groupe témoin et du groupe expérimental sont plus fréquentes dans l'intervalle  $[9,13]$  au post-test. Toutefois, en observant individuellement les deux courbes, on constate que le décalage est plus important dans la classe expérimentale que dans la classe témoin. En effet, on passe de l'intervalle  $[7,10]$  à l'intervalle  $[8,11]$  pour le groupe témoin et de l'intervalle  $[7,10]$  à l'intervalle  $[10,13]$  pour le groupe expérimental.

Les diagrammes en bâtons nous révèlent que la note la plus fréquente est  $09/20$  pour le groupe témoin avec un effectif de 10 tandis qu'elle est de  $12/20$  pour le groupe expérimental avec un effectif de 09.

Les moyennes générales passent de  $09,98$  à  $10,04$  pour le groupe témoin et de  $10,02$  à  $11,69$  pour le groupe expérimental avec des variations absolues respectives de  $0,06$  et  $01,67$ .

Le test-student appliqué aux deux groupes donne une valeur  $t_{cal} = 2,271$  contre la valeur théorique  $t_{th} = 1,98$  pour une marge de confiance de  $95^0/0$ . Ainsi, on a  $t_{cal} > t_{th}$  d'où l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) selon laquelle les deux groupes ont le même niveau après l'application de la D.I.C.H.I.S est rejetée et l'hypothèse alternative ou l'hypothèse de recherche **HR1** est **confirmée** : les élèves du groupe expérimental ont été plus performants que ceux du groupe témoin avec une marge de confiance de  $95^0/0$ .

### 3.3 Pourcentage de réussite par habileté des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au post-test.

N° d'habileté	Habiletés	0/0 pour le groupe expérimental	0/0 pour le groupe témoin
01	Observations d'objets et de phénomènes	60.33 <sup>0</sup> /0	36.13 <sup>0</sup> /0
02	Description des observations en utilisant un langage approprié	54.47 <sup>0</sup> /0	27.42 <sup>0</sup> /0
03	Interprétation des données expérimentales et des observations	38.89 <sup>0</sup> /0	41.24 <sup>0</sup> /0
04	Application des connaissances à de nouveaux problèmes dans le même domaine de la science	69.86 <sup>0</sup> /0	71.06 <sup>0</sup> /0
05	Formulation d'hypothèses de travail	64.52 <sup>0</sup> /0	49.85 <sup>0</sup> /0
06	Planification d'une procédure appropriée en vue d'une expérimentation	51.12 <sup>0</sup> /0	37.63 <sup>0</sup> /0
07	Choix de tests convenables à une hypothèse	28.44 <sup>0</sup> /0	40.12 <sup>0</sup> /0
08	Traitement des données expérimentales	58.83 <sup>0</sup> /0	33.48 <sup>0</sup> /0
09	Présentation des données sous forme de relations fonctionnelles	71.27 <sup>0</sup> /0	52.96 <sup>0</sup> /0
10	Choix des instruments de mesure appropriés	65.73 <sup>0</sup> /0	39.66 <sup>0</sup> /0

**Tableau 11 :** Récapitulatif du taux de réussite par habileté des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au post-test

Pour interpréter les résultats ainsi présentés, nous allons construire les polygones de



fréquences des habiletés développées par les deux groupes.

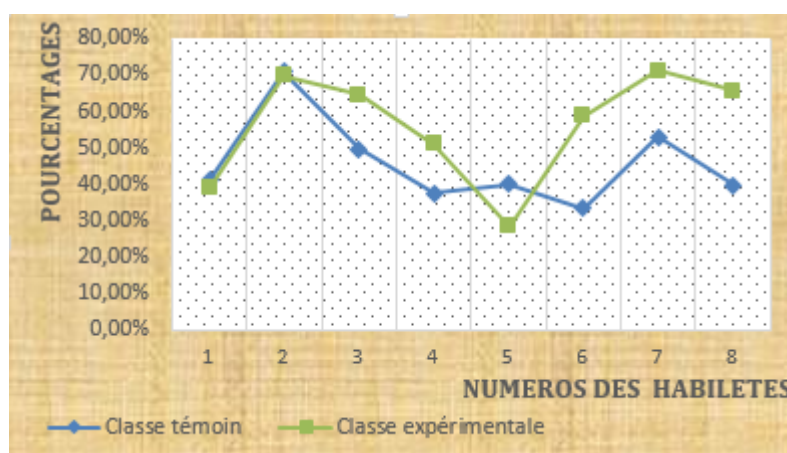


FIGURE 3.5 – Polygone des fréquences des habiletés au Post-test.

Le tableau ci-dessus nous révèle que le groupe expérimental a enregistré un pourcentage supérieur à  $50\%$  pour 8 habiletés sur 10, contre 2 habiletés sur 10 pour le groupe témoin. Ce résultat n'est pas surprenant car la plupart des habiletés d'investigation scientifique de la DI.C.H.I.S sont absentes dans les méthodes d'enseignement utilisées dans le groupe témoin. Néanmoins, on remarque que le groupe témoin a enregistré le plus grand score des pourcentages de réussite ( $71,06\%$ ) à l'habileté numéro 4. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'habileté application des connaissances à de nouveaux problèmes dans le même domaine de la science soit la principale habileté utilisée par les méthodes en cours dans les salles de classe de nos lycées et collèges. Ainsi, pendant que le groupe expérimental intégrait de nouvelles habiletés provenant de la DI.C.H.I.S, le groupe témoin s'est contenté de consolider les habiletés habituelles.

L'analyse de la figure 3.5 nous montre que le polygone de fréquences des habiletés développées par le groupe expérimental est au-dessus du polygone de fréquences des habiletés développées par le groupe témoin. Ce qui signifie que le pourcentage d'habiletés développées par le groupe expérimental est au-dessus du pourcentage d'habiletés développées par le groupe témoin. D'où l'hypothèse de recherche **HR2** selon laquelle les élèves encadrés par la méthode CHIS développeront plus d'habiletés que ceux encadrés par les méthodes habituelles est **confirmée**.

### 3.4 Récapitulatif des notes des élèves du groupe expérimental et du groupe témoin au baccalauréat blanc.

Tableau 12 : Notes des élèves et pourcentages correspondant au groupe expérimental.

