

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

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

UNITÉ DE RECHERCHE ET DE FORMATION
DOCTORALE EN SCIENCES DE
L'ÉDUCATION ET INGÉNIERIE ÉDUCATIVE

DÉPARTEMENT DE DIDACTIQUE DES
DISCIPLINES



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF EDUCATION

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING CENTER IN SOCIAL AND
EDUCATIONAL SCIENCES

DOCTORAL RESEARCH AND
TRAINING SCHOOL IN EDUCATION
AND EDUCATIONAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF DIDACTICS

**ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE :
CONSTRUCTION DU CONCEPT DE MOLÉCULE CHEZ
LES APPRENANTS DE LA CLASSE DE TROISIÈME (13-15
ans) DU COLLÈGE D'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE
GÉNÉRAL DE NTUISSONG – OBALA.**

Mémoire présenté et soutenu le Jeudi 19 Septembre 2024 en vue de
l'obtention du Diplôme de Master en Sciences de l'Éducation

Spécialité : Didactique de la chimie

Option : Ingénierie Éducative

Par

ETOGO TIMA Nadège

Titulaire d'un Master en Chimie inorganique

Option : Chimie Physique et Théorique

Matricule : 22V3799

devant un jury composé ainsi qu'il suit :

Président	DONGO Etienne (<i>Professeur</i>)	Université de Yaoundé I
Rapporteur	AYINA BOUNI (<i>Maître de Conférences</i>)	Université de Yaoundé I
Membre	NJINGTI NFOR (<i>Maître de Conférences</i>)	Université de Yaoundé I



Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

Par ailleurs, le Centre de Recherche et de Formation Doctorale en Sciences Humaines, Sociales et Éducatives de l'Université de Yaoundé I n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans ce mémoire ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

SOMMAIRE

DÉDICACE-----	iii
REMERCIEMENTS-----	iv
LISTE DES TABLEAUX-----	v
LISTE DES FIGURES-----	vi
LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES-----	vii
RÉSUMÉ-----	viii
ABSTRACT-----	ix
INTRODUCTION GÉNÉRALE-----	1
PARTIE 1 : CADRE THEORIQUE DE L'ETUDE-----	4
CHAPITRE 1 : INSERTION DE L'ÉTUDE DE L'ÉTUDE-----	5
CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE.....	38
PARTIE 2: CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATOIRE DE L'ÉTUDE.....	53
CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE.....	54
CHAPITRE 4 : PRÉSENTATION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET SUGGESTIONS	98
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	128
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	130
ANNEXE.....	138
TABLE DES MATIÈRES.....	148

À

Mon époux, le Dr. GARBA KOFFI Jean

Mes parents, M. et Mme. ETOGO

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude, à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

J'adresse en premier lieu, toute ma reconnaissance et mes remerciements au Pr. AYINA BOUNI, qui a bien voulu accepter de diriger ce travail, pour sa disponibilité, ses conseils, sa rigueur dans le travail et surtout, pour la riche documentation qu'il a mise à ma disposition, afin de mener à bien ma recherche. Qu'il veuille trouver en ces propos, mes vifs remerciements ;

mes remerciements vont également, à l'endroit du Dr. AWOMO ATEBA Jérémie, pour ses orientations, sa disponibilité, son esprit critique et son souci du travail bien fait, en rapport avec la réalisation de ce travail d'initiation à la recherche. Qu'il veuille trouver ici, l'expression de ma profonde reconnaissance ;

je témoigne ma reconnaissance, à tous les enseignants du Département de Didactique des disciplines de la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé I, ainsi qu'à son illustre Chef de département, Pr NKECK BIDIAS Renée Solange, pour leurs enseignements et la formation de base qu'ils m'ont fait acquérir durant ces deux années de Master en didactique de chimie ;

je remercie tous les membres du Laboratoire de Recherche Interdisciplinaire en Didactique (LARIDI), en particulier Dr HAMADOU HALIDOU, Dr AMBOMO Nicole, Dr MOULIOM Emmanuel, les aînés MOTCHUENG Gisèle ; NCHINMOUN Mohamed ; SIGHA Paul, TEMATIO Joséphine, pour toutes les remarques et suggestions qu'ils ont faites pendant et en dehors des séminaires de présentation de l'état d'avancement des travaux de Master. L'objectif ici, était d'améliorer la qualité de ce travail ;

je remercie les enseignants du C.E.S. de NTUISSONG – OBALA, qui ont bien voulu m'accorder une plage horaire destinée à leurs enseignements, afin que, je puisse mener l'expérimentation auprès des élèves de la classe de 3^{ième}, qui représente l'échantillon de la présente étude ;

j'exprime ma gratitude à mon aîné académique, M. WAGNI Pierre Bény, pour ses encouragements et sa forte contribution intellectuelle dans l'analyse des données collectées sur le terrain ;

je remercie Mlle GHEOADA BONOHO Judith Blandine, pour ses encouragements, son soutien moral et son esprit de solidarité ;

j'adresse mes vifs remerciements à mes deux fils, GARBA KOFFI Samuel Yanis et KOFFI Gabriel Yohan Soleil, pour leur compréhension pendant mes moments d'absence à leurs côtés, dans le but de la réalisation de ce travail de recherche.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	Tableau synoptique.....	51
Tableau 2:	Caractéristiques de la population cible.....	57
Tableau 3:	Spécificités des apprenants choisis suivant les critères inscrits dans le tableau 2.....	57
Tableau 4	Critères de sélection des sujets – apprenants.....	58
Tableau 5:	Répartition des apprenants par sexe.....	59
Tableau 6:	Répartition des apprenants en groupe expérimental (G.E) et en groupe témoin (G.T).....	59
Tableau 7.	Dispositif de l’Enseignement /Apprentissage du concept de molécule en chimie à l’aide du signe iconique peircien.....	70
Tableau 8 :	Typologies des démarches expérimentales en recherche quantitative (Kassenti et Zajc, 2006).....	73
Tableau 9	Grille d’évaluation au pré-test.....	76
Tableau 10	Grille d’évaluation au post-test.....	77
Tableau 11	Répartition des apprenants selon les scores dans le groupe témoin.....	99
Tableau 12	Indicateurs statistiques dans le groupe témoin.....	100
Tableau 13	Test d’égalité des espérances : observations pairées du groupe témoin.....	100
Tableau 14	Répartition des apprenants selon le score dans le groupe expérimental.....	101
Tableau 15	Indicateurs statistiques dans le groupe expérimental.....	102
Tableau 16	Test d’égalité des espérances: observations pairées égales du groupe expérimental.....	103
Tableau 17	Récapitulatif des indicateurs statistiques des deux groupes.....	104
Tableau 18	Analyse de la variance du groupe expérimental.....	104

LISTE DES FIGURES

Figure 1:	photographie des quatre éléments selon la théorie de Empédocle.....	13
Figure 2:	qualités élémentaires formées par la combinaison des quatre éléments, imaginée par Aristote.....	14
Figure 3:	qualités élémentaires formées par la combinaison des quatre éléments, imaginée par Aristote	14
Figure 4 :	Le triplet de la chimie (Johnstone, 1993).....	16
Figure 5:	Transposition didactique de Chevallard (1991) révisée.....	18
Figure 6:	Photographie prise à la Royal Institution of London (Dorey, 2012) du modèle moléculaire construit par Hofmann en 1865 pour la molécule de méthane.....	20
Figure 7 :	Modèle triadique de Peirce.....	28
Figure 8:	Triangle sémiotique de Peirce.....	29
Figure 9 :	Système de signes de Hassenfratz et Adet (Soudani et al., 2014).....	32
Figure 10	Icônes attribuées par Dalton aux corps simples et aux combinaisons chimiques (Soudani et al., 2014).....	32
Figure 11	Les quatre phases de l'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche (Barquero & Bosch, 2015, p.4, inspirés de Artigue (1991).....	62
Figure 12	Polygone des paramètres des actions didactiques (Gilles et al., 2007).....	66
Figure 13	Les phases de l'enregistrement des séances didactiques (Hana'a, 2012).....	94
Figure 14	Étapes de l'analyse d'un discours (Hana'a (2012).....	97
Figure 15	Maquette de présentation des concepts connexes à celui de la « molécule » (fait à partir du logiciel Tropes).....	107

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

UNESCO:	Union des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
ONU :	Organisation des Nations Unies
OCDE:	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
3^{ième}	Troisième
4^{ième}	Quatrième
5^{ième}	Cinquième
17^{ième}	Dix-septième
DSCE:	Document de Stratégie pour la Croissance de l'Emploi
APC:	Approche Par les Compétences
ODD:	Objectifs de Développement Durable
ZPD :	Zone Proximale de Développement
UICPA :	L'union Internationale de la Chimie Pure et Appliquée
PCT :	Physique – Chimie – Technologie
C.E.S.	Collège d'Enseignement Secondaire Général
ID	Ingénierie Didactique
QCM	Questions à choix multiples
Km	Kilomètres
min	minutes

RESUMÉ

La présente étude interroge la nécessité de l'usage du signe iconique peircien sous sa forme triadique comme outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans), au cours de l'enseignement/apprentissage de la chimie. À cet effet, une expérimentation sur papier/crayon est menée sur un échantillon de 34 élèves (13-15 ans) du Collège d'Enseignement Secondaire de Ntuisong-Obala. Ces apprenants sont divisés par choix raisonné en deux groupes distincts dont un groupe témoin et un groupe expérimental renfermant chacun 17 apprenants. Les résultats à l'issue du questionnaire relatif au pré-test administrés à ces deux groupes d'apprenants, indiquent un faible taux de conceptualisation de la molécule, soit 17,00% en l'absence du signe iconique peircien. Le groupe expérimental ayant participé seul à l'enseignement/apprentissage de la molécule à l'aide du signe iconique peircien présente 100,00% de taux de conceptualisation de la molécule à l'issue de l'analyse du questionnaire post-test. De plus, la valeur critique de t à savoir 2,13 au post-test est supérieure à la valeur statistique t à savoir -15,83 au pré-test pour un niveau de signification de 0,05. Cette étude au travers de l'analyse du discours des apprenants obtenu par la transcription vidéoscopique du test a permis de comprendre au regard de la forte implication des apprenants du groupe expérimental aux activités du test, comment les représentations iconiques peirciennes aident ces apprenants à conceptualiser la molécule. Donc, le signe iconique peircien dans une triade Représentamen-Objet-Interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de Troisième (13-15 ans) car, il les aide à donner du sens au concept molécule et à produire et non reproduire les connaissances scientifiques y afférentes.

Mots clés : signe iconique peircien, triade Représentamen-Objet-Interprétant, molécule.

ABSTRACT

This study examines the need to use the Peircian iconic sign in its triadic form as a relevant didactic tool in the conceptualization of the molecule by learners in the third year of secondary school (13-15 years old), during the teaching during the teaching/learning of chemistry. To this end, an experiment paper/pencil experiment was conducted on a sample of 34 students (aged 13-15) from the « Collège d'Enseignement Secondaire de Ntuissong-Obala ». These learners were divided by reasoned choice into two distinct groups: a control group and an experimental group, each containing 17 learners. The results of the questionnaire administered to these two groups of learners, indicate a low rate of conceptualization of the molecule, i.e. 17.00% in the absence of the Peircian iconic sign. The experimental group that participated alone in teaching/learning the molecule using the Peircian iconic sign had a 100.00% rate of conceptualization of the molecule on analysis of the post-test questionnaire. Moreover, the critical value of t , i.e. 2.13 in the post-test is higher than the statistical t value of -15.83 in the pre-test for a significance level of 0.05. This study, based on an analysis of the learners' discourse obtained from the videoscopic transcription of the test, has made it possible to understand how Peircian iconic representations help these learners to conceptualise the molecule, given the high level of involvement of the learners in the experimental group in the test activities. Thus, the Peircian iconic sign in a Representamen-Object-Interpretant triad is a relevant didactic tool in the conceptualization of the molecule by learners in the « Troisième » class (13-15 years old) because, it helps them to give meaning to the concept of the molecule and to produce rather than reproduce the related scientific knowledge.

Key words: Peircian iconic sign, Representamen-Object-Interpretant triad, molecule

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'Enseignement/Apprentissage des sciences en général et celui de la chimie en particulier, a toujours été au cœur des politiques éducatives dans plusieurs pays du monde, et le Cameroun, n'est pas en reste. Pour ce dernier qui se veut émergent à l'horizon 2035, l'une des stratégies est la formation à l'esprit scientifique, à la culture scientifique et à un raisonnement scientifique, à travers la construction des connaissances scientifiques chez les apprenants. L'enjeu ici, étant une meilleure insertion socioprofessionnelle des apprenants et par ricochet, une contribution au développement du pays. Cette stratégie est d'ailleurs prescrite et encouragée par les organismes internationaux comme l'UNESCO (2021) et l'ONU. Cela suppose donc, un apprentissage efficace et selon les consignes de l'OCDE (2010), l'apprentissage est plus efficace, s'il est constructif, autorégulé, situé et collaboratif. En ce qui concerne l'apprentissage constructif, Piecznski (2012) stipule que : *«seul l'élève a accès à sa mémoire. C'est lui qui place les nouveaux acquis et les articule dans son réseau conceptuel»*. Quant – à – l'apprentissage autorégulé, l'élève, dans la gestion d'une situation, doit pouvoir prendre des initiatives pour que le projet aboutisse à temps et en heure (Piecznski, 2012). L'apprentissage situé pour sa part, exige que le contenu fasse sens chez l'élève (Piecznski, 2012). Par contre, l'apprentissage collaboratif est l'apprentissage au cours duquel, le développement d'une compétence se fait lors des interactions avec autrui (Piecznski, 2012). Selon la théorie socioconstructiviste de vygotsky (1985), les interactions entre les apprenants ou entre l'enseignant et les apprenants dans la salle de classe, constituent un élément fondamental dans la construction d'un concept chez les apprenants. Ainsi, la construction d'un concept par les apprenants au cours d'un processus d'Enseignement/Apprentissage, requiert leur participation active et des démarches qu'ils doivent eux – même entreprendre pour s'appropriier le savoir mis en jeu. Et c'est à ce niveau qu'intervient la didactique en général et la didactique des disciplines en particulier. Cette dernière s'intéresse à la problématique liée d'une part, à l'appropriation des savoirs chez l'apprenant dans une discipline spécifique et d'autre part, à sa construction des connaissances issues de ces savoirs. En rappelant que la didactique selon Marsenach (1994) est : *«l'étude des processus de transmission et d'appropriation des connaissances et l'élaboration de situations, de dispositifs et de progressions d'enseignement »*, il est clair que, c'est l'élève qui est au centre du savoir ou encore au centre de l'action didactique. Ce qui importe alors, est le rapport de l'apprenant au savoir, et dans le cadre de cette étude, il s'agit du rapport de l'apprenant de la classe de 3^{ième}

(13 – 15 ans), au concept de molécule au cours de l'Enseignement/Apprentissage de la chimie. Cependant, notons que, dans les établissements secondaires de l'enseignement général en contexte camerounais, l'Enseignement/Apprentissage de la chimie et plus précisément, la compréhension des concepts de base tels que la molécule, reste un défi majeur pour de nombreux apprenants de la classe de 3^{ième} (13 – 15 ans). Ce pour autant que, la molécule est un concept abstrait qui appartient au domaine sous – microscopique du savoir en chimie (Johnstone, 2000) et dans lequel, les apprenants éprouvent généralement des difficultés de compréhension. Ce qui aboutit donc, à la naissance des conceptions alternatives des apprenants, les empêchant ainsi à s'approprier le savoir mis en jeu. D'où la nécessité de l'usage d'un outil didactique pertinent qui facilite la conceptualisation de la molécule chez les apprenants. En s'appuyant sur les travaux en didactique des sciences physiques de (Ayina et al.,2013) ; (Ayina et al., 2021) et (Soudani et al., 2009), respectivement sur la construction de la particule sécable et la particule insécable ; l'atomicité et le courant électrique à l'aide du signe iconique peircien d'une part et en prenant en compte d'autre part, de l'une des caractéristiques fondamentales de la sémiotique peircienne à savoir, la relation triadique qui rend indissociables les composants du signe peircien que sont : le signe (icône, indice ou symbole) ; l'objet et l'interprétant, il s'agit dans le cadre de la présente étude de voir si l'usage du signe iconique peircien formé à partir de la triade Représentamen-Objet-Interprétant (ROI) est pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième}. Cette recherche s'inscrit donc dans le cadre de l'Enseignement/Apprentissage de la chimie et la construction du concept de molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième}, à l'aide du signe iconique peircien dans l'optique de palier aux difficultés de conceptualisation de la molécule. La sémiotique peircienne (Peirce, 1978) offre à cet effet, un cadre théorique riche et propice pour enseigner ce concept aux élèves tout en les aidant par la même occasion à le construire. Elle permettrait également de comprendre à travers l'interprétant, et le signe-objet, comment les élèves manipulent le signe iconique pour conceptualiser la molécule. Afin de mieux orienter le présent travail de recherche, la question principale suivante est en droit d'être posée : dans quelle mesure, le signe iconique peircien, engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant, est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième} (13 – 15 ans)? La réponse à cette question nécessite la formulation d'une hypothèse principale de recherche à savoir: le signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant, est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième} (13 – 15 ans). Afin de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse principale, une recherche mixte (recherche qualitative et quantitative), associée à la démarche

didactique en ingénierie didactique de Michel Artigue (Artigue, 1989) est entreprise et ce, dans une perspective sémiotique peircienne (Peirce, 1978).

Ce manuscrit présente ainsi l'essentiel de nos travaux en deux grandes parties distinctes à savoir : le cadre théorique d'une part, suivi du cadre méthodologique et opératoire d'autre part.

La première partie qui porte sur le cadre théorique, est divisée en deux chapitres distincts. Le premier chapitre présente la problématique de l'étude et le second parle de son insertion théorique.

La seconde partie intitulée : cadre méthodologique et opératoire, se structure aussi en deux chapitres à savoir : le chapitre 3, qui décrit le type de recherche mené, les méthodes, les techniques et les instruments de collecte et d'analyse de données. Le chapitre 4 quant – à – lui, est réservé à la présentation, l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus au terme de la phase de collecte de données. Par la suite, des suggestions sont faites. Il convient de souligner que, les deux parties sus-évoquées sont encadrées par une introduction générale et une conclusion générale.

PARTIE 1
CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

CHAPITRE 1 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Le présent chapitre présente notre sujet de recherche dans sa partie théorique à travers les points suivants : la définition des concepts, la revue de la littérature, les théories explicatives de l'étude et la définition des variables sur le signe iconique peircien, le concept de molécule, la construction des connaissances scientifiques. Ce chapitre nous permettra de tirer des conclusions sur la valeur des hypothèses initiales de notre recherche (Gautier, 2009, pp. 14-15).

1.1 DÉFINITIONS DES CONCEPTS

Définir les différents mots ou expressions clés dans un travail de recherche est très important dans la mesure où, ces définitions permettent au futur lecteur de mieux cerner la pensée de l'auteur et d'éviter certaines confusions et discussions. Mialaret (1996) soutient à cet effet que : « *les mots ont leur histoire et de nombreuses discussions pourraient être évitées si l'on prenait le soin de bien les utiliser* ». En d'autres termes, la définition des concepts permet à toute personne qui lit un travail de recherche de mieux se saisir du sens que l'auteur donne à son travail. Il est également judicieux de préciser dans quel contexte sont définis ces concepts pour éviter tout égarement du lecteur. En ce qui concerne ce travail de recherche, les concepts clés sont définis dans le sens et le contexte de la présente étude.

1.1.1. Enseignement/Apprentissage

Ce groupe de mots est constitué de deux mots distincts à savoir : Enseignement et Apprentissage, lesquels nécessitent de donner pour chacun, une approche définitionnelle et par la suite, de donner la définition de Enseignement/Apprentissage.

1.1.1.1. Enseignement

Le vocable « enseignement » vient étymologiquement du verbe « insignare » en latin, qui signifie enseigner. Ce verbe latin dérive à son tour de « signum » qui signifie mettre une marque ou encore mettre un signe.

Selon le dictionnaire encyclopédique Larousse (2017, 1979), enseigner signifie alors indiquer, faire connaître quelque chose que ce soit. Faire acquérir le savoir ou la pratique. C'est le cas de : enseigner la biologie, enseigner la physique, enseigner la chimie. Donc, l'enseignement est l'action de transmettre des connaissances. L'enseignement peut également être donné par une expérience. Autrement dit, c'est l'activité du professeur quand il est en interaction avec les élèves (Chatoney et al., 2020). Il s'agit également de former quelqu'un dans la connaissance d'une science, d'un concept. Il va sans dire que, l'enseignement consiste à transmettre des connaissances à un élève.

Selon les chercheurs en sciences de l'éducation, la définition de l'enseignement dépend de l'objectif à atteindre ou du cadre théorique dans lequel les concepts sont enseignés.

Si c'est le rapport au savoir qui est privilégié, l'enseignement met l'accent sur la transmission des connaissances en les exposants le plus clairement possible. Le cadre théorique dans lequel l'enseignement est donné ici, est le modèle transmissif qui est encore pratiqué dans les établissements scolaires au Cameroun. Ce type de modèle s'intéresse au comment rendre le savoir savant enseignable, c'est – à – dire, comment mettre le savoir à la disposition des élèves pour faciliter son appropriation par ceux-ci.

Si c'est l'acquisition des automatismes qui est privilégiée, l'enseignement est centré sur les actions à mener par l'enseignant pour faire travailler les élèves afin de modifier leur comportement par rapport à l'objet d'enseignement, de leur faire acquérir des automatismes. Cela est rendu possible dans le modèle behavioriste (Rakos, 2013). En cela, Khaldi (2011), déduit que :

L'enseignement est l'ensemble des stimuli exercés par un enseignant à l'égard d'un élève et visant à susciter l'atteinte d'objectifs d'apprentissage par celui-ci. Au sens étroit, les activités d'enseignement concernent les activités d'apprentissage proposées à l'élève par l'enseignant. Donc l'enseignement désigne d'une part la leçon et la connaissance acquise par l'élève et d'autre part la transmission de cette connaissance.

Cette pensée de Khaldi (2011) montre que, l'enseignement insiste sur le contenu à transmettre et aux résultats auxquels cet enseignement aboutit et non aux processus cognitifs de traitement de l'information.

En privilégiant le rapport aux élèves, l'enseignement est une action qui s'intéresse au processus d'acquisition et de construction des connaissances par les apprenants et qui insistent sur les mises en activités de ces apprenants dans le but de s'approprier le savoir scientifique. Les théories convoquées ici sont : le behaviorisme de Watson (Watson, 1913) ; le constructivisme de Piaget et le socioconstructivisme de vygotsky (vygotsky, 1985).

L'enseignement d'une part, exige de l'enseignant un apprentissage en permanence, s'il veut continuer à transmettre les connaissances à l'apprenant. D'autre part, l'enseignement a pour point de chute, l'apprentissage, en ce sens que l'activité d'enseigner permet et engendre l'apprentissage et vice-versa (Begin, 2007). Ainsi, l'enseignement est une action tripartite : la transmission des connaissances, le fait d'inculquer les connaissances et l'action de faire construire les connaissances.

Le courant de pensée socioconstructiviste (Vigotsky, 1985) indique qu'enseigner, c'est organiser des situations d'apprentissage propices au dialogue en vue de provoquer et de

résoudre des conflits socio-cognitifs. En d'autres termes, l'enseignement est une pratique entreprise par un enseignant, dans l'optique de faire acquérir à l'élève en interaction avec lui et ses pairs, un savoir et de l'aider à développer des compétences (savoirs – faire) au moyen des signes. Not (1988, P. 59) pour renchérir, soutient que l'enseignement est l'action de « *susciter des activités d'apprentissage et les alimenter par des matériaux appropriés. Ceux – ci consistent aux informations que l'on émet pour que d'autres les saisissent* ». Ceci sous-tend que l'enseignement consiste aussi à rendre le sens de l'objet d'enseignement accessible aux élèves à l'aide des signes, lesquels signes peuvent être iconiques, indiciaires ou symboliques (Peirce, 1978 ; Djabou, 2018 ; Soudani et al., 2014 ; Ayina, 2013 ; Edeline, 2009 ; Soudani et al., 2009 ; Matheron et Mercier, 2004). Cette acception retient particulièrement notre attention dans la mesure où, elle montre davantage la relation étroite qui existe entre l'enseignement et l'apprentissage, relation qui est renforcée par l'usage des modèles ou outils de modélisation et/ou de conceptualisation, considérés ici comme des signes dans le vocabulaire peircien. Pour la suite de nos travaux, nous retenons que l'enseignement est un processus de communication au moyen d'un système de signes au sens peircien dans le but comme le dit Legendre (2005), « *de susciter l'apprentissage* » ou la construction d'un concept.

1.1.1.2. Apprentissage

Le vocable « *Apprentissage* » du point de vue étymologique, vient du latin *apprehendere* qui implique une opération de saisie. L'apprentissage est communément considéré comme l'action d'apprendre un métier, l'état d'un apprenti. C'est également le processus par lequel, une personne ayant des connaissances, maîtrise des habilités ou développe des attitudes. Apprendre renvoie encore d'après Chatoney et al. (2020), à une « *activité de l'élève quand celui – ci est en interaction avec les sujets impliqués dans la situation prévue et mise en œuvre par les élèves. Les sujets sont les autres élèves* ». Et donc, l'apprentissage est le mécanisme qui place l'acte d'apprendre au centre des préoccupations et des actions des enseignants. Selon Develay (1992), « *Apprendre, c'est de trouver du sens dans une situation d'enseignement. Une situation d'enseignement est une situation en attente de sens pour celui qui apprend. Ce n'est qu'à condition d'investir du désir et d'être motivé par cette situation qu'un apprentissage est possible* ». De ce fait, l'apprentissage est pris comme étant, une activité qui requiert à la fois une action externe (l'enseignant et le milieu) et une action interne (la motivation de l'apprenant) afin que le sujet – apprenant subisse des transformations cognitives et comportementales. À la fin d'un apprentissage, l'apprenant est capable de manifester une performance nouvelle dont il n'était pas capable au début de l'apprentissage. Au regard des didacticiens qui soutiennent la logique du construit suivant le paradigme socioconstructiviste de vygotsky (vygotsky, 1985),

l'Apprentissage revient à co-construire ses connaissances en confrontant ses représentations à celles d'autrui. Cet apprentissage peut être facilité par l'usage des signes comme des icônes, des indices et symboles selon la conception peircienne, permettant ainsi aux apprenants de créer ou donner du sens aux phénomènes mis en jeu dans la construction d'un concept. Les élèves sont capables par exemple, d'appréhender l'objet molécule à travers un signe iconique matériel (les modèles moléculaires faits à partir des boules de billard colorées, du polystyrène ou de la pâte à modeler) ou un signe iconique immatériel (les schémas ou les dessins papier-crayon). Pour la suite de nos travaux et en nous appuyant sur les définitions précédentes, nous retenons que : l'apprentissage est un processus de co -construction de connaissances dans un contexte favorisé par l'usage d'un système de signes peirciens et dans le cas d'espèce, le signe iconique, aidant l'apprenant à conceptualiser ou à modéliser le phénomène mis en jeu.

Le choix de définir en couple Enseignement/Apprentissage, vient du fait que ces deux termes sont intimement liés. Pour certains auteurs comme Bégin (2007) et Legendre (2005), il n'existe pas d'enseignement sans l'apprentissage. De même, il n'y a pas d'Apprentissage sans Enseignement. En combinant respectivement les deux acceptions des mots «*Enseignement* » et «*Apprentissage*» retenues dans le cadre de la présente étude, nous disons que, l'Enseignement/Apprentissage est un acte par lequel un enseignant d'un côté, transmet un savoir aux apprenants et de l'autre côté, ces apprenants s'approprient ce savoir. Dans un contexte scolaire prôné par l'Approche Par les Compétences (APC) et où l'élève doit lui-même construire ses connaissances de manière durable, l'enseignement/apprentissage renvoie à un ensemble de stratégies déployé par l'enseignant pour amener l'élève à construire un concept. L'une de ces stratégies pourrait être l'usage de l'approche sémiotique de Charles Sanders Peirce avec comme entrée, le signe iconique triangularisé avec l'objet et l'interprétant (S.O.I.) (Peirce, 1978).

1.1.2. Concept.

Le concept renvoie à une idée abstraite et générale. C'est une représentation mentale, objective, stable et exprimée par un mot qui est obtenu par un effort d'abstraction qu'elle soit empirique ou réfléchissante.

Le dictionnaire encyclopédique Larousse (2017) définit le concept comme, une « *idée générale et abstraite que se fait l'esprit humain, d'un objet de pensée concret ou abstrait, et qui lui permet de rattacher à ce même objet, les diverses perceptions qu'il en a, et d'en organiser les connaissances* ». Les diverses perceptions vues comme des différentes significations de l'esprit humain, sont considérées comme des interprétants dans la théorie de la sémiotique de Charles Sanders (Peirce, 1978). En d'autres termes, les concepts sont des

représentations mentales générales et abstraites, permettant d'organiser et de simplifier les perceptions et les connaissances (Thouin, 2014). Cela signifie par ailleurs que, le concept désigne, une construction de l'esprit, explicitant un ensemble stable de caractères désignés par un ou plusieurs signes.

En didactique des disciplines, les concepts sont des outils théoriques pour la recherche. Ils s'inscrivent dans un champ conceptuel et une trame conceptuelle et servent à analyser et à construire des situations d'enseignement et de formation.

Dans le domaine mathématique par exemple, le concept est une notion rigoureusement définie, qui sert de fondement ou de principe. C'est le cas des concepts de trapèze, de cercle, d'ensemble, de sous – ensemble...

Dans les sciences expérimentales à l'instar de la physique et de la chimie, le concept est une idée explicative qui vient d'une théorie générale et que l'on vérifie par l'expérimentation. C'est le cas entre autres, des concepts d'énergie, de masse, de réaction chimique, d'atome, de molécule.

À la question de l'origine d'un concept, si elle est acquise ou non, Kant répond qu'il faut distinguer les concepts a priori ou purs, qui ne sont pas tirés de l'expérience (les domaines de l'entendement) et les concepts a posteriori ou empiriques qui s'y appliquent grâce à l'imagination (les schèmes) (Azoulay, 2015). De ce fait, la conceptualisation est le schéma de recherche du sens ou de l'appréhension et la compréhension d'un concept à travers sa définition et la classification de ses caractéristiques ainsi que de ses attributs (Connac, 2018).

Au regard de ces différentes approches définitionnelles du mot concept et dans la perspective peircienne, nous retenons pour la suite de ce travail de recherche que, le concept est un objet de pensée qui peut être représenté par un ensemble de signes peirciens (icône ; indice, symbole) dans le but de saisir son sens. C'est le cas de la molécule de dihydrogène (concept et donc, objet de pensée), qui est une entité abstraite et qui peut être représentée par une icône (modèle moléculaire), par un symbole (H_2) ou par un indice (la flamme issue de la détonation d'une buchette allumée à l'approche de cette molécule gazeuse).

1.1.3. Construction d'un concept

La construction d'un concept renvoie encore à la construction d'une connaissance scientifique. Il est donc nécessaire de définir la connaissance du moment où elle est prise dans le sens d'un concept.

La connaissance est communément définie comme une activité intellectuelle visant à développer une compétence. Suivant l'hypothèse empirique, Heidegger (1968) considère la connaissance comme l'acte par lequel le sujet s'empare mentalement d'un objet. Au regard de

l'hypothèse sémiotique, toute notre connaissance et notre pensée se font par des signes (Peirce, 1978). Autrement dit, la connaissance est organisée suivant une structure sémiotique. En effet, tout part du monde empirique où se trouvent les objets ou alors, du domaine de l'abstraction où se situent les concepts, lesquels concepts sont représentés par des signes, qu'ils soient linguistiques, iconiques, symboliques ou indiciaires, associés à leur tour à des significations que Peirce appelle des interprétants (Peirce, 1978). Le signe est traduit ici au sens de Peirce par un fait, un objet, une idée qui donne lieu à un ou plusieurs interprétant(s). Vu sous cet angle, le signe peircien est un outil qui permet d'accéder à la connaissance.

Il existe trois types de connaissances à savoir : des connaissances déclaratives, des connaissances procédurales et des connaissances conditionnelles (Tardif, 1982).

- Les connaissances déclaratives correspondent aux connaissances pour la plupart théoriques, reconnues à une période donnée comme des savoirs (Tardif, 1992). Elles se rapportent le plus souvent à un sens général, indépendant de tout contexte. Elles sont par ailleurs prises comme des informations factuelles qui selon Gagné (1985), s'expriment le plus souvent, sous forme « *de faits, de règles, de lois, de principes* » et s'actualisent dans les savoirs d'un individu. Les connaissances déclaratives renvoient généralement à la question « *Qu'est – ce que ?* », à la définition d'un concept (définir molécule), à l'énoncé d'un principe (énoncé la loi de la conservation de la matière). Elles sont « *plutôt statiques que dynamiques et qu'elles doivent pour permettre l'action, être traduites en procédures ou en conditions, en connaissances procédurales ou conditionnelles* » (Tardif, 1982).

- Les connaissances procédurales sont en général, du domaine des savoirs – faire. Elles s'intéressent aux « comment de l'action », aux étapes pour réaliser une action, à la procédure permettant la réalisation d'une action. Elles se différencient des connaissances déclaratives car, elles sont des connaissances dynamiques et s'actualisent dans des séquences d'actions et répondent à la question « *comment faire ?* ». Dans la taxonomie de Bloom, elles correspondent à la catégorie de « *l'application* », de l'habileté 3 (Veeravagu et al., 2010). Elles consistent donc à appliquer des règles. Les connaissances procédurales sont requises chez les apprenants du niveau collégial (13-15 ans) lorsqu'il leur a par exemple demandé d'écrire l'équation de la combustion du butane, de calculer la masse molaire moléculaire de l'urée.

- les connaissances conditionnelles quant – à – elles, concernent le « *quand* » et le « *pourquoi* » de l'action ? Elles se rapportent aux conditions de l'action, c'est – à – dire, à quel moment et dans quel contexte est – il approprié d'utiliser telle ou telle stratégie, telle ou telle démarche (Tardif, 1992) dans la résolution d'une tâche ou une situation? Ainsi, ces

connaissances sont responsables du transfert des apprentissages et donc, elles sont contextualisées. Elles créent l'expertise chez l'élève comme chez l'enseignant.

Il ressort donc de ces trois connaissances que, les connaissances déclaratives correspondent aux connaissances théoriques reconnues par une communauté, pendant que les connaissances procédurales correspondent à des séquences d'actions et les connaissances conditionnelles correspondent essentiellement à des classifications et à des catégorisations. Sans elles, les connaissances déclaratives restent inertes et les connaissances procédurales restent des connaissances qui ne peuvent pas être activées ou le sont à mauvais escient.

En d'autres termes, les connaissances conditionnelles se servent d'un savoir d'une manière générale (connaissance déclarative) et d'un savoir – faire (connaissance procédurale) pour résoudre une tâche donnée à l'aide d'une stratégie appropriée et dans un contexte bien déterminé. En ce qui concerne par exemple la conceptualisation de la molécule,

*la définition de la molécule repose sur la connaissance déclarative;

*la représentation d'une molécule par un signe (son modèle moléculaire ou par sa formule brute), repose sur la connaissance procédurale ;

*la connaissance conditionnelle concerne pourquoi et quand utiliser une formule brute ou un modèle moléculaire dans le contexte d'une réaction ou d'une transformation chimique.

Ainsi, la construction d'un concept selon le système de pensée de Peirce, revient à la construction des connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles à l'aide d'un signe, qu'il soit iconique, indiciaire, symbolique ou un mélange de ces différentes catégories de signes peirciens. C'est d'ailleurs cette approche définitionnelle qui sera utilisée tout au long de ce travail et qui repose sur l'usage du signe dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de Troisième (13-15 ans).

1.1.4. Molécule

Le concept de molécule vient du latin *molecula*, diminutif du nom latin *moles* qui se traduisant par « masse ». Une molécule est l'un des constituants de base de la matière appartenant à la famille des composés covalents. L'union Internationale de la Chimie Pure et Appliquée (UICPA), définit la molécule comme «une entité électriquement neutre comprenant plus d'un atome » (Alan et Mottier, 1997). En d'autres termes, la molécule est constituée d'un amas d'atomes liés entre eux par des forces de valence encore appelées liaisons covalentes ou liaisons de valence et elle conserve son individualité physique. Ce concept est un savoir qui est introduit dans le programme officiel en vigueur de Physique – Chimie – Technologie de la classe de Troisième dans les lycées et collèges du Cameroun. Il se trouve précisément dans le module 1 intitulé : « la matière : ses propriétés et ses

transformations » et dans la leçon qui porte sur « les constituants de la matière ». La plupart des manuels scolaires de Physique – Chimie – Technologie de cette classe, définissent la molécule comme étant un assemblage ordonné et électriquement neutre, formé d'atomes liés entre eux par des liaisons de covalence. Dans le cadre de la présente recherche, la molécule est considérée comme un concept abstrait ou un objet de pensée et dont le sens ne peut qu'être accessible au moyen d'un signe selon la conception peircienne.

1.2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans cette sous – partie de l'insertion théorique, il est question de recenser les écrits antérieurs sur la chimie, la didactique de la chimie, la molécule, les difficultés liées à l'apprentissage du concept de molécule, le modèle et la modélisation, la théorie de la sémiotique de Peirce et quelques travaux antérieurs sur le signe iconique suivant le système de pensée peircienne.

1.2.1. Chimie : bref aperçu historique et épistémologique

La chimie est une science. Elle se définit par son objet d'étude (la matière inanimée) et par ses méthodes. Cette matière est constituée de « *particules chimiques (atomes, molécules, ions)* » (Ayina, 2013) qui « *se situent* » selon Ayina (2013), « *entre l'imaginaire et le réel* ». Perrin (1993) affirme qu'elle tente à « *expliquer du visible compliqué par le visible simple* ». Il s'agit en réalité pour le chimiste, de transformer cette matière, de la synthétiser (fabriquer des composés qui peuvent se retrouver dans la nature ou non) ou de l'inventer (rechercher des matériaux, des médicaments nouveaux aux propriétés définies) (Kermen, 2016). En d'autres termes, (Ayina, 2013) considère que la chimie est « *la vaste partie des sciences physiques qui étudie la constitution et la réaction de la matière* ». Selon la pensée Bachelardienne résumée par Bensaude-vincent (2005, p.120), « *la chimie est une science qui va du fictif au factive, c'est – à – dire que, les substances sont d'abord inventées, fictives à l'aide des outils de papier* » que constituent les formules moléculaires (Klein, 2001), puis fabriquées en mettant d'après Bensaude-vincent (2005, p.129), « *les molécules au travail* ».

L'histoire de la chimie débute avec la découverte du feu qui fût la première source d'énergie utilisée par l'homme pour améliorer son quotidien. Il y avait entre autres : l'éclairage ; le chauffage ; la cuisson des aliments sans oublier les premières transformations de la matière à partir du feu et qui ont abouti à la fabrication du verre, de la céramique et des alliages métalliques. Cette histoire est également marquée par le développement de plusieurs théories dont les plus connues sont : les théories atomiques de Démocrite et des éléments d'Aristote pendant la période antique ou du développement de l'alchimie au moyen âge.

Pour Démocrite, la matière est constituée d'entités élémentaires (atomes) avec des formes lisses ou crochues qui, d'après Ambomo, (2014), mettraient en évidence, « *les différents états (solide et liquide) et les différences de densité des atomes plus ou moins gros et lourds, s'accrochant entre eux ou glissant les uns sur les autres* ».

La théorie des quatre éléments pour sa part, est développée par Empédocle. Il considère que le monde est composé de quatre éléments à savoir : le feu, l'air, l'eau et la terre. Ces quatre éléments sont représentés par des signes sur la figure 1 et ces signes sont en réalité, des signes symboliques selon la pensée de Peirce.