Notes sur 20	Effectifs	Pourcentages <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
02	01	02,17
03	01	02,17
04	01	02,17
05	02	04,35
06	03	06,52
07	03	06,52
08	01	02,17
09	04	08,70
10	03	06,52
11	08	17,40
12	04	08,70
13	05	10,87
14	03	06,52
15	05	10,87
16	02	04,35
TOTAL	46	100

Moyenne générale (MG)=10,48

Notes sur 20	Effectifs	Pourcentages <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
02	01	01,85
03	03	05,56
04	02	03,70
05	03	05,56
06	06	11,11
07	04	07,41
08	05	09,26
09	06	11,11
10	07	12,96
11	05	09,26
12	02	03,70
13	04	07,41
14	02	03,70
15	01	01,85
16	03	05,56
TOTAL	46	100

**Tableau 13 :** Notes des élèves et pourcentages correspondant au groupe témoin.

Moyenne générale (MG)=08,96

Pour interpréter les notes ainsi présentées, nous allons une fois de plus construire les diagrammes en bâtons et les polygones de fréquences pour chaque classe.

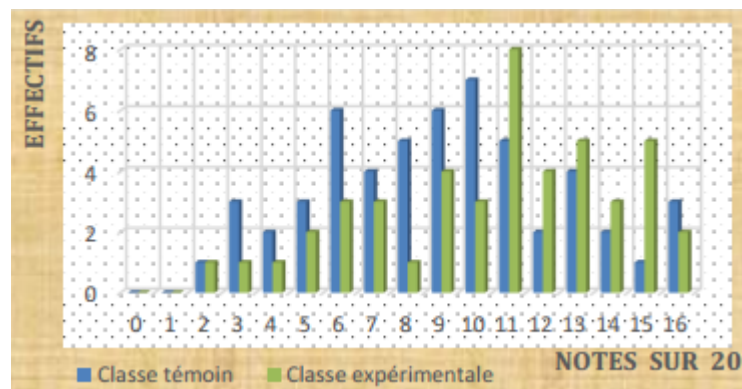


FIGURE 3.6 – Diagrammes en bâtons des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au baccalauréat blanc.

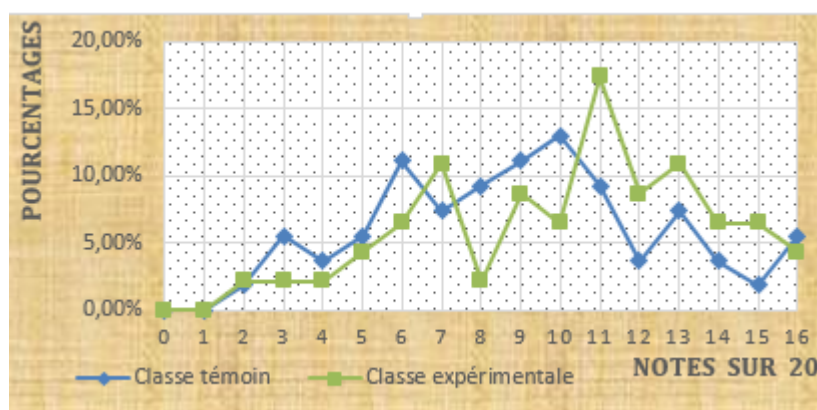


FIGURE 3.7 – Polygones des fréquences des notes de la classe expérimentale et de la classe témoin au baccalauréat blanc.

Un examen judicieux des polygones des fréquences du groupe témoin et du groupe expérimental permet de constater une fois de plus un décalage vers la droite par rapport à ceux du pré-test. Les notes des deux groupes au baccalauréat blanc sont fortement concentrées dans l'intervalle [8,13].

Le mode du diagramme en bâtons de la classe témoin est **10** tandis que celui de la classe

expérimentale est de **11**. Ainsi la note la plus fréquente du groupe témoin est **10/20** avec un effectif de **07** alors que la note la plus fréquente du groupe expérimental est **11/20** avec un effectif de **08**.

Les moyennes générales passent de **09,98** à **08,96** pour le groupe témoin et de **10,02** à **10,48** pour le groupe expérimental. On note ainsi une baisse des moyennes générales dans les deux groupes, ceci peut s'expliquer par le fait que l'évaluation du baccalauréat couvre tout le programme de la classe qui est regroupé en trois thèmes et pourtant les plans de cours que nous avons expérimentés constituaient uniquement le troisième thème.

L'application du test-student aux deux groupes donne une valeur  $t_{cal} = 2,11$  tandis que la valeur théorique ( $t_{th}$ ) est **1,98** pour une marge de confiance de **95**<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Une fois de plus  $t_{cal} > t_{th}$  d'où l'hypothèse nulle (H0) selon laquelle les deux groupes ont même niveau après l'application la D.I.C.H.I.S est rejetée et l'hypothèse alternative ou l'hypothèse de recherche **HR3** est également **confirmée** : les élèves du groupe expérimental ont été plus performants que ceux du groupe témoin au baccalauréat blanc avec une marge de confiance de **95**<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Ainsi, nous pouvons conclure au vu des résultats obtenus que peu importe le type d'évaluation (séquentiel ou national comme le baccalauréat), les élèves encadrés par la D.I.C.H.I.S, produiront toujours de meilleurs résultats.

## IMPLICATIONS DU SUJET SUR LE SYSTÈME ÉDUCATIF

---

Ce travail nous permet de montrer comment stimuler chez l'apprenant le développement des habiletés d'investigation scientifique qui lui permettront de participer à la construction des connaissances. Cette étude présente un intérêt à trois niveaux :

### 4.1 Intérêts pédagogiques

#### 4.1.1 Au Niveau de l'enseignant

Cette étude permet à l'enseignant de :

- ★ Rendre ses actes d'enseignement plus intentionnels, méthodiques et conscients ;
- ★ Se procurer une aisance dans la progression et dans l'atteinte des objectifs d'une séquence de cours ;
- ★ Proposer une facilité d'interaction avec les apprenants au moyen des activités d'enseignement-apprentissage planifiées au préalable ;

#### 4.1.2 Au Niveau de l'élève

Elle permet à l'élève de :

- ♣ S'épanouir en toute autonomie dans l'élaboration des connaissances ;
- ♣ L'inciter à abandonner l'option de l'apprentissage par mémorisation ;
- ♣ D'acquérir la majorité des savoirs et savoirs-faire pendant le cours ;
- ♣ D'acquérir des attitudes scientifiques et les H.I.S ;

#### 4.1.3 Au Niveau des inspecteurs pédagogiques

Elle pourra permettre aux inspecteurs de :

- ★ Revoir les méthodes d'enseignement utilisées dans les lycées et collèges ;
- ★ D'organiser les séminaires et les journées pédagogiques pour vulgariser la D.I.C.H.I.S ;

## 4.2 Intérêts didactiques

### 4.2.1 Les avantages de la DI.C.H.I.S

Après notre expérimentation, nous avons recensé les appréciations de notre modèle didactique auprès de nos enseignants encadreurs et auprès des élèves ayant reçus les cours suivant ce modèle. Ces appréciations sont fondées sur le fait que la DI.C.H.I.S :

- ♠ Utilise des exemples tirés de l'environnement des élèves.
- ♠ Incite les élèves à participer au cours et à se poser des questions.
- ♠ Suscite chez les élèves le développement des attitudes scientifiques telles que la « recherche de l'expérimentation comme moyen de preuve en science », « le sens de l'autonomie ».
- ♠ Suscite chez les élèves le développement des habiletés d'investigation scientifique et des attitudes scientifiques.
- ♠ A suscité chez les élèves de la motivation pour l'apprentissage de la physique.