Figure 1. Photographie des quatre éléments selon la théorie de Empédocle

Chacun de ces symboles sera représenté plutard par un symbole différent selon la pensée alchimiste (Holmyard, 1957). Ces symboles au sens de Peirce correspondent aux signes iconiques normalisés au institutionnalisés, car ils ont été adoptés par la communauté scientifique de cette époque de l'alchimie.

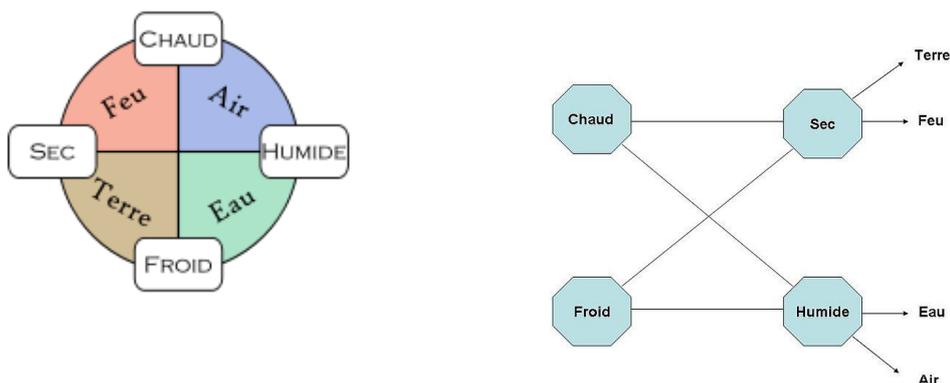
- La Terre (symbole : ∇)
- L'Eau (symbole : ∇)
- L'Air (symbole : Δ)
- Le Feu (symbole : Δ)

La combinaison de ces quatre éléments considérés comme la base de toutes choses, constitue l'univers. Cette théorie des quatre éléments trouvera donc son expression quadripolaire complète dans les œuvres d'Empédocle d'Agrigente, philosophe grec du 5^{ème} siècle avant notre ère. Mais, elle sera surtout systématisée plutard par Aristote (Lecomte et Marganne, 1992). En effet, Aristote ajoutera à la théorie d'Empédocle, la notion des quatre qualités « *élémentales* » associées deux par deux : chaud et froid, humide et sec. Il déclare à ce sujet :

« Comme il y a quatre éléments, et que les combinaisons possibles pour quatre termes, sont au nombre de six ; mais, comme aussi les contraintes ne peuvent pas être accouplées entre eux, le froid et le chaud, le sec et l'humide ne pouvant jamais se confondre en une même chose, il est évident qu'il ne restera que quatre combinaisons des éléments : d'une part chaud et sec, chaud et humide,

d'autre part froid et sec, froid et humide. Ceci étant, une conséquence naturelle de l'existence des corps qui paraissent simples, le feu, l'air, l'eau et la terre » (Ostertag, 2015).

De cette analyse, Aristote déduit que la terre est la combinaison du sec et du froid ; l'eau est la combinaison du froid et de l'humide ; l'air est la combinaison de l'humide et du chaud ; le feu est la combinaison du chaud et du sec. Les figures 2 et 3 traduisent l'expression quadripolaire de la théorie des quatre éléments.



Figures 2 et 3. Qualités élémentaires formées par la combinaison des quatre éléments imaginée par Aristote

La chimie va se distancer de l'alchimie vers le 17^{ième} siècle avec les travaux de Robert Boyle qui fonde ses expériences sur la méthode scientifique. Son ouvrage « *Sceptical Chemist* » publié en 1661, est pour la plupart des chercheurs, le point de départ de la chimie moderne. Plus tard, les travaux de Lavoisier sur les lois de la conservation de la masse vont contribuer à placer définitivement la chimie au rang de science.

La chimie est une science fortement liée au monde empirique, c'est-à-dire qu'elle est essentiellement basée sur les expériences. Ayina (2013) souligne d'ailleurs à cet effet que: « *la chimie est considérée fondamentalement comme une science essentiellement expérimentale, une science qui relève de l'empirisme dont les entités que sont les atomes et les molécules appartiennent de l'infiniment petit, donc inaccessible au monde sensible* ». Elle met en relation trois niveaux du savoir que Johnstone (1982) a classifié en niveau descriptif et fonctionnel ; niveau représentatif ainsi que le niveau explicatif. En d'autres termes, il s'agit des registres macroscopique, sous – microscopique et symbolique. Et « *par conséquent, on a recours au monde formel des signes iconiques pour expliquer les transformations observées au niveau des objets macroscopiques (les solutions, les solides, les gaz etc.)* » Ayina (2013). Cette affirmation de Ayina (2013), justifie que le signe iconique est un outil qui assure la médiation entre ces différents niveaux de signification et peut être très utile dans la construction des concepts en chimie chez les élèves du niveau collégial (13-15 ans).

1.2.2. Didactique de la chimie

1.2.2.1. Approche définitionnelle selon les auteurs

Plusieurs auteurs ont mené des recherches pour ressortir une définition assez pertinente du mot didactique. Selon Marsenach (1994), la didactique est *«l'étude des processus de transmission et d'appropriation des connaissances et l'élaboration de situations, de dispositifs et de progressions d'enseignement»*. Et en ce qui concerne cette étude, il s'agit de l'appropriation des connaissances en chimie, en l'occurrence le concept de molécule qui est considéré ici comme l'objet d'enseignement.

Merieu (1990) rappelle que, la didactique est *«une réflexion et des propositions sur les méthodes à mettre en œuvre pour permettre l'appropriation des contenus spécifiques »* et dans le cas d'espèce, de l'appropriation du concept de molécule qui est un contenu de chimie pour la classe de Troisième dans les lycées et collèges de l'enseignement secondaire général au Cameroun. Ces propos soutiennent avec force que, la didactique d'une discipline (la chimie),

«est à la fois une pratique réflexive de l'enseignement/apprentissage et une recherche portant sur cette pratique et sur ses acteurs. La didactique d'une discipline théorise, conceptualise et formalise les objets d'enseignement-apprentissage et les modes particuliers de leur appropriation par des sujets singuliers et sociaux dans une matrice disciplinaire scolaire au sein d'une institution sociale spécifique. Ainsi, elle permet de penser les dispositifs et situations didactiques qui doivent être mis en place pour que des apprenants réels, d'âges divers, dans des contextes socioculturels et économiques particuliers, construisent des connaissances et des habiletés disciplinaires» (Chartrand, 2006).

Nous retenons que la didactique d'une discipline permet d'optimiser les processus d'apprentissage de la dite discipline pour une meilleure construction des connaissances par les élèves. Elle étudie alors les processus d'acquisition des connaissances et capacités intellectuelles des élèves et sur les médiations qui y contribuent.

La chimie étant une discipline scolaire en contexte camerounais, la didactique de la chimie s'intéresse à la manière dont les élèves acquiert les savoirs et les savoirs-faire en chimie et au processus de construction des concepts en chimie. Par exemple, au cours de l'enseignement/apprentissage de la chimie au niveau collégial faisant appel à la construction d'un concept comme la molécule, le didacticien de chimie s'intéressera non pas aux méthodes d'enseignement de ce concept, mais plutôt à la démarche didactique qu'utilise l'apprenant pour saisir le sens ou comprendre ce concept ainsi qu'aux différents instruments heuristiques qui peuvent être, le signe iconique ou le tryptique peircien (Ayina, 2013) pouvant contribuer à la construction du concept de molécule.

1.2.2.2. Chimie : difficultés d'apprentissage au premier cycle de l'enseignement secondaire général secondaire au Cameroun.

L'enseignement de la chimie nécessite de mobiliser trois niveaux de représentation selon Johnstone (1982):

- le niveau macroscopique directement observable (niveau descriptif et fonctionnel). Ce niveau, associé à l'expérimentation et la description, recouvre ce que l'on peut appeler le monde perceptible. Il constitue traditionnellement la première étape dans l'approche de la chimie : l'observable par l'expérience (Houart, 2009);

-le niveau des particules (atomes, molécules, ions) encore appelé le niveau sub-microscopique ou explicatif, fait appel aux théories et modèles ;

- le niveau du langage symbolique (formules et équations chimiques) (Talanquer, 2011) encore appelé le niveau représentatif, renvoie d'après (Ayina, 2013), au « niveau dans lequel les signes sont utilisés pour représenter et communiquer des concepts et idées »

Ces trois domaines du savoir sont souvent désignés comme les trois sommets du triangle de Johnstone (Johnstone, 1991, pp. 75-83). Cette triple représentation encore appelée « relation du triplet », constitue un aspect important de la didactique de la chimie. La figure suivante illustre le triplet de la chimie selon Johnstone (1993).

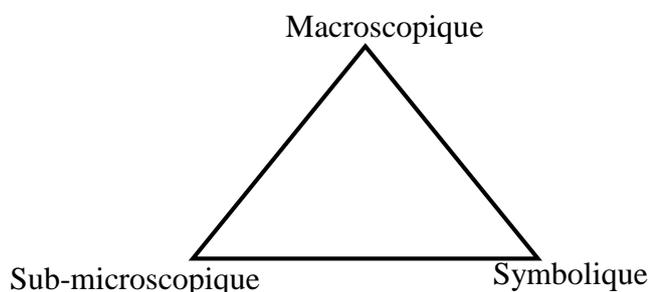


Figure 6. Le triplet de la chimie (Johnstone, 1993)

Les difficultés d'apprentissage de la chimie se situent le plus souvent, au niveau sub-microscopique, car c'est le siège des concepts abstraits en chimie. Par ailleurs, les élèves éprouvent des difficultés pour passer d'un niveau de représentation à un autre. Ceci est dû au fait qu'ils n'arrivent pas à faire un lien entre ces différents niveaux.

Dans les lycées et collèges en contexte camerounais et dans d'autres pays à travers le monde, l'apprentissage de la chimie nécessite un effort d'abstraction au regard des théories explicatives du comportement de la matière visible, lesquelles théories sont constituées en modèles reposant sur la nature invisible (corpusculaire) de la matière. Les résultats de Ouasri et Ravanis (2020) ont montré que, « les connaissances qui nécessitent un effort d'abstraction comme l'imagination des atomes et molécules » ne sont généralement pas faciles à construire

par les apprenants. Ces connaissances relèvent du savoir opérationnel et du savoir déclaratif difficile à appréhender par les élèves, car les connaissances déclaratives sont articulées dans un discours explicatif basé sur les concepts abstraits. Par ailleurs, il existe aussi le savoir procédural que les élèves n'arrivent pas à appréhender à cause des blocages mathématiques qu'ils ont pour appliquer une procédure afin de résoudre un problème. Par ailleurs, les élèves ont tendance à confondre les modèles scientifiques et le monde réel (Astolfi, 2008). Pourtant, ces modèles ne sont que des représentations imagées de la réalité. Ce qui les empêche alors, de comprendre que les énoncés du modèle scientifique ne sont pas applicables dans tous les contextes (Ravanis, 2010).

Les difficultés observées dans l'apprentissage de la chimie pourraient aussi trouver leur origine dans les conceptions alternatives des apprenants qui portent sur les modèles sous – microscopiques à partir desquels, la chimie tente d'expliquer et de prédire le comportement de la matière.

Dans le monde macroscopique, les difficultés des apprenants sont liées aux conceptions alternatives qu'ils ont sur les concepts macroscopiques bien qu'ils appartiennent au registre de l'observable. Ceci est en rapport avec la difficulté à établir un lien entre les causes modélisées au niveau sub – microscopique et les conséquences observées au niveau macroscopique (Ouasri et Ravanis, 2020 ; Dumon et Laugier, 2004).

Ainsi, une meilleure compréhension de la chimie n'implique pas seulement l'acquisition des connaissances déclaratives (Ouasri, 2016), mais aussi, la maîtrise des savoirs opérationnels et procéduraux.

L'apprentissage de la chimie rencontre également des difficultés sur le plan épistémologique. Cela signifie que ces difficultés sont liées à la mauvaise structuration et à la non maîtrise du contenu disciplinaire ou du concept par l'enseignant et à la non maîtrise chez les apprenants des concepts servant de pré – requis pour l'apprentissage du nouveau concept car, certains concepts sont liés à d'autres. Prenons le cas du concept molécule, sa trame conceptuelle est constituée d'élément chimique, d'atome, de liaison chimique, de modèle atomique... Si l'élève a des difficultés de construire les concepts présents dans la trame conceptuelle de la molécule, il aura forcément des difficultés de construire le concept de molécule en lui-même. Pour y remédier, il est nécessaire selon les épistémologues de déconstruire, reconstruire et puis construire le concept mis en jeu. Cela est possible par la transposition didactique de Chevallard (1991) à l'aide d'un outil didactique pertinent. La transposition didactique consiste, à transformer un « *objet du savoir savant en objet du savoir à enseigner* » (Yyeught et Lyu, 2023) puis, en savoir enseigné.

Les « *savoirs savants* » renvoient à « *un corpus qui s'enrichit sans cesse de connaissances nouvelles reconnues comme pertinentes et valides par la communauté scientifique spécialisée. (...), le savoir savant est essentiellement le produit de chercheurs reconnus par leurs pairs, par l'Université. Ce sont eux qui l'évaluent* » (le Pellec, 1991, p. 40). Pour aller dans le même ordre d'idées, Audigier (1988, p.14) considère que, les savoirs savants sont « *les savoirs validés, produits en un certain lieu et dans certaines conditions, un monde aux limites plus ou moins nettes, la communauté scientifique, qui légitime ces savoirs, leur confère un label d'exactitude, d'intérêt...* ». Quant – aux « *savoirs à enseigner* », ils sont ceux « *qui sont décrits, précisés dans l'ensemble des textes officiels (programmes, instructions officielles, commentaires...)* ; ces textes définissent des contenus, des normes, des méthodes » (Audigier, 1988, p.14). Les « *savoirs enseignés* » quant – à – eux, sont ceux construits par l'enseignant et qui seront mis en œuvre dans la classe par ce dernier. Ils désignent aussi les savoirs énoncés pendant les pratiques de classe. Les « *savoirs appris* » désignent à leur tour, les savoirs acquis, appropriés ou assimilés par l'élève à travers une démarche didactique qu'il effectue lui-même ou guidé par l'enseignant ou un pair.

La figure ci-dessous illustre la transposition didactique révisée de Chevallard (1991)

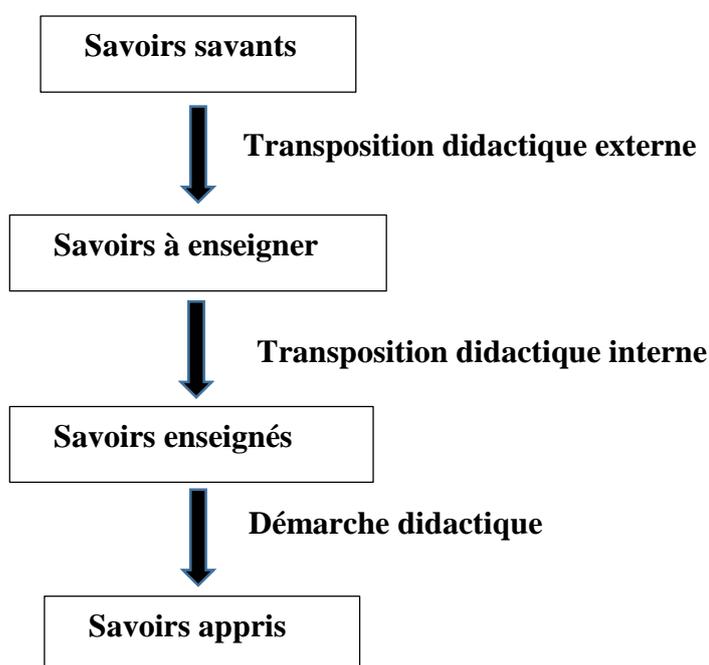


Figure 7. Transposition didactique révisée de Chevallard (1991).

La remédiation aux diverses difficultés que les élèves rencontrent dans l'apprentissage de la chimie est possible par l'identification au préalable des conceptions que les élèves ont sur le(s) concept(s) chimique(s) qu'ils doivent construire et par la suite, par l'identification de celles qui sont erronées ou alternatives pour enfin les remplacer par des représentations exactes.

1.2.3. Le concept de molécule

1.2.3.1. Molécule : aperçu historique.

L'année 1811 est une année où le chimiste et physicien, Avogadro a évoqué et présenté pour la première fois dans ses travaux le concept de molécule sous sa forme actuelle. Il a tenu un discours selon lequel, « *la plus petite particule constitutive d'un gaz n'est pas nécessairement un atome unique, mais une combinaison d'un certain nombre de ces atomes unis par des forces attractives pour former une molécule unique* » (Bernet, 2010). Ce nouveau discours vient bouleverser celui de l'antiquité qui reposait sur la théorie des quatre éléments selon laquelle, toute matière était constituée de feu, de terre, d'eau ou d'air. De plus, les concepts d'atome et de molécule étant abstraits, Avogadro a su surmonter la confusion faite à cette époque entre les concepts atome et molécule en raison des lois de proportions définies et multiples de Dalton (Bernet, 2010). Son analyse, bien que ne faisant pas l'unanimité sur l'existence des molécules, a été acceptée par la plupart des chimistes. Plus tard, les travaux de Jean Perrin ont confirmé de manière expérimentale l'explication théorique du mouvement de brownien en termes d'atomes proposée par Einstein en 1905 (Perrin, 1909).

1.2.3.2. Molécule : un savoir à acquérir par les élèves de 3^{ième} (13 – 15 ans) en contexte camerounais.

Le concept de molécule est introduit dans le nouveau programme de physique – chimie – technologie en classe de troisième et plus précisément dans la séquence intitulée : « *les constituants de la matière* », qui se trouve dans le module 1 ayant pour titre, « *la matière : ses propriétés et ses transformations* » (Programme de physique – chimie – technologie de la 4^{ème} et 3^{ème} selon l'arrêté 2014). En plus d'être un concept abstrait, la molécule en tant que savoir savant d'abord et puis savoir scolaire par la suite, est difficile à être compris par l'élève car, il est du domaine de l'invisible (niveau sous-microscopique). Dans les manuels scolaires de PCT de la classe de troisième au Cameroun (« *les majors* » ; « *Excellence* »...), la molécule est définie comme « *un assemblage électriquement neutre, formé d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes* ». Les molécules enseignées aux apprenants en classe de troisième d'après le programme officiel en vigueur dans les lycées et collèges de l'enseignement secondaire général au Cameroun sont : les molécules de dioxyde de carbone (CO₂) ; d'eau (H₂O) ; de dihydrogène (H₂) ; de chlorure d'hydrogène (HCl) ; de diazote (N₂) et de dioxyde de soufre (SO₂).

La construction du concept de molécule pour ce niveau d'étude au Cameroun, revient en la conceptualisation et en la modélisation de la molécule. Dans le cadre de cette étude, nous allons nous appesantir sur la conceptualisation de la molécule qui consiste à définir la molécule, à l'identifier, à déterminer la composition d'une molécule, à représenter une molécule par son

modèle moléculaire ou par sa formule chimique (formule brute) et à déterminer l'atomicité d'une molécule. Pour faciliter l'enseignement de ce concept et son appropriation par les élèves de (13 – 15ans), l'enseignant se doit d'utiliser un outil didactique efficace.

Les signes selon l'approche peircienne retrouvés dans les manuels scolaires de PCT de la classe de troisième et par lesquels une molécule peut être représentée sont : un modèle moléculaire (signe iconique au sens de Peirce), une formule brute (signe symbolique au sens de Peirce). C'est l'exemple de la molécule de méthane représentée par le signe iconique de la figure ci – après.



Figure 8. Photographie prise à la Royal Institution of London (Dorey, 2012) du modèle moléculaire construit par Hofmann en 1865 pour la molécule de méthane.

Il est important de souligner que la molécule de méthane ne fait pas partie des molécules à représenter en classe de troisième au Cameroun. Cet exemple a juste été pris à titre illustratif.

1.2.3.3. Difficultés de l'apprentissage du concept de molécule par les élèves.

Dans le premier cycle de l'enseignement secondaire général au Cameroun, le concept de molécule est introduit en classe de troisième en tant que constituant de la matière et intervient après l'enseignement de la leçon sur l'atome qui est l'un des prérequis essentiels de l'élève pour conceptualiser la molécule.

Les difficultés que les apprenants manifestent lors de la conceptualisation de la molécule sont assimilées aux obstacles d'apprentissage qui se déclinent en obstacles épistémologiques et didactiques. Les caractéristiques d'un obstacle d'apprentissage selon Meyer et Land (2006) sont les suivantes :

- l'élève est capable d'accomplir des tâches superficielles en lien avec un concept, mais sans en comprendre le sens intrinsèque ;
- le concept n'est pas utilisé par l'élève dans les situations autre que scolaires ;
- le concept est difficile à être approprié car, il est contre intuitif ou compliqué ;
- le langage associé au concept est complexe.

Les obstacles didactiques relatifs à un concept en chimie, sont généralement liés à des stratégies d'enseignement inappropriées (Furió-Mas et al., 2002) ou à une mauvaise transposition didactique.

Les obstacles épistémologiques sont liés à la connaissance du concept proprement dit. Un obstacle épistémologique au sens bachelardien est interne à l'acte de connaître étant donné que, c'est l'esprit qui imagine des explications aux choses. Ce type d'obstacle induit facilement en erreur et, il n'est donc pas facile de le surmonter, car il est présent « dans l'acte même de connaître » (Brousseau, 1998, p. 115 – 160).

Dans le cadre de cette étude, ces obstacles sont assimilés aux difficultés d'apprentissage du concept de molécule. Ainsi, les difficultés d'apprentissage qui relèvent du rapport de l'élève au savoir (concept de molécule), proviennent généralement de leurs conceptions alternatives qu'ils ont sur ce savoir, lesquelles créent plutôt des obstacles épistémologiques.

(Astolfi et al., 2008, p. 147) déclare que « *une conception, est un système explicatif personnel et fonctionnel, qui n'est pas nécessairement exprimé au cours des activités scolaires* ». Cela signifie que l'élève n'est pas comme un vase vide en classe. Il a dans sa tête des idées plus ou moins structurées, qu'il s'efforce d'adapter à la situation et ces idées constituent pour lui un système explicatif bien installé, jouant le rôle de tamis « *pour toute nouvelle information* » (Giordan et Pellaud, 2004) et lui permettant de répondre rapidement à une question (Potvin, 2011). Dommage que, les enseignants pour la plupart ne prennent pas en considération les résultats des recherches en didactique au sujet de ces conceptions. Par exemple, les enseignants ne perçoivent pas la difficulté des élèves à appréhender la matière au niveau sous – microscopique car, la matière est perçue comme continue par leurs sens (Potvin, 2011). Cette conception explique en partie pourquoi les élèves ont la difficulté à comprendre le concept de molécule qui est incompatible avec cette conception de la matière. L'identification des conceptions alternatives des élèves et leurs origines par l'enseignant, pourraient s'avérer très utile pour la mise en œuvre des stratégies ou pratiques d'enseignement plus efficaces (Giordan et Pellaud, 2004).

Plusieurs difficultés d'apprentissage du concept de molécule ont été répertoriées au cours de ce travail de recherche.

Une difficulté viendrait d'abord sur le fait que les élèves ont du mal à construire le concept d'atome. D'où la confusion qu'ils font entre l'atome et la molécule. La compréhension du concept d'atome à l'échelle sous - microscopique est déterminant pour la construction du concept de molécule car, la molécule est un groupe d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes. Cette difficulté est liée à la dualité des domaines du savoir en chimie (sous-

microscopique et symbolique). En effet, l'élève perçoit la matière par ses sens comme étant continue. Il n'appréhende pas l'abstraction du monde sous – microscopique. Pour y remédier, Abou (2019) a proposé l'utilisation des analogies structurelles les mieux adaptées comme les grains de farine, grains de sable, etc. Par ailleurs, l'utilisation des signes iconiques au sens de Peirce à l'exemple des modèles atomiques et moléculaires pourraient aussi être utilisés pour faciliter l'appréhension du monde abstrait. L'organisation des séances d'enseignement/apprentissage à l'aide de la théorie de Peirce qui est basée sur la manipulation des signes, pourrait de mieux en mieux faciliter la création des liens par les apprenants entre les différents domaines du savoir en chimie.

De plus, il est connu que le concept de molécule est au cœur de l'enseignement/apprentissage de la chimie et les enseignants de cette discipline emploient ce mot habituellement. Cependant, certaines études à l'instar de celles d'Ouasri et Ravasnis (2020) tendent à démontrer que, la représentation des apprenants sur ce concept est très approximative. En effet, la définition même de la molécule au niveau collégial pose problème. Selon les investigations d'Ouasri et Ravasnis (2020), la simplification abusive voulant que « *tout regroupement d'atomes est une molécule* » est très répandue chez les élèves. Le mot « *tout* » ne faisant pas suffisamment de distinction entre les différents regroupements d'atomes. Les investigations menées par Ouasri et Ravasnis (2020) sur la question de savoir, lequel d'un sel (NH_4Br) ou d'un composé (H_2SO_4) était constitué de molécules, 78,5% d'élèves au collège ont trouvé la bonne réponse à savoir que, (H_2SO_4) est constitué de molécules. Pour répondre à cette question, l'élève devait se référer à une caractéristique implicite des formules chimiques présentées, soit le fait que les constituants de base de NH_4Br sont des ions. Cependant, les questions qui nécessitent d'évoquer les caractéristiques implicites sont reconnues comme plus difficiles. Or, ces caractéristiques mal connues par les élèves peuvent créer des conceptions alternatives de ces derniers sur la différence entre la liaison covalente et la liaison ionique plutard. Bien après, un autre item a été présenté aux élèves. Cet item consistait en la présentation du schéma d'un sel et du schéma des molécules diatomiques. Seulement 50,5% de collégiens ont pu identifier le schéma de molécules diatomiques. Pourtant, pour donner la bonne réponse, il suffisait de se fier aux caractéristiques explicites, soit le caractère continu ou discret des schémas présentés. Ces deux items ont permis de relever d'autres difficultés, notamment sur le concept de liaison covalente qui entre dans la définition d'une molécule et de non – métaux qui entrent dans la constitution d'une molécule. À cet effet, seulement 10% d'élèves ont affirmé qu'« *une molécule est formée d'atomes liés par des liaisons covalentes* ».

Une autre difficulté proviendrait de la mauvaise compréhension des formules brutes. La majorité des chercheurs en didactique ont remarqué qu'un grand nombre d'élèves ne sait pas lire et même écrire une formule brute. Par exemple, certains élèves voient le symbole chimique comme une abréviation du nom de la substance ou comme tout simplement une lettre de l'alphabet français. C'est le cas de « C » qui symbolise le carbone pour le chimiste et la troisième lettre de l'alphabet français pour l'élève. Les résultats issus des recherches au cours de ces trois dernières décennies dans les pays anglo – saxons (Taskin et Bernholt, 2014) ont révélé à la fois des difficultés d'ordre syntaxique et d'ordre conceptuel dans l'usage des symboles chimiques compris ici comme de simples abréviations (Al-Kunifed et al., 1993). Ceci induit un problème au niveau de la maîtrise du vocabulaire utilisé en chimie. Cette conception alternative ne peut pas être corrigée tant que l'élève confond « *atome* » et « *molécule* » (Dehon et Snauwaert, 2015). Et cette confusion justifie les erreurs produites au niveau des nombres qui se trouvent en indice des atomes constituant une molécule. Et même, la lecture de formules brutes à l'oral est aussi à l'origine de ces erreurs sur les indices. Prenons le cas de la « *formule brute de l'eau* : H_2O ». Le plus souvent, les élèves déduisent que, comme le 2 est prononcé avant le O, cela signifie que la molécule d'eau est constituée d'un atome d'hydrogène et de deux atomes d'oxygène. Aussi, la plupart des élèves voient en la molécule représentée par la formule brute CH_2O , qu'un carbone, C, est lié à la molécule d'eau, H_2O . En ce qui concerne la molécule de dioxyde de carbone (CO_2), certains élèves voient en cette molécule, un atome de carbone accolé à une molécule de dioxygène (Dumon et Laugier, 2004). Ces conceptions alternatives viennent du fait qu'ils juxtaposent les corps simples « Carbone, C » et « dioxygène, O_2 » d'une part ; les corps simples « Carbone, C » et les corps composés « Eau, H_2O » d'autre part. Par ailleurs, les résultats des recherches scientifiques, ont montré que les élèves considèrent que la molécule de SiO_2 est équivalente à Si_2O_4 (Keig et Rubba, 1993) car disent –ils, Si_2O_4 est le double de SiO_2 . Cela sous – tend pour ces élèves que, l'utilisation des formules brutes se rapporte parfois à une simple manipulation arithmétique (Sanger, 2005). Or, une molécule est une entité autonome avec des propriétés bien définies. Pour contourner ces difficultés, les élèves n'ont pas d'autre choix que d'apprendre certaines formules chimiques par cœur (Kermen, 2018), ce que fustige d'ailleurs l'approche socioconstructiviste qui voudrait que l'élève au lieu de mémoriser un concept sans toutefois le comprendre, le construise plutôt en classe avec l'aide de l'enseignant et/ou ses pairs. À cet, le taux de mémorisation des formules brutes de certaines molécules vues en classe de 3^{ème} peut être réduit par l'usage du signe iconique perceptible dans le réel et qui représentera imagée de la molécule. Ceci amène à dire que, l'apprenant ne peut mener seul le travail sur les symboles chimiques

d'une molécule en lien avec les autres niveaux de connaissance. Pour l'aider dans la construction de ce concept, l'enseignant planifie une situation d'enseignement/apprentissage au cours de laquelle l'élève peut chercher des réponses à son questionnement en manipulant des signes et en expérimentant avec du matériel qui lui est familier (montage des modèles moléculaires), ou par une expérimentation immatérielle à l'aide du papier/crayon. Cette approche favorise le développement d'attitudes et d'habiletés scientifiques ainsi que des ruptures épistémologiques et des changements conceptuels chez l'élève et présente le potentiel de rendre positif, le rapport de l'élève aux sciences (Thouin, 2017). L'enseignement à l'aide d'activités enracinées dans des pratiques quotidiennes et enrichies par des démarches expérimentales est plus efficace (Gill – Pérèz, 1993 ; Hofstein et al., 1990) que la simple vérification de lois scientifiques en ce sens qu'elle mobilise des compétences de haut niveau, alors que la vérification se limite habituellement à une exécution de tâches qui vise surtout le développement de techniques de manipulations (Hattie, 2009) des signes. Cette stratégie d'enseignement/apprentissage où l'apprenant confronte des situations réelles globales à travers les signes, épouse la vision peircienne et convoque la théorie socioconstructiviste de vygotsky (vygotsky, 1985). La conséquence positive immédiate est que, l'appropriation des savoirs théoriques et abstraits est favorisée (Philippe, 2010). Elle peut donc être implémentée par une activité de modélisation qui permet d'expliquer un phénomène ou un comportement en relevant les variables et/ou les facteurs explicatifs et même l'importance relative de chacune de ces variables.

1.2.4. La théorie de la sémiotique de Peirce : le signe iconique

1.2.4.1. Approche définitionnelle de la sémiotique

La sémiotique est l'étude des signes et de leur signification. Elle est née des travaux du sémiologue, philosophe américain, Charles Sanders Peirce. Ce dernier est le fondateur du pragmatisme avec williams James et un des pères de la sémiotique moderne.

Charles William Morris définit la sémiotique comme, l'étude rationnelle de la sémiosis (Morris, 1938). Pour sa part et pour Peirce, il ya un fait de sémiosis lorsque quelqu'un qui est l'interprète conçoit ou perçoit quelque chose, c'est – à – dire le signe et le relie avec un objet du signe qui est dans la culture de l'interprète. C'est – à – dire, l'interprète qui peut être un homme, une machine ou un animal et donc, une intelligence scientifique, interprète le signe comme renvoyant à l'objet du signe.

Pour Peirce, l'interprète est une intelligence scientifique, qui est en dehors du processus sémiosique. Il est une intelligence parcequ'il fait des inférences et scientifique car, il vérifie ces

inférences pour déterminer, si elles sont vraies ou fausses. L'objet du signe existe dans la culture, un signe ne peut pas être interprété hors de la culture de ce signe là.

1.2.4.2. Les dimensions de la sémiotique de Peirce

La sémiotique selon le système de pensée de Peirce se compose de trois dimensions :

- la sémantique qui est la relation entre les signes et ce qu'ils signifient ;
- la syntaxe qui concerne la relation entre les signes ;
- la pragmatique qui s'intéresse à la relation entre les signes et leurs utilisateurs.

1.2.4.3. Les principes généraux de la théorie sémiotique de Peirce

Peirce a élaboré une théorie sémiotique à la fois générale, triadique et pragmatique.

La théorie sémiotique de Peirce est générale, parcequ'elle :

- envisage à la fois la vie émotionnelle, pratique et intellectuelle ;
- elle envisage toutes les composantes de la sémiotique ;
- elle généralise le concept du signe.

La théorie de Peirce est triadique, parcequ'elle :

- repose sur trois catégories philosophiques : la priméité, la secondeité et la teirceité ;
- met en relation, trois termes à la fois: le signe ou representamen, l'objet et l'interprétant.

L'ensemble forme un système triadique peircien.

La théorie de Peirce est pragmatique (Peirce, 2003), parcequ'elle :

- définit le signe par son action sur l'interprète ;
- prend en considération le contexte de production et de réception des signes.

1.2.4.4. Les catégories de base de la sémiotique chez Peirce

Parler de la sémiotique de Peirce, revient automatiquement à parler des catégories de base de cette sémiotique. Peirce propose une catégorisation des phénomènes de la pensée encore appelée phanérosopie. Selon Peirce (1978), la phanérosopie est la description du phanéron et le phanéron est considéré comme la « *description de ce qui est devant l'esprit ou la conscience, tel qu'il apparait* » (Peirce, 1978), « *que cela corresponde à quelque chose de réel ou non* » (Peirce, 1978). En d'autres termes, Peirce fait référence à l'ensemble des phénomènes perceptibles, qu'ils soient réels ou imaginaires qui constituent notre expérience consciente.

Selon Peirce, trois catégories sont nécessaires et suffisantes pour rendre compte de toute l'expérience humaine. Ces catégories correspondent aux nombres premier, second et troisième. Elles sont désignées par : « Priméité » ; « Secondeité et « Teirceité » (Peirce, 1978).

a) Catégorie 1 : la priméité

La priméité est pour Peirce, « le mode d'être de ce qui est, tel qu'il est positivement et sans référence à quoi que ce soit d'autre » (Peirce, 1978). En d'autres termes, c'est une

conception de l'être indépendamment de toute autre chose (Ayina, 2013). Par exemple, l'impression générale de la joie avant qu'on ne se demande si cette impression provient de la réussite à un examen officiel, ou de la naissance d'un bébé dans une famille... C'est une conception de l'être dans sa globalité, sa totalité, sans limites, ni parties, sans causes ni effets (Ayina, 2013). Elle est de l'ordre du possible, elle est vécue dans une sorte d'instant intemporel ; elle correspond à la vie émotionnelle.

b) Catégorie 2 : la secondéité.

Pour Peirce (1978), « *la secondéité, est le mode d'être, de ce qui est, tel qu'il est par rapport à un second, mais sans considération d'un troisième quel qu'il soit* ». Autrement dit, la secondéité est une conception de l'être relatif à quelque chose d'autre, elle est de la catégorie de l'individuel, de l'expérience, du fait, de l'existence, de l'action – réaction (Ayina, 2013). Elle s'inscrit dans le temps discontinu ou s'impose la dimension du passé et, elle correspond à la vie pratique. Par exemple, la chute libre d'un corps : ce corps tombe sur le sol.

c) Catégorie 3 : la tiercéité

la tiercéité selon Peirce (1978), est le mode d'être de ce qui est, tel qu'il est, en mettant en relation réciproque un second et un troisième ». Il s'agit du pont, de l'intermédiaire, de la médiation par laquelle, un premier et un second sont mis en relation (Ayina, 2013). Autrement dit, la tiercéité est la médiation entre la priméité et la secondéité. Ici, le régime de la règle, de la loi est dominant, mais une loi qui se manifeste qu'à travers des faits qui l'appliquent. Elle est de l'ordre de la catégorie du général, sauf que la généralité de la priméité est de l'ordre du possible et celle de la tiercéité est de l'ordre du nécessaire et donc, de la prédiction. Par exemple, la loi de la conservation de la matière en chimie nous permet de prédire qu'à chaque fois qu'il y aura une transformation chimique, la masse des réactifs sera égale à la masse des produits. Donc, la tiercéité est de la catégorie de la pensée du langage, de la représentation d'un processus sémiotique. Elle permet la communication sociale et correspond à la vie intellectuelle.

Il ressort que le signe chez Peirce à travers le lien indissociable qui existe à la fois entre le représentamen, l'objet et l'interprétant, permet la description des opérations cognitives sans faire recours à l'intuition cartésienne que Peirce a toujours rejeté.

1.2.4.5. Le signe peircien et éléments du processus sémiotique

Le signe n'a cessé de susciter l'intérêt des théoriciens linguistes et philosophes au fil du temps. Cette étude aborde le signe tel que traité par le philosophe Peirce (1978). Il a tenté d'en sortir les principaux éléments constitutifs en se basant sur les modèles sémiotiques.

a) Le signe peircien

Le signe chez Peirce (1978) «est quelque chose reliée sous certains aspects à un second signe, son objet, pour mettre en relation, une troisième chose, son interprétant qui, lui aussi est un signe et ainsi de suite à l'infini». En d'autres termes, le signe peircien est illimité et triadique. Peirce (1978) appuie une fois de plus sa définition du signe en affirmant qu'un «*signe, ou représentamen est un premier qui entretient avec un second appelé objet, une relation triadique si authentique qu'il peut déterminer un troisième appelé son interprétant à entretenir avec son objet, la même relation triadique qu'il entretient lui-même avec son objet* ». Donc, le signe a une dimension triadique et a pour rôle selon (Ayina, 2013), de « *représenter un objet en son absence* » il poursuit ses propos en affirmant que « *le signe est d'abord un caractère physique ou linguistique qui indique un objet (index), soit de manière naturelle, par une relation causale comme celle de la fumée et du feu, soit de manière conventionnelle comme la formule chimique d'une molécule* ». En grossomodo, le signe est toute chose qui signifie quelque chose pour quelqu'un. Cela veut dire que, le signe dépend de la conception de l'être, de ce que la personne peut voir. Le signe s'adresse à quelqu'un, c'est – à – dire qu'il crée dans l'esprit de cette personne, un signe équivalent ou peut – être un signe plus développé. Il est d'une importance capitale car, il permet d'atteindre « *le plus haut degré de la réalité* » (Peirce, 1978).

b) Les éléments du processus sémiotique

Le processus sémiotique de Peirce est composé de trois éléments : le signe-représentant ou représentamen, le signe interprétant et l'objet représenté.

* Le signe – représentant ou représentamen est la chose qui tient lieu de quelque chose d'autre. Par exemple, le panneau « *Stop* » est un signe-représentant qui tient lieu de l'obligation de s'arrêter ;

* le signe-interprétant est tout ce qui permet à l'interprète de reconnaître et de comprendre le signe représentant. C'est aussi la réaction de l'interprète, que ce soit une réaction morale ou physique. Le signe interprétant se compose de trois éléments :

-l'interprétant dynamique qui est la réaction physique ou morale de l'interprète (une intelligence scientifique) ;

-l'interprétant immédiat qui est le fait de reconnaître et de comprendre le signe par l'interprète ;

-l'interprétant final, renvoie aux habitudes d'une société, son idéologie et ses traditions culturelles par lesquelles, l'interprète peut reconnaître et comprendre un signe.

* l'objet représenté/l'objet du signe, est l'ensemble des objets sélectionnés afin de reconnaître le représentamen.

L'objet représenté se compose de deux éléments essentiels : l'objet immédiat et l'objet dynamique.

L'objet immédiat, c'est le fait de représenter un objet non pas dans sa totalité, mais en sélectionnant quelques aspects selon les habitudes de chaque société. Par exemple, lorsqu'un policier ou un gendarme rédige un procès-verbal d'un accident de circulation, il ne rapporte pas dans ce procès-verbal, l'ensemble des éléments ou les aspects qui entourent l'accident de circulation. Mais plutôt, il rapporte seulement les aspects qui sont utiles ou qui sont exigés par son supérieur afin de déterminer le fautif et les dégâts matériels et/ou humains de cet accident. Autrement dit, l'objet immédiat est l'ensemble des aspects sélectionnés alors que l'objet dynamique, c'est l'objet dans toute sa totalité. Cependant, il est important de souligner que l'objet dynamique est extra sémiosique comme l'interprète.

Le signe-représentant ou représentamen ; le signe interprétant et l'objet représenté entretiennent ensemble, une relation d'interprétation, une relation de représentation première et une relation de représentation deuxième qui donnent lieu à une triade ou à une relation triadique.

- La première relation est une relation d'interprétation, qui va du signe représentamen au signe interprétant. C'est une relation d'interprétation qui n'est pas déductive ou inductive, mais plutôt, une relation d'interprétation abductive car, l'interprète fait des inférences et vérifie ces inférences ;

- la deuxième relation est la relation de représentation première qui va du signe représentant vers l'objet représenté et se base sur le fondement du représentamen car, l'objet est représenté non pas dans sa totalité, mais selon une partie sélective ;

- la troisième relation est la relation de représentation deuxième, qui va du signe interprétant vers l'objet représenté. Et c'est à ce niveau qu'il y a la vérification de l'inférence.

Le processus sémiosique est donc le rapport triadique entre le signe ou représentamen (premier), l'objet (second) et l'interprétant (troisième).

Les figures ci-contre présente le modèle de Peirce, qui illustre la relation triadique et illimitée entre le représentamen, l'objet et l'interprétant.

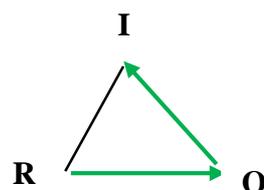


Figure 7. Modèle triadique de Peirce

R = Représentamen : par exemple : un signe, un logo, un symbole, un mot

O = Objet : c'est l'entité physique ou mentale qui représente le Représentamen

I= Interprétant : c'est l'intermédiaire entre le Représentamen et l'objet.

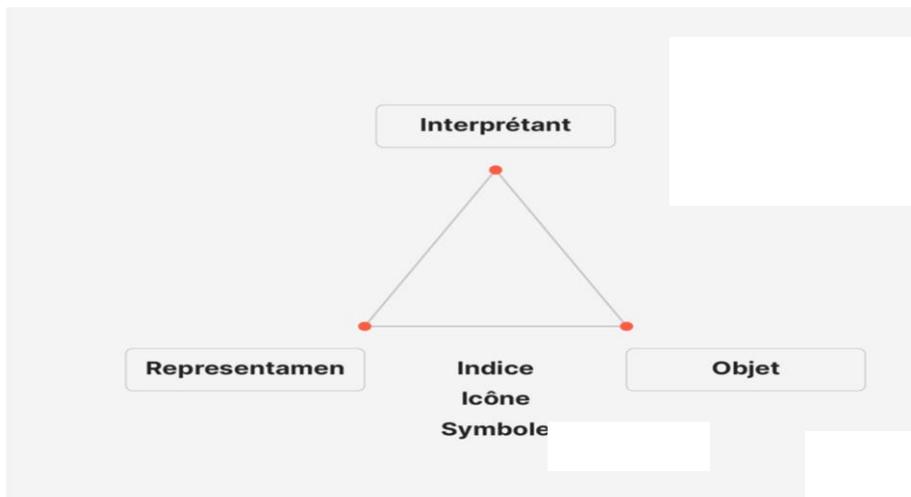


Figure 8. Triangle sémiotique de Peirce

De cette analyse, il ressort trois types de fondements : le fondement iconique, le fondement indiciaire et le fondement symbolique. Ces trois fondements déterminent trois types de signes à savoir le signe iconique, le signe indiciaire et le signe symbolique (figure 10).

-Le signe-icône : c'est lorsque l'interprète à travers le signe, représente ou sélectionne une relation de ressemblance. Il s'agit ici, d'une coïncidence qualitative entre le signe-représenté et l'objet dynamique qui présente une équivalence entre les deux. Par exemple, la photo d'une personne. Cette photo n'est pas cette personne dans la réalité mais, elle lui ressemble.

-le signe-indice : ici, il y a une coïncidence existentielle, entre le signe-représenté et l'objet dynamique (la photo). Cette relation existentielle occupe une portion, une partie du temps et de l'espace. Par exemple, le panneau de circulation qui marque un virage à 100 mètres est un signe-indice qui occupe une portion, une partie du temps et de l'espace, par exemple, avant, pendant, après, à côté, derrière, devant : il y a ici une relation de causalité ou de cause à effet.

-le signe – symbole : il y a ici une coïncidence conventionnelle entre le signe-représenté et l'objet dynamique. Le signe-symbole est basé sur la convention entre les membres d'une même société. C'est le cas des formules chimiques. Cette convention peut être soit une convention à priori (prise dès notre naissance), soit une convention à posteriori (prise à notre gré). Par exemple, pour la convention à priori, il y a la langue maternelle, la manière de se vêtir... et en ce qui concerne la convention à posteriori, il y a le code de la route, la lecture...

Au regard du développement qui a été fait ci - dessus sur le signe, il est important de montrer la place du signe iconique peircien dans l'enseignement/apprentissage de la chimie.

1.2.4.6. L'intérêt de l'usage du signe peircien dans l'Enseignement/Apprentissage de la chimie.

La Chimie est une science constituée d'un système de signes. Un système sémiotique est appelé registre sémiotique s'il permet les trois activités cognitives que sont la formation, le traitement et la conversion d'une représentation en une représentation d'un autre système (Duval, 1993). C'est le cas en chimie, avec le registre macroscopique, le registre sub-microscopique et le registre symbolique, représentés dans le triangle de Johnstone (Johnstone, 1993). Ces trois niveaux de savoir en chimie peuvent aussi être considérés comme des registres sémiotiques. Par exemple, le niveau représentatif du triangle de Johnstone, qui appartient au registre sémiotique des symboles est le domaine « *dans lequel les signes sont utilisés pour représenter et communiquer des concepts et des idées* » (Ayina, 2013).

« Un signe est une chose reliée sous certains aspects à un second signe, son objet, de manière à ce qu'il mette en relation une troisième chose, son interprétant qui lui aussi est un signe, et ainsi de suite à l'infini » (Peirce, 1978). Duval l'ayant compris, soutient qu'un signe ou une représentation sémiotique est quelque chose qui évoque ou qui remplace quelque chose d'autre (Duval, 2006). Il est donc important de ne pas confondre le signe et l'objet qu'il évoque (Kermen, 2020). Sinon, cela conduirait à des difficultés de conceptualisation dans l'apprentissage des sciences en général et de la chimie en particulier. Ainsi, les élèves qui n'ont accès qu'aux représentations des entités du niveau sous-microscopique, pourraient facilement confondre ces objets avec leurs représentations ou encore ils pourraient avoir des difficultés à reconnaître l'objet dans chacune de ses représentations (Kermen, 2020). Par exemple, l'élève pourrait avoir des difficultés à reconnaître la molécule d'eau (objet), par son signe qui peut être son modèle moléculaire ou sa formule chimique. Selon Peirce, pour le sujet, il s'établit une relation sémiotique triadique entre le signe (qui relève de la perception), l'objet (matériel ou conceptuel) auquel le signe se rapporte et l'interprétant qui est la signification que le signe produit dans l'esprit du sujet (dans le cadre de la présente étude, il s'agit du Sujet-Apprenant). C'est ce qu'Ayina a appelé le « *tryptique du SOI* » (Ayina, 2013). Hoffmeyer épouse cette pensée d'Ayina (2013) et soutient que l'action triadique au sens de Peirce, connecte le signe primaire à son objet à travers la production d'un interprétant (Hoffmeyer, 2016).

Il ressort que « *le signe chimique, lié à l'objet par une relation de référence ou de désignation* » (Duval, 2006), véhicule un sens bien précis. Ainsi, Kermen (2020) stipule qu'« *Il*

est souhaitable pour l'enseignement de la chimie, que l'interprétant qui naît dans l'esprit de chaque» élève « soit proche du sens chimique attendu » (Kermen, 2020).

La suite de ce travail de recherche porte sur un des signes peirciens, à savoir : le signe iconique. Pour cela, il serait judicieux de revisiter quelques travaux antérieurs sur le signe iconique peircien.

1.2.5. Le signe iconique suivant la sémiotique peircienne

Une icône « *est un signe qui posséderait le caractère qui le rend signifiant même si son objet n'existait pas* » (Peirce, 1978). Cela signifie qu' « *aucune icône pure ne représente quoi que ce soit d'autre que des formes ; aucune forme pure n'est représentée par quoi que ce soit d'autre que des icônes* » (Peirce, 1978). L'icône a donc pour fonction, de rendre manifeste les propriétés non visuelles de son objet en exhibant les relations formelles de l'objet ou du phénomène considéré (Ayina, 2013). Et « *une des grandes propriétés distinctives de l'icône est que par observation directe, peuvent être découvertes concernant son objet, d'autres vérités que celles qui suffisent à déterminer sa construction* » (Peirce, 1978). L'icône permet donc, de représenter un objet en son absence.

La chimie étant constituée en majorité des concepts abstraits, l'icône ou le signe iconique peircien permettrait de mieux les appréhender. Le signe iconique permet la possibilité comme le dit Dagognet (1973), « *d'un déplacement mental du sensible à l'abstrait*). Il est important de rappeler que, le signe iconique n'est pas l'objet, il n'est qu'une représentation imagée de l'objet et permet de communiquer une idée. Ainsi, « *toute méthode indirecte pour communiquer une idée, doit dépendre pour son établissement de l'utilisation d'une icône* » (Peirce, 1978). En chimie, le signe iconique pourrait être un outil didactique pertinent pour appréhender le monde sous-microscopique (atomes, molécules, réactions chimiques) et de passer de ce monde au monde symbolique (formules chimiques). Les figures 9 et 10 présentent respectivement, le système de signes iconiques proposé par Hassenfratz et Adet pour la combinaison chimique (Soudani et al., 2014) et les icônes attribuées par Dalton aux corps simples et aux combinaisons chimiques (Soudani et al., 2014).

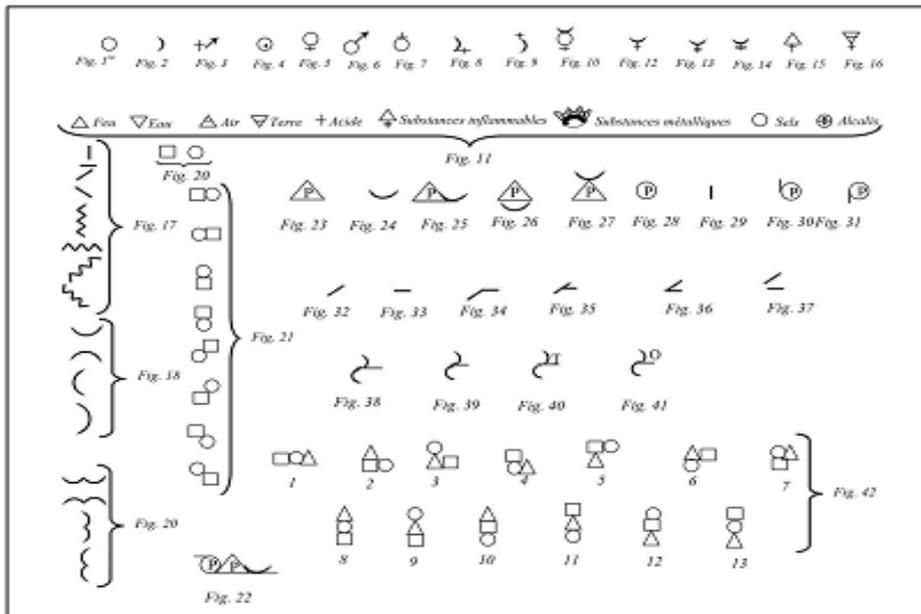


Figure 9. Système de signes iconiques proposé par Hassenfratz et Adet pour la combinaison chimique (Soudani et al., 2014).

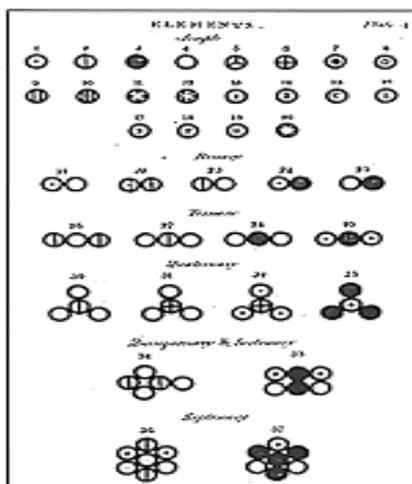


Figure 10. Icônes attribuées par Dalton aux corps simples et aux combinaisons chimiques (Soudani et al., 2014)

1.2.6. Quelques travaux antérieurs sur l'usage du signe iconique peircien dans la construction des concepts.

1.2.6.1. Travaux de Soudani et al., (2009) sur la construction du concept de circuit électrique à l'école primaire à l'aide du signe iconique – schématisation soutenue par la sémiotique peircienne.

Dans ces travaux, les auteurs ont tenté de montrer la place de la schématisation dans le processus de conceptualisation du courant électrique (phénomène abstrait) dans l'enseignement/apprentissage de la physique.

Il est à rappeler que, la schématisation est le fait de représenter quelque chose, un concept, un phénomène réel ou abstrait par un schéma. Elle consiste également à expliquer souvent par un dessin, un objet complexe ou un concept afin de comprendre son fonctionnement. Vu sous cet angle, la schématisation et donc le schéma ou même le dessin est un signe iconique au sens de Peirce. Elle est utilisée dans les travaux de Soudani et al., (2009), pour conceptualiser le courant électrique qui est un concept abstrait dont le sens est difficilement accessible aux élèves.

Les auteurs se sont proposés de mettre en évidence l'aspect avantageux de la théorie sémiotique de Charles Sanders Peirce par l'usage du signe iconique – schématisation dans l'analyse de débats dans une classe de CM2 au primaire. L'approche didactique conçue par ces élèves après avoir reçu un enseignement sur le circuit électrique, s'appuie sur un procédé de schématisation au moyen d'un « *jeu d'étiquettes* » qui sont également des icônes peirciens pour transmettre aux élèves de la Maternelle, ce qu'ils ont reçu de l'enseignement sur le circuit électrique. Il s'agit ici de manipuler au préalable des signes, pour ensuite manipuler des objets et ceci dans l'optique de faire comprendre ce concept aux élèves de la Maternelle et non de leur apprendre uniquement à monter un circuit électrique.

Les résultats de ces travaux montrent que les élèves parviennent à construire efficacement le concept de courant électrique à l'aide du signe iconique – schématisation guidé par un raisonnement déductif. Cela justifie la place de choix qu'occupe le signe iconique peircien dans la conceptualisation/modélisation du courant électrique dans l'enseignement/apprentissage de la physique.

Bien que les auteurs aient traité du signe iconique à travers la schématisation dans une perspective de la sémiotique peircienne, ils n'ont pas étendu leurs recherches sur d'autres concepts en physique et même en chimie à l'instar de la molécule. Et donc, nous ne savons pas encore si les résultats obtenus par les auteurs sont transférables d'un concept à un autre. Ce qui ne permet pas d'affirmer de manière totale que, l'usage du signe iconique peircien en tant qu'outil didactique est pertinent dans l'enseignement/apprentissage de la chimie. La contribution de notre étude à ce vaste champ de recherche sur la pertinence de l'usage du signe iconique peircien dans l'enseignement/apprentissage des sciences physiques est de questionner la nécessité de l'usage du signe iconique peircien en tant qu'outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule au cours de l'Enseignement/Apprentissage de la chimie chez les élèves de la classe de Troisième (13-15 ans) en contexte camerounais.

1.2.6.2. Travaux de Ayina (2013) sur la construction de la matière (particule sécable et particule insécable) à l'aide du signe iconique peircien.

L'objectif des travaux de l'auteur est de conceptualiser et modéliser la matière et ses transformations en chimie à l'aide du signe iconique peircien.

Au terme des vingt activités qui ont constitué le travail des apprenants de la classe de 4^{ième} (14 – 16 ans), lequel travail était fondé sur un raisonnement hypothético – déductif, car privilégiant l'expérimentation non matérielle, il ressort que les apprenants ont fini par mieux appréhender le modèle particulaire de la matière. À ce sujet, l'auteur a pu mettre « en évidence, le rôle heuristique particulier que le signe iconique (des représentations en formes graphiques créées librement par le chimiste) a joué pour essayer de se représenter et donc comprendre la structure de la matière et ses transformations » (Ayina, 2013). Cependant, ces résultats ne sont pas satisfaisants, car seulement 39,90% de ces élèves ont pu construire la particule insécable (atome) et rien que 19,40% de ces élèves ont pu construire la particule sécable (molécule). Par ailleurs, ces concepts de particule sécable et insécable n'ont pas été construits séparément, ils ont plutôt été construits à l'intérieur d'autres concepts à savoir transformation chimique, équation-bilan des réactions qui ne sont pas du tout faciles à comprendre chez les apprenants. C'est – cela qui a peut-être contribué à l'obtention de ces faibles taux de construction des concepts de particule insécable et de particule sécable chez apprenants et qui a contribué à rendre persistante la confusion entre le concept d'atome et de molécule tel que révélée par Dumon et Laugier (2004) ; Dehon et Snauwaert (2015). Par ailleurs, la non prise en compte de l'aspect triadique du signe peircien pourrait également justifier l'obtention de ces faibles résultats, surtout lorsque Peirce (1978) nous rappelle qu' « *un signe est une chose reliée sous certains aspects à un second signe, son objet, de manière à ce qu'il mette en relation une troisième chose, son interprétant qui lui aussi est un signe et ainsi de suite à l'infini* » (Peirce, 1978). Il serait donc judicieux pour les apprenants de construire d'abord le concept de molécule à part à l'aide du signe iconique peircien dans un système triadique (Signe-Objet-Interprétant) et par la suite, de modéliser le concept de transformation chimique afin d'améliorer ces résultats.

1.2.6.3. Travaux de Ayina et al., 2021 sur « le rôle du rôle du triptyque peircien, Signe – Objet – Interprétant dans la construction du concept d'atomicité chez des élèves de 14 – 15 ans débutant en chimie ».

Le signe dont il est question dans les travaux de ces auteurs est le signe iconique peircien. Ce signe iconique triadique (Signe – objet – interprétant) a pour but, d'amener les élèves à construire le concept d'atomicité des molécules car pour Peirce, le signe qu'il soit :

Signe – icône, Signe – indice, ou encore Signe – symbole, est triadique parcequ’ « *un signe selon Peirce, est une chose reliée sous certains aspects à un second signe, son objet, de manière à ce qu’il mette en relation une troisième chose, son interprétant, qui lui aussi est un signe, et ainsi de suite à l’infini* » (Peirce, 1978). Ainsi, les travaux de Ayina et al., (2021) ont été élaboré autour des hypothèses qui se résument au rôle heuristique du tryptique peircien SOI dans la construction et la manipulation des modèles atomiques et moléculaires par les élèves. Le tryptique peircien SOI permet une meilleure compréhension du concept d’atomicité

Après le travail des apprenants mené autour de sept activités composées de deux expérimentations matérielles et cinq expérimentations non matérielles basées sur la manipulation des signes, les résultats montrent que, l’icône est un outil heuristique car « *la manipulation des icônes construits par les apprenants avant l’usage des symboles chimiques conventionnels leur a permis de mieux écrire les équations de réaction* » et donc, de construire le concept d’atomicité. D’où les auteurs sont arrivés à la conclusion selon laquelle, « *le signe iconique assure une bonne médiation et une meilleure conceptualisation de l’atomicité* ». Il peut donc être considéré dans ce cas comme un outil didactique pertinent dans la construction du concept d’atomicité.

Comme limites relevés dans ces travaux, nous disons que, les auteurs se sont intéressés uniquement à conceptualisation de l’atomicité des molécules pour valider la pertinence de l’usage du signe iconique peircien sans toutefois voir s’il est aussi pertinent dans la construction du concept de molécule car, l’atomicité est le nombre total d’atomes présent dans une molécule. Il aurait été plus intéressant si ces travaux se penchaient d’abord sur la conceptualisation de la molécule à l’aide du signe iconique peircien lié à la fois à l’objet et l’interprétant, avant de construire le concept d’atomicité d’une molécule et de conclure par la suite sur la pertinence du signe iconique peircien. Ainsi, la présente étude s’intéresse à la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième} (13-15 ans) en contexte camerounais, à l’aide du signe iconique peircien. En effet, elle interroge la nécessité de l’usage du signe iconique triadique peircien dans la conceptualisation de la molécule chez ces apprenants.

Dans l’optique de mieux cerner le but et les enjeux du présent travail de recherche, il est nécessaire de présenter les théories explicatives du sujet d’études qui sont convoquées.

1.3. LES THÉORIES EXPLICATIVES DU SUJET D'ÉTUDE

La présente étude convoque deux théories explicatives dont l'une porte sur une théorie didactique à savoir : la théorie de la sémiotique de Peirce et l'autre porte sur une théorie d'apprentissage qui est la théorie socioconstructiviste de vygotsky

1.3.1. La théorie de la sémiotique de Peirce

L'élément de la théorie sémiotique de Peirce (1978) sur laquelle la présente étude s'appuie concerne les représentations et dans le cas d'espèce, il s'agit des sémiotiques à l'aide du signe iconique (modèles moléculaire et formules chimiques des molécules).

Les représentations sémiotiques sont largement utilisées en chimie pour comprendre les processus chimiques des molécules et leurs propriétés qui ne sont pas d'ailleurs disponibles à la perception directe (Koszma et al., 2000 ; Gilbert, 2005) car, « *elles permettent de présenter des informations, qui ne pourraient être facilement comprises autrement* » (Kozma et al., 2000 ; Gilbert, 2005 ; Nsayi, 2018). De plus Nsayi (2018) soutient que, « *pour comprendre et/ou traduire les informations conceptuelles communiquées par les représentations sémiotiques, il faut être en mesure de les utiliser et de les interpréter* ».

Par ailleurs, la représentation des connaissances sous forme de signes favorisent l'apprentissage. Dans la théorie des représentations et en ce qui concerne le processus d'apprentissage, l'action de l'apprenant consiste à construire sa propre connaissance à partir des connaissances ou savoirs exposés sous forme de représentation imagée. L'image est une représentation du concept qui détermine notre entendement. Descartes introduit la thèse de l'image comme représentation cognitive du concept à l'absence de l'objet. Il s'agit ici d'une construction psychique abstraite différente de l'imagination. Dans le cadre de la présente recherche, l'image ou l'icône est un moyen de représentation d'une connaissance ou d'un savoir dont se sert l'apprenant pour construire sa connaissance.

1.3.2. La théorie socioconstructiviste de Vygotsky

Le socioconstructivisme est une théorie d'apprentissage qui privilégie les interactions entre l'apprenant et son environnement dans un processus actif et participatif qui lui permet de développer les connaissances sur le monde (Raby et Viola, 2016) et avec l'aide de l'enseignant ou de ses pairs. Vygotsky (1997) soutient ces termes en considérant qu'apprendre, c'est élaborer soi – même ses connaissances en passant nécessairement par une phase d'interaction sociale avec autrui. Ainsi, tout développement résulte des apprentissages grâce à l'effet des mécanismes individuels sur les mécanismes intra individuels (Ayina, 2013). À cet effet, l'enseignement d'un concept devrait être adapté aux besoins spécifiques de l'apprenant et le travail devrait être basé sur les situations – problèmes dans les contextes les plus réalisables

possibles. En d'autres termes, l'enseignant doit proposer à l'élève des tâches d'un niveau élevé à ce qu'il sait déjà faire seul tout en respectant sa maturité mentale. Il s'agit des tâches qui provoquent chez l'apprenant, un conflit sociocognitif. C'est la raison pour laquelle Vygotsky a supposé une zone sensible qu'il a appelé, « *zone proximale de développement* » (ZPD) (Vygotsky, 1997). La ZPD est d'après Vygotsky (1985), « *la distance entre le niveau de développement actuel tel qu'on peut le déterminer à travers la façon dont l'enfant résout les problèmes seuls et le niveau de développement potentiel tel qu'on peut le déterminer à travers la façon dont l'enfant résout les problèmes lorsqu'il est assisté d'un adulte ou collabore avec d'autres enfants plus avancés* ». Ayina (2013), pour aller dans le même sens que Vygotsky (1985), soutient dans le cadre de l'Enseignement/Apprentissage que, la ZPD renvoie aux « *limites au-delà desquelles, la difficulté de résolution du problème confié à l'élève devient insurmontable, mais en deçà desquelles une activité de résolution de problème ne mobilise que des concepts parfaitement maîtrisés* ». Vu de cette manière, il ressort que l'apprentissage préconise des connaissances construites par l'apprenant et celui – ci occupe la place d'acteur, de co-auteur dans le processus d'Enseignement/Apprentissage pendant que, l'enseignant reste le guide, le médiateur. L'erreur commise par l'élève dans la théorie socioconstructiviste n'est donc pas punie, elle n'est non plus considérée comme un non apprentissage et ne doit surtout pas être évitée. Tout au contraire, l'erreur est un point de départ ou un levier d'apprentissage.

Dans le cadre de cette étude, cette théorie est très utile car, elle s'intéresse aux interactions actives et participatives des élèves (les élèves sont mis ensemble par groupes d'apprentissage pour y travailler) à travers lesquelles, la prise en compte de leurs conceptions lors du processus d'Enseignement/Apprentissage et la considération de leurs erreurs sont un signe d'une connaissance qui se construit. Ainsi, les éléments des théories socioconstructivistes qui sont retenus pour expliquer les phénomènes liés à ce sujet d'étude sont : le travail en groupe des élèves, les erreurs et donc la prise en compte des conceptions alternatives des élèves, la proposition aux apprenants des tâches à résoudre situées dans la zone proximale de développement (dans le but de créer des conflits socio – cognitifs et qui devront être surmontés pour laisser place à l'apprentissage du concept de molécule), les interactions entre les élèves dans la salle de classe, les discussions de groupes.

Ce premier chapitre qui porte sur l'insertion théorique de l'étude, nous a permis d'effectuer une définition conceptuelle des mots clés de notre sujet d'étude, de faire une revue de la littérature et de présenter les théories explicatives de l'étude.

CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE

La problématique est définie par Fernandez et Catteeuw (2001) comme : *«l'approche théorique que le chercheur décide d'adopter pour traiter le problème posé par la question de départ. C'est dans la problématique qu'il se confronte aux positions d'autres chercheurs »*. En d'autres termes, la problématique constitue la composante essentielle d'un travail de recherche. Il s'agit d'un ensemble de construits autour de la question principale de recherche, des hypothèses de recherche et des lignes d'analyse qui permettront de traiter le sujet choisi. Ceci revient à dire que, la problématique d'une étude fait partie de la charpente de la rédaction d'un travail de recherche. Dans le cadre de cette étude, le contexte et la justification de l'étude ; la position et la formulation du problème ; les questions de recherche ; les objectifs de recherche ; les intérêts de l'étude et la délimitation de l'étude constituent la problématique du présent travail de recherche.

2.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE

Le contexte de cette étude présente le but, les finalités et les objectifs de l'Enseignement/Apprentissage des sciences physiques selon les textes du système éducatif camerounais et les normes internationales de certains organismes éducatifs. Par ailleurs, la justification du choix du présent sujet de recherche repose sur des observations de la pratique didactique en lien avec le concept de molécule lors des différents stages académique du cycle master.

2.1.1. Contexte de l'étude

La mobilisation de diverses ressources importantes, tant sur le plan financier que matériel et dans l'optique d'améliorer le système éducatif à travers l'élaboration des stratégies d'Enseignement/Apprentissage qui mettent l'élève au centre de son apprentissage et positionne l'enseignant comme un médiateur, un guide, un accompagnateur est de plus en plus entreprise de nos jours par plusieurs pays à travers le monde et le Cameroun en fait partie. Pour l'UNESCO (2021), l'un des objectifs phares de l'enseignement en général et de l'enseignement des sciences en particulier, est celui de mettre en place, le fondement d'une éducation permanente et d'un développement humain, pour que les pays en voie de développement comme le Cameroun, puissent absolument s'enrichir par de nouvelles méthodes d'éducation. À cet effet, l'UNESCO a appelé à une transformation radicale de l'enseignement des sciences visant à répondre à ce défi du 21^{ème} siècle. Elle met ainsi en avant, l'importance de l'éducation scientifique pour former des individus capables de s'adapter au changement rapide de la société et de contribuer à l'avancement de la science et de la technologie ; elle encourage la promotion d'une culture

scientifique inclusive et accessible (Unesco, 2021). C'est la raison pour laquelle Barbet – Massin et al. (2016) affirment qu'« *il est essentiel de former par les sciences en posant les bases d'une démarche rationnelle qui donnera à terme aux élèves, la capacité d'analyser de façon critique des arguments tout en illustrant comment l'expertise scientifique peut contribuer à certains débats de sociétés* ». L'ONU soutient cette idée et souligne que, l'enseignement des sciences est essentiel pour atteindre les objectifs du développement durable (ODD) d'ici 2030. Elle met en avant, l'importance de l'éducation scientifique pour favoriser l'innovation, la créativité et la résolution des problèmes sociaux et environnementaux. Elle mentionne également, la nécessité d'investir dans des programmes d'enseignement des sciences de qualité pour assurer un avenir durable pour tous.

S'appuyant sur cette vision de l'UNESCO et l'ONU, l'une des finalités du système éducatif camerounais au regard de la loi d'orientation de l'éducation, N°98/004 du 14 Avril 1998, est l'instruction à travers l'enseignement des concepts, lequel enseignement doit viser l'autonomie et le développement des compétences des apprenants.

Ainsi, dans le but d'amener les apprenants du niveau collégial en général et ceux de la classe de 3^{ième} (13 – 15 ans) en contexte camerounais à construire eux-mêmes leurs propres connaissances en chimie, un nouveau programme de Physique – Chimie – Technologie de la classe de troisième a été conçu et adopté suivant l'Arrêté N°419/14/MINESEC/IEG du 09 Décembre 2014 et révisé en Juin 2023. Ce nouveau programme définit les savoirs scientifiques que doivent acquérir les élèves de cette classe ainsi que les compétences essentielles qu'ils doivent développer au terme de l'acquisition de ces savoirs. Il se subdivise en quatre modules, dont le premier porte sur la « *matière : ses propriétés et ses transformations* ». Ce module est constitué de deux chapitres distincts pour un total de six leçons. La première leçon porte sur « *les constituants de la matière* ». Selon le contexte institutionnel de l'enseignement secondaire général, cette leçon renferme trois principaux savoirs scientifiques que doivent acquérir les apprenants. Il s'agit de : l'atome, la molécule et l'ion. Le concept qui retient particulièrement notre attention dans le cadre de cette recherche est la molécule. Les molécules inscrits dans le programme de Physique – Chimie – Technologie de classe de 3^{ième} en vigueur au Cameroun sont : l'eau (H₂O) ; le dioxygène (O₂); Cl₂ ; le dihydrogène (H₂); le dioxyde de carbone (CO₂); le chlorure d'hydrogène (HCl) ; l'azote (N₂); le dioxyde de soufre (SO₂). À cet effet, le contexte institutionnel et en ce qui concerne la discipline Physique – Chimie – Technologie en classe de 3^{ième}, recommande de conceptualiser la molécule en :

- la définissant comme un assemblage électriquement neutre et formé d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes ;

- représentant une molécule par sa formule brute ou son modèle moléculaire ;
- déduisant d'un modèle moléculaire, la formule brute d'une molécule et/ou le nom d'une molécule et vice versa ;
- en déterminant l'atomicité d'une molécule.

La présente recherche dont l'objet d'étude porte sur les apprenants dans leurs rapports au concept de molécule pendant la conceptualisation de la molécule, s'inscrit alors dans le cadre de l'Enseignement/Apprentissage de la chimie au cours duquel les élèves camerounais, en classe de 3^{ème}, âgés entre 13 et 15 ans doivent construire eux-mêmes le concept de molécule.

2.1.2. Justification du choix du thème

La chimie prise par une multitude «comme une science essentiellement expérimentale » (Ayina, 2013), cherche à « expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple » (Perrin, 1913). Elle renferme « des connaissances qui lui sont propres ». *«L'idée que la connaissance chimique peut être représentée de trois façons principales : la macro, la sub micro et la symbolique (le triplet de la chimie), est devenue paradigmatique dans la chimie et l'enseignement des sciences »* (Johnstone, 2000 ; Talanquer, 2011 ; Atkins et al., 2017). La maîtrise de ces trois niveaux n'est pas un exercice aisé pour les élèves lorsqu'il s'agit de passer d'un niveau à un autre et cela a pour corollaire la non appropriation des savoirs scientifiques comme le concept de molécule qui est un constituant de la matière non visible à l'œil nu. En effet, la molécule (objet au sens de Peirce) est une entité abstraite qui appartient au domaine sous-microscopique et dont le sens n'est pas directement accessible à l'élève. Cependant, l'appréhension et la compréhension de ce concept ne peut être possible que par des signes, qu'ils soient des représentations iconiques macroscopiques (modèles moléculaires des molécules conçus à partir : des boules de billard, du polystyrène, de la pâte à modeler) ou des signes symboliques (formules chimiques) ou même des indices (la flamme d'une buchette allumée qui se ravive en présence d'un gaz. Cet indice indique que le gaz en question est la molécule de dioxygène). Cependant, le problème qui se pose est que le passage d'un registre sémiotique à un autre, par exemple, le passage du registre sous-microscopique au registre symbolique constitue une tâche complexe pour la plupart des élèves. S'il est demandé à un élève de représenter l'objet molécule d'eau sous sa forme symbolique, c'est – à – dire, partir de l'eau pour H₂O, la plupart des élèves n'y arriveront pas, parcequ'ils n'y voient aucun lien entre ces deux domaines du savoir. Il est donc nécessaire de trouver un pont ou une médiation qui va assurer le passage d'un niveau de savoir à l'autre. D'où la nécessité pour nous d'entreprendre la présente recherche.

2.2. POSITION ET FORMULATION DU PROBLÈME DE RECHERCHE

C'est sur la base des constats scientifiques et empiriques que nous sommes en mesure de poser le problème de recherche traité dans le cadre de cette étude.

2.2.1. Les constats

Les observations sur le terrain révèlent un certain écart avec les normes de la pratique de la didactique de la chimie. Ceci crée des difficultés d'apprentissage de certains concepts, notamment la « *molécule* ». Ce concept qui a d'ailleurs intéressé plusieurs recherches en didactiques de la chimie.

2.2.1.1. Constats empiriques

La molécule est un concept fondamental qui se retrouve dans presque, sinon toutes les leçons de chimie enseignées dans les deux cycles du secondaire de l'enseignement général. Ce concept est introduit en classe Troisième dans les lycées et collèges du Cameroun.

Le programme officiel de Physique – Chimie – Technologie de la classe de troisième en vigueur au Cameroun et élaboré suivant l'Arrêté ministériel N°419/14/MINESEC/IEG du 09 Décembre 2014, a énuméré les savoirs scientifiques inhérents au concept de molécule que doivent mobiliser les apprenants pour conceptualiser la molécule. Il s'agit de la définition et de l'identification de la molécule, de donner le nom d'une molécule à partir de sa formule brute ou de son modèle moléculaire, de la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire et par sa formule brute, de la détermination de l'atomicité d'une molécule. Cependant, nos différents stages pédagogico-didactiques effectués dans plusieurs classes de Troisième de la plupart des lycées et collèges du Cameroun au cours des années académiques 2022-2023 et 2023 – 2024, sur le thème « *Enseignement/Apprentissage pour une réussite éducative au Cameroun* » et en tant qu'enseignante de chimie au secondaire, ont permis de constater et ce, à partir de l'analyse des productions écrites des apprenants sur le concept de molécule que, sur 300 apprenants, jusqu'à 85% de ces apprenants ont des difficultés au niveau de :

- l'identification et de la composition d'une molécule (CO_2 ; H_2O ; SO_2).

Pour les apprenants, une molécule n'est pas une entité autonome avec des propriétés physico-chimiques qui lui sont propres, mais plutôt une juxtaposition de corps simples (concept appris dans la classe précédente). Cette conception alternative a été relevée chez les élèves à qui l'enseignant avait demandé de donner la composition des molécules de dioxyde de carbone (CO_2); d'eau (H_2O) et de dioxyde de soufre (SO_2) au regard de leurs formules brutes respectives. Pour ces apprenants, la molécule de CO_2 est constituée d'un atome de carbone et d'une molécule de dioxygène O_2 . La molécule H_2O est composée d'une molécule de dihydrogène et d'un atome d'oxygène. La molécule de SO_2 quant – à – elle, est constituée d'un

atome de soufre et d'une molécule de dioxygène. Cette conception alternative donne encore lieu à une autre difficulté sous-jacente, située au niveau de la différenciation entre un atome et une molécule.

- l'écriture de la formule brute d'une molécule (H_2O prononcé à l'oral, s'écrit HO_2) ;
- la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire (matériel ou sur papier/crayon) ou par sa formule brute;
- de l'écriture du nom ou la dénomination d'une molécule à partir de sa formule brute ou de son modèle moléculaire (CO_2 est nommé dioxygène de carbone) et vice versa.

Les trois précédentes difficultés naissent du fait que, ces apprenants n'arrivent pas à faire le lien entre les différents registres du savoir en chimie que sont : les registres macroscopiques, sub-microscopiques et symboliques. En d'autres termes, ils ont du mal à manipuler les signes, à créer du sens et à appréhender le concept de molécule.

- la détermination de l'atomicité d'une molécule.

La difficulté au niveau de la détermination de l'atomicité d'une molécule est inhérente à la confusion que font les apprenants entre la molécule et l'atome qui est un concept connexe. En effet, ces apprenants ne se rendent pas compte que le nombre placé en indice du symbole de chaque atome, indique tout simplement le nombre de l'atome en question, et que la somme de ces nombres en indice de chaque symbole atomique donne l'atomicité de la molécule.

Un autre facteur pouvant être à l'origine des difficultés sus-mentionnées est que, certains enseignants, en amont de la pratique de classe en rapport avec le concept de molécule, ont pour coutume de demander aux élèves suivant les consignes, d'aller fabriquer à la maison, des modèles moléculaires de quelques molécules (H_2O ; O_2 ; Cl_2 ; H_2 ; CO_2 ; N_2 ...), à l'aide du polystyrène lesquels modèles serviront de matériels didactiques, sauf que cela pose problème car, ces élèves ont des difficultés à s'appropriier le langage de la chimie en relation avec ce concept. De plus, l'apprentissage se veut optimal, lorsque l'élève s'approprie le savoir scientifique ou construit le concept en classe, en interagissant avec son environnement, ses pairs, l'enseignant et l'objet d'apprentissage.

2.2.1.2. Constats scientifiques

Les constats empiriques sus – mentionnés ont fait l'objet d'un grand nombre de recherches (Al – Kunifed et al., 1993 ; Keig et Rubba, 1993; Dumon et Laugier, 2004 ; Sanger, 2005 ; Takin et Bernholt, 2014). La conception alternative des apprenants qui voient en la molécule de dioxyde de carbone, un atome de carbone accolé à une molécule de dioxygène est une interprétation additive des élèves c'est – à dire, une juxtaposition des corps simples (Dumon et Laugier, 2004). Or, une molécule est une entité autonome, un groupe d'atomes liés

par des liaisons de covalence. Cette conception alternative veut dire que « les corps purs composés sont constitués de corps purs simples dont l'intégrité est conservée » (Dehon et al., 2021), cette conception ne peut donc pas être corrigée tant que l'élève confond l'atome et la molécule (Dehon et Snauwaert, 2015). Par ailleurs, les symboles chimiques à l'instar de CO_2 ; CH_2O ont été compris par les élèves comme de simples abréviations (Takin et Bernholt, 2014; Al – Kunifed et al., 1993), ce qui constitue une difficulté chez les apprenants pour donner le nom d'une molécule à partir de sa formule brute. L'utilisation des formules brutes se rapporte parfois à une simple manipulation arithmétique (Sanger, 2005). C'est le cas de SiO_2 , équivalent à la moitié de Si_2O_4 (Keig et Rubba, 1993). Ces difficultés d'appropriation du concept de molécule pourraient être d'origine didactique et/ou épistémologique. Par ailleurs, les spécialistes de la chimie selon Johnstone (1982), ont situé la chimie en tant que discipline scolaire à trois niveaux distincts à savoir :

- le niveau descriptif et fonctionnel où les phénomènes sont éprouvés, observés et décrits ;
- le niveau représentatif ou symbolique, dans lequel la représentation et la communication des concepts et des idées sont faites au moyen des signes ;
- le niveau explicatif qui permet d'expliquer des phénomènes à partir des théories et des modèles. Ce niveau concerne la représentation des molécules à l'aide des modèles moléculaires.