### 4.2.2 Les difficultés rencontrées en utilisant la DI.C.H.I.S

La DI.C.H.I.S a reçu des avis favorables pour son adoption comme méthode d'enseignement de la physique, cependant nous avons rencontré quelques difficultés lors de sa pratique :

- ♠ L'absence de réaction facile de la part des élèves face aux situations-problèmes.
- ♠ Le modèle CHIS ne permet pas toujours une gestion rigoureuse du temps alloué à une leçon d'après les prévisions du programme officiel.
- ♠ Elle exige beaucoup de travail de préparation aux enseignants.

## 4.3 Intérêt social

Les apprenants sont les plus interpellés car ils sont les acteurs de la résolution des problèmes liés à leur environnement. L'émergence d'un pays passe par la manifestation d'un sens de créativité élevée et de recherche permanente. De ce fait, la création d'emploi chez les jeunes doit être stimulée par la professionnalisation des enseignements, qui passe par l'adoption des méthodes d'enseignement adéquates.

---

---

# CONCLUSION GÉNÉRALE

---

Parvenu au terme de ce travail intitulé « *Confection et mise à l'essai des plans de cours centrés sur les habiletés d'investigation scientifique pour l'enseignement de la physique en classe de Terminale C* », notre souci majeur consistait à juger l'efficacité de la Didactique Centrée sur les Habiletés d'Investigation Scientifique (DI.C.H.I.S) par rapport aux méthodes habituelles de l'enseignement de la physique dans nos lycées et collèges. Pour infirmer ou confirmer notre hypothèse générale, nous avons élaboré six plans de cours (six chapitres dans le programme en vigueur de la classe de Terminale C) suivant le modèle CHIS basé sur la taxonomie de l'enseignement des sciences de L.E KLOPFER (1971). De ces six plans de cours, nous avons préparé deux modèles de cours correspondant à deux plans de cours que nous avons expérimentés dans la classe de Terminale C 2 du lycée général Leclerc de la ville de Yaoundé durant la période de notre stage pratique.

La collecte des données a consisté à l'administration de deux tests aux élèves du groupe témoin et du groupe expérimental. Le pré-test a eu lieu au début de notre intervention didactique et a permis de vérifier le niveau initial des deux groupes tandis que le post-test a eu lieu à la fin de l'enseignement des deux chapitres élaborés suivant le plan CHIS et a permis de juger l'efficacité de la DI.C.H.I.S. Pour consolider l'impact de notre méthode pédagogique sur l'enseignement de la physique, nous avons complété nos données avec les notes de l'examen de baccalauréat blanc.

La vérification de nos trois hypothèses de recherche de départ nous permet alors de tirer la conclusion suivante : la DI.C.H.I.S permet d'accroître la performance scolaire des élèves en physique par rapport aux méthodes habituelles, permet également à ces derniers de développer les habiletés d'investigation scientifique et les attitudes scientifiques. Cependant, la question qui nous embarrasse est celle de savoir pourquoi l'inspection de pédagogie chargée des sciences, section de physique chimie et technologie traîne à adopter la DI.C.H.I.S comme méthode pédagogique de l'enseignement de la physique ?

---

# BIBLIOGRAPHIE

---

## I- OUVRAGES

- .  
BUFFAULT, B. et ALII, 2011. « **Pédagogie par objectifs** ». [en ligne]. Disponible sur <http://cueep.univ-lille1.fr/pedagogie/La-PPO.htm> [Consulté le 9 janvier 2016].  
CONFEMEN (Conférence des ministres de l'éducation ayant le français en partage). 1995. L'éducation de base : Vers une nouvelle école. Dakar.  
DEBESSE Maurice, **Traité des sciences pédagogiques**, Paris, P.U.F. 1969.  
DE KETELE, J.-M. 2000. En guise de synthèse : Convergences autour des compétences. In : Bosman, C., Gerard, F.-M., Roegiers, X. (Eds). **Quel avenir pour les compétences ?**. Bruxelles : De Boeck Université. pp. 187-191.  
DERONNE, M. 2012. **L'approche par les compétences dans l'enseignement des mathématiques**. Mémoire de master en sciences mathématiques. Université du Mons, France.  
FREINET Célestin, **Les invariants pédagogiques**, Invariant n°16, 1964.  
HAMELINE, D. 1991. **Les objectifs pédagogiques dans la formation continue**. Paris : E.S.F.  
KLOPFER L. E., **Une taxonomie de l'enseignement des sciences**, Paris, DUNOD, 1971.  
L. D'HAINAUT, **Des fins aux objectifs de l'éducation**, LABOR, Bruxelles (1977 , p.25).  
MAGER, 1962, **Preparing Instructional Objectives**, Fearon Publishers, (traduit en français sous le titre : **Comment définir des objectifs pédagogiques**, Gauthier-Villars, 1971).  
MILED, M., 2005. « **Un cadre conceptuel pour l'élaboration d'un curriculum selon l'approche par les compétences** », La refonte de la pédagogie en Algérie? défis et enjeux d'une société en mutation, Bureau International de l'éducation. Alger : UNESCO-ONPS. Ministère de l'Éducation nationale. Algérie ; pp. 125-136.  
MUKAM Lucien, **Projet de développement et de vulgarisation de la DICHIS.**, 1996  
NOMAYE Madana, **Pédagogie des grands groupes et éducation primaire univer-**



selle : **Afrique subsaharienne**, L'Harmattan/Paris, 2006, 132 p.

PELPEL Patrice , *Se former pour enseigner*, Paris, DUNOD, 1996.

ROGIERS, X. 2000. « **L'APC dans le système éducatif algérien** », La refonte de la pédagogie en Algérie, Bureau International de l'éducation. Unesco. Ministère de l'Éducation nationale. Algérie, pp.51-84.

ROGIERS, X. 2006. « **L'APC dans le système éducatif algérien** », La refonte de la pédagogie en Algérie, Bureau International de l'éducation. Unesco. Ministère de l'Éducation nationale. Algérie, pp.51).

TYLER, R.W. 1949, **Basic principles of curriculum and instruction**. Chicago : University of Chicago Press.

## II- DICTIONNAIRE

.  
1-LE PETIT LAROUSSE (2000), Edition LAROUSSE, 21, rue du MONTPARNASSE, Paris, 1786 pages.