Toutefois, les apprenants sont habitués à travailler dans le domaine macroscopique (les transformations chimiques par exemple) ou encore le domaine visible et n'arrivent pas à passer de ce niveau au niveau microscopique (molécule) ou à celui des symboles. D'où ces difficultés d'appropriation du savoir scientifique. Dans le cadre de cette étude, les différentes difficultés des apprenants énumérées laissent tout simplement voir que ces apprenants n'arrivent pas à jouer avec des signes ou à les manipuler pour créer du sens au concept de molécule et mieux l'appréhender. Or, selon Peirce (1978), tout est signe et n'importe quelle chose peut être représentée par n'importe quel signe, ce qui importe ici est la ressemblance au niveau des propriétés de cette chose avec le signe qui la représente.

2.2.2. Le problème

Le problème de recherche est « *l'écart qui existe entre ce que nous savons et ce que nous voudrions savoir à propos d'un phénomène donné* ». C'est également, le fossé qui sépare ce qui est et ce qui devrait être, ou encore, c'est la distance qu'il y a entre ce qui est constaté empiriquement et ce qui est prescrit.

Au regard des constats empiriques relevés et corroborés par des résultats de recherches menées par Takin et Bernholt (2014) ; Sanger (2005) ; Dumon et Laugier (2004) ; Al – Kunifed et al. (1993) ; Keig et Rubba (1993), il ressort que, la présente recherche pose le problème de difficultés de conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième} (13 – 15 ans). Et l’approche sémiotique peircienne semble être prometteuse à cet effet, car l’appropriation des savoirs et la construction des connaissances découlent inéluctablement du processus de construction et d’interprétation des signes. Outre cela, l’approche sémiotique est une stratégie d’enseignement/apprentissage qui donne l’occasion à l’enseignant d’entraîner l’apprenant dans une démarche d’apprentissage lui permettant de développer son autonomie, de donner du sens à son apprentissage à travers divers processus de co-construction d’un système de signes mettant en jeu des relations entre objets du monde dit réel, leurs représentations matérielles ou imagées et une construction d’idées, de mots au service de la conceptualisation des dits objets.

Dans l’optique de rendre explicite le problème de recherche qui est soulevé dans le cadre de cette étude, des questions de recherche sont posées.

2.3. LES QUESTIONS DE RECHERCHE

Les questions de recherche permettent de mieux comprendre le problème de recherche qui est posé. C’est un ensemble de questions dont se pose le chercheur en vue d’orienter sa recherche. Ainsi, dans le cadre de cette étude, une question principale suivie de deux questions secondaires sont formulées.

2.3.1. La question principale de recherche.

En nous appuyant d’une part, sur l’approche sémiotique peircienne à travers, l’une de ses caractéristiques fondamentales qui est la relation triadique rendant ainsi indissociables les composants du signe peircien que sont : le signe (icône, indice ou symbole) ; l’objet et l’interprétant (Peirce, 1978) et au regard d’autre part, des travaux en didactique des sciences physiques de (Ayina et al., 2013) ; (Ayina et al., 2021) et (Soudani et al., 2009), respectivement sur la construction de la particule sécable et la particule insécable ; l’atomicité et le courant électrique à l’aide du signe iconique peircien, le problème de recherche posé dans le cadre de cette étude à savoir : les difficultés de conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de Troisième, nous amène ici à questionner la nécessité de l’usage du signe iconique peircien formé à partir de la triade Signe-Objet-Interprétant (SOI), en tant qu’outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième}. Ceci aboutit donc à la question principale de recherche ci – après:

QP. Dans quelle mesure le signe iconique peircien tripartite en représentant, objet et interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13 – 15 ans) ?

Afin de mieux appréhender cette question principale de recherche qui fait intervenir l'interprétant et l'objet, tous deux, liés au signe iconique peircien, deux questions secondaires de recherche sont posées :

2.3.2. Les questions secondaires de recherche

- **QS₁.** Quel rôle joue l'interprétant dans la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième ?

- **QS₂.** De quelle manière le signe iconique – objet selon Peirce, permet de nommer une molécule (objet), de la représenter et de déterminer son atomicité ?

2.4. FORMULATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Une hypothèse est une réponse provisoire à une question. Elle doit être vérifiée par une expérience, avant d'être confirmée ou infirmée. Il s'agit également d'après Mbala (1986), « d'une affirmation provisoire suggérée comme explication d'un phénomène ». Cette affirmation doit être confirmée ou infirmée. L'hypothèse générale et deux hypothèses secondaires sont formulées dans le cadre de ce travail de recherche.

2.4.1. Hypothèse principale

C'est une hypothèse qui renvoie à une réponse généralisante et provisoire. Elle permet au chercheur de travailler. Elle sert à engager une réflexion plus approfondie, à orienter vers les informations plus ou moins précises de la recherche et des méthodes d'acquisition des connaissances. C'est la ligne directrice sur laquelle s'engage le chercheur. La présente étude est fondée sur l'hypothèse générale suivante :

HP. L'usage du signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez l'apprenant de la classe de troisième (13-15 ans).

2.4.2. Hypothèses secondaires

De cette hypothèse générale, sont formulées deux hypothèses secondaires.

- **HS₁** : l'interprétant selon Peirce, facilite la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans).

- **HS₂** : le signe iconique – objet selon Peirce, permet la représentation d'une molécule et la détermination de l'atomicité d'une molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans)

2.5. DÉFINITION DES VARIABLES

Les variables sont des éléments dont les valeurs peuvent changer et prendre différentes formes quand on passe d'une observation à une autre. La présente étude comporte deux types de variables à savoir : la variable dépendante et la variable indépendante.

2.5.1. La variable dépendante.

Il s'agit ici de la variable passive ou la variable réponse : c'est elle qui subit l'action mesurée par le chercheur. Dans le cadre du présent travail de recherche, la variable dépendante est :

VD : construction du concept de molécule dans l'enseignement/apprentissage de la chimie.

Dans cette variable, nous allons nous intéresser à un pan de la construction du concept de molécule qui est la conceptualisation de la molécule. Cette conceptualisation par les apprenants la classe de 3^{ième} (13-15 ans) porte entre autres, sur la définition conceptuelle de la molécule, la détermination de la composition d'une molécule, la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire ou sa formule brute et la détermination de l'atomicité d'une molécule.

2.5.2. La variable indépendante

Elle correspond au phénomène manipulé ou contrôlé par le chercheur. Elle est sensée avoir une influence sur la variable dépendante. En ce qui concerne cette étude, la variable indépendante est :

VI : le signe iconique peircien.

Cette variable est opérationnalisée en deux sous – variables indépendantes à savoir :

- **VI₁** : l'usage de l'interprétant selon Peirce ;
- **VI₂** : l'usage du signe iconique – objet selon Peirce

2.6. LES OBJECTIFS DE RECHERCHE

Les objectifs de cette recherche, se déclinent en l'objectif général et deux objectifs spécifiques.

2.6.1. Objectif général

Dans le cadre de cette étude, il s'agit de montrer dans quelle mesure le signe iconique peircien lié à l'objet et l'interprétant constitue un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans).

2.6.2. Objectifs spécifiques

Il s'agit spécifiquement de :

Obs₁ : montrer le rôle que joue l'interprétant selon Peirce, dans la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième ;

Obs₂ : montrer de quelle manière le signe iconique – objet selon Peirce, permet de nommer une molécule, de la représenter et de déterminer son atomicité.

2.7. Intérêts de l'étude

Les intérêts de cette étude sont mentionnés sur le plan didactique, pédagogique, scientifique et psychologique

2.7.1. Intérêt didactique

La didactique s'intéresse à l'apprentissage. Ainsi, sur le plan didactique, cette étude permettra aux enseignants d'identifier aisément, les différentes conceptions alternatives en rapport avec le concept de molécule et d'y entreprendre des remédiations à l'aide d'un outil didactique pertinent. Le signe iconique peircien utilisé comme outil de conceptualisation de la molécule, permettra aux apprenants de mieux construire ce concept, c'est – à – dire, de définir et d'identifier la molécule, de la nommer, de la représenter par sa formule brute ou par son modèle moléculaire et de déterminer son atomicité.

2.7.2. Intérêt pédagogique

La pédagogie se focalise sur les techniques, les méthodes et les stratégies d'enseignement d'un concept. Cette étude, est une occasion pour les enseignants de repenser les différents modes de transposition didactique et des outils didactiques qu'ils utilisent pour transmettre les connaissances aux apprenants. En ce qui concerne l'enseignement du concept de molécule, ce travail de recherche propose à l'enseignant un outil de conceptualisation à savoir : le signe iconique peircien, qui peut être utilisé comme mode de transposition didactique efficace pour améliorer non seulement les pratiques pédagogiques dans l'Enseignement/Apprentissage de la chimie, mais aussi, favoriser la construction des connaissances chez les apprenants. Cet outil didactique pourra également être intégré dans les curricula et la formation continue des enseignants pour une bonne pratique de classe.

Pour tout dire, cette étude apporte une valeur ajoutée dans l'enseignement/apprentissage de la chimie. Cette valeur ajoutée repose sur l'intégration de la sémiotique de Peirce, avec pour entrée, le signe iconique qui permet à l'enseignant de mieux enseigner un concept tout en gardant son rôle de guide, de médiateur et à l'apprenant de mieux le conceptualiser. Quoi de mieux dans un environnement scolaire où est prônée l'Approche Par les Compétences (APC) avec situations de vie. Ces situations de vie peuvent donc être conçues à partir des signes

iconiques peirciens qui sont familiers aux élèves, car selon Peirce, un objet peut être représenté par n'importe quel signe. Une façon de dire que le signe est illimité (Peirce, 1978).

2.7.3. Intérêt scientifique

Sur le plan scientifique, cette étude est une initiation à la recherche et une contribution aux avancées scientifiques. Ce travail de recherche permet par ailleurs, de doter l'apprenant d'une culture scientifique, de développer en lui, les attitudes scientifiques telles qu'évoquées par Giordan (1999) et dont quelques-unes sont citées ici :

- la curiosité : il s'agit pour l'apprenant de se poser les questions devant de nouvelles situations dont il est confronté ;
- l'esprit de créativité : il est question pour l'apprenant de faire preuve d'imagination et de créativité devant des phénomènes qui lui sont étrangers ;
- chercher par soi-même, car, c'est en le faisant que les connaissances sont construites de manière durable ;
- travailler en groupe dans l'optique de confronter ses résultats avec ses pairs et d'apprendre aussi d'eux.

2.7.4. Intérêt psychologique

L'aspect psychologique à travers la motivation scolaire, est « *une dimension très importante, reliée à l'apprentissage des sciences* » (Legendre, 1993). Il s'agit précisément des réactions émotionnelles et des comportements des élèves face aux disciplines scientifiques. La plupart des apprenants ont peur d'apprendre les sciences, car ils se disent être dépourvus de capacités intellectuelles pour comprendre ces disciplines scientifiques. Les icônes (ou signes iconiques) abordées dans cette étude, peuvent être d'un grand apport dans l'acquisition des savoirs scientifiques dans la mesure où, elles permettent de représenter un objet qu'il soit réel ou abstrait. Et cela est une bonne nouvelle pour ces élèves, car les sciences en général et la chimie en particulier, sont bondées de concepts abstraits dont les sens ne leur sont pas directement accessibles.

2.8. DÉLIMITATION DE L'ÉTUDE

La délimitation thématique nous permet de situer le thème de notre recherche. Et les délimitations temporelle et spatiale nous permettent de situer le thème dans le temps et l'espace.

2.8.1. Délimitation thématique

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la didactique des disciplines en général et de la didactique de la chimie en particulier. Elle questionne la nécessité de l'usage du signe iconique peircien lié à l'interprétant et l'objet comme outil didactique pertinent dans la construction du concept de molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13 – 15 ans). Cette pertinence

inclue l'apport ou les enjeux de l'usage du signe iconique selon Peirce y compris le système triadique qui existe entre le signe iconique peircien, l'interprétant et l'objet dans la construction du concept de molécule. Ainsi, les thèmes abordés dans ce travail de recherche reposent principalement sur deux variables à savoir :

- Variable dépendante : construction du concept de molécule
- Variable indépendante : usage du signe iconique peircien

Cette étude sera focalisée sur l'usage du signe iconique en situation de classe pour la conceptualisation la molécule par les élèves de la classe de Troisième (13 – 15 ans) du premier cycle de l'Enseignement Secondaire Général.

2.8.2. Délimitation temporelle

La présente étude s'étale tout au long de l'année académique 2022-2023 et prend fin au cours de l'année académique 2023-2024. L'expérimentation papier/crayon constituée du pré – test, du test et du post – test, a été menée auprès des élèves de la classe de troisième (13 – 15 ans), au cours du mois de Mai de l'année 2024 et pendant les périodes d'Enseignement/Apprentissage telles que définies par le Ministère des enseignements secondaires du Cameroun. Le concept de molécule, abordée au cours de cette phase d'expérimentation, est un concept inscrit dans le programme officiel de Physique – Chimie – Technologie de la classe de 3^{ième}, en vigueur dans les lycées et collèges en contexte camerounais depuis l'année 2014.

2.8.3. Délimitation spatiale

Il est question ici de préciser l'endroit où le chercheur mène ses investigations. Ainsi, cette étude est circonscrite dans l'ère géographique du Cameroun en général et dans la région du centre en particulier. Dans cette région, l'étude est réalisée dans le Département de la Lekie qui compte plusieurs établissements de l'Enseignement Secondaire Général parmi lesquels, le C.E.S de Ntuisong-Obala, situé dans l'Arrondissement d'Obala, une banlieue de la ville de Yaoundé, la capitale du Cameroun.

2.9. LE TABLEAU SYNOPTIQUE

Le présent chapitre intitulé problématique de l'étude, a permis de présenter le contexte dans lequel s'inscrit ce travail de recherche, de formuler le problème de recherche, d'élaborer un ensemble de construits autour des questions de recherche, de formuler les hypothèses de recherche, de définir les variables d'étude et d'énoncer les objectifs de recherche à atteindre dans un cadre thématique et spatio – temporel bien défini tout en soulignant l'intérêt de cette

étude. Cette problématique traduit la fin du cadre théorique, laquelle est assortie d'un tableau synoptique (tableau 1) qui récapitule les éléments essentiels de notre recherche.

Tableau 1. Tableau synoptique.

Sujet de recherche: Enseignement/Apprentissage de la chimie: construction du concept de molécule chez les apprenants de la classe de Troisième du Collège d'enseignement secondaire général de Ntuisong-Obala	Questions de Recherche	Hypothèses de recherche	Objectifs de l'étude	Variables de l'étude	Modalités	Indicateurs	Indices
	<p>Question principale :</p> <p>Dans quelle mesure le signe iconique peircien tripartite en représentant l'objet et interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13 – 15 ans) ?</p>	<p>Hypothèse principale :</p> <p>L'usage du signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez l'apprenant de la classe de troisième (13-15 ans).</p>	<p>Objectif général :</p> <p>Dans le cadre de cette étude, il s'agit de montrer dans quelle mesure le signe iconique peircien lié à l'objet et l'interprétant constitue un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans)</p>	<p>Variable indépendante :</p> <p>Le signe iconique peircien</p>	<p>Modalité 1 :</p> <p>Dessins de diverses formes géométriques (signe iconique peircien)</p>	<p>Indicateur 1 :</p> <p>Représentation des dessins (diverses formes géométriques) par les élèves à l'aide du papier</p>	<p>Bonne</p> <p>Moyenne</p> <p>Faible</p>
<p>Variable dépendante :</p> <p>Construction du concept de molécule dans l'enseignement/apprentissage de la chimie</p>	<p>Modalité 2 :</p> <p>Usage du signe iconique peircien.</p>	<p>Indicateur 2 :</p> <p>Manipulation par les apprenants du signe iconique peircien (dessins de 7 formes géométriques) sur papier/crayon pour former des modèles moléculaires et écrire des formules brutes des molécules</p>	<p>Bonne</p> <p>Moyenne</p> <p>Faible</p>				
<p>Modalité1 :</p> <p>-définir - identifier</p>	<p>Indicateur 1 :</p> <p>Capacité à définir et à identifier une molécule</p>	<p>Elevé</p> <p>Moyen</p> <p>Faible</p> <p>Très faible</p>					
<p>Modalité2 :</p> <p>-représenter - déterminer</p>	<p>Indicateur 2 :</p> <p>Capacité à représenter une molécule et à déterminer son atomicité à l'aide du signe iconique peircien (modèles moléculaires dessinés ou formules brutes écrites)</p>	<p>Elevé</p> <p>Moyen</p> <p>Faible</p> <p>Très faible</p>					

	<p>Question secondaire N° 1.</p> <p>Quel rôle joue l'interprétant dans la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième ?</p>	<p>Hypothèse secondaire N°1.</p> <p>L'interprétant selon Peirce, facilite la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans).</p>	<p>Objectif spécifique N°1</p> <p>Montrer le rôle que joue l'interprétant selon Peirce, dans la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième ;</p>	<p>Variable indépendante</p> <p>Le signe iconique peircien</p>	<p>Modalité 1 :</p> <p>Dessins de diverses formes géométriques (signe iconique peircien)</p>	<p>Indicateur 1 :</p> <p>Représentation des dessins (diverses formes géométriques) par les élèves à l'aide du papier</p>	<p>Bonne</p> <p>Moyenne</p> <p>Faible</p>
	<p>Question secondaire N° 2.</p> <p>De quelle manière le signe iconique – objet selon Peirce, permet de nommer une molécule (objet), de la représenter et de déterminer son atomicité ?</p>	<p>Hypothèse secondaire N°2.</p> <p>Le signe iconique – objet selon Peirce, permet la représentation d'une molécule et la détermination de l'atomicité d'une molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans).</p>	<p>Objectif spécifique N°2</p> <p>Montrer de quelle manière le signe iconique – objet selon Peirce, permet de nommer une molécule, de la représenter et de déterminer son atomicité.</p>	<p>Variable indépendante</p> <p>Le signe iconique peircien</p>	<p>Modalité 2 :</p> <p>Usage du signe iconique peircien.</p>	<p>Indicateur 2</p> <p>Manipulation par les apprenants du signe iconique peircien (dessins de 7 formes géométriques) sur papier/crayon pour former des modèles moléculaires et écrire des formules brutes des molécules</p>	<p>Bonne</p> <p>Moyenne</p> <p>Faible</p>

PARTIE 2:
CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATEUR DE L'ÉTUDE

CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE

Un travail qui se veut scientifique devrait être mené suivant une méthodologie bien précise qui repose sur un ensemble de méthodes et de techniques judicieusement choisies dans l'optique de confirmer ou d'infirmer les hypothèses formulées au départ. La méthodologie apparaît donc comme « *la science de la méthode : c'est la branche de la logique qui étudie les principes et les démarches de l'investigation scientifique* » (Grawitz, 2000, p.274). Dans le présent chapitre, il s'agit de présenter le type de recherche adopté pour cette étude, la population d'étude, le type d'échantillonnage, une délimitation de l'étude et les outils de collecte des données ainsi que la méthode de traitement de ces données.

3.1. TYPE DE RECHERCHE ET SITE DE L'ÉTUDE

3.1.1. Type de recherche : recherche mixte (qualitative et quantitative)

En science en général et dans la didactique des disciplines en particulier, il existe trois types de recherche qui repose chacun sur trois approches différentes à savoir : l'approche qualitative, l'approche quantitative et l'approche mixte. Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour la recherche mixte car, elle renferme à la fois, les avantages des approches qualitative et quantitative et permet à cet effet, de mieux comprendre et expliquer le sujet d'étude.

L'approche qualitative permet de mieux comprendre le phénomène évoqué dans la recherche, elle permet de comprendre le pourquoi et le comment du phénomène et est utile pour expliquer des phénomènes observables dont on ne dispose pas suffisamment d'informations. Elle est donc à caractère inductif.

En ce qui concerne la présente étude, il s'agit via l'approche qualitative, de comprendre comment l'usage du signe iconique peircien tripartite en signe, objet et interprétant est efficace ou pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants camerounais (13-15 ans) en classe de 3^{ième}. Il sera donc question d'analyser le discours des apprenants issu de la transcription de l'enregistrement vidéoscopique de la séance d'enseignement/apprentissage du concept de molécule relaissée à l'aide du signe iconique peircien qui est dans le cas d'espèce, des dessins des modèles moléculaires des molécules obtenus par combinaisons des différentes formes géométriques, de dire un mot sur l'attitude des élèves par rapport à leur manipulation du signe iconique peircien et puis de conclure sur sa pertinence lorsqu'il est utilisé comme outil didactique dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième}.

L'approche quantitative quant – à – elle, permettra d'avoir le pourcentage de validation des hypothèses de recherche. Elle est donc une recherche quasi-expérimentale qui vise à

ressortir la relation causale qui existe entre les variables d'étude c'est-à-dire, qu'elle « *vise à établir un rapport de cause à effet entre les phénomènes ou variables »* (Angers, 1992 p.62). (Gagné, 1997) a proposé un canevas sur lequel doit reposer l'expérimentation. Il s'agit du pré-test, du test et du post-test.

Dans l'optique de concevoir une nouvelle méthode d'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie, nous allons utiliser la démarche expérimentale à l'aide du papier/crayon et selon le protocole élaboré par Gagné (1997) lequel protocole, permet de faire des expérimentations de nos variables en temps réel, de contrôler et de déterminer la validité de nos hypothèses dans leur relation causale. Il s'agit de façon concrète, de mener des expérimentations sur la variable indépendante (le signe iconique peircien) et sur la variable dépendante (la construction du concept de molécule dans l'enseignement/apprentissage chimie), afin de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses de recherche.

3.1.2. Présentation et description du site de recherche

Pour la présente recherche, les données sont collectées au Collège d'Enseignement Secondaire Général de Ntuisong – Obala, créé au cours de l'année 2006. Il est situé dans la région du Centre, plus précisément dans le Département de la Lekié et à quelques encablures d'Obala, une banlieue de la ville de Yaoundé. Il est précisément logé dans le village Ntuisong, situé à 1 Km de la nationale Yaoundé – Bafoussam. Il est limité au Nord par l'Ecole publique de Nkolbiyem (situé à quelques mètres de la Nationale N°4, Yaoundé – Bafoussam), au sud par l'École publique de Yeptan (situé à 1 Km du village Ntuisong), à l'Est par le Lycée d'Efok et à l'Ouest par la résidence de l'homme politique et opérateur économique, Jean Bernard NDONGO ESSOMBA, de regretté mémoire. Cet Etablissement scolaire va de la 6^{ième} en 3^{ième} et renferme trois bâtiments et deux toilettes dont l'une est pour les élèves et l'autre, pour le staff administratif, les personnels enseignant et d'appui. Le premier bâtiment constitue le bloc administratif, le deuxième bâtiment regroupe les deux salles de classe de 4^{èmes} (une salle de classe de 4^{ième} Espagnol et une salle de classe de 4^{ième} Allemand) et les deux salles de 3^{èmes} (une salle de classe de 3^{ième} Espagnol et une salle de classe de 3^{ième} Allemand) et le dernier bâtiment renferme une salle de classe de 6^{ième} et une salle de classe de 5^{ième}. Au centre de la cours de l'école, il y a un mât sur lequel le drapeau du Cameroun est hissé. À la tête du dit C.E.S., est placé un Directeur, nommé par décret ministériel. Puis, vient un économiste, un surveillant général, 03 conseillères d'orientation, 17 enseignants dont 02 vacataires et enfin un gardien, comme personnel d'appui. Au total, il y a six salles de classe pour un effectif, d'environ 250 élèves. Les effectifs par classe n'excèdent pas 50 élèves. Malheureusement, ce C.E.S. n'a pas de cantine pour les élèves, ni pour les enseignants, ni de robinet d'eau, ni de laboratoire

physique et encore moins, le matériel didactique qui sert d'expérimentations en chimie. Tous les élèves de cet établissement scolaire sans exception aucune, appartiennent à la couche défavorisée et n'ont pas de ce fait accès à certaines facilités pouvant leur permettre d'améliorer leurs performances scolaires. C'est d'ailleurs cet aspect qui a motivé le choix de ce site de recherche pour également donner l'opportunité à ces élèves via les outils didactiques dont l'usage ne nécessite pas forcément la présence d'un laboratoire physique pour mener des expérimentations, ainsi que construire de manière efficace et durable leurs connaissances scientifiques.

3.2. POPULATION D'ÉTUDE

La population d'étude concerne les élèves du C.E.S. de Ntuisong – Obala. Dans cette population d'étude se trouvent notre population cible et notre population accessible, laquelle ressort les caractéristiques et les critères de sélection des sujets – apprenants.

3.2.1. La population cible

Il s'agit pour cette recherche, des élèves de la classe de 3^{ième} du C.E.S. de Ntuisong – Obala, régulièrement inscrits, lesquels répondent aux objectifs fixés par la présente étude. La liste des élèves pour le compte de l'année scolaire 2023 – 2024, a servi comme base de sondage. Le choix est porté sur cette population cible en raison d'une part, de la disponibilité des élèves de cette classe pendant tout le mois de Mai car, le C.E.S. en question, n'est pas un centre d'examen et d'autre part, en raison du fait que ces élèves appartiennent à des couches défavorisées et n'ont pas par conséquent, facilement accès au matériel didactique pouvant les aider à construire facilement leurs connaissances.

3.2.2. La population accessible

Elle concerne une partie de la population cible facilement atteignable. Elle désigne également, l'ensemble des individus que le chercheur a la possibilité de rencontrer. Ces élèves sont en d'autres termes, présents et disponibles pour participer à l'expérimentation. C'est dans cette population accessible que le chercheur choisira son échantillon.

3.2.2.1. Caractéristiques de la population cible

Les principaux critères sur lesquels le chercheur s'est basé pour choisir les sujets – apprenants de la population cible sont : la classe, l'âge et le statut (le tableau 2). À ce stade de fin de premier cycle, ces élèves devraient être à même de mener un bon raisonnement scientifique pour résoudre les problèmes posés dans la vie quotidienne. Et cela, commence avec une construction efficace et durable des connaissances scientifiques. C'est la raison pour laquelle, cette étude se propose d'aider ces apprenants à construire eux – mêmes ces

connaissances au moyen d'une didactisation des enseignements des concepts comme la molécule au moyen du signe iconique peircien.

Tableau 2. Caractéristiques de la population cible

CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION CIBLE
Classe
Âge
Sexe
Statut

Le tableau ci – dessus présente les caractéristiques de la population cible à l'instar de la classe, l'âge, le genre et le statut de l'apprenant. En ce qui concerne la classe, il s'agit des apprenants en classe de 3^{ième} ; L'âge de l'apprenant doit être situé dans l'intervalle [13 – 15 ans]. Les deux sexes concernés par cette population cible sont les filles et les garçons. En ce qui concerne le statut de l'apprenant, il peut être redoublant ou nouveau dans la classe.

Le tableau 3 ressort les caractéristiques de la population cible obtenues suivant les critères de choix des apprenants inscrits dans le tableau 2.

Tableau 3. Spécificités des apprenants choisis suivant les critères de choix inscrits dans le tableau 2.

CLASSE DE 3^{ième} ALL		EFFECTIF		TOTAL
Âge		[13 – 15[ans		/
Sexe		Filles	Garçons	02
Effectif normal		18	16	34
Statut	Redoublant (e)	02	03	05
	Nouveau (velle)	16	13	29

Ce tableau qui ressort les spécificités des apprenants choisis pour la présente étude, montre comme population cible, les apprenants de la classe de 3^{ième} All dont 18 filles et 16 garçons. Soit un effectif de 34 élèves au total avec 02 filles redoublantes, 03 garçons redoublants, 16 filles nouvelles et 13 garçons nouveaux dans la classe. Soit un total de 05 élèves redoublants et 29 nouveaux élèves dans la classe.

3.2.2.2. Critères de sélection des sujets – apprenants

Le principal critère de sélection des apprenants de la classe de 3^{ième} du C.E.S. de Ntuisong – Obala est la scolarisation. Chaque élève sélection doit être régulièrement inscrit et avoir payé la totalité des frais de scolarisation. Le tableau 4 recense les critères de sélection des sujets – apprenants.

Tableau 4. Critères de sélection des sujets - apprenants

CRITÈRES DE SÉLECTION DES SUJETS – APPRENANTS
Être élève en classe de 3 ^{ième}
Etre élève du C.E.S. de Ntuisong - Obala
Avoir payé la totalité des frais de scolarisation comptant pour l'année scolaire 2023 - 2024

Ce tableau montre que, pour être sélectionné, l'élève devra appartenir, à la classe de 3^{ième} du C.E.S. de Ntuisong – Obala et avoir payé sa scolarité pour le compte de l'année scolaire 2023 – 2024.

3.3. TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET L'ÉCHANTILLON

3.3.1. Techniques d'échantillonnage : la technique non probabiliste ou par choix raisonné

L'échantillonnage selon le système de pensée de Fortin (1996), « est le procédé par lequel, un groupe de personnes ou un sous – ensemble d'une population est choisi en vue, d'obtenir des informations à l'égard d'un phénomène et de telle sorte que la population qui nous intéresse soit représentée». Autrement dit, l'échantillonnage est le canal utilisé pour obtenir un échantillon représentatif de la population cible.

En ce qui concerne la présente recherche, la technique d'échantillonnage jugée fiable est l'échantillonnage par choix raisonné. Dans ce type d'échantillonnage, la méthode la plus utilisée est la méthode des quota. Cette technique insiste sur le fait que la répartition des critères descriptifs de l'échantillon, soit identique à celle de la population étudiée. Elle repose donc, sur la division de la population cible en deux groupes en tenant compte de l'homogénéité des groupes. La classe de 3^{ième} All, choisie comme population cible, permet donc la mise en œuvre de cette technique d'échantillonnage en raison de la quasi parité de l'effectif des filles et des garçons, soit 18 filles et 16 garçons d'une part, de l'effectif total des élèves qui n'est pas pléthorique et à cause du taux d'échec élevé des élèves en PCT d'autre part. Seulement 05 filles sur 18 ont eu une moyenne supérieure ou égale à 10/20 en PCT et uniquement 03 garçons sur 16 ont eu une moyenne supérieure ou égale à 10/20 dans la même discipline scolaire. Soit un faible taux de réussite pour les filles qui est de 27,27% et pour les garçons qui est de 18,75%. Cela correspond au total à 08 élèves sur 34 qui ont eu une moyenne supérieure ou égale à 10/20, soit un faible pourcentage de réussite dans l'ensemble qui est de 36,36%. D'où, la nécessité d'envisager une remédiation. Pour cela, le chercheur a réalisé le pré-test à l'aide du papier/crayon avec tous les élèves de cette classe et ces derniers à l'issue du pré-test ont été divisés en deux groupes distincts à savoir : le groupe témoin (G.T) et le groupe expérimental (G.E) suivant la méthode par quota qui exige que les échantillons soient formés, à partir des

critères de sélection, préalablement fixés. Il est important de souligner que le pré-test a permis de connaître le niveau des apprenants avant l'usage du signe iconique peircien.

3.3.2. Le taux de sondage

Il correspond à la part que représente l'échantillon interrogé par rapport à la population de base lors d'une enquête. Il s'obtient en faisant le rapport entre la taille de l'échantillon et la taille de la population d'étude (la population de base). Le résultat obtenu est multiplié par 100, pour avoir le pourcentage. D'où la formule suivante :

$$Ts = \frac{34}{34} \times 100$$

$$Ts = 100\%$$

Ce taux de représentativité de la population cible est obtenu parcequ'aucun élève n'a été absent lors du pré-test.

3.3.3. Répartition de l'échantillon d'étude

Les apprenants de la classe concernée par l'étude du chercheur à l'instar de la classe de 3^{ème}, sont répartis suivant le tableau ci – contre.

Tableau 5. Répartition des apprenants par sexe

Élèves	Filles	Garçons
Total	18	16

Etant donné qu'aucune absence n'a été enregistrée lors du pré-test, la répartition des apprenants en groupe expérimental et témoin, s'est faite de la manière suivante (Tableau 6), après qu'ils aient participé au pré-test.

Tableau 6. Répartition des apprenants en groupes selon les notes obtenues au pré – test.

Groupe expérimental (G.E.)	Groupe témoin (G.T.)
1 ^{ère} note fille	1 ^{ère} note garçon
2 ^{ème} note garçon	2 ^{ème} note fille
3 ^{ème} note fille	3 ^{ème} note garçon
4 ^{ème} note garçon	4 ^{ème} note fille
5 ^{ème} note fille	5 ^{ème} note garçon
6 ^{ème} note garçon	6 ^{ème} note fille
7 ^{ème} note fille	7 ^{ème} note garçon
8 ^{ème} note garçon	8 ^{ème} note fille
9 ^{ème} note fille	9 ^{ème} note garçon
10 ^{ème} note garçon	10 ^{ème} note fille
11 ^{ème} note fille	11 ^{ème} note garçon
12 ^{ème} note garçon	12 ^{ème} note fille
13 ^{ème} note fille	13 ^{ème} note garçon
14 ^{ème} note garçon	14 ^{ème} note fille

15 ^{ème} note fille	15 ^{ème} note garçon
16 ^{ème} note garçon	16 ^{ème} fille
17 ^{ème} note fille	17 ^{ème} fille

Le tableau 7 ci – dessous, résume le nombre total d'apprenants répartis dans les deux groupes G.E. et G.T.

Tableau 7. Répartition des apprenants en groupe expérimental et en groupe témoin

Élèves	Groupe expérimental	Groupe témoin
Total	17	17

Ce tableau montre que les deux groupes ont le même nombre d'apprenants. Le groupe expérimental est le groupe dans lequel, l'enseignement du concept de molécule est donné aux apprenants en utilisant le signe iconique peircien et le groupe témoin est celui dans lequel, l'enseignement du même concept est donné suivant la méthode d'enseignement classique qui est d'ailleurs, celle utilisée par la plupart d'enseignants de PCT en classe de 3^{ème}

3.4. METHODES ET TECHNIQUES DE COLLECTE DES DONNÉES

La pertinence d'un travail de recherche scientifique peut également être jugée au niveau de la méthode ou technique de collecte des données d'une part et au niveau de l'analyse des données collectées d'autre part.

La présente étude est une recherche quasi-expérimentale qui s'inscrit dans le domaine de l'ingénierie didactique et adopte une approche mixte dans laquelle, la méthode qualitative et quantitative sont exploitées.

La méthode de l'ingénierie (ID) de Michel Artigue (1991) et la technique de l'expérimentation de Gagné (1997) permettent au chercheur de faire une collecte des données auprès des sujets-apprenants afin de faire une analyse quantitative des données recueillies. par contre, la collecte des données visant à faire l'analyse qualitative est assurée par une analyse du discours des apprenants obtenus par enregistrements vidéoscopiques et transcrits sous forme de corpus au moyen d'un papier/crayon.

3.4.1. Méthodes et techniques quantitatives de l'étude

Giordano et Jolibert (2016) déclarent que, « *la recherche quantitative permet de mieux tester des théories ou des hypothèses. La recherche quantitative est appropriée lorsqu'il existe déjà un cadre théorique déjà bien reconnu* ». La recherche quantitative utilise donc, des outils d'analyse mathématiques et statistiques en vue de décrire, d'expliquer et de prédire des phénomènes par le biais de données historiques sous forme de variables mesurables.

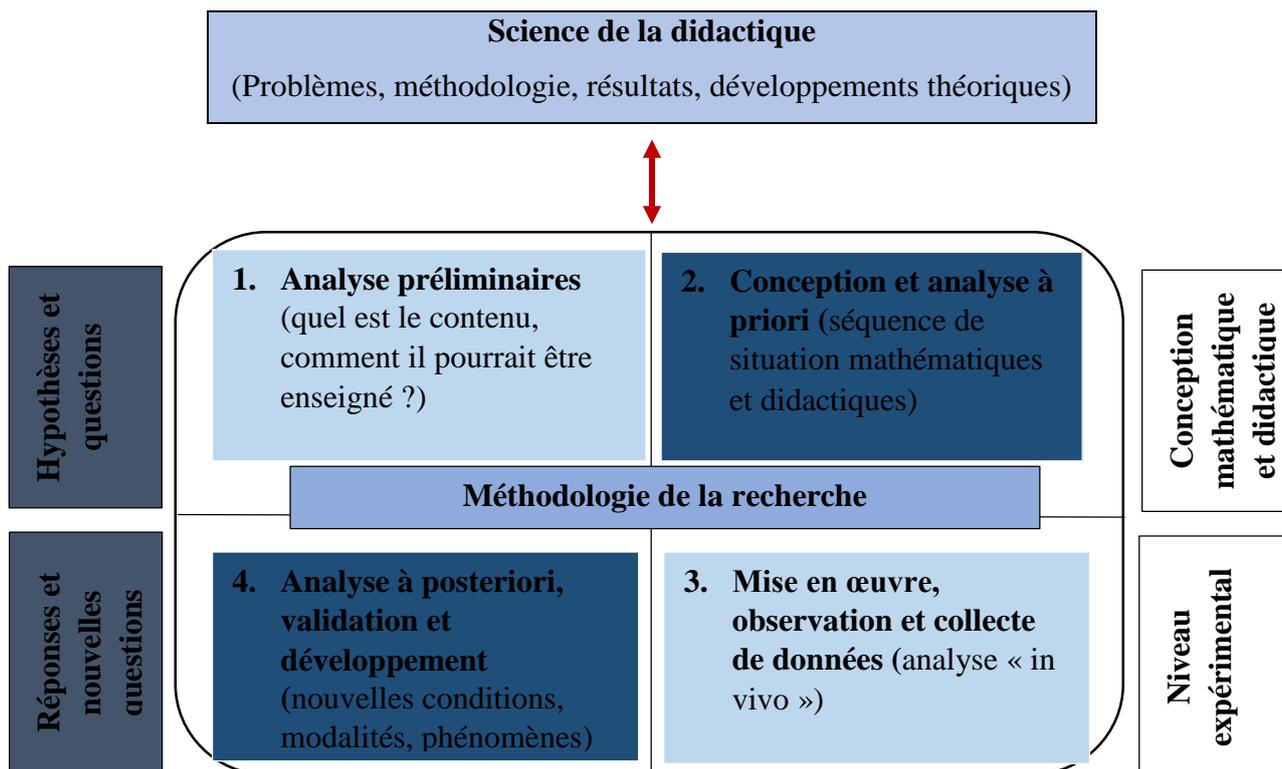
Dans le cadre de cette étude, les méthodes et techniques quantitatives portent sur la méthode de l'ingénierie de Artigue (1991) et la méthode basée sur la démarche quasi-expérimentale suivant le protocole quasi-expérimental de Gagné (1997).

3.4.1.1. La méthode et technique didactique de l'ingénierie didactique de Michel Artigue

Paru pour la première fois dans les années 80 en didactique des mathématiques et théorisé par plusieurs didacticiens parmi lesquels : (Artigue, 1989) ; Barquero et Bosch (2015) ; Artigue et Perrin (1991), le concept d'ingénierie didactique renvoie à une méthodologie de recherche qui fait appel à la recherche-action dans l'optique de produire « *des dispositifs d'enseignement/apprentissage communicables et reproductibles* » (Tricot, 2012, p.54).