## III-COURS

.  
Dr GNOKAM EDMOND (2015/2016) Cours de didactique de physique-chimie, E.N.S. de Yaoundé 1.

Mme GHOMSI (2015/2016) méthodologie de physique-chimie, E.N.S. de Yaoundé 1.

## IV- MÉMOIRES

.  
FANDANKA Elisa (1999/2000), **Application de la didactique centrée sur les habiletés d'investigation scientifique à l'enseignement de trois leçons de physique en classe de première C**, Mémoire de DIPES II, ENS de Yaoundé, 68 pages.

KAMMY NANA EMMANUEL César (2013/2014), **Construction et mise à l'essai des plans de cours centrés sur les habiletés d'investigation scientifique en classe de seconde C**, Mémoire de DIPES II, ENS de Yaoundé, 96 pages.

IPOULE MOUSSINGA Adéline Nadège (2014/2015), **Confection et mise à l'essai des**

sujets d'évaluation de type subjectifs reposant sur la DICHIS en classe de terminale scientifique, Mémoire de DIPES II, ENS de Yaoundé, 123 pages.

MOULIOM PEMBOURA Zéline (2011/2012), **Construction et mise à l'essai des plans de cours de physique centrés sur les habiletés d'investigation scientifiques au second cycle de l'enseignement secondaire**, Mémoire de DIPES II, ENS de Yaoundé, 83 pages.

## V- ARTICLES ET DOCUMENTS OFFICIELS

.  
**Arrêté** N° 337/D/80/MINEDUC/IGP/ESG du 11 Septembre 2000, portant définition des programmes officiels des sciences physiques au secondaire de l'enseignement général.

**Arrêté** N° 98/004 du 14 Avril 1998, portant orientation de l'éducation au Cameroun.

**Conception de l'erreur et rupture épistémologique**, Revue française de pédagogie, Volume 111, 1995 <http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rfp-0556-7807-1995-num-111-1-1234>. [Consulté le 9 janvier 2016]

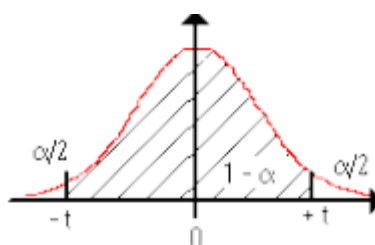
**Curriculum du sous-cycle d'observation de l'enseignement secondaire** (6<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>), MINESEC, Août 2012.

**Programme de physique pour le second cycle de l'enseignement secondaire général**, MINEDUC ; Arrêté N° 8291/B1/1464/MINEDUC/IGP/SC, Yaoundé 2004.

# ANNEXES

## Annexe 1 : Table de la Loi de Student

Cette table donne les fractiles de la loi de Student à  $\nu$  degrés de liberté : valeur  $t$  ayant la probabilité  $\alpha$  d'être dépassée en valeur absolue :  $P(-t < T < t) = 1 - \alpha$ .  
Ou :  $P(T < -t) = \alpha/2 = P(T > t)$



■	$\alpha$ bilatéral	■	$1 - \alpha / 2$ (unilatéral)	■	$\nu$ (degré de liberté)
---	--------------------	---	-------------------------------	---	--------------------------

■	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001	
■	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	0.9975	0.9995	
■	90	0.126	0.254	0.380	0.520	0.677	0.844	1.042	1.291	1.662	1.988	2.366	2.633	2.877	3.400
■	100	0.126	0.254	0.380	0.520	0.677	0.844	1.042	1.291	1.666	1.994	2.366	2.626	2.877	3.390
■	110	0.126	0.254	0.380	0.520	0.677	0.844	1.042	1.288	1.658	1.990	2.366	2.626	2.866	3.380
■	120	0.126	0.254	0.380	0.520	0.677	0.844	1.042	1.288	1.658	1.978	2.356	2.616	2.856	3.370
■	130	0.126	0.254	0.380	0.520	0.677	0.844	1.042	1.288	1.658	1.978	2.356	2.616	2.856	3.360
■	140	0.126	0.254	0.380	0.520	0.677	0.844	1.042	1.288	1.658	1.978	2.356	2.616	2.856	3.360
■	infini (loi normale)	0.126	0.254	0.380	0.520	0.677	0.844	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.800	3.290

## Annexe 2 : Une Taxonomie des objectifs de l'enseignement des sciences d'après L.E.KLOFER, 1971

- A.0 connaissance et compréhension.
- A.1 connaissance de faits scientifiques.
- A.2 connaissance de la terminologie scientifique.
- A.3 connaissance de concepts scientifiques.
- A.4 connaissance de conventions.
- A.5 connaissance de tendance et de séquences.
- A.6 connaissance de classifications, de catégories et de critères.
- A.7 connaissance de techniques et de procédés scientifiques.
- A.8 connaissance de principes et de lois scientifiques.
- A.9 connaissance de théories ou schèmes conceptuels majeurs.
- A.10 identification de connaissance dans un nouveau contexte.
- A.11 transposition de connaissance d'une forme symbolique à une autre.
- B.0 Processus de la méthode scientifique I : Observation et mesure.
- B.1 observation d'objets et de phénomènes.
- B.2 description des observations utilisant un langage approprié.
- B.3 mesure d'objets et de changements.
- B.4 choix des instruments de mesure appropriés.
- B.5 estimation des mesures et reconnaissance des limites de précision.
- C.0 Processus de la méthode scientifique II : Perception d'un problème et recherche des façons de le solutionner.
- C.1. Perception d'un problème.
- C.2. Formulation d'hypothèse de travail.
- C.3. Choix de tests convenable à une hypothèse.
- C.4. Planification de procédures appropriées en vue d'une expérimentation.
- D.0 processus de la méthode scientifique III : Interprétation des données et formulation de généralisation.
- D.1 traitement de données expérimentales.
- D.2 présentations de données sous forme de relations fonctionnelles.
- D.3 interprétations des données expérimentales et des observations.
- D.4 extrapolation et interpolation.
- D.5 évaluation de l'hypothèse vérifiée à la lumière des données obtenues.
- D.6 formulation de généralisations appuyées par les relations trouvées.
- E.0 processus de la méthode scientifique IV : Construction, vérification et révision d'un mo-

dèle théorique.

E.1 perception des besoins par un modèle théorique.

E.2 formulation d'un modèle théorique en accord avec les connaissances.

E.3 spécification des relations satisfaisante par un modèle.

E.4 déduction de nouvelles hypothèses à partir d'un modèle théorique.

E.5 interprétation et évaluation des vérifications d'un modèle.

E.6 formulation d'un modèle révisé, perfectionné ou plus étendu.