Il est important de rappeler que notre étude est aussi qualifiée de recherche-action car, notre recherche vise également, à concevoir un dispositif d'enseignement/apprentissage du concept molécule tout en définissant les différents rôles des apprenants et de l'enseignant qui seront exécutés suivant le dit dispositif. La particularité de l'ingénierie didactique est attribuable aux caractéristiques de son fonctionnement méthodologique. Il s'agit des quatre phases qui constituent le processus expérimental. Ce Processus expérimental n'a rien à voir avec l'approche expérimentale basée sur la comparaison statistique avec validation externe des performances du groupe expérimental et du groupe témoin.

La figure 11 présente les quatre phases de l'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche (Barquero et Bosch, 2015, p.4).



La figure 11. Les quatre phases de l'ingénierie didactique comme méthodologie de recherche (Barquero et Bosch, 2015, p. 4).

La figure ci – dessus laisse voir que, la méthodologie de l'ingénierie didactique repose sur quatre phases que sont : l'analyse préliminaire, la conception et analyse à priori, la mise en œuvre, l'observation et la collecte des données, et enfin, l'analyse à posteriori, validation et développement.

A- Phase 1. Analyses préliminaires et formulation des hypothèses

Les analyses des préliminaires sont liées aux contraintes épistémologiques, cognitives et didactiques du dispositif à concevoir (Artigue, 1989, pp. 174 – 178).

Les contraintes épistémologiques interrogent le contenu à enseigner, l'analyse cognitive s'intéresse au profil mental des participants en l'occurrence, les apprenants en ce qui concerne la présente étude et l'analyse didactique jette un regard sur les supports d'apprentissage.

Ces différentes analyses préalables qui permettent de spécifier dans quel contexte la recherche aura lieu, conduisent à la formulation des hypothèses du dispositif à opérationnaliser.

❖ Analyse épistémologique du contenu disciplinaire en chimie.

Faire une analyse épistémologique d'un contenu disciplinaire, revient à porter un regard critique sur la méthode d'enseignement usuelle de ce contenu à partir de laquelle les constituants de la matière en chimie sont enseignés.

Le contenu d'enseignement/apprentissage sur lequel ce dispositif sera élaboré porte sur le concept de « *molécule* ».

Le concept de « *molécule* » fait l'objet d'un enseignement/apprentissage au premier cycle du secondaire et plus précisément, dans la classe de 3^{ième}. Il s'agit par ailleurs, d'une leçon du cours de PCT appartenant à la séquence d'enseignement/apprentissage relatif aux constituants de la matière.

Au cours de l'enseignement du concept de molécule, les enseignants s'accroissent pour la plupart, sur la démarche analytique selon l'APC. En d'autres termes, les enseignants préfèrent directement enseigner aux élèves la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire. Ils préfèrent directement enseigner aux apprenants, l'écriture de la formule brute d'une molécule, l'atomicité d'une molécule ou alors, la définition de la molécule, ceci, en ne donnant aucune place aux questionnements des apprenants. Cela montre que, même s'il ya l'échange pendant la phase de l'analyse entre l'élève et l'enseignant ou même entre les élèves, il reste toujours la relation Apprenant – Savoir, qui n'est le plus souvent pas effectif. Pourtant, dans la construction des connaissances scientifiques par les apprenants, leur rapport au savoir devrait automatiquement être privilégié. Autrement dit, l'enseignant devrait aussi accompagner les apprenants dans la démarche didactique qu'ils utilisent pour s'appropriier les contenus disciplinaires. Cependant, ce qui est généralement observé est qu'au cours des enseignements, les enseignants passent plus de temps à questionner les élèves et ne les aident pas à se poser leurs propres questions afin qu'ils apportent des éléments de réponses pour construire eux-mêmes leurs connaissances scientifiques. Ainsi, la non présence du rapport de l'apprenant au savoir (concept de molécule), rend difficile la construction de ce concept par les apprenants, surtout lorsqu'il faut se rappeler que, le rapport de l'apprenant au savoir implique automatiquement la création d'un conflit cognitif ou conflit socio – cognitif tel que développé par la théorie socioconstructiviste de Vygotsky (1997). Ce conflit socio – cognitif provient du questionnement de l'apprenant lui-même par rapport au concept étudié car, il y a de nouveaux signes-interprétants qui viennent rencontrer les signes – interprétants (conceptions alternatives) déjà présents dans la mémoire de l'élève. Et lorsque l'apprenant parvient à résoudre ce conflit socio – cognitif à travers un nouveau signe (icône, indice ou symbole) – interprétant au sens de Peirce, il s'approprie le savoir et donc peut construire seul ses connaissances. L'enseignant devrait donc l'accompagner dans cette démarche au moyen des outils et dispositifs didactiques appropriés. Vu sous cette projection sémiotique peircienne, le concept de molécule devrait être enseigné dans une démarche qui tient compte du conflit cognitif ou socio-cognitif et qui permettrait aux

apprenants de construire eux même ce concept à l'aide du signe iconique peircien lié à l'objet et l'interprétant.

❖ **Le problème à résoudre**

La présente étude porte sur la construction du concept de molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième} dans l'enseignement/apprentissage de la chimie à l'aide du signe iconique peircien. Cette étude cherche à résoudre le problème de difficultés de conceptualisation de la molécule chez ces apprenants de la classe de 3^{ième}. Par exemple, ces difficultés sont manifeste, lors de la représentation par l'apprenant d'une molécule par son modèle moléculaire ou par sa formule chimique : les élèves confondent l'atome à la molécule ; lors de la définition conceptuelle d'une molécule ; ou même, lors de la détermination de l'atomicité d'une molécule ou de la composition d'une molécule. Ces difficultés sont généralement persistantes durant tout le cycle secondaire et même universitaire. Le dispositif d'enseignement/apprentissage qui sera conçu dans la présente étude, vise donc à pallier à ces difficultés que rencontrent les apprenants pour conceptualiser la molécule.

❖ **Les caractéristiques de la population accessible : les apprenants.**

- **Classe/Niveau :** 3^{ième}/ Fin du premier cycle du secondaire
- **Âge :** [13 – 15] ans
- **Effectif total des apprenants :** 34 (Nombre de filles : 18 ; Nombre de garçons : 16)

❖ **Les prérequis**

Les apprenants doivent au préalable connaître la définition conceptuelle de l'atome. Ils doivent être à même de représenter un atome par son modèle atomique ou par son symbole et enfin ils doivent être à mesure de nommer un atome.

❖ **Les ressources disponibles**

Elles concernent les matériels, les supports ou les outils didactiques qui seront utilisés par l'enseignant et l'apprenant tout au long du déroulement de la leçon.

- Pour l'enseignant : signe iconique peircien (dessins des modèles moléculaires à l'aide du papier/crayon) ; support de cours ; curricula ; livre au programme.

- Pour l'apprenant : signe iconique peircien (dessins des modèles moléculaires à l'aide du papier/crayon).

❖ **Le contexte d'enseignement/apprentissage**

- **Date :** 27/05/2024
- **Champ disciplinaire :** Sciences physiques et technologie

- **Matière** : physique – Chimie – Technologie
- **Module d'apprentissage** : la matière : ses propriétés et ses transformations
- **Séquence d'apprentissage** : les constituants de la matière
- **Titre de la leçon** : la molécule
- **Durée de la leçon** : 55 min

❖ **Les hypothèses de l'enseignement/apprentissage**

La conception de ce dispositif a un lien avec les hypothèses d'étude. Dans cette étude, c'est la validité des deux hypothèses secondaires formulées qui confirment l'hypothèse principale.

La présente étude fait un rappel de ces hypothèses de recherche.

-**Hypothèse principale** : L'usage du signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez l'apprenant de la classe de troisième (13-15 ans).

-**Hypothèse secondaire N°1** : l'interprétant selon Peirce, facilite la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans).

- **Hypothèse secondaire N°2** : le signe iconique – objet selon Peirce, permet la représentation d'une molécule et la détermination de l'atomicité d'une molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans)

❖ **Objectif général de l'apprentissage** : montrer dans quelle mesure le signe iconique peircien lié à l'objet et l'interprétant constitue un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans).

❖ **Les référentiels de compétences** : à la fin de la leçon et à l'aide du signe iconique peircien, l'apprenant aura la capacité de conceptualiser le concept de molécule à travers les compétences telles que : représenter une molécule par son modèle moléculaire ou par sa formule brute, déterminer la composition d'une molécule, déterminer l'atomicité d'une molécule.

B- Phase 2. Conception et analyse à priori

La phase de la conception du dispositif d'enseignement/apprentissage, permet aux chercheurs et aux praticiens qui utiliseront ce dispositif, d'explorer efficacement la thématique et de collecter des données en plein cœur de l'acte didactique. La conception du dispositif du présent travail de recherche s'articule autour de deux variables : les macro – didactiques et les micro – didactiques. Artigue (1989), considère que les macro – didactiques désignent

l'organisation globale de l'ingénierie et les micro – didactiques s'intéressent à l'organisation de la séance.

La phase d'analyse à priori qui vient après de conception du dispositif, définit et étudie à priori les habiletés, aptitudes ou compétences que développeront les apprenants à partir de l'opérationnalisation du dit dispositif.

❖ **Les macro – didactiques de l'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique peircien en classe de 3^{ème} (13-15 ans).**

L'organisation globale de l'ingénierie didactique que la présente étude veut mettre sur pied obéit à deux règles :

- identifier les objectifs d'apprentissage et les objectifs de compétences des analyses préalables à partir des attentes fondamentales;

-concevoir des séquences didactiques visant l'acquisition du contenu d'enseignement/apprentissage qui n'est autre que la conceptualisation de la molécule à l'aide du signe iconique peircien pour pallier aux difficultés que rencontrent les apprenants dans la construction de ce concept.

❖ **Les micro – didactiques de l'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique peircien**

L'organisation de la séance d'enseignement/apprentissage du concept de molécule à l'aide du signe iconique peircien, s'appuie sur le modèle de paramétrage des actions didactiques de Gilles et al., (2007). Ce modèle présente les dix paramètres représentés sous forme de polygone régulier (figure 12) sur lesquels, repose l'acte d'enseignement/apprentissage.

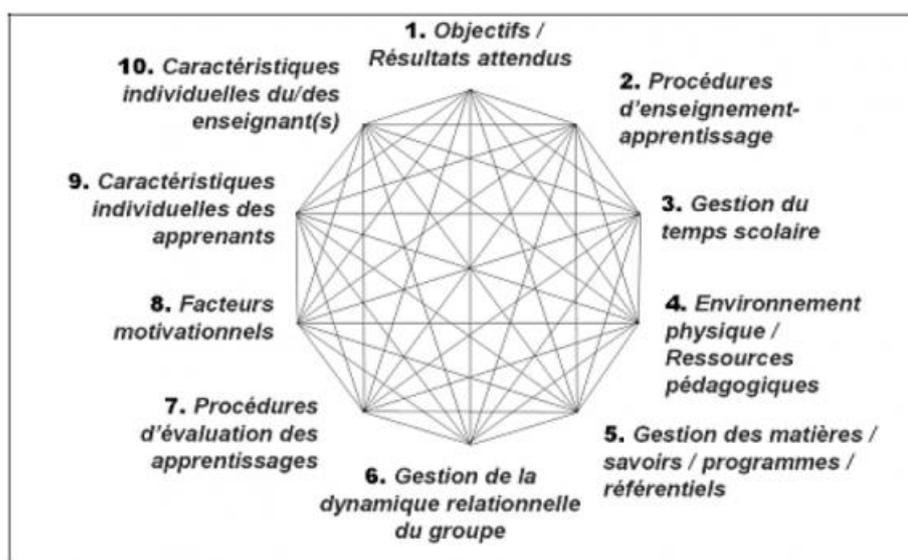


Figure 12. Polygone des paramètres des actions didactiques (Gilles et al., 2007)

- **Méthode/Démarche** : ESA (Engage – Study – Activate)/interstructuration cognitive dans une démarche dialectique
- **Disposition de la classe** : forme groupale du dispositif communicationnel : les apprenants assis en groupes d'apprentissage
- **Activités à réaliser par les acteurs en présence** :

a) Activités/rôles des apprenants

Le rôle principal des apprenants est d'utiliser le signe iconique peircien et donc les formes géométriques (dessins) réalisés par eux – mêmes grâce au papier/crayon pour identifier une molécule, la définir, déterminer sa composition, son atomicité et la représenter. Les apprenants sont appelés à manipuler les signes sur un savoir relatif au concept enseigné ou sur une question et à communiquer leurs interprétants issus de la manipulation de ces signes. À la demande de l'enseignant, l'apprenant réagit dans la discussion. De plus, l'apprenant peut être désigné par l'enseignant comme chef de groupe ou comme reformulateur.

-Comme chef de groupe, l'apprenant désigné d'assumer ce rôle, est chargé de communiquer la réponse à la question posée au groupe ou alors de désigner à son tour, le porte-parole du groupe.

- Comme reformulateur, l'apprenant désigné d'assumer ce rôle, est chargé d'écouter et de redire en ses propres termes ce qui vient d'être dit par son camarade.

Il est important de rappeler que, 02 min de temps de réflexion sont accordées aux apprenants après chaque question posée. Ceci, dans l'optique de leur donner le temps de construire leurs interprétants par rapport à la question posée relative au concept de molécule, avant de les communiquer.

b) Activités/rôles de l'enseignant

Les différents rôles qui seront occupés par l'enseignant à chaque étape de la leçon sont les suivants :

- Médiateur/guide/Accompagnateur : l'enseignant s'assure que les apprenants prennent la parole à tour de rôle lors des échanges dans les discussions de groupe ou alors pendant les interactions entre lui et les apprenants. Il valorise les réponses pertinentes données par les apprenants ; il encourage l'attitude d'un apprenant qui prend en compte la prise de parole de son camarade et reformule les propos de ce dernier, nuance et complète la réponse en fonction de celle – ci, il tient compte des erreurs des apprenants et les utilisent comme leviers d'apprentissage. Dans son rôle d'accompagnateur, il encourage aussi les réponses incomplètes, il étaye les idées, les structure en apportant le vocabulaire approprié au concept enseigné, et il valorise le travail en groupe des apprenants.

- Synthétiseur : l'enseignant insiste sur ce qui est important à retenir et il institutionnalise les bonnes réponses.

Scénario de l'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique peircien.

D'abord, au moment où l'enseignant entre en classe, les élèves se lèvent pour le saluer puis s'assoient lorsque celui-ci le leur demande. Afin de motiver, d'engager et de vérifier les prérequis des apprenants par rapport à la leçon du jour, l'enseignant commence alors la séance par un exercice de révision. Le contenu de cet exercice, doit être lu aux apprenants. Cet exercice demande aux apprenant de définir, l'atome, de donner les symboles des atomes de carbone, d'oxygène, d'azote, d'hydrogène, de soufre et de chlore. Pendant une durée de 05 min, les apprenants vont répondre aux questions de cet exercice (oralement). Ensuite, l'enseignant doit procéder à l'enseignement-apprentissage de la leçon du jour « *La molécule* ». Il doit commencer par exposer aux apprenants une situation problème qui nécessite automatiquement l'usage du signe iconique peircien. Il demandera à cet effet aux apprenants, de dessiner sur leurs fiches d'activités qui leurs seront remises à l'avance, différentes formes géométriques qui leur viennent à l'esprit et de les mettre ensemble au moins deux formes géométrique identiques ou non afin d'illustrer le concept qui leur sera enseigné. Cette situation problème doit viser à faire découvrir aux apprenants les avantages à utiliser ces formes iconiques en chimie et leur permettre de problématiser le thème du jour « *la molécule* ». La situation de vie peut être présentée aux apprenants à travers différentes icônes, sous forme de modèles moléculaires des molécules d'eau, de dihydrogène, de dioxyde de carbone, de dioxyde de soufre, de dioxygène, de diazote, de dichlore, de chlorure d'hydrogène, constitués à partir des boules colorées issues de la pâte à modeler ou du polystyrène ou alors les signes iconiques peuvent être une série de dessins des modèles moléculaires de ces mêmes molécules. Pour cette leçon, il s'agit de présenter sept modèles moléculaires de différentes molécules constitués à l'aide de pâte à modeler. Cependant, l'enseignant ne doit pas dévoiler aux apprenants qu'il s'agit des modèles moléculaires de telle molécule ou de telle autre molécule. Il faut que les sept modèles moléculaires des différentes molécules destinés à servir de support dans la situation problème soient préparés en amont de classe et présentés aux apprenants lors de cette situation de déclenchement. La situation problème doit être d'une durée de 10 min. Pendant la présentation de la situation problème et au-delà des questions qui recherchent la compréhension des apprenants (Que voyez-vous ? De quoi sont constitués ces matériels ? À quelle famille des constituants de la matière appartiennent ces modèles ...), l'enseignant doit initier les apprenants à problématiser le concept qui sera par la suite conceptualiser par eux - même. L'enseignant doit amener les apprenants à se

poser des questions. De telles questions doivent être celles du *Pourquoi (ce modèle ont des boules de couleurs identiques, de couleurs différentes, de couleurs identiques pour certaines et de couleurs différentes pour d'autres, ces boules colorées doivent elles absolument être liées, certaines boules sont distantes les unes des autres et d'autres se touchent) ? Comment (identifier une molécule, et la représenter) ? Et Qu'est-ce-que (la molécule) ?* Lorsque cela est fait, la phase échange/discussion peut commencer. Il s'agit ici de laisser les apprenants faire le débat autour des trois (03) questions de la problématique. Dans les échanges, chaque apprenant doit être capable d'argumenter son point de vue sur chaque question discutée. Dans l'optique d'aider les apprenants dans la conceptualisation de la molécule, l'enseignant doit donner aux apprenants trois autres activités qui les orientent sur les trois questions qu'ils se sont posées. Chaque groupe d'élèves est appelé à discuter sur ces questions aux travers des activités et à faire entendre son point de vue par des arguments. Il est nécessaire pendant cette phase de discussion, de faire le doigté selon lequel, l'enseignant et les apprenants respectent et jouent bien leurs rôles respectifs décrits dans la *phase Design*. Après 25 min de discussion, l'enseignant dans son rôle de synthétiseur doit se servir des éléments de réponses (valides) des apprenants qu'il a notés lors des échanges. Puis il doit demander à un apprenant de reformuler la bonne réponse et par la suite, il valide la reformulation de la réponse et l'institutionnalise. Ces moments de construction des connaissances par les apprenants leur permettront de répondre simplement aux trois questions posées à la problématique mais aussi, à ils les aideront à conceptualiser (définir une molécule, représenter une molécule, déterminer la composition et l'atonicité d'une molécule) la molécule. Cette phase de conceptualisation doit durer 8 min. Au terme de l'ensemble des activités de la situation problème, de discussion, et de synthèse, l'enseignant doit donner aux apprenants un exercice. Cet exercice doit permettre aux apprenants de s'exercer sur les compétences à développer. L'enseignant après cela, donnera alors un exercice de conceptualisation. (Cf. Annexe des tâches de l'activité 4). Cet exercice peut prendre 10 min. À la fin des exercices et pour terminer la leçon, l'enseignant donnera des exercices aux apprenants à faire à la maison.

Tableau 7. Dispositif de l'enseignement /apprentissage du concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique peircien.

N°	Etapas de la leçon	Objectifs spécifiques	Durée	Contenu	Sup-ports /Outils	Activités d'apprentissages	
						Enseignant	Elèves
PHASE DE PRESENTATION/ ENGAGE							
1.	Rappel de la leçon précédente/ vérification des prérequis	Vérifier le savoir acquis de la leçon précédente.	05min	Définir atome, représenter un atome par son modèle atomique ou par son symbole chimique, nommer un atome à partir de son symbole ou son modèle atomique	Cahier, mémoire de l'élève	-Pose des questions : qu'est – ce qu'un atome ? -Représenter l'atome de carbone par son symbole chimique -Quel est le nom de l'atome de symbole chimique H ?	Les élèves essayent de répondre aux questions posées.
PHASE DE DEVELOPEMEN/ STUDY							
2.	Situation Problème/ découverte/ situation de déclanchement.	Faire découvrir le concept de molécule à l'aide d'un signe iconique peircien.	10min	Présentation d'une situation de vie à partir des modèles moléculaires des molécules d'eau, de dihydrogène...	Modèles moléculaires des molécules (signe iconique peircien)	Amener les élèves à problématiser, c'est-à-dire, initier les élèves à se poser les questions suivantes : qu'est-ce que la molécule ? Pourquoi (ce modèle ont des boules de couleurs identiques, de couleurs différentes, de couleurs identiques pour certaines et de couleurs différentes pour d'autres, ces boules colorées doivent elles absolument être liées, certaines boules sont distantes les unes des autres et d'autres se touchent) ? et Comment (identifier une molécule, et la représenter) ?	Les élèves découvrent la leçon en se posant des questions pertinentes : qu'est-ce que la molécule ? Pourquoi (ce modèle ont des boules de couleurs identiques, de couleurs différentes, de couleurs identiques pour certaines et de couleurs différentes pour d'autres, ces boules colorées doivent elles absolument être liées, certaines boules sont distantes les unes des autres et d'autres se touchent) ? et Comment (identifier une molécule, et la représenter) ?

3.	Analyse/ Echange/ production.	Interpréter et Argumenter les qualités du vivre ensemble.	25min	- sept modèles moléculaires de différentes molécules constitués à l'aide de pâte à modeler.	Modèles moléculaires des molécules (signe iconique peircien)	L'enseignant dans son rôle de médiateur/guide et synthétiseur, accompagne le débat des élèves	Les élèves désignés dans leurs rôles de président de séance et reformulateur, aident leurs camarades à défendre leurs réponses données sur les caractéristiques de la molécule en répondant aux questions pertinentes qu'ils se sont posés à la phase précédente.
4.	Synthèse /application	Faire la synthèse/le retenons en conceptualisant la molécule	07min	Présentation de la synthèse de la leçon et conceptualisation de la molécule à l'aide du signe iconique peircien	Modèles moléculaires des molécules (signe iconique peircien)	L'enseignant aide les élèves à conceptualiser la molécule, à l'aide du signe iconique peircien (cas modèles moléculaires des molécules)	Les élèves s'approprient le savoir par l'exercice
EVALUATION/ACTIVATE							
5.	Evaluation des acquis	Vérifier les acquis de la leçon en classe	08 min	Questions spécifiques à chaque étape précédente. Cf. annexes	Support de l'enseignant	Accompagné des modèles moléculaires des molécules (signe iconique peircien) l'enseignant soumet l'élève aux exercices.	Les élèves répondent aux questions.

❖ **L'analyse à priori des situations didactiques**

L'opérationnalisation du dispositif doit permettre aux apprenants :

-de mobiliser ou d'acquérir via l'outil didactique (le signe iconique peircien à savoir les dessins des modèles moléculaires des molécules) mis à leur disposition par l'enseignant, des aptitudes ou micro-compétences sur le concept de molécule afin de construire les connaissances scientifiques autour de ce concept ;

-(de façon précise) de développer d'une part, des aptitudes de détermination de la composition d'une molécule, de la représentation d'une molécule et même de l'identification d'une molécule via le signe iconique peircien afin de conceptualiser la molécule.

En somme, cette analyse à priori permet au chercheur ou au praticien, d'être fixé sur les difficultés des élèves que devra remédier le dispositif élaboré.

C- Phase 3. L'expérimentation

Cette phase de l'expérimentation du dispositif de la construction du concept de molécule dans l'enseignement/apprentissage de la chimie à l'aide du signe iconique peircien (modèles moléculaires des molécules), correspond encore à la phase du « test ». Il s'agit d'enseigner les apprenants de la classe de 3^{ième} du C.E.S. de Ntuisong – Obala avec ce dispositif conçu dans la phase de « conception ». L'évaluation qui nous a permis de recueillir les données chez les apprenants de 3^{ième} au terme de l'expérimentation tient aussi lieu de post-test. Par ailleurs, le post-test dans le cadre de notre étude, permet également de dire si la conceptualisation de la molécule a été facilitée par l'usage du signe iconique peircien, en tant qu'outil didactique. Si tel est le cas, cela permettra de conclure que l'usage du signe iconique peircien est pertinent pour construire les connaissances scientifiques en chimie.

La description du déroulement de l'expérimentation sera faite lors de la description du déroulement du « test ».

D- Phase 4. L'analyse à posteriori, validation et développement.

Il est important de rappeler que cette quatrième phase de la méthodologie de l'ingénierie didactique sera développée au chapitre 4 du présent travail de recherche car, c'est la partie de l'étude réservée à l'analyse des données recueillies. Ainsi, ces données recueillies feront l'objet d'une analyse à posteriori avec validation interne.

3.4.1.2. La démarche expérimentale de l'étude

Dépendamment du type de méthode quantitative employée dans un travail de recherche, il existe une démarche expérimentale bien précise telle qu'illustrée par les travaux de Karsenti et Zajc (2006) (tableau 8).

Tableau 8. Typologies des démarches expérimentales en recherche quantitative (Kassenti et Zajc, 2006).

CARACTÉRISTIQUES	TYPOLOGIE DES MODÈLES		
	EXPÉRIMENTAL	QUASI- EXPERIMENTAL	PRÉ- EXPERIMENTAL
L'échantillonnage des sujets est fait au hasard dans une population donnée	OUI	NON	NON
Le hasard détermine quels sujets seront soumis aux épreuves	OUI	NON	NON
L'implication d'un groupe de contrôle	OUI	OUI	NON
Le groupe expérimental et le groupe de contrôle sont équivalents	OUI	NON	NON

Dans le cadre de cette étude, le modèle expérimental qui sera adopté rime avec la démarche quasi-expérimentale en raison de la complexité de ce travail de recherche et la vérification des hypothèses formulées qui doit être faite de manière plus structurée. À cet effet, la démarche expérimentale permet de contrôler la validité d'une hypothèse au moyen d'épreuves (Grelley, 2012). Par ailleurs, « *la méthode expérimentale permet d'expliquer les phénomènes étudiés en terme de relation de causalité* » (Laval, 2019, p. 131). En d'autres termes, la démarche expérimentale est un moyen d'explicitier la relation de cause à effet entre les phénomènes ou les variables d'une étude.

En didactique de la chimie, la méthode quasi-expérimentale peut être utilisée pour établir la relation de causalité entre la variable indépendante tel que le signe iconique peircien et son impact sur la variable dépendante que sont les compétences attendues en rapport avec la construction du concept de molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième}. La présente étude se base donc sur ce type de raisonnement en utilisant la méthode expérimentale pour établir le rapport de cause à effet entre la nouvelle méthode de didactisation du concept de molécule qu'est l'usage du signe iconique peircien dans l'Enseignement/Apprentissage de la chimie et son impact sur la conceptualisation de la molécule.

Dans la démarche expérimentale, il existe une typologie d'expériences applicables à une recherche en sciences de l'éducation. Il s'agit précisément de plans expérimentaux dont on peut se servir pour mener une recherche dans une démarche expérimentale. Il existe sept plans expérimentaux dont peut se servir l'expérimentateur (Tsafack, 1969) à savoir :

- l'étude de cas ;
- le plan à un seul groupe avec pré-test et post- test ;
- la comparaison statistique entre les groupes ;
- le plan avec pré-test et post- test simulé ;
- le plan à quatre groupes de Salomon ;
- le plan post- test seulement et groupe témoin ;
- le plan avec pré-test, post- test et groupe témoin.

Dans le cadre de cette étude, le plan expérimental qui est adopté au regard de la typologie de plans expérimentaux proposés par Tsafak (1969) est le plan avec pré-test, post-test et groupe témoin. Ce plan expérimental permet de vérifier les hypothèses de l'étude par le biais d'un post- test en comparaison avec le pré-test entre le groupe expérimental et le groupe témoin.

En effet, tous les apprenants sélectionnés par le chercheur, participent au pré-test. Par choix raisonné ou quota, le chercheur répartit les apprenants en deux groupes homogènes à savoir, le groupe expérimental et le groupe témoin. Seul le groupe expérimental participe au test et dans le cas d'espèce, à l'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie, à l'aide du signe iconique peircien. À la fin du test, les deux groupes vont participer au post-test, question de voir, si la construction du concept de molécule par les apprenants à l'aide du signe iconique est durable ou efficace contrairement à celle qui est faite grâce à l'enseignement/apprentissage ordinaire (méthode d'enseignement classique).

Le plan avec pré-test, post- test et groupe témoin illustre donc la démarche quasi-expérimentale du présent travail de recherche au cours des expérimentations faites avec la population cible (apprenants) de l'étude. D'où le volet quantitatif de la présente étude.

3.4.2. Méthode et technique qualitative de l'étude

La méthode qualitative a pour but « *de développer des concepts qui nous aident à comprendre les phénomènes sociaux dans des contextes (plutôt qu'expérimentaux), en mettant l'accent sur les significations, les expériences et les points de vue de tous les participants* » (Mays et Pope, 1995, p.43). Cette méthode, permet donc l'analyse et la compréhension des phénomènes, des comportements de groupe, des faits ou des sujets (Gaspard, 2019).

Dans le cadre de cette étude, la méthode qualitative a pour but de montrer comment à travers les signes (signe iconique peircien), les apprenants perçoivent ou appréhendent le concept de molécule. Cette méthode permet donc de comprendre le sens que donnent les apprenants à ce concept. Pour cette méthode de collecte de données, le chercheur dans la présente étude va utiliser les enregistrements vidéoscopiques réalisés dans la salle de classe, pendant le déroulement de la leçon sur le concept de molécule à l'aide du signe iconique peircien. Ensuite, il va analyser le discours des apprenants obtenu via la transcription à l'aide du papier/crayon, de ces enregistrements vidéoscopiques. Cela justifie à suffisance le volet qualitatif du présent travail de recherche.

3.5. INSTRUMENTS DE COLLECTE DE DONNÉES

3.5.1. Instrument de collecte de données quantitatives

Dans le cadre de cette étude, les données sont collectées à l'aide d'un seul instrument de collecte de données à savoir : le questionnaire. Soulignons que ce questionnaire comporte questions à choix multiples et des questions ouvertes qui nécessitent une justification de la part des participants (apprenants). C'est un moyen qui aide à recueillir les représentations mentales et donc sémiotiques (interprétants) qu'ont les apprenants par rapport au signe iconique peircien, et par rapport au concept de molécule, ceci dans le but de comprendre, le pourquoi du comment de leurs réponses.

Les questionnaires sont donnés à chaque étape de l'expérimentation, c'est – à – dire au pré-test, au test et au post-test. Il est important de souligner que ces questionnaires ne sont pas identiques.

3.5.1.1. Présentation et description de l'expérimentation

L'expérimentation dans le cadre de cette étude, s'adresse au groupe expérimental et au groupe témoin. Elle est implémentée via un pré-test (portant sur le concept de molécule pour connaître le niveau des apprenants avant l'enseignement/apprentissage de la molécule à l'aide du signe iconique peircien), le test (la séance d'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique peircien), administré au groupe expérimental et un post-test (pour voir si l'usage du signe iconique peircien comme un outil didactique est pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième}).

Il est aussi important de rappeler que le groupe témoin participe à la séance d'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie selon la méthode ordinaire ou classique utilisée par la plupart des enseignants.

❖ La présentation du questionnaire

Les questionnaires administrés aux deux groupes de l'expérimentation au pré-test et au post-test, ont été conçus suivant le modèle d'une épreuve APC et comportent donc des tâches et des consignes qui font appel aux habiletés 1 ; 2 et 3 de la taxonomie de Bloom.

❖ La constitution des questionnaires

Conçu sur le modèle APC, la validité et la fiabilité des questionnaires du pré-test et post-test ont été confirmés par les enseignants de PCT de la classe de 3^{ième} pour se rassurer que ces épreuves sont en accord avec les compétences à développer sur le concept de molécule en chimie. Les questionnaires soumis aux apprenants sont élaborés à leur niveau cognitif et cherchent à vérifier via une production écrite de chaque élève, si la conceptualisation de la molécule par est effective.

Les tableaux 9 et 10, présentent les grilles d'évaluation au pré-test et au post-test.

Tableau 9. Grille d'évaluation au pré-test

/20 pts			
	Justesse des réponses	Exactitude du vocabulaire utilisé, bonne écriture des formules brutes des molécules en veillant à ce que les symboles en majuscule aient les mêmes tailles entre elles, bonne écriture des nombres en indice des atomes, la non représentation du chiffre 1 en indice d'un atome.	Correction
Consigne 1	01	01	01
Consigne 2	4,5	4,5	4,5
Consigne 3	09	0	09
Consigne 4	1,5	1,5	1,5
Consigne 5	a) 1,5	a) 1,5	a)1,5
	b) 0,5	b) 0,5	b) 0,5
	c) 02	c) 02	c) 02

Tableau 10. Grille d'évaluation au post-test

/20 pts			
	Justesse des réponses	Exactitude du vocabulaire utilisé, bonne écriture des formules brutes des molécules en veillant à ce que les symboles en majuscule aient les mêmes tailles entre elles, bonne écriture des nombres en indice des atomes, la non représentation du chiffre 1 en indice d'un atome, le respect de différentes grosseurs et des couleurs des ronds, lors de la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire.	Correction
Consigne 1	01	01	01
Consigne 2	01	01	01
Consigne 3	01	01	01
Consigne 4	01	01	01
Consigne 5	01	01	01
Consigne 6	04	04	04
Consigne 7	01	01	01
Consigne 8	02	02	02
Consigne 9	03	03	03
Consigne 10	02,25	02,25	02,25
Consigne 11	a) 1,5	a) 0,75	a) 0,75
	b) 02	b) 02	b) 02

❖ **Présentation et constitution du test proprement dit**

Le test qui constitue en réalité la séance d'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique peircien et tel que conçu par à partir du dispositif d'enseignement/apprentissage élaboré par la présente étude plus haut, est un questionnaire constitué de quatre activités faisant ressortir les compétences à développer au cours de la conceptualisation de la molécule.

3.5.1.2. Déroulement de l'expérimentation

❖ Le pré-test

Le pré-test administré aux deux groupes de l'expérimentation de la classe de 3^{ième} All, du C.E.S. de Ntuisong - Obala, ayant déjà suivi un enseignement ou pas sur la molécule en chimie, a permis pour la présente étude, de recueillir les conceptions alternatives des apprenants sur le concept de molécule. Elle tient aussi lieu d'évaluation diagnostive, en rapport avec le concept de molécule, car, aide dans la connaissance des profils mentaux des apprenants. Le pré-test porte sur la définition de la molécule, la représentation d'une molécule, la détermination de la composition et de l'atomicité d'une molécule. Ce pré-test tient aussi en lieu et forme d'une partie du questionnaire, du moment où l'on enlève la répartition des points sur l'épreuve.

Les élèves des deux groupes, sont dirigés dans la salle de 3^{ième} All, pour répondre aux questions du pré-test. La salle de classe de la 3^{ième} All est très spacieuse et comporte, quatre rangées de tables - bancs. Alors, deux rangées de tables-bancs ont été occupées par les élèves du groupe témoin et les deux autres rangées, ont été occupées par le groupe expérimental. La durée fixée pour cette phase de pré-test est de 45 min. pendant le déroulement du pré-test, le chercheur lui-même est présent dans la salle et veille à ce que les apprenants ne puissent pas se communiquer les réponses, car, il a besoin des productions écrites et individuelles de chaque apprenant pour mener à bien, sa phase de test.

❖ Le test : l'Enseignement/Apprentissage du concept de molécule dans la classe expérimentale.

Trois jours après l'administration du pré-test, le groupe expérimental participe au test. Cette phase, concerne la nouvelle méthode d'Enseignement/Apprentissage du concept de molécule à l'aide du signe iconique peircien, élaboré et expérimentée par le chercheur lui-même. Les élèves de la classe témoin vont plutôt bénéficier de la séance Enseignement/Apprentissage du concept de molécule en chimie selon la méthode conventionnelle (méthode classique), qu'ils ont l'habitude de voir, à savoir, communiquer directement aux apprenants la définition de la molécule, la représentation des molécules par les formules brutes et l'atomicité d'une molécule. Pourtant, il n'est pas oublié que la molécule et les savoirs y afférents, sont des concepts abstraits, appartenant au registre sous-microscopique, lequel n'est pas directement accessible à l'élève et compréhensible par ce dernier. L'expérimentation avec les élèves, vise donc voir si l'Enseignement/Apprentissage du concept de molécule en chimie, à l'aide du signe iconique peircien est pertinent, efficace ou a un effet positif sur la construction du concept de molécule de manière durable par les apprenants de la classe de 3^{ième}. L'expérimentation avec les élèves

est faite suivant le dispositif reproductible et communicable, sus-mentionné et préconçu par le chercheur (auteur de la présente étude) et suivant le scénario sus-indiqué. En effet, il s'agit de :

- Présenter aux élèves différents modèles moléculaires de molécules considérées comme signe iconique au sens de Peirce et de voir l'impact de ce signe sur le l'objet d'enseignement (la molécule ou Signe-objet), et la représentation mentale encore appelée Signe-action (interprétant) qu'on les apprenants par rapport à cet objet d'enseignement ;

- après cette étape, distribuer les fiches d'activités aux apprenants et parcourir ces activités avec eux, en leur laissant le soin de répondre eux même aux questions issues de ces différentes activités.

En effet, à l'aide du signe iconique peircien sous forme de dessins de modèles moléculaires de différentes ou modèles moléculaires de molécules matériels avec des boules colorées, le chercheur, mène une série d'activités sur la conceptualisation de la molécule. À partir d'une série d'activités portant sur la conceptualisation de la molécule, les apprenant doivent identifier une molécule et ses éléments constitutifs, ils doivent faire la donner la représentation iconique d'une molécule à partir de son nom, ils doivent aussi donner les noms des molécules à partir de leurs formes iconiques, et ils doivent enfin représenter une molécule à l'aide signe iconique institutionnalisé (modèles moléculaires des molécules) et du symbolisme actuel (lettres de l'alphabet français)

Au cours du déroulement de ces activités, les apprenants, répartis en groupes d'apprentissage, dont trois groupes de quatre élèves et un groupe de cinq élèves discutent entre eux et en quête de la bonne réponse. Ce moment est très important dans l'Enseignement/Apprentissage d'un concept, car c'est pendant ce moment, que naissent des conflits sociocognitifs qui entraînent à leur tour un questionnement des conceptions alternatives ou erronées, et provoquent la déconstruction de celles – ci par les apprenants. Pour mieux accompagner et guider les apprenants dans ce processus de déconstruction de leurs conceptions alternatives, le chercheur pourra partir des erreurs au niveau des réponses des apprenants, et leur poser d'autres questions oralement, en fonction de la pertinence de la difficulté, présente dans l'erreur. Les apprenants évolueront donc vers la reconstruction et enfin la construction des connaissances scientifiques par les apprenants. Les apprenants, activent, mobilisent à cet effet, leurs ressources, leurs connaissances, pour franchir l'obstacle et donc, résoudre le problème posé. Ceci leur permet d'être eux même les acteurs et les constructeurs de leurs connaissances scientifiques.

Il est important de souligner que cette expérimentation avec les élèves vise aussi en eux, l'esprit scientifique, à travers un raisonnement scientifique hypothético déductif, qui part des

discussions des apprenants entre eux sur une hypothèse, par la suite, de leur prise de décision commune conduisant leur validation de l'hypothèse. Cette méthode de raisonnement scientifique convoque la méthode La Main à la Pâte (La MAP) de Charpak (1996). L'enjeu de cette méthode est de monter à l'apprenant que l'expérience matérielle ou même virtuelle, comme c'est le cas ici, à l'aide du papier/crayon, est le fondement de la science. Cette méthode, responsabilise l'apprenant dans sa quête vers la construction des connaissances, en lui faisant adopter l'attitude d'un chercheur, qui lui impose de suivre à suivre « une démarche expérimentale » (Audrey, 2001)

❖ **Le post-test**

Les élèves des deux groupes d'expérimentation prennent part à l'épreuve de post-test. Cette épreuve tient aussi lieu d'une partie du questionnaire du post-test, lorsqu'on supprime la répartition des points sur l'épreuve. Elle a pour but de voir l'utilisation du signe iconique dans l'enseignement/apprentissage de la chimie, facilitent la construction du concept de molécules chez les apprenants de la classe de 3^{ième}.