F.0 application des connaissances et des méthodes scientifiques.

F.1 application à de nouveaux problèmes dans le même domaine de la science.

F.2 application à de nouveaux problèmes dans un autre domaine de la science.

F.3 application à de nouveaux problèmes extérieurs à la science (incluant la technologie).

G.0 Habilités manuelles.

G.1 développement d'habilités à manipuler l'équipement habituel d'un laboratoire.

G.2 utilisations des techniques usuelles de laboratoire avec soin et sécurité.

H.0 Attitudes et intérêts.

H.1 manifestation d'attitudes favorables envers la science et les hommes de science.

H.2 acceptation de la méthode scientifique comme mode de pensée.

H.3 adoption " attitudes scientifique ".

H.4 appréciation des expériences d'apprentissages en science.

H.5 développement d'intérêt pour la science et les activités qui y sont reliées.

H.6 développement d'intérêt pour la poursuite d'une carrière scientifique.

I.0 Orientation de la pensée par rapport à la science.

I.1 faire des relations entre les divers types d'énoncées scientifiques.

I.2 perception de l'influence et des limites philosophiques de la méthode scientifique.

I.3 perception du passé de la science dans une perspective historique.

I.4 réalisation des relations existantes entre la science, la technologie et l'économie.

I.5 prise de conscience des implications sociales et morales de la pensée scientifique et de ses résultats.

## **Annexe 3 : Épreuves utilisées pour la collecte des données (Pré-test, Post-test et Baccalauréat blanc.)**

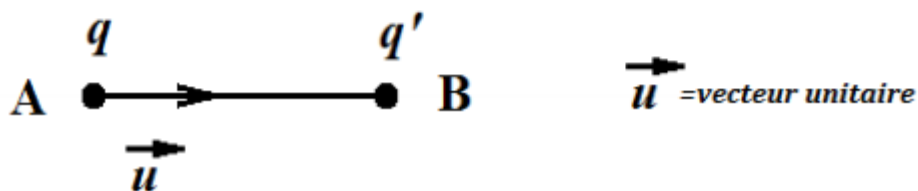
<u>NOM ET PRENOM :</u>  	<u>Classe :</u> TERMINALE C  <u>Durée :</u> 01h  <u>Epreuve :</u> Pré-test	<u>Note / 20 :</u>  
--------------------------------	--	----------------------------

Barème : bonne réponse 1pt      mauvaise réponse ou pas de réponse 0pt  
Consigne : Encercler la lettre de la bonne réponse.

1- Les planètes du système solaire sont maintenues sur orbites autour du soleil grâce au phénomène d'interaction :

- a- attractive et répulsive entre le soleil et ces planètes ;
- b- attractive entre le soleil et ces planètes ;
- c- répulsive entre le soleil et ces planètes.

2-Considérons deux charges  $q$  et  $q'$  séparées par une distance  $AB$  comme l'indique la figure ci-dessous.



La relation vectorielle traduisant la loi de coulomb est :

- a-)  $\vec{F}_{B/A} = -\vec{F}_{A/B} = K \frac{q \cdot q'}{AB^2} \vec{u}$
- b-)  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = K \frac{|q| \cdot |q'|}{AB^2} \vec{u}$
- c-)  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = K \frac{q \cdot q'}{AB^2} \vec{u}$
- d-)  $F_{A/B} = F_{B/A} = K \frac{|q| \cdot |q'|}{AB^2}$

3-En absence de toute autre source de champ magnétique, une aiguille aimantée s'oriente toujours vers :

- a-) La déclinaison magnétique ;
- b-) Le nord magnétique ;
- c-) Le nord géographique ;
- d-) Le sud magnétique.

4-La relation qui lie l'intensité du champ magnétique  $B_T$  et sa composante horizontale  $B_h$  et l'inclinaison  $i$  est :

- a-)  $\cos i = \frac{B_h}{B_T}$  ;
- b-)  $\cos i = \frac{B_T}{B_h}$  ;
- c-)  $\cos i = B_T \cdot B_h$  ;
- d-)  $\tan i = \frac{B_T}{B_h}$

5-un système subit des amortissements solides lorsque :

- a-) Les forces dissipatives entraînent la diminution de l'amplitude des oscillations ;
- b-) L'amplitude des oscillations décroît exponentiellement au cours du temps ;
- c-) L'amplitude des oscillations croît linéairement au cours du temps ;
- d-) L'amplitude des oscillations décroît linéairement au cours du temps.

6-Lorsque l'amortissement d'un résonateur est faible l'amplitude des oscillations forcées à la résonance est très :

- a-) faible : la résonance est dite aigue ;
- b-) grande : la résonance est dite floue ;
- c-) grande : la résonance est dite aigue ;
- d-) faible : la résonance est dite floue .

7-L'équation différentielle d'un pendule élastique horizontal soumis à une force de frottement  $\vec{f} = -b\vec{\dot{x}}$  est :

- a-)  $\ddot{x} + \frac{b}{m}\dot{x} + \frac{K}{m}x = 0$  ;
- b-)  $\ddot{x} + \frac{m}{K}\dot{x} + \frac{m}{K}x = 0$  ;
- c-)  $\ddot{x} + \frac{b}{m}\dot{x} + \frac{m}{K}x = 0$  ;
- d-)  $\ddot{x} + \frac{b}{m}\dot{x} + \frac{K}{m}x = 0$  .

8-Soit  $f$  la fréquence d'un phénomène périodique et  $f_e$  la fréquence des éclairs émis par un stroboscope. Il y a immobilité apparente à un aspect lorsque :

- a-)  $f_e = \frac{f}{k}$  ;  $k \in \mathbb{N}$
- b-)  $f = \frac{f_e}{k}$  ;  $k \in \mathbb{N}$
- c-)  $f_e = kf$  ;  $k \in \mathbb{N}$
- d-)  $f_e = \frac{f}{k}$  ;  $k \in \mathbb{N}^*$

9-Pour des angles faibles, la période d'oscillation d'un pendule simple de longueur  $l$  est :

- a-)  $T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{l}}$  ;
- b-)  $T = \sqrt{4\pi^2\frac{l}{g}}$
- c-)  $T = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{l}{g}}$  ;

10-Deux fonctions sinusoïdales de même périodes sont dites :

- a-) Asynchrones ;
- b-) Synchrones ;
- c-) Cohérentes.

11-) Le vecteur de Fresnel ne dépend que de l'amplitude et de la :

- a-) phase de la fonction considérée ;
- b-) pulsation de la fonction considérée ;
- c-) période de la fonction considérée ;
- d-) phase initiale de la fonction considérée.

12-Les tensions  $u_1 = 4\cos \omega t$  et  $u_2 = 5 \sin \omega t$  sont en :

- a-) phase ;
- b-) quadrature de phase ;
- c-) opposition de phase.

13-Le dispositif qui permet de visualiser une grandeur périodique sur un écran est :

- a-) L'oscillographe ;
- b-) Le stroboscope ;
- c-) l'oscillogramme ;
- d-) L'oscilloscope.

14-L'hélice d'un ventilateur comportant trois pâles régulièrement espacées et éclairée à l'aide d'un stroboscope. Le ventilateur tourne à une vitesse de rotation  $N = 12 \text{ tr/s}$  .

14.1-La fréquence de rotation du ventilateur est :

a-) 36 Hz ; b-) 12 Hz ; c-) 4 Hz ; d-) 12 tr/s.

14.2-Lorsque la fréquence des éclairs est  $f_e = 36 \text{ Hz}$  on observe:

- a-) Une immobilité apparente avec trois pales fixes ;
- b-) Une immobilité apparente avec six pales fixes ;
- c-) Un mouvement ralenti apparent, sens direct ;
- d-) Un mouvement ralenti apparent, sens rétrograde.

14.3- Lorsque la fréquence des éclairs est  $f_e = 35 \text{ Hz}$  on observe:

- a-) Une immobilité apparente avec trois pales fixes ;
- b-) Une immobilité apparente avec six pales fixes ;
- c-) Un mouvement ralenti apparent, sens direct ;
- d-) Un mouvement ralenti apparent, sens rétrograde.

14.4- Lorsque la fréquence des éclairs est  $f_e = 72 \text{ Hz}$  on observe:

- a-) Une immobilité apparente avec trois pales fixes ;
- b-) Une immobilité apparente avec six pales fixes ;
- c-) Un mouvement ralenti apparent, sens direct ;
- d-) Un mouvement ralenti apparent, sens rétrograde.

15-Lorsqu'on additionne deux grandeurs sinusoïdales même pulsation, l'amplitude du mouvement résultant est maximale si les deux grandeurs sont en :

- a-) opposition de phase ;
- b-) phase ;
- c-) quadrature de phase ;

16-Un circuit *RLC* est dit inductif si la tension :

- a-) est en retard de phase sur le courant ;
- b-) et le courant sont phase ;
- c-) est en avance de phase sur le courant.

17-Dans un circuit *RLC*, il y a résonance d'intensité lorsque la fréquence du générateur est :

- a-) égale à la fréquence propre du dipôle ;
- b-) supérieure à la fréquence propre du dipôle ;
- c-) inférieure à la fréquence propre du dipôle.

18-Dans un circuit *RLC*, plus la résistance *R* est grande, plus la courbe de résonance est :

- a-) aiguë ;
- b-) floue ;
- c-) pointue.



NOM ET PRENOM :	Classe : TERMINALE C Durée : 01h Epreuve : Post-test	Note / 20 :
-----------------	--	-------------

Barème : bonne réponse 1pt      mauvaise réponse ou pas de réponse 0pt  
Consigne : Encercler la lettre de la bonne réponse.

1- Une onde mécanique est une perturbation qui se propage :

- a-) sans transport de matière dans un milieu inélastique.
- b-) avec transport de matière dans un milieu élastique.
- c-) sans transport de matière dans un milieu élastique.

2-Lors de sa propagation, une onde mécanique transporte de :

- a-) l'énergie.
- b-) l'énergie et la matière.
- c-) la matière.

3- Lorsqu'on laisse tomber un caillou à la surface libre d'une eau calme, on observe des rides :

- a-) circulaires qui se propagent parallèlement à la direction de la perturbation.
- b-) circulaires qui se propagent perpendiculairement à la direction de la perturbation.
- c-) hyperboliques qui se propagent perpendiculairement à la direction de la perturbation.

4-Un signal qui provoque une déformation dont la direction est perpendiculaire à la direction de propagation est dit :

- a-) longitudinal.
- b-) transversal.
- c-) orthogonal.

5-une corde de 15 m est soumise à une tension de 20 N. une onde transversale se propage dans la corde à la célérité  $V = 60$  m/s. la masse de la corde est :

- a-) 0,08 Kg ;                      b-) 0,09 Kg ;                      c-) 12 Kg

6-La pointe d'un vibreur animé d'un mouvement sinusoïdal  $y_o(t) = 4 \sin(200\pi t + \frac{\pi}{2})$  (en

m) frappe périodiquement, en un point O, la surface d'une eau. La longueur d'onde de l'onde progressive produite est de 0,2 m. l'équation du mouvement d'un point A situé à 5cm de O est :

- a-)  $y_A(t) = 4 \sin(200\pi t - \frac{3\pi}{2})$  ;      b-  $y_A(t) = 4 \sin(200\pi t + \frac{3\pi}{2})$  ;      c-)  $y_A(t) = 4 \sin(200\pi t)$  ;

7-on place sur l'eau deux petits morceaux de liège en deux points C et D tels que

$OC = 3,5 \text{ dm}$  et  $OD = 4,5 \text{ dm}$ . (Confère question 6). Les points C et D vibrent en :

a-) phase ;    b-) quadrature de phase temps;    c-) opposition de phase;

8-La condition d'obtention des franges d'interférence à la surface de l'eau est que les deux sources secondaires doivent être :

a-) cohérentes et synchrones ;

b-) cohérentes et asynchrones ;

c-) cohérentes et isochrones ;

9-Une fourche dont les pointes S1 et S2 sont distantes de 80,5 mm frappe périodiquement la surface de l'eau. La longueur d'onde des ondes produites vaut 23 m. Le nombre de lignes de vibration maximale entre S1 et S2 est :

a- 5;                    b-) 7;                    c-) 6;

10-La distance séparant 11 crêtes consécutives des rides circulaires observées à la surface de l'eau vaut 5 cm. La longueur d'onde est :

a-) 0,005 m ;                    b-) 0,0045 m ;                    c-) 0,0055 m ;

11- Le dispositif expérimental de Young est constitué :

a-) D'une source lumineuse, de deux fentes primaires, d'une fente secondaire et d'un écran.

b-) De deux sources lumineuses, de deux fentes secondaires, d'une fente primaire et d'un écran.

c-) D'une source lumineuse, d'une fente primaire, de deux fentes secondaires, et d'un écran.

12- Dans l'expérience de Young, on observe sur l'écran un ensemble de de bandes brillante:

a-) alternant avec des bandes sombres.

b-) rectilignes et parallèles alternant avec des bandes sombres.

c-) rectilignes et perpendiculaires alternant avec des bandes sombres.