3.5.1.3. Analyse à priori des dispositifs d'expérimentation

❖ **Analyse à priori du pré-test**

Dans le cadre de la présente étude, le pré-test comporte cinq tâches visant à recueillir les conceptions des apprenants. Les cinq tâches, sont accompagnées de quatre consignes pour les quatre premières tâches et de trois consignes, pour la cinquième tâche.

La tâche 1 porte sur la connaissance déclarative relatif au concept de molécule. Elle est mise en évidence par la définition conceptuelle de la molécule. La parfaite connaissance de la définition du concept de molécule, permet déjà à l'apprenant de pouvoir identifier une molécule et ses éléments constitutifs. C'est la raison pour laquelle, la consigne leur demande de donner la définition de la molécule.

La tâche 2 vise à faire ressortir la différence entre la molécule et les autres constituants de la matière comme l'atome par exemple, et de comprendre leur raisonnement par rapport au fait que l'atome soit une entité autonome. En d'autres termes, il s'agit pour l'apprenant, de pouvoir identifier la molécule à travers, sa formule brute. D'où la consigne leur demande de classer les formules brutes des constituants de la matière qui leur ont été donnés dans un tableau à trois colonnes renfermant respectivement, les ions, les atomes et les molécules.

La tâche 3, cherche à comprendre si les élèves peuvent nommer une molécule et donner sa composition à partir de sa formule brute. Ce qui permet de savoir, si les apprenants, tiennent compte des indices au niveau des atomes, lorsqu'il nomme la molécule, et lorsqu'il donne le

nombre d'atomes de chaque élément chimique de la molécule, s'ils ne confondent pas atome et élément chimique

La tâche 4, porte sur la représentation des molécules, à partir de leurs formules brutes. Cette tâche permet de connaître, si les élèves s'assurent lors de l'écriture de la formule brute d'une molécule, que les lettres majuscules des symboles des atomes présents doivent avoir la même taille. De plus, cette tâche permet de connaître, si les élèves se rappellent que les préfixes (« di », « tri », ...), renvoient aux indices de chaque atome, dont le nom est précédé du « di » ou « tri ». Par ailleurs, cette tâche permet de vérifier, si les apprenants écrivent l'indice de l'atome à la place qu'il faut (en bas et à droite de l'atome concerné).

La tâche 5 vise à connaître et comprendre les représentations des élèves, par rapport à l'atomicité d'une molécule, en leur demandant par exemple au niveau de la consigne 1, de dire ce que représentent les nombres dans les symboles des molécules proposées.

Parmi les conceptions recueillies, le chercheur a porté son attention, sur celles qui sont alternatives et qui ont exposé de ce fait les difficultés des apprenants dans la construction du concept de molécule, pour ensuite, proposer une remédiation.

❖ **Analyse à priori du post-test**

Le post – test qui n'est pas identique au pré-test, porte lui aussi sur un ensemble de onze tâches, suivies des consignes qui portent toujours sur la conceptualisation de la molécule. Ces tâches sont suivies de consignes et visent à connaître si, les conceptions des apprenants du groupe expérimental après avoir participé à la séance d'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie, à l'aide du signe iconique peircien, soutenu par la théorie sémiotique de Peirce (1978) et la théorie socioconstructiviste de vygotsky (1985) ont évolué par rapport à ceux du groupe témoin.

La tâche 1 et 3 et 9 (au niveau de la consigne demandant de remplir la colonne indiquant la composition de la molécule); permet de connaître, si les conceptions des apprenants ont évolué, par rapport, à la détermination de la composition d'une molécule. S'ils ont compris que, les indices au niveau des symboles des atomes, indiquent le nombre d'atomes d'un élément, présent dans la molécule.

Les tâches 2 e ; 4 et 8 ; permet de connaître, si les conceptions des apprenants ont évolué, par rapport à l'identification, la reconnaissance d'une molécule, comme une entité autonome et comme un groupe d'atomes.

Les tâches 5 et 11, permettent de connaître si les représentations des apprenants, par rapport à l'atomicité d'une molécule. Si les élèves, ont compris que, l'indice présent au niveau du symbole d'un atome, indique le nombre de fois que, cet atome est présent dans la molécule,

et la somme des indices présents au niveau des symboles de chaque atome, indique plutôt, le nombre total d'atomes présent dans la molécule et donc, l'atonicité de la molécule.

Les tâches 6 ; 9 (au niveau de la consigne demandant de remplir la colonne indiquant le nom de la molécule), permet de vérifier si les apprenants, sont maintenant capables, de donner le nom d'une molécule, à partir du dessin de son modèles moléculaire, ayant des ronds ou des boules de même couleur, ou de couleur identique, ou à partir de sa formule brute, en tenant compte des indices de chaque atome. Aussi, si les apprenants, ont compris que, la couleur d'un rond ou d'une boule du modèle moléculaire d'une molécule, correspond à un atome spécifique, présent dans la molécule et qu'autant de boules ou ronds de même couleur, ou de couleurs identiques, correspondent chacun, ou chacune, à un atome.

La tâche 10, permet de vérifier, si les apprenants, peuvent, à partir du nom d'une molécule, écrire sa formule brute, en veillant à ce que, les indices, soient bien représentés et à la place qu'il faut, sans oublier que le chiffre 1, par convention, ne s'écrit pas en indice d'un atome.

3.5.1.4. Présentation des réponses attendues aux questions ou consignes contenues dans les différentes expérimentations.

❖ Présentation des réponses attendues au pré-test

1- Sur une ancienne épreuve de l'examen de B.E.P.C., votre camarade est confronté à un exercice dans lequel, l'examineur demande de définir le concept de molécule. Ne se rappelant plus de cette définition, il sollicite votre aide. Rappelez-lui cette définition.

Réponse : une molécule est un assemblage électriquement neutre et ordonné d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes

2- Les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, SO₂, H₂, NH₃, représentent les constituants de la matière. Classer ces formules dans le tableau ci – dessous.

Ions	Atomes	Molécules

Réponse : un ion, porte une charge positive ou négative, un atome n'est pas lié à un autre atome identique ou non, par contre, une molécule est un groupe d'atomes liés, donc toutes ces formules données sont celles des molécules. D'où le remplissage suivant :

Ions	Atomes	Molécules
		CO ₂
		HCl
		H ₂ O
		O ₂
		N ₂
		Cl ₂
		Cl ₂
		SO ₂
		H ₂
		NH ₃

3- Soient les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, SO₂, H₂, NH₃.

Complétez le tableau ci – après :

Représentation symbolique de la molécule	Nom de la molécule	Composition de la molécule
CO ₂		
HCl		
H ₂ O		
O ₂		
N ₂		
Cl ₂		
SO ₂		
H ₂		
NH ₃		

Réponse : pour nommer une molécule, il faudrait se rappeler qu'il existe deux types de noms pour les molécules : le nom systématique et le nom usuel. Le nom systématique d'une molécule fournit les informations sur la composition en atome de cette molécule. C'est un nom issu de la nomenclature systématique. Les préfixes grecs utilisés et indiquant le nombre de chaque atome, sont les suivants « mono » pour 1 ; « di » pour 2 ; « tri » pour 3. Cependant, le

nom usuel d'une molécule ne fournit pas les informations sur la composition en atome de cette molécule. C'est le cas de l'eau, l'ammoniac. Mais leurs formules brutes aident à déterminer, la composition de ces molécules. Le tableau ci – dessus sera donc compléter de la manière suivante :

Représentation symbolique de la molécule	Nom de la molécule	Composition de la molécule
CO ₂	Dioxyde de carbone	un atome de carbone et deux atomes d'oxygène
HCl	Chlorure d'hydrogène	Un atome de chlore et un atome d'hydrogène
H ₂ O	Eau	deux atomes d'hydrogène et un atome de chlore
O ₂	Dioxygène	deux atomes d'oxygène
N ₂	Diazote	deux atomes d'azote
Cl ₂	Dichlore	deux atomes de chlore
SO ₂	Dioxyde de soufre	un atome de soufre et deux atomes d'oxygène
H ₂	Dihydrogène	deux atomes d'hydrogène
NH ₃	Ammoniac	Un atome d'azote et trois atomes d'hydrogène

4- Écrire les formules chimiques des molécules suivantes :

Chlorure d'hydrogène -----

Dioxyde de soufre -----

Monoxyde de carbone -----

Réponse : Pour écrire la formule brute d'une molécule, on procède en deux étapes :

-On juxtapose les symboles des atomes qui constituent la molécule

-On indique en indice, en bas et à droite le nombre d'atomes correspondant.

-On n'écrit pas l'indice 1

Ainsi, les formules brutes de ces molécules sont :

Chlorure d'hydrogène : **HCl**

Dioxyde de soufre : **SO₂**

Monoxyde de carbone : **CO**

5- Soient les molécules suivantes, représentées sous leurs formules chimiques respectives : CH_4 , C_4H_{10} , HCl , CO_2

a) Que représentent les nombres 4 ; 10 et 2 dans les symboles des molécules ci-dessus?

b)-Coche la bonne réponse

- L'atomicité est le nombre total d'atomes présent dans une molécule

- L'atomicité est le nombre total de molécules présent dans une substance chimique

c) Entoure la bonne réponse et justifie le choix de ta réponse dans l'espace en pointillés

L'atomicité de CH_4 est : i) 4 ; ii) 5 ; iii) 2

L'atomicité de C_4H_{10} est : i) 14 ; ii) 40 ; iii) 2

L'atomicité de HCl est : i) 3 ; ii) 1 ; iii) 2

L'atomicité de CO_2 est : i) 3 ; ii) 2

Réponse :

a) Les nombres 4 ; 10 et 2 ; représentent respectivement, le nombre d'atome de carbone dans la molécule de formule brute, C_4H_{10} ; le nombre d'atome d'hydrogène dans la molécule de formule brute, C_4H_{10} et le nombre d'atome d'oxygène dans la molécule de formule brute CO_2 .

b) la bonne réponse à cocher est la première proposition à savoir : l'atomicité est le nombre total d'atomes présent dans une molécule.

c) pour déterminer l'atomicité d'une molécule, il faut additionner les indices de chaque atome présent dans la molécule. Ainsi, pour le cas de l'atomicité de CH_4 , il suffit d'additionner 1 et 4, pour avoir 5. Donc, la bonne réponse à entourer est ii) 5

Pour le cas de l'atomicité de C_4H_{10} , il suffit d'additionner 4 et 10, pour avoir 14. Donc, la bonne réponse à entourer est i) 14.

Pour le cas de l'atomicité de HCl , il suffit d'additionner 1 et 1, pour avoir 2. Donc, la bonne réponse à entourer est iii) 2.

Pour le cas de l'atomicité de CO_2 , il suffit d'additionner 1 et 2, pour avoir 3. Donc, la bonne réponse à entourer est i) 3.

- ❖ **Présentation des réponses attendues au test (séance d'Enseignement/Apprentissage du concept de molécule à l'aide du signe iconique peircien).**

ACTIVITÉS D'EXPÉRIMENTATION avec l'utilisation du signe iconique peircien

Activité 1. Identification d'une molécule et de ses éléments constitutifs

1)- Reproduis sur ta fiche d'activités et à l'espace réservé, vingt formes géométriques qui te viennent à l'esprit.

Réponse :  ...

2)- Retenons ensemble parmi ces formes géométriques, celles qui sont fortement représentées par la plupart des élèves

Réponse : les formes les plus représentées par les apprenants, sont retenues à l'unanimité.

3)- Considère que les formes géométriques qui ont été retenues à la tâche 2 sont des représentations iconiques de différents atomes. À partir de ces icônes, représente des édifices ayant au moins deux icônes identiques ou différentes.

Réponse :  ...

4)- Existe – t-il une différence entre les représentations iconiques de la tâche 3 et celle de la tâche 2 ? Si oui, laquelle ?

Réponse : oui, parceque, les représentations iconiques de la tâche 3 sont formées à partir de l'association d'au moins deux icônes provenant de la tâche 2, alors que les représentations iconiques de la tâche 2 ne le sont pas. Elles sont individuelles ou seules.

5)- Quel nom peux – tu donner à l'ensemble d'édifices que tu as représentés à la tâche 3 ?

Réponse : la molécule

6)- propose une définition du nom que tu viens de donner à la tâche 5

Réponse : Une molécule est un assemblage ordonné et électriquement neutre formé d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes.

Activité 2. Représentation iconique d'une molécule à partir de son nom

1)- Observe les formes iconiques des atomes suivants :

Oxygène  Hydrogène  ; Carbone  ; Chlore  Azote 

2)- Représenter à partir de ces icônes, les molécules suivantes :

Eau (oxyde de dihydrogène)-----

Dioxyde de carbone-----

Chlorure d'hydrogène-----

Dihydrogène-----

Ammoniac (trihydrogène d'azote)-----

NB : pour trouver la représentation iconique de oxyde et chlorure, rappelle-toi que, oxyde appartient à la même famille que oxygène et chlorure, appartient à la même famille que chlore.

NB : les préfixes di et tri signifient respectivement les chiffres 2 et 3.

Réponse :

Eau (oxyde de dihydrogène) :  ;  ...

Dioxyde de carbone :  ;  ...

Chlorure d'hydrogène :  ;  ...

Dihydrogène :  ;  ...

Ammoniac (trihydrogène d'azote) :  ;  ...

Activité 3. Noms des molécules à partir de leurs formes iconiques

Soient les atomes représentés par des icônes à l'activité 3 (confère activité 3)

1) Nomme les molécules suivantes à partir de leurs représentations iconiques



Réponse :

1) Nomme les molécules suivantes à partir de leurs représentations iconiques

 : **Dichlore**

 : **Diazote**

 : **Dioxygène**

 : **Eau**



Activité 4. Passage du signe iconique ancien (donné par l'élève) au signe iconique actuel (petite boule sphérique colorée) et symbolisme actuel (lettres de l'alphabet français) : activités d'institutionnalisation.

1) Soit le tableau ci – après :

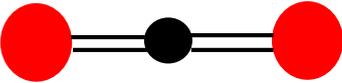
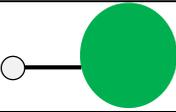
Nom de l'atome	Formes iconiques ancienne (élaborées par l'élève)	Formes iconiques actuelles (modèle atomique actuel)	Symboles actuels (lettres de l'alphabet français)
Oxygène			O
Hydrogène			H
Carbone			C
Azote			N
Chlore			Cl
Soufre			S

À partir du modèle atomique actuel, représente les modèles moléculaires des molécules suivantes, puis à l'aide des symboles actuels des atomes, écris les formules chimiques de ces molécules dans le tableau suivant.

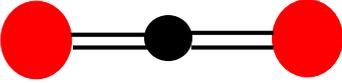
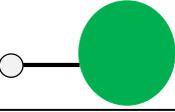
Nom des molécules	Modèles moléculaires	Formules chimiques
Eau		H₂O
Dioxyde de soufre		CO₂
Dioxygène		O₂
Dioxyde de carbone		CO₂

Dichlore		Cl ₂
Diazote		N ₂

2- Complète le tableau suivant :

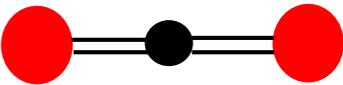
Nom de la molécule	Modèle moléculaire	Formule chimique
		
Dioxyde de carbone		
Dihydrogène		
		
		
		O ₂

Réponse :

Nom de la molécule	Modèle moléculaire	Formule chimique
diazote		N ₂
Dioxyde de carbone		CO ₂
Dihydrogène		H ₂
Eau		H ₂ O
Chlorure d'hydrogène		HCl
Dioxygène		O ₂

2- Déterminer l'atonicité des molécules suivantes :

a) O₂ -----

b)  -----

c) Définir atonicité d'une molécule-----

Réponse :

a) O₂ : l'atonicité de cette molécule est 2

a)  : l'atonicité de cette molécule est 3

b) Définir atonicité d'une molécule : c'est le nombre total d'atomes présents dans une molécule.

❖ Présentation des réponses attendues au Post-test

1- Quelle est la composition de la molécule d'eau ?

Entoure la bonne réponse.

A- 1 atome d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène

B- 2 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène

C- 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène

Réponse :

A- 1 atome d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène

B- 2 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène

C- 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène

2- Retrouve la bonne formule chimique de la molécule composée de 2 atomes d'oxygène

Entoure la bonne réponse.

A- O₂ ; B- O² ; C- O₂ ; D- 2O

Réponse :

A- O₂ ; B- O² ; C- O₂ ; D- 2O

3- Encadre le nom de la molécule ayant un atome de carbone et deux atomes d'oxygène

A-Dioxyde de soufre ; B-Monoxyde de carbone ; C-Bioxyde de carbone ; D-Dioxyde de carbone

Réponse :

A-Dioxyde de soufre ; B-Monoxyde de carbone ; C-Bioxyde de carbone ;

D-Dioxyde de carbone

4- **Souligne la bonne formule de la molécule d'eau**

A- H₂O ; B- HO₂ ; C- H₂O ; D- K₂O

Réponse :

A- H₂O ; B- HO₂ ; **C- H₂O** ; D- K₂O

5- **Combien d'atomes contient cette molécule : C₂H₆**

A- 6 ; B- 12 ; C- 8 ; D- 2

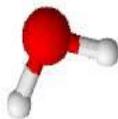
Réponse :

A-6 ; B- 12 ; **C- 8** ; D- 2

6- **Identifie par les noms, les molécules représentées respectivement par les icônes ou les modèles moléculaires suivants et écrire leurs formules chimiques**

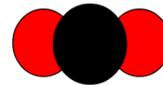


Réponse :



Nom : Eau

Formule brute : H₂O



Nom : Dioxyde de carbone

Formule brute : CO₂

7- **Écris le nom et la formule de la molécule composée d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène**

Réponse :

Nom : dioxyde de carbone

Formule brute : CO₂

8- soient les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, H₂, NH₃. S'agit – il des formules des atomes ou des molécules ? Justifiez votre réponse

Réponse :

Il s'agit des molécules car, la molécule est un groupe ou assemblage ordonné et électriquement neutre, formé d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes.

9- Soient les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, SO₂, H₂, NH₃.

Complétez le tableau ci – après :

Représentation symbolique de la molécule	Nom de la molécule	Composition de la molécule
O ₂		
N ₂		
CO ₂		
HCl		
H ₂		
H ₂ O		

Réponse :

Représentation symbolique de la molécule	Nom de la molécule	Composition de la molécule
O ₂	Dioxygène	Deux atomes d'oxygène
N ₂	Diazote	Deux atomes d'azote
CO ₂	Dioxyde de carbone	Un atome de carbone et deux atomes d'oxygène
HCl	Chlorure d'hydrogène	Un atome d'hydrogène et un atome de chlore
H ₂	Dihydrogène	Deux atomes d'hydrogène
H ₂ O	Eau	Deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène

10- Écris les formules chimiques des molécules suivantes :

Diazote-----

Dioxyde de soufre-----

Dioxygène-----

Solution :

Diazote : N_2

Dioxyde de soufre : SO_2

Dioxygène : O_2

11- Soient les formules chimiques des molécules suivantes : C_2H_6 ; O_3

a) Que représentent les nombres 2 ; 6 et 3 dans les symboles des molécules ci - dessus?

b)- Fais correspondre les éléments de la colonne A à ceux de la colonne B.

Colonne A	Colonne B
L'atomicité de C_2H_6 est	le nombre total d'atomes présent dans une molécule
L'atomicité d'une molécule est	3
L'atomicité de CO_2 est	8
	le nombre total d'atomes présent dans une molécule

Réponse :

a) Les nombres 2 ; 6 et 3, représentent respectivement, le nombre d'atomes de carbone, le nombre d'atomes d'hydrogène et le nombre d'oxygène

b)

Colonne A	Colonne B
L'atomicité de C_2H_6 est	le nombre total d'atomes présent dans une molécule
L'atomicité d'une molécule est	3
L'atomicité de CO_2 est	8
	le nombre total d'atomes présent dans une molécule

3.5.2. Instrument de collecte de données qualitatives

L'instrument de collecte des données dans le cadre de cette étude est, l'ensemble des enregistrements vidéoscopiques. Étant donné que, le présent travail interroge le signe iconique peircien en tant qu'outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ème} au cours de l'enseignement/apprentissage de la chimie, des

enregistrements vidéoscopiques de la séance d'enseignement/apprentissage de la chimie à l'aide du signe iconique peircien sont réalisés. C'est le chercheur didacticien lui-même qui implémente cette nouvelle méthode d'enseignement/apprentissage auprès des élèves et sa pratique de classe est enregistrée par un enseignant à l'aide d'un caméscope. Le but de ces enregistrements est de voir à travers l'analyse du discours des apprenants, dans quelle mesure le signe iconique peircien lié à la fois à l'objet et l'interprétant facilite la conceptualisation de la molécule par sa définition, son identification, son atomicité et sa représentation. En effet, il s'agit de comprendre, comment le signe-objet agit sur les représentations mentales des apprenants à travers lesquelles, naît le signe-interprétant et qui permet aux apprenants par la suite, de mieux comprendre le concept de molécule.

Ces étapes sont représentées par la figure ci – après selon le protocole de Chalak (2012) que nous avons adapté selon les spécificités de notre étude.

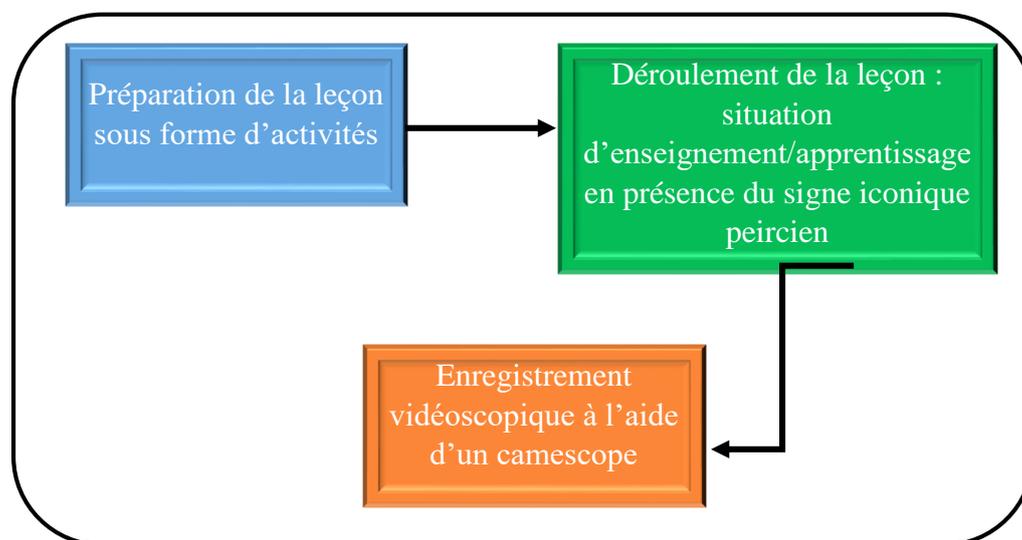


Figure 13. Les phases de l'enregistrement des séances didactiques (Chalak, 2012)

3.6. VALIDATION DES INSTRUMENTS DE COLLECTE DES DONNÉES

La validation d'un instrument de collecte des données repose sur le fait de s'assurer que l'outil de collecte de données est effectivement approprié à nos besoins. La validité d'un instrument est « *la capacité que possède cet instrument de mesurer, de prédire effectivement ce qu'il se propose de prédire* » (Tsala, 2006). Elle va de paire avec la fiabilité des outils de collecte des données. Autrement dit, la validité se rapporte au degré d'adéquation de l'instrument de collecte de données avec la recherche menée et la fiabilité renvoie à la cohérence de l'instrument de mesure pour la validité interne et externe.

3.6.1. Validité interne

En ce qui concerne la validation interne pour ce qui est du présent travail de recherche, les questions de recherche et ceux qui constituent les questionnaires du pré-test et du post-test doivent provenir de notre variable indépendante et de notre variable dépendante. Ainsi, les modalités autour desquelles se sont formulées nos questions proviennent des indicateurs de notre variable indépendante. Ceci montre en quelque sorte la cohérence qui existe entre les questions de recherches, les hypothèses et les objectifs de notre étude, d'où la validation interne. Par ailleurs, les instruments de collectes de données sont élaborés en congruence avec les hypothèses de l'étude, les objectifs de l'étude et les contenus du programme de la classe qui font l'objet de l'enseignement/apprentissage. Ceci confirme une fois encore la validité interne.

3.6.2. Validité externe

Dans le cadre de cette étude, le pré-test a été utilisé pour évaluer la validité externe de la dite étude. Ceci a permis de mesurer la congruence, la validité et la compréhension des questions afin d'élaborer l'enquête définitive. À cet effet, une pré-enquête a été réalisée. Il s'agit d'« *essayer sur un échantillon réduit, les instruments pour l'enquête* » (Grawitz, M. 1990) afin de réajuster l'efficacité et la clarté des instruments de l'enquête. Les instruments de collecte de données se sont faits validés par les enseignants des sciences physiques de la classe de 3^{ième}, du C.E.S. de Ntuisong – Obala et aussi, par le Directeur de cette recherche.

En effet, une semaine avant la collecte de données sur le terrain, les questionnaires de prétest et post-test, ont été administrés à deux enseignants des sciences physiques de la classe de 3^{ième} du C.E.S. de Ntuisong – Obala. Ceci dans le but d'évaluer la clarté et la pertinence des questions posées. Les enseignants sont alors appelés à relever la question incomprise ou qui présente une ambiguïté et la notifier en proposant un ajustement.

Au terme de cette étape et à partir de l'ensemble des remarques faites par les enseignants de terrain et du Directeur de recherche, les questionnaires ont été réajustés. Ainsi, pour ce qui l'item 5c) du questionnaire du pré-test a connu un ajustement dans le changement du type d'item. L'appariement préalablement choisi pour cette question selon l'avis des enseignants conduirait à une production de réponses confuses des élèves. Cet item a été donc réajusté en un item de type QCM. En ce qui concerne l'enquête proprement dite, elle a été déjà présentée dans les parties précédentes de ce travail.

3.7. MÉTHODES DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Les méthodes de traitement de données renvoient encore aux techniques d'analyse de données. Le type de recherche définit les techniques d'analyse de données. Cette recherche

étant de type mixte, les techniques d'analyse quantitative et d'analyse qualitative seront utilisées.

Pour ce qui est de l'analyse des données quantitatives, nous aurons : le test statistique (test de Student) et le test d'ANOVA ou analyse de la variance. Et puisque, nous avons aussi adopté la méthodologie de l'ingénierie didactique, nous ferons aussi une analyse à priori avec validation interne.

En ce qui concerne l'analyse de données qualitatives, nous ferons l'analyse du discours des apprenants.

3.7.1. Méthodes de traitement des données quantitatives

3.7.1.1. Le test statistique

Le test statistique nous permet de faire ressortir les tableaux qui nous présentent l'état de chaque donnée collectée. En fonction des questions, des hypothèses et des objectifs de l'étude, est faite l'analyse corrélationnelle. C'est l'analyse qui permet de vérifier les différentes hypothèses. Et c'est le calcul du Test de Student qui nous permet de vérifier nos hypothèses ; ceci en montrant qu'il existe des différences significatives entre la moyenne de deux groupes (groupe témoin et groupe expérimental). Pour cela, il est question avec le test de Student, d'évaluer par un pré-test et un post-test, le groupe (échantillon) soumis à l'expérience et par la suite de ressortir des statistiques qui seront comparées dans l'optique de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de recherche. En général, un seuil de signification (α) de 0.05 (soit 5%) permet de conclure que les hypothèses fonctionnent bien et donc sont validées.

3.7.1.2. Le test d'ANOVA

Encore appelé **analyse de la variance**, le test d'ANOVA nous permet d'effectuer des comparaisons statistiques pour les moyennes des échantillons de la même population. Le test nous permet d'étudier le comportement de la variable à expliquer (variable dépendante) en fonction de la variable explicative (variable indépendante). Ce test nous permet d'infirmer ou de confirmer nos hypothèses. Nous faisons recours à l'usage de l'analyse de la variance en raison du caractère quantitatif de notre variable dépendante que nous pourrions mesurer à travers les performances scolaires des apprenants en termes de scores obtenus à l'issue des questionnaires du pré-test et du post-test. Ainsi, pour mesurer l'impact de nos variables sur les compétences à faire développer chez les apprenants, nous avons trouvé judicieux d'utiliser le test d'ANOVA pour ressortir une différence significative entre les variances de nos deux groupes de l'étude.

3.7.1.3. L'analyse à priori avec validation interne

Dans le cadre de la démarche en ingénierie didactique, il s'agit d'une analyse qui vient après l'opérationnalisation du dispositif d'enseignement/apprentissage. C'est à partir de l'analyse à posteriori que survient la validation du dispositif et les réajustements et suggestions qui vont avec. Il est à préciser que la méthode de validation de l'ingénierie didactique ne repose pas sur une comparaison statistique des performances de groupes expérimentaux et de groupes témoins, mais sur une confrontation entre les analyses à priori et à posteriori des situations didactiques au sein du processus : il s'agit d'une validation interne (Artigue, 1989, pp. 124-128).

Les méthodes et techniques de collecte des données quantitatives et qualitatives nous ont permis de recueillir des informations sur le terrain. Ces données ont été traitées suivant l'approche mixte.

3.7.2. Méthodes de traitement des données qualitatives

Après les enregistrements vidéoscopiques effectués pendant la pratique de classe du chercheur (il enseigne le concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique), il est important que les données recueillies soient traitées et analysées suivant l'approche qualitative. Et la technique d'analyse qualitative utilisée dans le cadre de cette étude est l'analyse du discours des apprenants. Cette analyse est faite selon la figure ci-après.

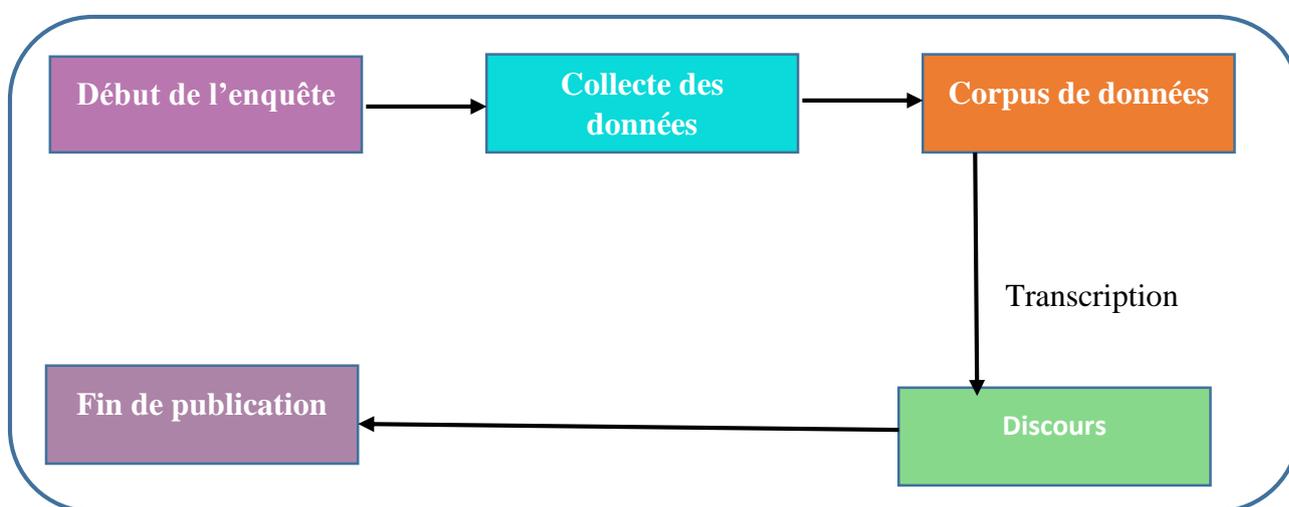


Figure 14. Étapes de l'analyse d'un discours (Hana'a (2012)).

Le chapitre 3 de notre travail recherche a consisté à présenter les méthodes et techniques de collecte des données. Chemin faisant, nous avons pu recueillir des informations sur le terrain. Après traitement des données, le chapitre ci-après présente les résultats obtenus.

CHAPITRE 4 : PRÉSENTATION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET SUGGESTIONS

Dans ce chapitre, il s'agit de faire une présentation et une analyse des différents résultats. L'analyse qualitative et l'analyse descriptive ou quantitative sont les deux types d'analyse sur la présentation des résultats de cette recherche. L'analyse descriptive est une table sur les pourcentages de réussite des activités d'apprentissages de la séance. L'analyse qualitative quant – à – elle est une examination textuelle de la transcription des données obtenues par vidéoscopie de la séance d'activités. Par ailleurs, la démarche quasi-expérimentale selon le schéma pré-test—post-test a permis de collecter les données. Précisons que, les données recueillies lors de l'expérimentation feront l'objet d'une analyse fondée sur l'analyse à priori avec validation interne.

4.1. PRÉSENTATION DESCRIPTIVE DES RÉSULTATS DE L'EXPÉRIMENTATION

Prenant appui sur la démarche de recherche en Sciences de l'Éducation en général et en Didactique des Disciplines en particulier, cette étude a opté pour une méthode quasi-expérimentale pour le recueil des données quantitatives de recherche.

Des groupes d'expérimentation ont été constitués par choix raisonné, afin de tester les dispositifs conçus pour la recherche. Autrement dit, des groupes variés (groupe expérimental et groupe témoin) ont été élaborés dans le but de mener l'expérience de manière comparative afin de souligner le niveau d'influence du dispositif dans le processus d'enseignement/apprentissage. Ces groupes ont subi chacun trois phases lors de la collecte des données : le pré-test, le test et le post-test. Tout au long de la collecte des données, nous avons pour objectif, de ressortir la valeur du dispositif expérimenté à travers des tests afin de confirmer ou d'infirmer nos Hypothèses de recherche. Cette étude avance l'hypothèse principale selon laquelle : la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième, est facilitée par le signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant. Celle-ci se décline en deux autres hypothèses dites secondaires : (1) l'interprétant selon Peirce permet, l'identification d'une molécule chez l'apprenant de la classe de troisième ; (2) le signe iconique-objet peircien permet, la représentation d'une molécule, par sa formule brute ou par son modèle moléculaire chez l'apprenant de la classe de troisième. La collecte des données de cette étude a pris en compte un échantillon de 34 apprenants, répartis par quota en deux groupes : un groupe témoin et un groupe expérimental. Pendant la collecte des données, il était question de déterminer la pertinence du signe iconique, prenant en compte les rôles

respectifs de l'interprétant et du signe iconique-objet peircien, dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de classe de troisième. La phase expérimentale s'est appuyée sur l'hypothèse principale qui permettait déjà de vérifier les hypothèses secondaires et de les confirmer ou de les infirmer.

4.1.1 Analyse descriptive des performances du groupe témoin

Cette analyse se base sur la présentation de la distribution statistique des scores obtenus au pré-test et au post-test dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental. Ce niveau d'analyse prendra en compte les fréquences des notes, les moyennes, l'écart-type et la variance.

-Distribution statistique des scores au pré-test et au post-test

Dans le but de vérifier l'apport de l'exploitation des ressources éducatives libres dans la construction du récit historique en situation d'enseignement/apprentissage chez les apprenants de la classe de 3^{ème}, nous avons effectué une analyse des scores du groupe témoin et du groupe expérimental pendant les tests d'apprentissages.

Tableau 11 : répartition des apprenants selon les scores dans le groupe témoin

SCORE/20	PRE-TEST		POST-TEST	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
2,00	1	6	1	6
3,00	0	0	1	6
4,00	2	12	0	0
5,00	1	6	1	6
6,00	0	0	1	6
8,00	0	0	1	6
9,00	2	12	1	6
10,00	0	0	1	6
11,00	2	12	1	6
12,00	2	12	1	6
13,00	2	12	1	6
14,00	2	12	3	18
15,00	2	12	1	6
16,00	0	0	2	12
17,00	0	0	1	6
18,00	1	6	0	0
Total	17	100	17	100

Source : enquête de terrain, Mai 2024

Le tableau ci-dessus présente des scores des apprenants du groupe témoin au pré-test et au post-test. En effet, ce tableau présente les notes allant de 02,00 à 18,00/20 au pré-test. Sur un effectif de 17 apprenants, 06 apprenants ont une note inférieure à 10,00/20 soit un pourcentage de 36,00% de non conceptualisation de la molécule et 11 apprenants ont eu une note supérieure à 10,00/20 soit un pourcentage de 64,00% de conceptualisation de la molécule.

Nous constatons que les scores obtenus au pré-test par les apprenants ont un taux d'échec de 36%. Par conséquent, la moyenne générale au pré-test est 11,19 avec un écart-type de 4,09 et une variance de 16,70.

Au post-test, les notes vont de 02,00 à 17,00/20. Autrement dit, nous avons 06 apprenants ayant une note inférieure à 10,00/20 soit un pourcentage de 36,00% ; 11 apprenants ont une note supérieure ou égale à 10/20 soit un pourcentage de 64,00%. Nous constatons qu'il n'y a pas une réduction du taux d'échec. La moyenne ici a connu une légère augmentation. Elle est de 11,37 avec un écart-type de 4,34 et une variance de 19,18. Cette augmentation peut être expliquée par le fait que, une petite partie d'apprenants, après le pré-test, ont cherché à trouver par eux même, les réponses aux questions posées au pré-test et ils ont mémorisé le cheminement conduisant à ces réponses.

Tableau 12 : indicateurs statistiques dans le groupe témoin

	<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Variance</i>
<i>Pré-test</i>	17	11,19	4,09	16,70
<i>Post-test</i>	17	11,37	4,38	19,19

Source : enquête de terrain

Tableau 13 : Test d'égalité des espérances : observations pairées du groupe témoin

	<i>Pré-test</i>	<i>Post-test</i>
<i>Moyenne</i>	11,19	11,37
<i>Variance</i>	16,70	19,19
<i>Observations</i>	16	16
<i>Coefficient de corrélation de Pearson</i>	0,95	
<i>Différence hypothétique des moyennes</i>	0	
<i>Degré de liberté</i>	15	
<i>Statistique t</i>	-0,53	
<i>P(T<=t) unilatéral</i>	0,30	
<i>Valeur critique de t (unilatéral)</i>	1,75	
<i>P(T<=t) bilatéral</i>	0,61	
<i>Valeur critique de t (bilatéral)</i>	2,13	

Source : enquête de terrain, Mai 2024

Dans ce test d'égalité des espérances, l'hypothèse nulle est que la différence des moyennes du pré-test et du post-test est égale à zéro, c'est-à-dire que les deux groupes ont des

moyennes égales. L'hypothèse alternative est que la différence des moyennes est différente de zéro, ce qui signifie que les deux groupes ont des moyennes différentes.

La statistique t calculée est de $-0,53$; la valeur p unilatérale est de $0,30$, ce qui est supérieur au niveau de signification de $0,05$. Cela permet de rejeter l'hypothèse nulle et de conclure que les moyennes des deux groupes sont significativement différentes. La valeur p bilatérale est également supérieure, à $0,61$; ce qui signifie que les moyennes des deux groupes sont significativement différentes, peu importe la direction. La valeur critique de t pour un niveau de signification de $0,05$ est de $2,13$ supérieure à la statistique t de $-0,53$.

Au regard de ce qui précède, nous observons une différence peu significative entre les moyennes du pré-test et du post-test du groupe témoin. Cette différence révélerait de la non influence qu'ont les pratiques de classe ordinaires dans l'exploitation des ressources éducatives libres dans la construction du récit historique en situation d'enseignement/apprentissage chez les apprenants.

4.1.2 Analyse descriptive des performances du groupe expérimental

Le groupe expérimental est celui dans lequel le dispositif expérimental a été déployé, lequel dispositif a intégré le signe iconique peircien. Au terme de cette expérience, il en ressort que le dispositif expérimental a permis la construction du concept de molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ème}.

Tableau 15. Répartition des apprenants selon le score dans le groupe expérimental

SCORE/20	PRE-TEST		POST-TEST	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
2,00	1	6	0	0
3,00	1	6	0	0
4,00	4	24	0	0
5,00	5	29	0	0
6,00	1	6	0	0
7,00	1	6	0	0
8,00	0	0	0	0
9,00	1	6	0	0
10,00	0	0	0	0
11,00	1	6	0	0
12,00	0	0	2	12
13,00	1	6	1	6
14,00	0	0	2	12
15,00	1	6	3	18

16	0	0	2	12
17	0	0	1	6
18	0	0	2	12
19	0	0	2	12
20	0	0	2	12
Total	17	100	17	100

Source : enquête de terrain, Mai 2024

Dans ce groupe, au pré-test, les notes vont de 02,00 à 15,00/20, avec une forte proportion des 05,00/20. On observe 14 apprenants qui ont une note inférieure 10/20 soit un pourcentage de 83,00%. Par contre, au post-test, les notes vont de 12 à 20,00/20. Les données nous amènent à constater que, les apprenants du groupe expérimental ont connu une très grande évolution contrairement aux apprenants du groupe témoin. Autrement dit, au niveau du groupe expérimental, on a une réduction considérable des proportions des notes inférieures à la moyenne de 100,00% de réduction. Contrairement au pré-test qui a 83,00% des notes inférieures à 10,00/20, le post-test a une différence qui témoigne de la pertinence du signe iconique, qui prend en compte les rôles de l'interprétant et du signe iconique-objet peircien, dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de classe de troisième. Au terme de cette expérience, on peut en déduire que le dispositif expérimental a permis la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de classe de la troisième.

Le tableau comparatif des moyennes, écart-types et variances permettra de mieux cerner cette amélioration.

Tableau 15. Indicateurs statistiques dans le groupe expérimental

	Effectif	Moyenne	Ecart-type	Variance
Pré-test	17	6,12	3,67	13,45
Post-test	17	15,86	2,60	6,78

Source : enquête de terrain

L'analyse comparative des moyennes, écart-types et variances des différents tests montre que les performances des apprenants au pré-test ont été considérablement améliorées au post-test. Ces données statistiques témoignent que le dispositif expérimental proposé a une certaine efficacité dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième. En effet, au pré-test la moyenne est de 6,12; l'écart-type de 3,67 et la variance de 13,45. Par contre au post-test, la moyenne est de 15,87 ; l'écart-type de 2,60 et la variance de 6,78.

Tableau 16 : Test d'égalité des espérances: observations paires égales du groupe expérimental

	<i>Pré-test</i>	<i>Post-test</i>
<i>Moyenne</i>	6,12	15,87
<i>Variance</i>	13,45	6,78
<i>Observations</i>	16	16
<i>Coefficient de corrélation de Pearson</i>	0,74	
<i>Différence hypothétique des moyennes</i>	0	
<i>Degré de liberté</i>	15	
<i>Statistique t</i>	-15,83	
<i>P(T<=t) unilatéral</i>	4,51E-11	
<i>Valeur critique de t (unilatéral)</i>	1,75	
<i>P(T<=t) bilatéral</i>	9,02E-11	
<i>Valeur critique de t (bilatéral)</i>	2,13	

Source : enquête de terrain, Mai 2024

Dans ce test d'égalité des espérances, l'hypothèse nulle est que la différence des moyennes du pré-test et du post-test est égale à zéro, c'est-à-dire que les deux groupes ont des moyennes égales. L'hypothèse alternative est que la différence des moyennes est différente de zéro, ce qui signifie que les deux groupes ont des moyennes différentes.

La statistique t calculée est de -15,83 ; la valeur p unilatérale est faible de 4,51E-11. Cela permet de rejeter l'hypothèse nulle et de conclure que les moyennes des deux groupes sont significativement différentes. La valeur p bilatérale est également faible de 9,02267E-11, ce qui signifie que les moyennes des deux groupes sont significativement différentes, peu importe la direction. La valeur critique de t pour un niveau de signification de 0,05 est de 2,13 supérieure à la statistique t de -15,83.

Comme cela a été précédemment évoqué, les données statistiques présentent des différences significatives entre les moyennes du pré-test et du post-test du groupe expérimental.

En effet, ces données témoignent à suffisance de la pertinence du signe iconique, qui prend en compte les rôles de l'interprétant et du signe iconique-objet peircien, dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de classe de troisième.

Tableau 17. Récapitulatif des indicateurs statistiques des deux groupes

		<i>Effectif</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>Variance</i>
<i>Groupe témoin</i>	<i>Pré-test</i>	17	11,18	4,09	16,69
	<i>Post-test</i>		11,37	4,38	19,18
<i>Groupe expérimental</i>	<i>Pré-test</i>	17	6,12	3,67	13,45
	<i>Post-test</i>		15,87	2,60	6,78

Source : enquête de terrain, Mai 2024

4.1.3. Analyse de confirmation

Dans le but de ressortir les influences qui existent entre les variables (indépendantes et dépendantes), et de confirmer les précédentes analyses et interprétations, nous avons eu recours à l'analyse de la variance à un facteur (test d'Anova 1 facteur). Ce test permet de mesurer le lien de causalité qui existe entre les variables dans le groupe expérimental. Le tableau ci-après nous présente les résultats suivants :

Tableau 18. Analyse de la variance du groupe expérimental

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
<i>Entre Groupes</i>	810,47	1	810,47	80,93	2,82E-10	4,14
<i>À l'intérieur des groupes</i>	320,47	32	10,01			
<i>Total</i>	1130,94	33				

Source : enquête de terrain, Mai 2024

Ce tableau nous présente une fréquence de $F = 80,928047$ et une probabilité de $2,8247E-10$ très inférieure au seuil de significativité de 0,005. Ce résultat nous confirme les données statistiques précédemment interprétées qui ont montré l'impact du dispositif expérimental sur le développement des compétences chez les apprenants. Autrement dit, le dispositif expérimental a eu une influence majeure sur l'effectif des apprenants puisqu'il a réduit un taux d'échec de 100%, confirmé par la probabilité inférieure au seuil de significativité de 0,005.

4.2. PRÉSENTATION QUALITATIVE DES RÉSULTATS

Une séance d'activité est analysée dans le cadre d'une leçon de chimie en classe de 3^{ème} sur la question : « Qu'est-ce que la molécule ? ». L'objectif de cette analyse est de montrer en quoi, faire référence au signe iconique peircien permet aux apprenants, de mieux conceptualiser le concept de molécule. Pour ce faire, il a semblé pertinent d'analyser cette séance en la

découpant selon les représentations qui traversent la discussion. Cette analyse prend aussi en considération les aspects synchroniques. Nous partirons donc d'abord des objectifs sus-définis au niveau de la préparation de la leçon et nous montrerons comment le signe iconique permet effectivement aux apprenants de donner la définition conceptuelle de la molécule, de déterminer sa composition, de représenter une molécule par son modèle moléculaire ou par sa formule brute et enfin, de déterminer l'atomicité d'une molécule.

Étant donné qu'il s'agit de la toute première séance d'activité de classe avec cette pratique de classe faisant appel au signe iconique peircien, il nous a semblé important de présenter le contexte et le dispositif mis sur pied pour cette séance avant d'examiner plus précisément le rôle du signe iconique peircien.

Il est important de souligner que pour cette analyse nous avons utilisé le **logiciel Tropes** avec pour codification des acteurs en séance :

- **P**= Professeur et **AG (n)**= Apprenants du groupe (n).
- ❖ ***Présentation du contexte, des objectifs et du dispositif de la séance d'activité sur la molécule - Le contexte de la séance d'activité et du dispositif***

Nous avons choisi de travailler dans le cadre de cette séance sur le concept de la molécule car elle fait partie des leçons jugées de difficile par les apprenants de 3^{ème} du collège d'Enseignement Secondaire Général de Ntuisong-Obala. Cette leçon a été reconnue par les autres enseignants de chimie de cet établissement comme étant problématique pour les apprenants. C'est alors dans une perspective de démystification de cette leçon qu'a été entreprise cette séance d'activité sur la notion de molécule.

En ce qui concerne de dispositif de la séance : il n'y a pas vraiment de rôles attribués aux acteurs en présence (apprenants et enseignant). Tous les apprenants travaillent dans différents groupes dans lesquels ils échangent entre les pairs pour construire leurs propres connaissances. Cela laisse voir que, les apprenants participent à la séance comme « discutants ∈ à un groupe ». Pour cette séance, on a au total 17 apprenants répartis en 04 groupes, soit 03 groupes de 04 élèves et un groupe de cinq élèves. Quant à l'enseignant, celui-ci est chargé de faciliter le bon déroulement de la séance et d'accompagner les apprenants dans la construction de la connaissance sur l'objet du savoir de la leçon « de molécule ». Il doit orienter les apprenants dans la construction de leurs propres connaissances. Il est celui qui enregistre les différentes formes de représentations iconiques des atomes par les apprenants, il détermine et codifie avec les apprenants les formes de représentations atomiques les plus utilisées par ceux-ci, il veille à la bonne représentation iconique et à l'écriture des formules brute des molécules

en étude. À la fin de la séance, la formalisation ou la trace écrite est construite par les apprenants eux-mêmes sous la vigilance de l'enseignant.

Les apprenants sont assis en plusieurs groupes en salle de classe, chacun avec sa fiche de travail et ses instruments de travail. Pour cette première séance d'activités sur la molécule en chimie, le professeur commence par expliquer aux apprenants de manière précise en quoi consistera le travail du jour en groupe : il s'agit de « parcourir des activités relatives au concept de molécule » :

- **P** : L'activité 1 porte sur l'identification d'une molécule et de ses éléments constitutifs. Reproduisez sur vos fiches d'activités, vingt formes qui vous viennent à l'esprit. Peu importe la forme qui vous vient en tête, écrivez la sur votre fiche d'activité. (il s'agit de la première tâche de la séance donnée aux apprenants par l'enseignant).
- **P** : Donnez une représentation iconique d'une molécule à partir de son nom (il s'agit de la deuxième tâche de la séance donnée aux apprenants rappelée par l'**A10G3**).
- **P** : Donnez les noms des molécules à partir de leurs formes iconiques. (il s'agit de la deuxième tâche de la séance donnée aux apprenants rappelée par l'**A9G3**).
- **P** : Déterminez l'atomicité des molécules (il s'agit de la deuxième tâche de la séance donnée aux apprenants rappelée par l'**A14G4**).

Il y a un sens au fait que les trois tâches des activités de la séance qui précèdent la tâche de l'activité 1 énoncée par l'enseignant soient données en rappel par les apprenants de groupe. Ceci signifie une implication profonde et une attention des apprenants à ce qui se fait comme activités de la séance.

Par ailleurs, en plus des règles de conduites de classe usuelles, trois règles ont été fixées pour cette séance d'activité en chimie :

- **P** : Échanger tranquillement avec ses pairs dans chaque groupe, écouter le raisonnement des autres lorsqu'ils prennent la parole ou lorsqu'il schématise au tableau et surtout ne pas se moquer de l'idée de l'autre. [phase de la séance avant le début des activités d'apprentissage].

On peut voir que ces deux règles ont permis à chaque apprenant de construire lui-même sa connaissance en la faisant compléter par les idées de ses pairs. Ainsi, les apprenants n'étaient pas en situation d'examen où étant seuls et face à leur copie ont peur de faire des erreurs. Au contraire, dans le travail en groupe, les apprenants exposent librement leurs raisonnements aux pairs et vice-versa. Ces actions de raisonnements conjoints des pairs permettent à chaque apprenant de se faire assister dans la construction de sa propre connaissance.

Il y a aussi deux consignes qui relèvent des exigences intellectuelles de l'échange entre les pairs :

- **P** : Toujours bien réfléchir avant d'exposer son raisonnement et toujours essayer de représenter la molécule en ses atomes constitutifs par un signe iconique. [phase de la séance avant le début des activités d'apprentissage].

La réflexion avant la prise de parole permet aux apprenants de concevoir leur raisonnement au niveau de la pensée afin de l'énoncer clairement avec des mots qu'ils trouvent aisément. L'accent sur la représentation iconique de la molécule cadre les actions des apprenants qui ont pour but d'avoir une meilleure conceptualisation de la notion de molécule.

L'enseignant n'a pas omis d'informer aux apprenants que le travail de groupe est personnel et qu'à la fin de la séance sur les quatre activités du concept de molécule, chaque apprenant fera les exercices qui sont sur sa fiche d'activités. Ils pourront coller ces fiches d'activités dans leurs cahiers à la leçon indiquée.

- Les objectifs conceptuels de la séance

Il s'agit d'amener les apprenants à faire une distinction conceptuelle (entre l'atome et la molécule). La distinction de ces deux termes passe par leur définition respective et distincte. La distinction consiste à dire en quoi l'atome est différent de la molécule. Les distinctions entre ces deux concepts doivent correspondre aux références conceptuelles suivantes :

Atome : entité extrêmement petite et électriquement neutre qui entre dans la constitution de la matière (selon le programme en vigueur).

Molécule : assemblage électriquement neutre et formé d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes

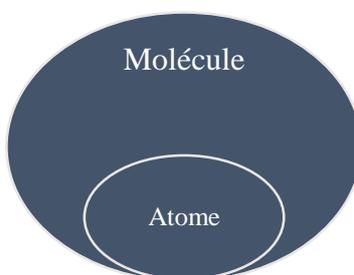


Figure 15. Maquette de présentation des concepts connexes à celui de la « molécule » (fait à partir du logiciel Tropes). Source : Enquête de terrain, mai 2024

Par ailleurs, il existe d'autres concepts connexes aux concepts d'atome et de molécule à savoir : *le modèle atomique et le modèle moléculaire, le symbole chimique d'un atome et la formule brute d'une molécule*, qui sont entre autres, des signes iconiques aux sens de Peirce. Les distinctions entre ces deux concepts connexes aident à la distinction entre la molécule et l'atome, et doivent correspondre aux références conceptuelles suivantes :

▪ **Modèle atomique :**

- Il s'agit d'une représentation imagée d'un atome et donc d'un signe iconique peircien ;

- À ce niveau, l'atome est représenté par une petite boule colorée en polystyrène ou en pâte à modeler ; ou par un cercle dessiné à l'aide d'un papier/crayon ;
- ici est mis en avant l'idée selon laquelle, les atomes comme plus petits éléments constitutifs de la matière peuvent être représentés en modèles (comme le pense Démocrite) ;
- de plus, les tailles des boules colorées ou les rayons des cercles varient, en fonction du type d'atome. Plus la masse d'un atome est grande, plus la boule colorée ou le cercle qui le représente est aussi grande ou grand.

- **Modèle moléculaire : c'est un signe iconique au sens peircien**

- C'est la modélisation d'une molécule qui permet de représenter et de visualiser la forme moléculaire dans l'espace ;
- Il s'agit de la représentation d'une molécule ;
- Ici, la molécule est physiquement représentée, en négligeant sa structure interne ;
- elle se fait par construction et permet de représenter une molécule.

- **Formule brute : c'est un signe iconique au sens peircien qui est devenue une convention et donc, un symbole.**

- ce signe iconique conventionnel, permet de représenter la molécule en utilisant les symboles (lettres de l'alphabet français) des atomes ;
 - la formule brute permet de voir directement l'indice des atomes, afin de déterminer l'atomicité d'une molécule ;
 - elle permet également d'identifier une molécule et de déterminer sa composition.

- ***La culture du signe iconique non commune à la classe***

Le signe iconique que le chercheur (qui a joué le rôle d'enseignant), a utilisé en classe ne fait pas vraiment partir de la culture des apprenants de chimie en 3^{ème} comme dans toutes les autres classes du secondaire. Les apprenants de chimie de ce niveau ont plutôt une connaissance des modèles moléculaires soit dans leurs formes éclatées, soit dans leurs formes compactes ou encore dans leurs formes symboliques (formules brutes).

Il nous semble important de souligner que la culture des apprenants des modèles moléculaires conventionnels, est une connaissance dogmatique qu'ont les apprenants de la construction et représentation de la molécule. Ceci, parce que les modèles moléculaires sont enseignés aux apprenants directement dans leurs formes institutionnalisées. Il y a donc à ce niveau une logique du donné dans l'enseignement des modèles moléculaires. Ceux-ci sont donnés aux apprenants comme connaissance déclarative. Or, chez l'apprenant, la seule connaissance déclarative sur la modélisation moléculaire ne suffit pas pour exécuter une

représentation moléculaire d'une molécule. En plus de la connaissance déclarative, l'apprenant à encore besoin d'une connaissance procédurale sur la modélisation moléculaire. En plus d'être capable d'énoncer le savoir théorique, la connaissance procédurale lui permettra d'avoir des connaissances nécessaires à la réalisation des différentes formes de modèles moléculaires de différentes molécules.

C'est cette connaissance procédurale qu'apporte le signe iconique. Nonobstant son non appartenance à la culture de la classe, le signe iconique s'avère nécessaire pour le passage du nom de la molécule à l'écriture de la formule brute de la molécule en passant par la représentation de son modèle moléculaire. Ceci d'autant plus que, les différents modèles moléculaires ne sont que des signes iconiques en tant que différentes manières institutionnalisées de la représentation d'une molécule. Cependant, pour mieux comprendre les formes des modèles moléculaires institutionnalisées, il est important que les apprenants partent des constructions de leurs propres formes ou signes iconiques.

❖ *Analyse de contenu du concept de molécule de la séance et du rôle du signe iconique*

Avant toute chose, il s'agit de, mettre les élèves en confiance, car, certains auraient peur ou jugeraient de difficile dès l'entame de la séance, à cause de leur inculture commune au signe iconique. Il est important qu'ils se sentent capables à pouvoir travailler avec cette nouvelle connaissance du signe iconique. Il s'agit surtout de les aider à acquérir une meilleure conceptualisation (identifier la molécule par ses éléments constitutifs, la nommer, la représenter la molécule par ses modèles moléculaires sa formule brute, déterminer son atomicité) de la « molécule » à partir du signe iconique.

▪ **Habilité 1 : sur la distinction des éléments constitutifs de la molécule**

L'activité 1, montre un travail de base sur la distinction notionnelle entre l'atome et la molécule par le biais du travail d'analyse des 15 épisodes de la séance (nous reviendrons plus précisément sur l'utilisation du signe iconique par les apprenants), nous dégagons la différence entre atome et molécule. À la question de l'enseignant sur la définition de l'atome, les apprenants, pendant la quête de la réponse, vont se rendre compte de la différence l'atome et la molécule.

Même si avant de débiter les activités, les apprenants n'ont pas encore une idée claire de ce qu'est une molécule, la connaissance de l'atome en terme de définition est une base dont va se servir l'enseignant pour la conceptualisation de la « molécule ».

La conceptualisation de la « molécule » passe par la référence et la distinction vis-à-vis du concept d'atome. La manipulation fréquente du concept d'atome indique une certaine maîtrise dans sa définition propre acquise progressivement pendant les activités d'apprentissage sur le concept de molécule. Quelques épisodes de la séance le démontrent :

- Atome ≠ molécule

- **P** : [Avant d'entrer dans le vif du sujet, qui peut nous rappeler la définition d'un atome ?] (Demande de la distinction notionnelle).
- **A4G4** : Un **atome** est une entité extrêmement petite qui entre dans la constitution de la matière. [Episode 1 de la séance avant le début des activités d'apprentissage]. (Donné de manière certaine).
- **P** : A-t-il raison ? [Episode 4 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes]. (Stratégie de contrainte).
- **A3G1** : (...) (ton assuré) un **atome** est un type de constituant de la matière. (...) un **atome** est une entité extrêmement petite qui entre dans la constitution de la matière. [Episode 4 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].
- **A2G1** : Ah oui (...) l'**atome** est une entité qui n'est pas liée à une autre entité atomique, alors que la **molécule**, est un groupe d'atomes. (Donnée qui lui vient de manière soudaine en rappel mémoire) [Episode 4 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].
- **A3G1**: (en ajustement à la définition de son camarade) Il faut alors préciser, un groupe **d'atomes** liés entre eux (renchérit la définition de la **molécule**). [Episode 4 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].
- **A8G2** : (ton assuré) (...) un **atome** est électriquement neutre. Cela veut dire qu'une **molécule** est aussi électriquement neutre. Donc, une **molécule** est un assemblage électriquement neutre formé **d'atomes** liés entre eux par des liaisons. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].
- **A3G1** : Il n'y a pas de différence entre association **d'atomes** et groupes **d'atomes**. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes]. (Distinction notionnelle).
- A7G2** : (Idée de confiance) Moi je peux aussi dire qu'une **molécule** est une association **d'atomes** liés entre eux par des liaisons. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].

P : Toutes les définitions que vous venez de donner sont acceptables. Cependant, il faudrait que chaque atome ait des caractéristiques qui lui sont propres et donc, un **atome** ne se lie pas avec un autre de façon hasardeuse. Cet assemblage **d'atomes** est ordonné et ces **atomes** sont liés par des liaisons covalentes. (Explication, reformulation/ fixation de l'enseignant).

- **A9G3** : (sans hésitation) Une **molécule** est un assemblage électriquement neutre et ordonné **d'atomes** liés entre eux par des **liaisons** covalentes. [Episode 6 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes]. (**définition de synthèse formalisée à la fin de l'activité 1**). (Synthèse de l'apprenant).

Ces définitions ont permis la manipulation des atomes étudiés lors de la séance indiqués par l'enseignant :

- **P** : Alors, observez les formes iconiques des atomes : **Oxygène; Hydrogène; Carbone; Chlore; Azote**. [Episode 6 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur la représentation iconique d'une molécule à partir de son nom]. (Stratégie d'illustration).

- Modèle atomique ≠ modèle moléculaire

- **P** : Les autres camarades, sont – ils d'accord avec ce raisonnement ? [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes]. (Stratégie de contrainte).
- **A5G2**: (*Idee de confiance*) Madame, on peut aussi dire qu'il s'agit des **modèles moléculaires**, parce que dans le cas des atomes, on a aussi parlé de **modèles atomiques**. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].
- **A6G2**: (*Objection d'une idée*) Ne confond pas (...), les **modèles atomiques** représentent les atomes. Par exemple, l'oxygène est représenté par une boule rouge. Donc, les **modèles moléculaires** représentent les molécules, parce qu'on va aussi associer les boules colorées pour représenter une molécule par son **modèle moléculaire**. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].

- Le rapport au savoir

Les apprenants ont l'habitude d'échanger en classe sur la différence entre certains concepts complexes. Toutefois, la bonne réponse de l'apprenant n'est pas ce que l'on attend en premier des apprenants mais, nous attendons des idées qui pourront aider les pairs à construire ensemble des connaissances sur le concept en étude. Au regard de la première activité, on constate que les apprenants construisent eux-mêmes leurs propres connaissances au sein du groupe et de manière autonome. Ils émettent des idées ou des objections d'idées par la critique.

Quelques exemples en rappel :

- (*Idee de confiance*) Moi je peux aussi dire qu'une **molécule** est une association **d'atomes** liés entre eux par des liaisons. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].
- (*Idee de confiance*) Madame, on peut aussi dire qu'il s'agit des **modèles moléculaires**, parce que dans le cas des atomes, on a aussi parlé de **modèles atomiques**. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].
- **A6G2**: (*Objection d'une idée*) Ne confond pas (...), les **modèles atomiques** représentent les atomes. Par exemple, l'oxygène est représenté par une boule rouge. Donc, les **modèles moléculaires** représentent les molécules, parce qu'on va aussi associer les boules colorées pour représenter une molécule par son **modèle moléculaire**. [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes].

La logique du construit des apprenants sur la distinction conceptuelle entre l'atome et la molécule place l'enseignant dans une posture d'accompagnateur. Sans toutefois influencer les idées des apprenants, l'enseignant passe par des stratégies de contraintes pour remettre en question l'idée de l'apprenant afin de mieux l'orienter vers la connaissance véritable. Pour ce faire, l'enseignant emploie l'interrogation (de l'idée donnée par un apprenant).

Voici des exemples :

- **P** : A-t-il raison ? [Episode 4 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes]. (Stratégie de contrainte).
- **P** : Les autres camarades, sont – ils d'accord avec ce raisonnement ? [Episode 5 de la séance pendant l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes]. (Stratégie de contrainte).

Les apprenants ont bien réagi aux stratégies de contraintes de l'enseignant. Ce qui a permis quelques idées véritables sur la distinction notionnelle tout en leur permettant de construire l'habileté (H1—savoir distinguer une notion d'une autre). On peut alors retenir des apprenants les idées suivantes de l'activité 1 (qui démontre leur habileté H1) :

1) Problématique de la fréquence : l'atome fait-il partir de la molécule ?

2) Idées essentielle de confiances :

- (*Idee de confiance*) Moi je peux aussi dire qu'une **molécule** est une association **d'atomes** liés entre eux par des liaisons.
- (*Idee de confiance*) Madame, on peut aussi dire qu'il s'agit des **modèles moléculaires**, parce que dans le cas des atomes, on a aussi parlé de **modèles atomiques**.

3) Idée d'intensité et de rareté :

- (*Ton assuré*) un **atome** est électriquement neutre. Cela veut dire qu'une **molécule** est aussi électriquement neutre. Donc, une **molécule** est un assemblage électriquement neutre formé **d'atomes** liés entre eux par des liaisons.

4) Idée de synthèse :

- Une **molécule** est un assemblage électriquement neutre et ordonné **d'atomes** liés entre eux par des **liaisons** covalentes. [Episode 6 de la séance pendant *l'activité 1 d'apprentissage sur l'identification d'une molécule et ses éléments constitutifs et ses formes*]. (**définition de synthèse formalisée à la fin de l'activité 1**). (Synthèse de l'apprenant).

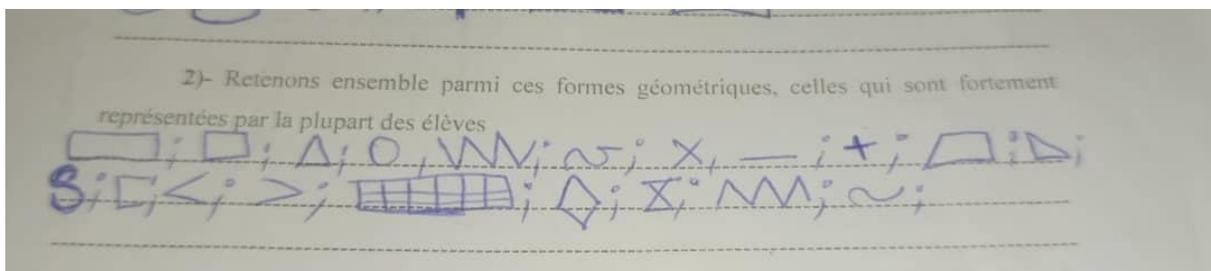
- Sur l'utilisation du signe iconique par les apprenants lors de l'activité 1

Les apprenants ont utilisé le signe iconique pour avoir dans la réalité une représentation de l'atome et de la molécule (tâche 2 et tâche 3), car les signes iconiques aident à représenter les atomes et les molécules en leur absence. C'est sur la base de l'observation des deux représentations (de l'atome et de la molécule) qu'offrent les signes iconiques que l'apprenant peut mieux percevoir une distinction entre ces deux concepts (tâche 4). Mais au préalable les apprenants doivent connaître ce qu'est un signe iconique et savoir le dessiner en ses multiples formes (tâche1).

Sur la tâche 1, les apprenants mettent moins de temps. Ce qui signifie qu'ils ont compris rapidement ce qu'est un signe iconique (*une forme* géométrique par exemple) et peuvent donc aisément les dessiner. Au total voici ce que les apprenants ont dessiné comme formes géométriques d'un signe icone :

Le cercle (17 fois), le rectangle (17 fois), le triangle (17 fois), le cylindre (03 fois), le carré (17 fois), le signe de l'égalité (13 fois) , le signe de la multiplication (10 fois), la lettre L (05 fois), le zigzag orienté vers le haut (10 fois), le zigzag orienté vers le bas (11 fois), la lettre v en minuscule (13 fois), la lettre S en majuscule (17 fois), le signe plus petit que (15 fois), le signe plus grand que (15 fois), le tiret (10 fois), le signe + (11 fois), le trapèze (17 fois), le rectangle avec des grilles (09 fois), le losange (10 fois), un rectangle ouvert d'un côté (10 fois) ; la courbe (13 fois), le signe de fois fermé au-dessus et au-dessous (16 fois). [Episode 1—tâche 1 de l'activité 1].

Sur la base du plus grand pourcentage, vingt (20) formes géométriques étant l'échantillon le plus représentatif ont été retenues pour usage lors de cette séance d'activité. Ces 20 signes iconiques sont présentés ici en dessous :



Source : Enquête de terrain, mai 2024

À la fin de cette tâche 2, le discours de l'enseignant est le suivant :

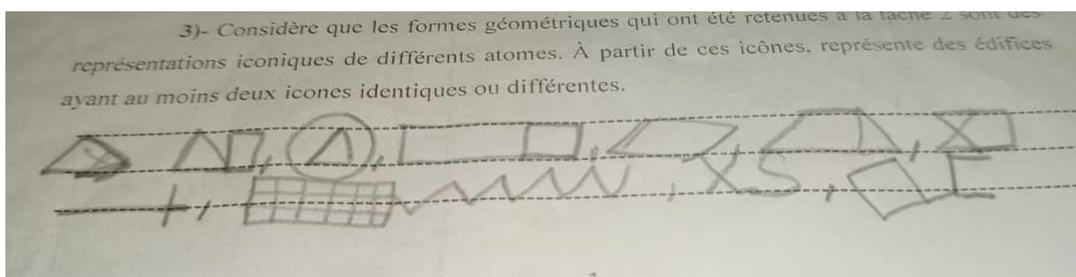
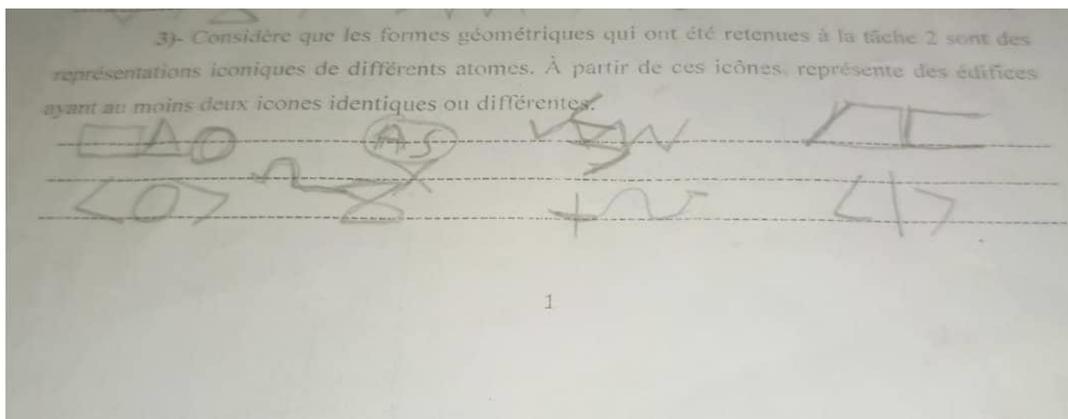
- **P :** Les formes que vous venez de dessiner s'appellent des icônes ou des signes iconiques qui représentent des objets en leur absence. Donc, une icône est une image d'un objet. Considérons donc que, les formes géométriques qui ont été retenues à la tâche 2 sont des représentations iconiques de différents atomes. [Episode2 —tâche 2 de l'activité 1].

L'enseignant se sert des signes iconiques majoritairement dessinés par les apprenants pour les fixer, c'est-à-dire leur faire connaître ce qu'est un atome et comment on peut le représenter en réalité en se servant de ces signes iconiques. Certes, à ce niveau il n'est pas possible de savoir si les apprenants peuvent déjà différencier l'atome de la molécule par l'usage de ces signes iconiques. Mais ils semblent avoir perçu les figures possibles de représentation d'un atome en réalité.

Toujours dans l'optique de distinguer l'atome de la molécule, l'enseignant demande aux apprenants d'effectuer le tâche 3. Son discours est le suivant :

- **P :** À partir de ces icônes, représentez des édifices ayant au moins deux icônes identiques ou différentes. [Episode2 —tâche 3 de l'activité 1].

Il n'a pas fallu beaucoup de temps aux apprenants pour déterminer la tâche demandée. Ce qui signifie qu'ils maîtrisaient ce que l'on appelle « édifice ». Et avec les formes de signes iconiques disponibles, il a été facile pour eux de représenter les édifices suivants :



Source : Enquête de terrain, Mai 2024

De manière comparative et descriptive sur les formes iconiques dessinées à la tâche 2 et 3, va être entamée la distinction entre l'atome et la molécule ou plus précisément la distinction entre le modèle atomique et le modèle moléculaire. À ce propos, l'enseignant demande :

- **P** : pour la tâche 4, existe – t-il une différence entre les représentations iconiques de la tâche 3 et celle de la tâche 2 ? Si oui, laquelle ? [Episode2 —tâche 4 de l'activité 1].

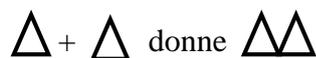
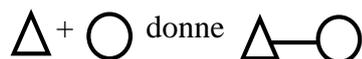
Il est à constater que, lors de cette épisode (2), les apprenants se servent des caractéristiques distinctives des signes iconiques dessinées à la tâche 2 et celles à la tâche 3 pour faire la distinction entre un atome et une molécule ou entre le modèle atomique et le modèle moléculaire. Voici les passages des épisodes (2-6) qui montrent que les distinctions entre la molécule et l'atome ou entre le modèle atomique et le modèle moléculaire se font sur la base observationnelle des signes iconiques dessinés.

- **P** : pour la tâche 4, existe – t-il une différence entre les représentations iconiques de la tâche 3 et celle de la tâche 2 ? Si oui, laquelle ? [Episode2 —tâche 4 de l'activité 1]. (En rappel).
- **A1G1** : (*En observant*) Oui Madame ! Hum Madame, les icônes de la tâche 2 ne se touchent pas, par contre, celles de la tâche 3 se touchent. [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **P** : est – ce vrai ? (stratégie de contrainte pour vérifier l'observation de l'apprenant). [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **A1G1** : (*assuré de son observation*) oui Madame ! [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **P** : Que chacun écrive donc, la différence qu'il a notée sur sa fiche d'activités. (stratégie de vérification de l'observation des apprenants). [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **A2G1** : Madame, moi je constate qu'au niveau de la tâche 2, il n'y a pas assemblage des icônes, alors qu'à la tâche 3, il y en a. (observation de l'apprenant). [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **P** : êtes – vous d'accord avec votre camarade ? (stratégie de contrainte pour vérifier l'observation de l'apprenant). [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].

- **A2G1** : (Assuré) oui Madame ! Même comme ça revient encore à ce que notre camarade a d'abord dit. [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **P** : Oui effectivement, à la tâche 2, les icônes ne sont pas assemblées, tandis – qu'à la tâche 3, elles le sont. (confirmation de l'observation de l'apprenant). [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].

Cette première séquence d'épisodes montre comment les apprenants se sont appuyés sur l'observation des signes iconiques dessinés à l'aide du papier/crayon, pour distinguer la molécule de l'atome. À ce niveau encore, le style descriptif du texte sur les propositions de cet épisode montre que les apprenants décrivent les signes iconiques retenus à la tâche 2 et 3 afin d'en ressortir les éléments caractéristiques distinctifs propres à l'ensemble des signes iconiques des deux tâches (1 et 2). À ce propos, une relance de l'enseignant permet aux apprenants de donner les caractéristiques de l'ensemble des signes iconiques des deux tâches (1 et 2).

- **P** : Quel nom pouvez – vous donc donner à l'ensemble d'édifices que vous avez représentés à la tâche 3 ? [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1]. (stratégie de vérification de l'observation de l'apprenant).
- **A2G1** : (*ton assuré*) Une liaison. [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **P** : Pourquoi ? (recherche d'explication). [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **A2G1** : (*ton assuré*) Parce qu'en dessinant, on liait les différentes icônes entre elles par des liaisons. [Episode 3 —tâche 4 de l'activité 1].
- **P** : êtes – vous d'accord avec votre camarade ? (stratégie de contrainte). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A1G1** : (*ton assuré*) Non Madame ! [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **P** : Pourquoi ? (recherche d'explication). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A1G1** : hum Madame, la liaison permet seulement de lier les atomes ! (remise en question d'une idée exposée ultérieurement). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **P** : Que proposes – tu donc ? (recherche d'information). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A1G1** : Il s'agit plutôt des atomes. [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **P** : Ah bon ! (stratégie de contrainte). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A1G1** : (*ton incertain*) hum hum ! Madame, attendez un peu, je réfléchis ! [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A2G1** : (*De manière mimétique*) Il s'agit plutôt des atomes. [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **P** : Comment justifies – tu as réponse ? (recherche d'information). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A2G1** : Oui Madame, la tâche 3 dit que les icônes retenues à la tâche 2, sont des atomes. Lorsqu'on lie les atomes entre eux, on a un atome plus gros. C'est la raison pour laquelle, j'ai dit, qu'il s'agit des atomes. [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1]. (Entendement de l'apprenant). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **P** : Donc pour toi, un atome lié à un autre atome identique ou non, forme un nouvel atome ? (recherche d'information). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A2G1** : (*Ton assuré*) Mais oui Madame ! En fait, un atome plus un autre atome forme un atome plus gros qui est différent des atomes qui se sont associés. [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **P** : Va le représenter au tableau. (stratégie de confrontation de connaissances). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A2G1** :



- **P** : As t – il raison ? [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A3G1** : (*Ton assuré*) Non Madame ! Ses dessins ne sont pas faux. Mais je ne suis pas d'accord avec lui, parce qu'un atome est un type de constituant de la matière que nous avons vu la dernière fois avec le Professeur. Et nous avons rappelé au début de nos activités qu'un atome est une entité extrêmement petite qui entre dans la constitution de la matière. Donc, on ne peut plus diviser un atome, par contre, on peut diviser

cette icône  pour retrouver les icônes  et  de départ et qui représentent des atomes. (Idée de démonstration). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].

- **A4G1** : (*ton assuré*) Madame, lorsque les atomes sont liés, ils forment un autre type de constituants de la matière qu'on appelle la molécule (raisonnement déductif de l'apprenant). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].
- **A2G1** : (*ton de satisfaction*) Ah oui, Madame, c'est ça ! parce que l'atome est entité qui n'est pas lié à une autre entité atomique, alors que la molécule, est un groupe d'atomes. (corroboration à un raisonnement). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].

Sur cette séquence d'épisodes, on peut voir la résolution d'un conflit cognitif chez l'A2G1 grâce à l'utilisation des signes iconiques. Chez l'A2G1, il y a une confrontation entre son idée et sa représentation de l'atome. Ce conflit cognitif est reconnu chez l'A1G1 par son ton incertain. La résolution de ce conflit est entreprit par l'A4G1. Celui-ci procède par démonstration où, il fait observer à l'A1G1 deux représentations iconiques (l'une liant deux atomes et l'autre disposant séparément les atomes). À l'observation de ces deux représentations iconiques distinctes, l'A1G1 constate immédiatement une particularité : celle de la *liaison* qui apparaît au niveau des signes iconiques liés. Cette observation permet à celui-ci de distinguer clairement l'atome de la molécule lorsque l'A4G1 expose son raisonnement. C'est donc sur une assise observationnelle des signes iconiques que la distinction entre la molécule et l'atome a été aisément faite par l'A1G1 car son ton satisfait le démontre.

▪ **Habilité 2 : Sur la représentation iconique d'une molécule :**

L'activité 2 concerne la représentation d'une molécule à partir de signes iconiques. Il s'agit de représenter la molécule par son modèle moléculaire. Ici, la représentation d'une molécule par un modèle moléculaire, passe par l'identification des signes iconiques retenus à la tâche 2. L'objectif de l'activité est d'apprendre aux apprenants la représentation d'une molécule par les deux types de modèles moléculaires, à savoir : le modèle moléculaire éclaté et le modèle moléculaire compact. Ainsi, pour l'activité 2, il est donné pour chaque signe iconique un atome correspondant. Une série d'exemple de modèle atomique est ici donnée par l'enseignant de la façon suivante :

- **P** : Alors, observez les formes iconiques des atomes,  Oxygène  Hydrogène  Carbone  Chlore  Azote, que j'ai représentées au tableau et qui sont inscrites sur vos fiches. [Episode 6 —tâche 1 de l'activité 2]. (présentation des formes iconique d'atome).