13-) Dans l'expérience de Young, l'expression de la différence de marche est :

a-)  $d_1 - d_2 = \frac{ax}{D}$ ;    b-)  $d_1 - d_2 = \frac{aD}{x}$ ;    c-)  $d_1 - d_2 = \frac{D}{ax}$ ;

14- Dans une expérience de Young, la distance entre la 3<sup>e</sup> frange brillante et la cinquième frange brillante situées de part et d'autre de la frange centrale vaut 6,4 mm. Sachant que  $F_1F_2 = 1,5 \text{ mm}$  et  $D = 2 \text{ m}$ , la longueur d'onde de la lumière émise par la source est :

a-)  $0,68 \mu\text{m}$ ;                    b-)  $0,53 \mu\text{m}$ ;                    c-)  $0,6 \mu\text{m}$ .

15- Deux autres dispositifs interférentiels à franges non localisées permettant de mettre en évidence la nature ondulatoire de la lumière sont :

a-) Le bi-prisme de Fresnel et demi-lentilles de Lloyd ;

b-) Le bi-prisme de Fresnel et demi-lentilles de Billet ;

c-) Le bi-prisme de Billet et demi-lentilles de Fresnel.

16- L'effet photoélectrique est le phénomène d'extraction des électrons d'un métal :

a-) par un rayonnement électromagnétique;

b-) de zinc par un rayonnement électromagnétique;

c-) par un rayonnement électromagnétique convenable.

17- La fréquence seuil d'un métal est la fréquence :

a-) maximale du rayonnement capable de provoquer l'émission des électrons de ce métal;

b-) minimale du rayonnement capable de provoquer l'émission des électrons de ce métal ;

c-) extrême du rayonnement capable de provoquer l'émission des électrons de ce métal;

18- Dans l'expérience de l'effet photoélectrique, l'énergie cinétique maximale des électrons est :

a-)  $EC_{\max} = h(\nu - \nu_0)$ ;    b-)  $EC_{\max} = h(\nu_0 - \nu)$ ;    c-)  $EC_{\max} = h(\nu + \nu_0)$ ;

19- L'équation de la droite de Millikan est :

a-)  $U_0 = h\nu - h\nu_0$ ;    b-)  $U_0 = \frac{e}{h}(\nu - \nu_0)$ ;    c-)  $U_0 = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0)$ ;

20- Les expériences ci-dessous permettent de mettre en évidence l'aspect corpusculaire de la lumière :

a-) L'effet photoélectrique, l'effet Compton, l'expérience de Young;

b-) L'effet photoélectrique, l'effet Compton, l'effet Raman ;

c-) L'effet photoélectrique, l'effet Compton, le bi-prisme de Fresnel ;

TC

Lycée Général de Yaoundé					
Examen	Epreuve de :	Série :	Coeff :	Durée :	Session
BAC Blanc	Physique	C	4	4 heures	2016

**Exercice 1 : Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme**

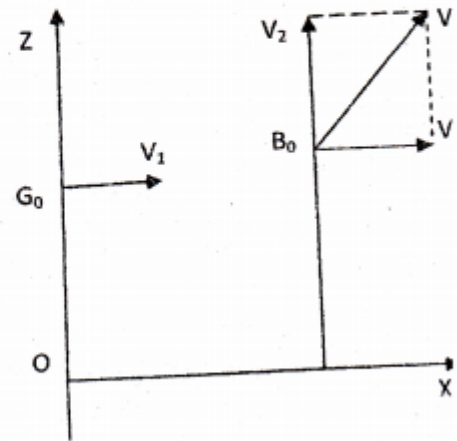
6pts

Une gymnaste, tout en étant en mouvement, doit lancer en l'air un ballon et le rattraper.

Dans un référentiel lié à la salle de gymnastique, la gymnaste est en mouvement rectiligne uniforme à la vitesse  $V_1$ .

Dans ce même référentiel, à l'instant du lancer, la vitesse du ballon est  $V_0$  (voir figure ci-contre).

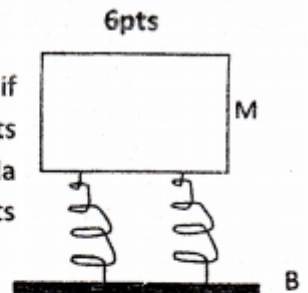
L'instant du lancer est choisi comme origine des dates. On considère le repère  $(O; i, k)$  dont l'origine  $O$  correspond à la projection du centre d'inertie  $G_0$  de la gymnaste sur le sol horizontal à l'instant du lancer. Le centre  $B$  du ballon se trouve au point  $B_0$  de coordonnées  $(x_0, z_0)$  à l'instant du lancer. Dans la salle, le champ de pesanteur uniforme est noté  $g$ . dans tout les problèmes, on négligera l'action de l'air et toutes les réponses seront exprimées en fonction des données  $g, V_1, V_2, x_0$  et  $z_0$



- Déterminer l'équation horaire  $x_G(t)$  du mouvement du centre d'inertie  $G$  de la gymnaste sur l'axe  $Ox$ . 0,5pt
- De l'étude dynamique du mouvement du centre d'inertie  $B$  du ballon, déduire les équations horaires  $x_B(t)$  et  $z_B(t)$  du point  $B$ . en déduire l'équation de la trajectoire du point  $B$  1pt
  - Quelle sont les caractéristiques du vecteur vitesse du point  $B$  au sommet de sa trajectoire ? quelle est la hauteur maximale atteinte par le point  $B$  ? 1pt
- La gymnaste récupère le ballon lorsque son centre  $B$  repasse à l'altitude  $z_0$ . Déterminer le « temps de vol »  $t_v$  du ballon (durée séparant les instants du lancer et du rattraper) comment la gymnaste peut-elle augmenter ce « temps de vol » ? 1pt
  - Déterminer la distance parcourue par le centre d'inertie  $B$  du ballon suivant l'axe horizontal  $Ox$  pendant le « temps de vol ». de quel(s) paramètre(s) dépend cette distance ?
  - Montrer que la distance parcourue par le centre d'inertie  $G$  de la gymnaste pendant ce « temps de vol » est la même. 1pt
  - Que peut-on dire de la coïncidence en temps et en lieu ? 0,5pt

**Exercice 2 : Systèmes oscillants.**

- A. la remorque d'un véhicule au repos peut être assimilée au dispositif suivant : une masse  $M= 500 \text{ Kg}$  reposant par l'intermédiaire de deux ressorts identiques de raideur  $k$  sur une barre  $B$  représentant l'axe des roues de la remorque (voir figure). Sous l'action de la masse  $M$ , les deux ressorts verticaux se compriment de  $\Delta L= 15\text{cm}$ . On prendra  $g= 9,81 \text{ m/s}^2$ .



1. lorsqu'on charge la remorque, cela revient à augmenter  $M$  de  $m=50\text{kg}$ . Chaque ressort est alors comprimé d'une même quantité supplémentaire  $X_0$ . calculer  $X_0$ . 1pt
  2. A  $t = 0$ , la charge  $m$  est enlevée. Etablir l'équation différentielle du mouvement de translation de la masse  $M$  en prenant un axe  $XX'$  orienté vers le bas et sachant que le dispositif est équipé de deux amortisseurs fluides qui exercent chacune une force opposée au déplacement dont l'expression algébrique est  $f = -\lambda v$  ( $v$ : mesure algébrique de la vitesse lors des oscillations verticales de la remorque  $M$ ). L'origine  $O$  de  $XX'$  sera prise à la position d'équilibre de  $M$  seulement. 1pt
  3. En négligeant le coefficient de frottement  $\lambda$ , calculer la période propre  $T_0$  des oscillations. 1pt
- B. Un moteur est traversé, en régime d'utilisation normale, par un courant alternatif sinusoïdal de fréquence  $f = 50\text{Hz}$  et de valeur efficace  $I = 2\text{A}$ . Le courant fournit au moteur dans ces conditions une puissance moyenne  $P = 400\text{W}$ . Le moteur est assimilable à une bobine RL de résistance  $R$ , d'inductance  $L$  et de facteur de puissance  $\cos \varphi = 0,8$
1. Calculer  $R$  et  $L$ . 1pt
  2. Ce moteur ne satisfait pas les normes de AES-SONEL qui exige un facteur de puissance  $\cos \varphi = 0,9$ . l'utilisateur, pour augmenter le facteur de puissance, met en série avec le moteur un condensateur de capacité  $C$ .
    - a) Montrer, à l'aide d'une construction de Fresnel, que ce montage est approprié. 0,5pt
    - b) Quelles sont les valeurs possibles de  $C$  ? utiliser si besoin est  $\text{tg } \varphi' = 0,48$ . 0,5pt
    - c) Quelle est alors la valeur efficace de la tension  $U'$  aux bornes de l'ensemble (moteur + condensateur) pour que le moteur fonctionne normalement, c'est-à-dire pour qu'il soit traversé par un courant de valeur efficace  $I = 2\text{A}$ .

**Exercice 3 : Phénomènes corpusculaires et ondulatoires.****4points**

A. Deux fentes  $F_1$  et  $F_2$  sont éclairées par une source lumineuse  $F$ , située à égale distance de  $F_1$  et  $F_2$ , en lumière monochromatique rouge de longueur d'onde  $\gamma = 0,633 \mu m$ . Les vibrations lumineuses issues des fentes  $F_1$  et  $F_2$  sont synchrones et cohérentes. La figure d'interférence est observée sur un écran. On considère un point  $M$  de cet écran appartenant au champ d'interférence, situé à la distance  $d_1$  de  $F_1$  et  $d_2$  de  $F_2$  le dispositif interférentiel est plongé dans un milieu d'indice  $n_0$ .

1. Décrire ce qu'on observe sur l'écran. 0,5pt
2. Le point  $M$  appartient à une frange brillante si le décalage horaire des ondes issues de  $F_1$  et  $F_2$  est un multiple entier de  $T$ , période des ondes lumineuses dans le vide ( $t_2 - t_1 = KT$ ; où  $t_1$  et  $t_2$  sont respectivement les temps mis par l'onde lumineuse pour parcourir les distances  $d_1$  et  $d_2$ ). Etablir la condition sur  $d_1$  et  $d_2$  pour que  $M$  appartienne à une frange brillante en fonction de  $n_0$ ,  $\gamma$  et  $K$
3. Sur le trajet du faisceau issu de  $F_1$  on dispose une lame transparente d'épaisseur  $e$  et d'indice de réfraction absolue  $n$  ( $n > n_0$ ). Etablir l'expression donnant l'abscisse des franges brillantes en fonction de  $D$  (distance entre l'écran et le plan des fentes),  $a$  (distance entre les fentes  $F_1$  et  $F_2$ ),  $e$ ,  $n$ ,  $k$ ,  $n_0$  et  $l_0$  (l'interfrange dans le vide). Donner la position des franges brillantes d'ordre  $-1$ ;  $0$  et  $1$ . 1pt

On donne :  $D = 2m$ ;  $a = 0,5cm$ ;  $n = 1,5$ ;  $e = 1cm$ ;  $n_0 = 1$

B. Une source  $\alpha$  de radium  ${}^{226}_{88}Ra$  de masse  $m = 0,01$  mg est au centre d'une ampoule sphérique sous vide. On place un détecteur à scintillation et l'écran du détecteur en sulfure de zinc scintille quand il est atteint par une particule  $\alpha$ . Les signaux lumineux émis sont comptés à l'aide d'un photomultiplicateur.

1. Ecrire l'équation de la désintégration du radium. 0,5pt
2. Le noyau fils est radioactif  $\alpha$  et un certain nombre de noyaux sont obtenus dans un état excité. Quelles autres réactions peut-on écrire ? 0,5pt
3. Sur chaque élément de surface de l'ampoule, on observe en moyenne 14 scintillations en une minute. En admettant que la seule source de particules  $\alpha$  soit l'échantillon de radium et qu'il émette de manière identique dans toutes les directions, déterminer le nombre moyen de particules  $\alpha$  émises par échantillon en une minute. Calculer la période du radium. 1pt

On donne : masse atomique du radium :  $226$  g/mol ; nombre d'Avogadro :  $6,02 \times 10^{23}$  /mol

Z	83	84	85	86
Symbole	Bi	Po	At	Rn



---

# CURRICULUM VITAE

---

## ÉTAT CIVIL

**NOMS** : TSEUH NETA

**PRÉNOM** : Isidor

**DATE ET LIEU DE NAISSANCE** : 13 Octobre 1988 à BAGAM

**NATIONALITÉ** : Camérounais

**RÉGION D'ORIGINE** : OUEST

**SITUATION MATRIMONIALE** : Célibataire

**ADRESSE** : 673182689 / 697513005

**Email** : tseuhn@yahoo.fr

## PARCOURS ACADÉMIQUE

**2014** : Obtention de la licence en physique et du DIPESI, Université de Yaoundé I.

**2009** : Obtention du Baccalaureat C au lycée de Galim, département des Bamboutos.

**2008** : Obtention du Probatoire C au lycée de Galim.

## CONNAISSANCES LINGUISTIQUES

**Français** : Lu, Parlé et écrit.

**Anglais** : Niveau Moyen.

## CONNAISSANCES INFORMATIQUES

Maîtrise de l'outil informatique :

- Microsoft Word ; Excel ; Paint ; Autocad ; MathType ; Latex...

## LOISIRS

Sports ; Jeux vidéos ; Voyages.