L'accomplissement de cette tâche se fait avec deux précisions utiles, telles que données par l'enseignant comme suit :

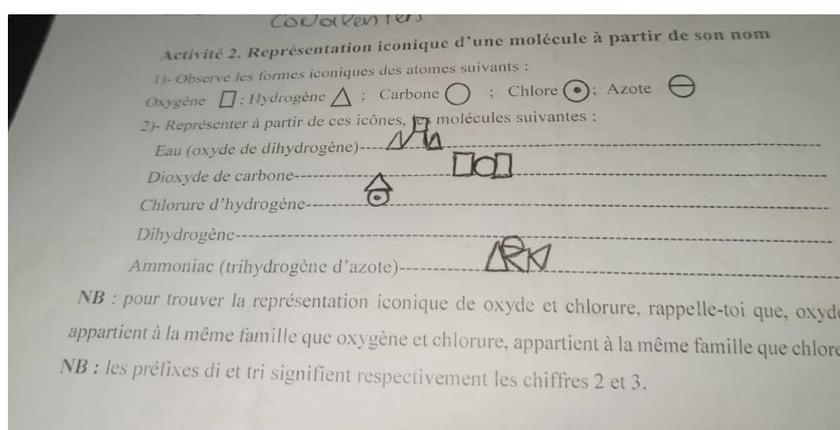
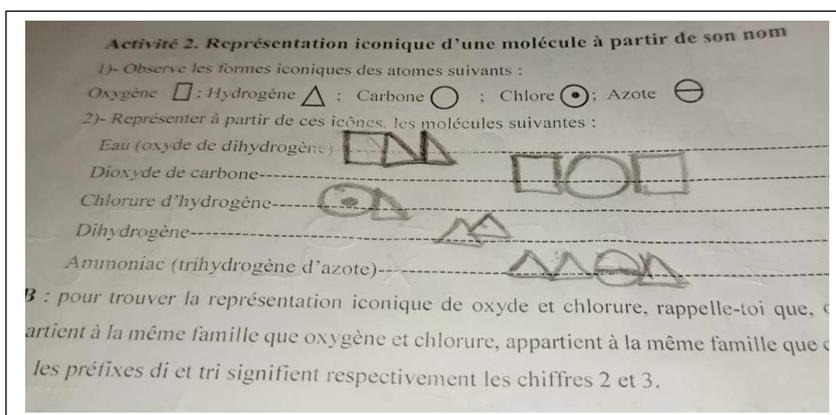
- **P** : Rappelle – toi que, pour trouver la représentation iconique de oxyde et de chlorure, oxyde appartient à la même famille que oxygène et chlorure, appartient à la même famille que chlore. [Episode 6 —tâche 1 de l'activité 2]. (point de précision).
- **P** : Souviens – toi également que, les préfixes di et tri signifient respectivement les chiffres 2 et 3. [Episode 6 —tâche 1 de l'activité 2]. (point de précision).

Ces précisions sont d'autant plus importantes, car elles vont permettre aux apprenants de connaître nommer un atome (le chlore, l'oxygène, ...) lorsque celles-ci sont liées à un autre atome. Elles vont aussi permettre à l'apprenant de savoir comment nommer ou dénombrer la double ou triple représentation d'un atome dans une molécule.

- **Sur l'utilisation du signe iconique par les apprenants lors de l'activité 2**

Il s'agit de montrer en quoi l'utilisation des signes iconiques aide dans la représentation d'une molécule.

Pour l'exécution de la tâche, tout semble se faire rapidement. Ce qui pourrait signifier que les apprenants comprennent véritablement avec cette façon de se servir des signes iconiques, la représentation des molécules par leurs modèles moléculaires. Cette hypothèse peut également être confirmée, lorsque les représentations suivantes des apprenants sont examinées:



Source : Enquête de terrain, mai 2024

Parmi les fiches d'activités nous avons choisi deux fiches représentatives du travail des apprenants. Sur les représentations moléculaires des molécules à l'étude, notre attention est

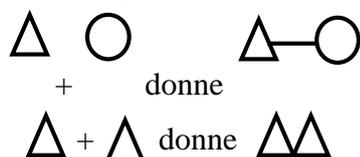
portée sur le cas de la molécule d'eau (H_2O). On observe sur ces deux fiches d'activités deux modes de représentation de la molécule de *dioxyde de carbone* (CO_2) par le modèle moléculaire éclaté d'une part et par le modèle moléculaire compact d'autre part.

Il est important de rappeler qu'aucune précision sur le type de modèle moléculaire à utiliser pour représenter les molécules étudiées n'a pas été imposée aux apprenants par l'enseignant. Ce qui signifie que, dans le cas de la molécule d'eau (H_2O), ces deux modes de représentations moléculaires ont été élaborées par les apprenants eux-mêmes indépendamment de toute connaissance déclarative. De ce fait, la question qui serait en droit d'être posée est celle de savoir: *comment les apprenants sont arrivés à déterminer deux modes de représentations moléculaires de la molécule ?* Il ne s'agit sans aucun doute d'un hasard. Ceci n'est possible que par l'usage du signe iconique peircien car, selon Peirce (1978), une chose ou un objet peut être représentée par n'importe quel signe, ce qui importe est la ressemblance entre cette chose et le signe qui le représente, non pas au niveau pictural, mais plutôt au niveau des propriétés de cette chose. l'A2G1 avait déjà ressorti ces deux modes de représentations moléculaires. Le discours ci-dessous de A2G1 le confirme.

➤ **A2G1:** (*Ton assuré*) Mais oui Madame ! En fait, un atome plus un autre atome forme un atome plus gros qui est différent des atomes qui se sont associés. [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].

➤ **P :** Va le représenter au tableau. (stratégie de confrontation de connaissances). [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1].

➤ **A2G1 :**



▪ **Rapport au savoir**

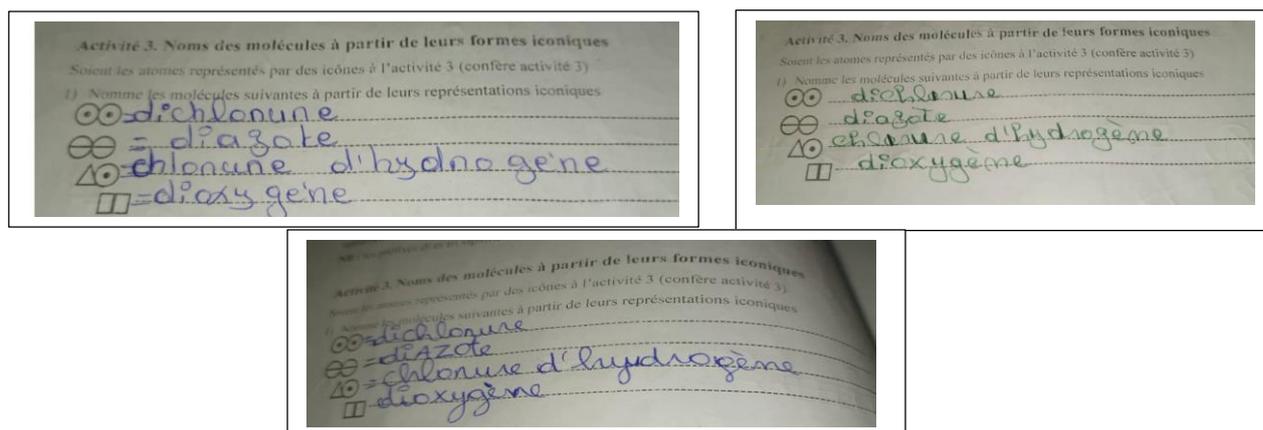
La connaissance sur la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire est un construit. Ici, la logique du construit est la démarche suivie par la classe. Sur la base des modes de représentations des édifices, les apprenants co-construisent (avec l'enseignant), les modes de représentations d'une molécule. Cette co-construction se passe pendant l'effectuation d'une tâche précise. Et ce n'est qu'après avoir construit la représentation moléculaire d'une molécule que l'enseignant fixe le produit en termes de connaissance déclarative :

➤ **P :** C'est exact. Alors, sachez que, lorsqu'un modèle moléculaire d'une molécule ne ressort pas les liaisons entre les atomes de cette molécule, on parle de modèle moléculaire compact et dans le cas contraire, on parle de modèle moléculaire éclaté. [Episode 4 —tâche 4 de l'activité1]. (fixation du produit de connaissance).

Les deux modes de représentation moléculaires de la molécule n'ont donc pas été donnés de manière déclarative par l'enseignant. Mais, elles sont le produit d'une connaissance procédurale indiquant les voies et moyens pour aboutir à cette connaissance déclarative.

Habilité 3 : Sur la dénomination des molécules les noms des molécules à partir de leurs formes iconiques

L'activité 3 vise à exercer les apprenants à donner les noms des molécules à partir de leurs formes iconiques. Il s'agit de partir de la représentation moléculaire de la molécule (ou signes iconiques) pour nommer une molécule. Cette activité se fait sur des fiches. Voici en exemples trois fiches d'apprenants sur cette activité qui ont retenu notre attention :



Source de terrain : mai 2024

Sur ces trois fiches d'activités, le constat qui est fait est que : les apprenants ont trouvé le nom exact des molécules données à l'exception d'une molécule : le *dichlore* (Cl_2). Ils l'ont plutôt nommé « *dichlorure* » : ce qui est une erreur. Cette erreur est sans doute due au fait que lors des constructions précédentes [Episode 6 —tâche 1 de l'activité 2] l'enseignant a omis de préciser que lorsque le chlore est lié à un atome différent de lui, il porte le nom de « *chlorure* de cet (atome) ». Exemple : Chlorure d'hydrogène (HCl). L'omission de cette précision et son rappel durant l'activité a créé un conflit cognitif chez ces trois apprenants. Toutefois, cela n'exclue pas qu'à l'exception de ceux-ci, tous les autres apprenants ont pu donner les noms exacts des molécules en études.

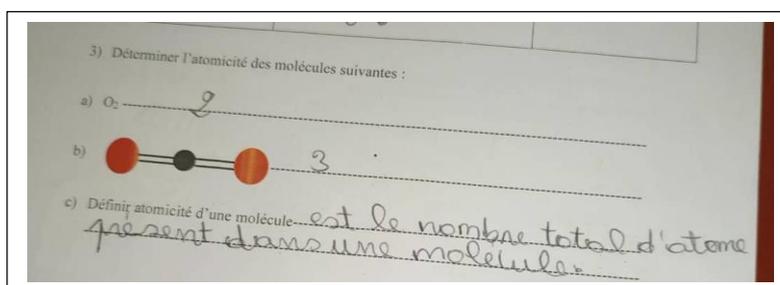
- **Le rapport au savoir**

L'erreur des apprenants sur la dénomination du *Chlorure d'hydrogène* (HCl) montre que, la connaissance des apprenants lors de cette activité est construite sur la base des connaissances acquises lors des précédentes activités. Il n'y a pas donc un oubli rapide des connaissances construites précédemment chez les apprenants. Par ailleurs, cette erreur est le signe d'une connaissance qui se construit chez l'apprenant.

- **Le rôle des signes iconiques dans la dénomination des molécules**

Les signes iconiques ont servi aux apprenants à donner le nom des molécules car ils permettent une lecture facile des composantes (atomes) de la molécule et des liaisons y afférentes. Ainsi, les apprenants ont adopté comme méthode de dénomination d'une molécule, la démarche qui consiste à partir de la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire (ou signe iconique) pour donner le nom de la molécule.

Par ailleurs, il faut également souligner que les signes iconiques aident dans la détermination de l'atonicité d'une molécule. Avec les signes iconiques, les apprenants peuvent facilement identifier ou dénombrer le nombre total d'atomes présents dans une molécule. Voici un exemple :



Source de terrain : mai 2024

Il est important de souligner qu'en classe, les apprenants donnaient la représentation d'une molécule par son modèle moléculaire conçu à partir des boules colorées ou alors à partir d'un dessin réalisé sur papier/crayon avec des ronds coloriés. Ces boules colorées ou ces ronds coloriés, symbolisant les différents atomes présents dans la molécule. Ils représentaient également les molécules par leurs différentes formules brutes. Que ce soient les modèles moléculaires des molécules conçus matériellement ou immatériellement, dans ces cas, désignent aussi des signes iconiques au sens de Peirce, sauf que ces signes iconiques, parcequ'elles ont été adoptés par toute la communauté scientifique, deviennent des conventions et donc des symboles. La conséquence dans l'enseignement/apprentissage de la chimie en général et dans la construction du concept de molécule par les apprenants de 3^{ème} en particulier est que, ces signes conventionnels qui répondent à la logique du donné, lequel, obéit au modèle transmissif, qui veut que l'apprenant, soit considéré comme un réceptacle. Pourtant, dans un contexte comme celui du Cameroun, qui prône la mise en œuvre de l'APC, le rapport au savoir devrait se décliner dans la logique du construit, car, c'est à travers ce type de rapport au savoir que l'apprenant, parvient lui-même à construire ses propres connaissances et par la suite de développer des compétences, pour résoudre des problèmes concrets dans son environnement.

Il ne s'agit pas de supprimer ces conventions, mais plutôt, de faire comprendre aux élèves le pourquoi et le comment de ces conventions que les apprenants prennent comme des dogmes et s'efforcent à les retenir, tout en manifestant des difficultés de compréhension. L'enseignant, pourrait par exemple partir des représentations iconiques des élèves et aboutir aux représentations institutionnalisées. Le chemin, partant des signes iconiques dessinés par les élèves, à l'aide d'un papier/crayon vers les représentations iconiques conventionnelles doit être tracé et parcouru par l'élève lui-même, à travers une démarche didactique bien ficelée et guidée par l'enseignant. D'où l'activité 4 de la présente étude qui a permis aux apprenants de parcourir ce chemin, en jouant avec les signes iconiques ou en les manipulant. Il s'agit, soit de nommer une molécule, soit par son modèle moléculaire, soit par sa formule brute, de représenter une molécule par son modèle moléculaire ou par sa formule brute, à partir uniquement de son nom et vice versa.

En conclusion.

Dans cette séance d'activité, ce sont les apprenants qui ont surtout construit les connaissances autour du concept de molécule. Les signes iconiques ont essentiellement pour rôles : de permettre une observation et une représentation de la molécule ; ils aident à l'identification des composantes de la molécule et à la lecture du nom de la molécule. D'où l'efficacité ou sa pertinence dans la construction du concept de molécules dans l'Enseignement/Apprentissage de la chimie. Toutefois, faire référence aux signes iconiques pour une meilleure conceptualisation de la molécule n'est pas une connaissance spontanée. Au contraire, cette connaissance relève d'un apprentissage. Il faudrait alors que les apprenants s'exercent à répétition pour maîtriser avec le temps l'utilisation des signes iconiques afin de développer les habiletés H1 ;H2 et H3 de la taxonomie de Bloom.

4.3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET SUGGESTIONS

Le précédent chapitre de ce travail de recherche, fondée sur une recherche mixte, a servi à la présentation et à l'analyse de données qualitatives et quantitatives, collectées auprès de notre échantillon, sur le terrain (C.E.S. de Ntuisong – Obala). Le présent chapitre consiste alors, à faire une interprétation des résultats obtenus, dans l'optique de donner une explication à ces résultats. Rappelons que, l'interprétation selon Deniers (1982), consiste à donner une « *argumentation logique qui a pour but de situer vos résultats quant – à – leur portée* ». Afin d'effectuer une interprétation pertinente dans le cadre de ce travail de recherche, un bilan des analyses qui ont été précédemment réalisées sera fait. L'interprétation des résultats proprement dit, est en lien avec le cadre théorique (théorie sémiotique de Charles Sanders Peirce dans

lequel, s'inscrit cette étude ainsi que des théories explicatives du sujet d'étude qui ont été convoquées. À l'issue de cette interprétation, des suggestions sont faites.

4.3.1. Interprétation des résultats

Cette interprétation est faite à la lumière des hypothèses de recherche de la présente étude. En guise de rappel, trois analyses de résultats ont précédemment été effectuées. Il s'agit d'une analyse quantitative (descriptive) des données recueillies pendant les trois phases de l'expérimentation (pré-test, test et post-test). Ensuite, une analyse qualitative a été faite à partir du corpus obtenu à l'issue de la transcription de l'enregistrement vidéoscopique à l'aide du papier/crayon et enfin, une analyse à posteriori avec validation interne a aussi été réalisée. À titre de rappel, l'hypothèse principale du présent travail est: L'usage du signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez l'apprenant de la classe de troisième (13-15 ans). Deux hypothèses secondaires sont venues étayer cette hypothèse principale. Comme première hypothèse, il s'agit de : l'interprétant selon Peirce, facilite la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans). En ce qui concerne la deuxième hypothèse de recherche, elle s'énonce comme suit : le signe iconique – objet selon Peirce, permet la représentation d'une molécule et la détermination de l'atomicité d'une molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans).

Afin de vérifier l'hypothèse principale, nous avons procédé à une vérification de chacune des hypothèses secondaires.

En effet, les questionnaires (pré-test et post-test) administrés aux apprenants ont recherché à vérifier l'hypothèse principale à travers une confirmation des hypothèses secondaires. C'est aussi le cas des données collectées lors de l'expérimentation qui ont permis à travers la vérification des hypothèses secondaires de confirmer l'hypothèse principale et ainsi valider notre dispositif. Il en est de même des résultats obtenus lors de l'analyse du corpus issue de la vidéoscopie de la séance d'enseignement/apprentissage du concept de molécule en chimie à l'aide du signe iconique peircien qui ont permis de confirmer l'hypothèse principale, à travers la vérification des hypothèses secondaires.

La mise en œuvre de notre dispositif expérimental nous a permis d'expérimenter chacune des hypothèses secondaires. Les résultats des questionnaires du pré-test et du post-test dans le groupe témoin et dans le groupe expérimental et leurs analyses par le test de Student montrent d'une part qu'à l'expérimentation dans le groupe expérimental, une différence significative est notée entre les scores au pré-test et au post-test. En effet, le taux d'échec au

pré-test est de 83,00%, et de 0,00% au post-test, soit un taux de réussite de 17,00% au pré-test et un taux de 100,00% au post-test de conceptualisation de la molécule à l'aide du signe iconique peircien lorsqu'on prend en compte son volet triadique. Ce résultat très satisfaisant (100,00%) comparé à celui de Ayina (2013) qui est de 19,40% à l'issue de la construction de la particule sécable (molécule) à l'aide du signe iconique peircien ne faisant pas intervenir le système triadique de ce signe, prouve de plus en plus que le signe iconique peircien ne saurait être dissocié de l'objet, ni de l'interprétant, car c'est ensemble qui forme à la fois le signe peircien car selon Peirce (1978), « *un signe est une chose reliée sous certains aspects à un second signe, son objet de manière à ce qu'il mette en relation une troisième chose, son interprétant qui lui aussi est un signe et ainsi de suite à l'infini* ». Autrement dit, l'aspect triadique du signe sous la projection peircienne est fondamental dans la construction des concepts en chimie. Par ailleurs, la statistique t calculée (-15,83) et la faible valeur p unilatérale ($4,51E^{-11}$) permet de rejeter les deux hypothèses secondaires nulles et de conclure que les moyennes des deux groupes (G.E et G.T.) sont significativement différentes. La valeur critique de t pour un niveau de signification de 0,05 est de 2,13 supérieure au seuil de signification et à la statistique t de -15,83. Donc, les deux hypothèses secondaires nulles sont rejetées et les hypothèses secondaires formulées pour cette recherche sont confirmées. D'où, la validation de l'hypothèse principale. La conclusion qui y ressort est que : l'usage du signe iconique peircien tripartite en représentamen, objet et interprétant ou pris dans son système triadique est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de classe de troisième (13-15 ans). Par ailleurs, l'analyse de la variance à un facteur (ANOVA à 1 facteur), présente une fréquence de $F = 80,93$ et une probabilité de $2,82E^{-10}$ très inférieure au seuil de signification de 0,05. Ce résultat confirme une fois de plus que le signe iconique peircien qui représente ici, la variable indépendante a un effet positif sur la conceptualisation de la molécule, qui à son tour, est la variable dépendante. D'où, il existe bel et bien une relation de cause à effet, entre la variable indépendante (le signe iconique peircien) et la variable dépendante (construction de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans)).

En troisième analyse, la confrontation entre l'analyse à priori et l'analyse à posteriori, permet de faire une validation interne du dispositif expérimental mis en œuvre car, la comparaison entre la séquence didactique implémentée par le dispositif expérimental sur la construction du concept de molécule à l'aide du signe iconique peircien au cours de l'enseignement/apprentissage de la chimie et les compétences développées par les apprenants que confirme le questionnaire du post-test, (cf. annexe) témoigne de la bonne mise en œuvre

de ce dispositif et du développement des micro-compétences liées à la conceptualisation de la molécule.

4.3.1.1. Interprétation de l'hypothèse secondaire 1 de l'étude (HS1)

Notre première hypothèse secondaire (HS1) était que l'interprétant selon Peirce, facilite la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans). Pour Peirce (1978), l'interprétant est la représentation mentale que se fait quelqu'un par rapport au signe iconique-objet. En d'autres termes, comment l'apprenant se représente-t-il la molécule dans sa tête ? Le score de 100,00% de conceptualisation de la molécule obtenu au post-test (celui du pré-test, était de 17,00% de taux de conceptualisation de la molécule) au terme de la deuxième phase de l'expérimentation à savoir le test montre que les apprenants grâce à l'interprétant du signe, ont pu distinguer les éléments constitutifs de la molécule et ont par conséquent donné une bonne définition de la molécule. De plus, ces apprenants ont pu différencier la molécule de l'atome. Par ailleurs, l'analyse du test de Student nous a permis de vérifier cette hypothèse, car la valeur critique de t pour un niveau de signification de 5,00% est de 2,13 supérieure au seuil de signification (0,05) et à la statistique t de -0,53. Ainsi l'hypothèse secondaire 1 est acceptée. En plus de cela, l'analyse du corpus issu de la vidéoscopie témoigne de l'important rôle que joue l'interprétant dans l'identification et la définition conceptuelle de la molécule. Les apprenants ont compris le concept à travers les discussions de groupes guidées par l'enseignant, et les conflits sociocognitifs ainsi que les relances de l'enseignant. Cette démarche de conceptualisation guidée par la sémiotique de Peirce est soutenue par la théorie socioconstructiviste de Vygotsky (1957) qui prône le travail en équipe, les interactions entre les apprenants ou entre l'enseignant et l'apprenant dans son environnement. Notons que les relances ici sont des questions que l'enseignant pose aux apprenants à partir de leurs erreurs, pour créer le conflit sociocognitif et les amener à se poser les bonnes questions afin d'aboutir à la bonne réponse. Il ressort que la sous variable VI_1 (l'interprétant selon Peirce), a encore agité sur la sous variable VD_1 (Identification et définition de la molécule) de l'hypothèse secondaire 1. Donc, l'interprétant selon Peirce, facilite l'identification et la définition conceptuelle de la molécule.

4.3.1.2. Interprétation de l'hypothèse secondaire 2 de l'étude (HS2)

La deuxième hypothèse secondaire (HS2) était que le signe iconique – objet selon Peirce, permet la représentation d'une molécule et la détermination de l'atomicité d'une molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans)

Le score de 100,00% de réussite obtenu au post – test (celui du pré-test, était de 17,00% de taux de réussite), à l'issue de la deuxième phase de l'expérimentation à savoir le test, montre que les apprenants à partir de la ressemblance au niveau des propriétés qui existe entre le signe iconique peircien et l'objet représenté par ce signe, ont facilement représenté eux – mêmes une molécule par sa formule brute et son modèle moléculaire. Ils ont également pu nommer une molécule et déterminer son atomicité. Par ailleurs, l'analyse du test de Student a permis de vérifier cette hypothèse, car la valeur critique de t pour un niveau de signification de 0,05 est de 2,13 et supérieure au seuil de signification (0,05) et à la statistique t de -15,83. Ainsi l'hypothèse secondaire 2 est acceptée.

Il ressort qu'il ya eu amélioration des performances des apprenants du groupe expérimental contrairement à ceux du groupe témoin dont les performances n'ont presque pas variées de manière significative. Ceci s'explique par le fait que, le groupe expérimental a reçu l'enseignement grâce au dispositif expérimental conçu intégrant le tryptique peircien du signe iconique. Les scores du post-test démontrent avec véhémence que ces apprenants ayant bénéficié de l'enseignement/apprentissage de la chimie à l'aide du signe iconique peircien, se sont servis du signe iconique-objet pour représenter une molécule et/ou déterminer l'atomicité d'une molécule. Au regard du test d'ANOVA, il ressort que la sous variable VI₂ (le signe iconique-objet peircien) a encore agit sur la sous variable de l'hypothèse secondaire 2. À cet effet, il est clair qu'il existe un rapport de causalité entre la VI₂ et la VD₂.

En somme, l'analyse des données recueillies sur le terrain nous a permis de confirmer le cadre théorique et de valider l'hypothèse principale de l'étude par la confirmation des hypothèses secondaires (HS1 et HS2). Ces dernières ont été confirmées par les tests statistiques, par l'analyse du corpus provenant de la vidéoscopie et par l'analyse à posteriori. les tests statistiques pour leur part ont permis de confirmer que, l'usage du signe iconique peircien (VI) lié à la fois à l'objet et l'interprétant est pertinent en tant qu'outil didactique dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième} (13-15 ans), au cours de l'enseignement/apprentissage de la chimie. D'autre part, l'analyse du discours des apprenants a permis de comprendre comment le signe iconique peircien à travers l'interprétant et l'objet aide les apprenants à conceptualiser la molécule. Par ailleurs, l'analyse à posteriori a permis de valider le dispositif expérimental et de confirmer que sa mise en œuvre permet la conceptualisation du concept de molécule chez les apprenants de la classe de 3^{ième} (13-15 ans)

Les résultats obtenus ayant prouvé que l'usage du signe iconique peircien en tant qu'outil didactique est pertinent dans la conceptualisation de la molécule, il est de bon ton que

les suggestions soient faites dans l'optique d'améliorer l'enseignement/apprentissage de la chimie et la construction des concepts en chimie dans les lycées et collèges du Cameroun.

4.3.2. SUGGESTIONS

Les suggestions faites dans le cadre notre étude sont basées sur les hypothèses de recherche de cette étude. Elles s'adressent au ministère en charge des enseignements secondaires et aux enseignants.

4.3.2.1. Au ministère en charge des enseignements secondaires dans les pays à travers le monde y compris le Cameroun.

La présente étude suggère à ce ministère de :

- revoir les curricula et les manuels scolaires de Physique – Chimie – Technologie au premier cycle en général et de la classe de 3^{ème} en particulier, en introduisant une leçon sur le signe iconique pour familiariser les apprenants avec le langage du signe iconique selon Peirce, en leur expliquant que tout est signe et tout objet peut être représenté par n'importe quel signe ;

- organiser de manière régulière, les séminaires de formation des enseignants sur la manipulation du signe iconique peircien afin de l'utiliser comme outil didactique pertinent dans la modélisation et la conceptualisation des phénomènes.

- introduire la manipulation du signe iconique peircien dans le curriculum des élèves-professeurs des sciences physiques dans les écoles normales pour les familiariser eux aussi avec le langage peircien pouvant les aider à mieux faire une transposition didactique lors de leurs futures pratiques de classe ;

- mettre en place un guide d'utilisation du signe iconique peircien pouvant aider l'enseignant débutant mais aussi ceux qui rencontrent des difficultés d'enseignement des contenus scientifiques à l'aide du signe iconique peircien ;

- instituer une commission de chercheurs et de praticiens sur les manipulations des signes iconiques avec les apprenants. L'usage du signe iconique peircien n'étant pas encore familier aux enseignants et apprenants, il est nécessaire d'avoir une commission de chercheurs et de praticiens qui contrôleront la bonne mise en œuvre de la pratique de classe intégrant le signe iconique peircien.

4.3.2.2. Aux enseignants

Au regard des résultats obtenus dans le cadre de ce travail de recherche, l'enseignant devrait

- accompagner les apprenants dans la construction de leurs connaissances en les laissant manipuler les signes peirciens en général et le signe iconique en particulier ;

- donner la possibilité aux apprenants de saisir le problème scientifique au cours des apprentissages par le biais du signe-interprétant ;

- pallier aux difficultés d'expérimentation au laboratoire à cause du manque de matériel de laboratoire en s'ouvrant au monde de l'expérimentation immatérielle à l'aide du papier/crayon ;

- s'inspirer des résultats de cette recherche pour élaborer des ingénieries didactiques susceptibles de faire construire des concepts en science chez les apprenants à l'aide du signe iconique peircien.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif de notre étude était de montrer dans quelle mesure le signe iconique peircien lié à l'objet et l'interprétant constitue un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans). Pour y parvenir, une hypothèse principale a été formulée à savoir : l'usage du signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec l'objet et l'interprétant est un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez l'apprenant de la classe de troisième (13-15 ans). De cet élément principal de réponse provisoire ont été formulées deux hypothèses secondaires : (1) : l'interprétant selon Peirce, facilite la définition conceptuelle et l'identification de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans). (2) le signe iconique – objet selon Peirce, permet la représentation d'une molécule et la détermination de l'atomicité d'une molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans). Afin de vérifier ces hypothèses de recherche, la recherche mixte et inscrite dans un cadre théorique de la sémiotique de Charles Sanders Peirce soutenue par la théorie de référence socioconstructiviste de Lev Vygotsky a été menée. Cette recherche a été associée à la conception d'un dispositif d'ingénierie didactique selon Michel Artigue (Artigue, 1990). Dans le cadre de l'analyse quantitative, un pré-test et un post-test ont été administrés aux apprenants des deux groupes (groupe expérimental et groupe témoin). Seul, les apprenants du groupe expérimental ont bénéficié du test relatif à l'enseignement/apprentissage du concept de molécule à l'aide du signe iconique. Une étude comparative à partir scores des apprenants obtenus à l'issue du pré-test et du post-test dans les deux groupes a permis de se prononcer quant – à – la pertinence de l'usage du signe iconique peircien dans un système triadique en tant qu'outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule. En effet, les résultats obtenus ont montré qu'à l'issue du pré-test, 100% d'élèves du groupe expérimental après avoir participé au test, ont facilement conceptualisé eux-mêmes la molécule à l'aide du signe iconique peircien, contrairement à 17% d'élèves du groupe témoin qui ont pu conceptualiser la molécule à partir d'un Enseignement/Apprentissage ordinaire (par la méthode classique) de la molécule. Notons qu'avant le test, c'est – à – dire à l'issue du pré-test, seulement 03 apprenants du groupe expérimental sur un effectif de 17 apprenants, ont pu conceptualiser la molécule. L'usage du signe iconique peircien engagé dans une relation triadique avec objet et l'interprétant est donc venu considérablement améliorer ce faible résultat avec un taux de réussite de 100%. Cela est confirmé par les données statistiques du pré-test que sont : la moyenne à savoir : 6,12; l'écart-type qui est de 3,67 et la variance qui est de 13,40 et celles du post-test, à savoir : la moyenne

qui est de 15,87 ; l'écart-type qui est de 2,60 et la variance qui est de 6,78. Par ailleurs, les scores obtenus à l'analyse quantitative ont été corroborés par l'analyse du corpus issu de l'enregistrement vidéoscopique. Cette analyse a permis de voir que le signe iconique selon Peirce, assure une bonne médiation des phénomènes mis en jeu lors de la conceptualisation de la molécule. Ce qui permet de confirmer les hypothèses de recherche formulées au départ. Ainsi, la manipulation des icônes construits par les apprenants permet leur forte implication dans les activités de conceptualisation de la molécule. L'usage du signe iconique vient également résoudre le problème de manque de matériel lors des manipulations en chimie à travers des objets non matériels comme des dessins sur papier/crayon encore appelés des représentations iconiques. Il va donc sans dire que, l'usage du signe iconique pris dans un système triadique avec l'objet et l'interprétant est considéré comme un outil didactique pertinent dans la conceptualisation de la molécule chez les apprenants de la classe de troisième (13-15 ans). Le signe iconique peircien permet entre autres aux apprenants, de mieux appréhender les domaines de savoirs sous-microscopique et symbolique en chimie et de passer d'un registre de savoir à un autre sans difficulté. En un mot, l'usage du signe iconique peircien tripartite offre une alternative prometteuse pour comprendre les concepts en chimie. Cette approche peut permettre aux élèves de développer une compréhension plus approfondie et intuitive de concepts comme celui de molécule en facilitant leur représentation mentale et leur manipulation cognitive. Ainsi la sémiotique peircienne offre un cadre théorique riche pour analyser les schémas que font les apprenants pour rendre les concepts chimiques accessibles à leur sens. Toutefois, faire référence au signe iconique peircien pour une meilleure conceptualisation de la molécule n'est pas une connaissance spontanée. Au contraire, cette connaissance relève d'un apprentissage. Il faudrait alors que les apprenants s'exercent à répétition pour maîtriser avec le temps l'utilisation des signes iconiques peirciens afin de développer les habiletés H1 ; H2 ; H3 et H5 présentées dans la taxonomie de Bloom à savoir : définir ; dire ; écrire ; nommer, représenter ; reconnaître ; distinguer, différencier ; déterminer ; construire ; dessiner ; manipuler. Dans l'optique de résoudre le problème posé par la présente étude, à savoir les difficultés liés à la conceptualisation de la molécule au cours de l'Enseignement/Apprentissage de la chimie, il est donc important d'exploiter les résultats de la présente recherche et d'adjoindre à cela, les suggestions qui ont été faites. Dans nos recherches futures, nous prévoyons étendre l'usage du signe iconique peircien à d'autres concepts en chimie vus en classe de 3^{ème} tels que : l'électrolyse de l'eau, la mole, et dans les autres classes du secondaire Ces concepts sont : les solutions aqueuses, la cinétique chimique, les niveaux d'énergie et bien d'autres encore.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abou, S. (2019). *Impact d'une formation collaborative donnée à des enseignants de chimie du secondaire sur l'enseignement et l'apprentissage du concept de mole*. Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation, option : didactique, Université du Canada.
- Al-Kunifed, A., Good, R., & Wandersee, J. (1993). *Investigation of High School Chemistry Students' Concepts of Chemical Symbol, Formula, and Equation: Students' Prescientific Conceptions*. <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=ED376020>.
- Allal, L. et Mottier, L. (2007). *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation*. De Boeck.
- Ambomo, N. (2014). *Intérêt pour la chimie et performances des élèves du secondaire général : cas des élèves de 3ème de l'arrondissement de Yaoundé VI*. Mémoire de Master en Sciences de l'Education et ingénierie éducative, DICAMES.
- Arnaud, P. (1985). *La didactique de l'éducation physique*. In Psychopédagogie des APS.
- Artigue, M. et Perrin, G. (1991). *Didactic Engineering, Research and Development Tool: Some Theoretical Problems Linked to This Duality*. For the learning of Mathematics, 11 (1), 13-18.
- Artigue, M. (1989). *Ingénierie didactique*. Publications de l'Institut de recherche de Rennes, 124-128.
- Artigue, M. (2021). *Ingénierie didactique*. Recherches en didactique des mathématiques, 38(1), 1 – 15. <https://revue-rdm.com/1988/ingenierie-didactique>.
- Astolfi, J. (2008). *La saveur des savoirs: disciplines et plaisir d'apprendre*. ESF.
- Astolfi, J., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences: Repère, définitions, bibliographies*. De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.astol.2008.01>.
- Atkins, P. Lucek, J. Laverman L. (2017). *Principes de chimie*. De Boeck.
- Audigier, F. (1988). *Savoirs enseignés - savoirs savants. Autour de la problématique du colloque. Dans Actes des rencontres sur la didactique de l'histoire, de la géographie, des sciences économiques et sociale*. Troisième rencontre nationale sur la didactique de l'histoire, de la géographie, des sciences économiques et sociales. Savoirs enseignés/savoirs savants, INRP, 55 – 69.
- Ayina, B. (2013). *Les concepts élémentaires de la chimie entre la chimie du chimiste et la chimie de l'élève: proposition de séquences d'enseignement inspirées d'une analyse sémio-épistémologique de l'histoire de la chimie*. Thèse de doctorat, France.
- Ayina, B., Awomo, J., Ntéde, H., Tsague, L. (2021). *Le rôle du triptyque peircien Signe – Objet*

– *Interprétant dans la construction du concept d'atomicité chez des élèves de 14 – 15 ans, débutants en chimie.* Conférence : Colloque international 539 – Sémiotique : jouer avec des signes, créer du sens, appréhender le monde (88^{ème} congrès de l'ACFAS).

Azoulay, A. (2015). *Le rôle de l'imagination chez Kant.* Philosophie.

Barbet-Massin, R., Boissé, P., Bouyrie, G., Brunel, Y., Decamp, N., Dumora, D., ... & Vince, J. (2016). *Réforme de l'enseignement de la physique au lycée-Repenser les fondements de la formation.* Reflets de la physique, (51), 34-35.

Barquero, B. et Bosch, M. (2015). *Didactic Engineering as a Research Methodology: From Fundamental Situations to Study and Research Paths.* Task Design In Mathematics Education, 249-272.

Bégin, C. (2007). *Les stratégies d'apprentissage: Un cadre de référence simplifié.* Revue de Sciences de l'éducation, 34(1) ,47-67. doi:<https://doi.org/10.7202/018989ar>.

Bensaude-Vincent, B. (2005). *La chimie dans la tradition française de la philosophie des sciences : Duhem, Meyerson, Metzger et Bachelard.* Histoire de la philosophie des sciences, partie A. Science Direct, 36 (4), 627-649.

Bernet, E. (2010). *Engagement affectif, comportemental et cognitif des élèves du primaire dans un contexte pédagogique d'intégration des TIC: une étude multicas en milieu défavorisés.* Thèse de doctorat, Université de Montréal. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/3943>.

Brousseau, G. (1998). *Les obstacles épistémologiques, problèmes et ingénierie didactique. La théorie des situations didactiques.* La pensée sauvage, 115-160.

Chartrand, S. (2006). *L'apport de la didactique du français langue première au développement des capacités d'écriture des élèves et des étudiants.* In J. Lafont-Terranova et D. Colin (dir.), *Didactique de l'écrit. La construction des savoirs et le sujet-écrivain.* Presses universitaires de Namur, 11-13

Chatoney, M., Herold, J., et Laisney, P. (2020). *L'enseignement-apprentissage un système complexe d'interaction: essai de modélisation du complexe.* Regard sur le processus d'enseignement apprentissage. À paraître (hal-02473540).

Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné,* Grenoble : La pensée sauvage.

Clauzard, P. (2016). *Théorie de l'apprentissage, modèles d'enseignement et processus d'apprentissage.* MCF Université de la Réunion/ESPE de la Réunion.

Connac, S. (2018). *Impact de la coopération entre élèves sur leurs performances scolaires en 6^e.* Les sciences de l'Éducation pour l'Ére Nouvelle, 51(4), 31 – 62.

Dagognet, F. (1973). *Écriture et iconographie.* J.Vrin.

- Dehon, J., Snauwaert, P. et Simon, J. (2021). *Étude des représentations dynamiques microscopiques d'une réaction chimique à l'aide de la technique du slowmotion Étude transversale auprès d'élèves de grades 9 à 12 en Belgique francophone*. Dans *Actes des Onzièmes Rencontres Scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et Technologies*, 291-298. <https://ardist2020.sciencesconf.org>.
- Dehon, J., et Snauwaert, P. (2015). *L'équation de réaction: une équation à plusieurs inconnues. Étude de productions d'élèves de 16-17 ans (grade 11) en Belgique francophone*. *Recherches En Didactique Des Sciences et Des Technologies*, (12), 209–235.
- Dehon, J., Snauwaert, P., (2016). *Les systèmes sémiotiques en chimie : établissement d'une taxonomie et analyse langagière d'un programme de sciences et de manuels scolaires (grades 7 et 8)*. 9e rencontres scientifiques de l'ARDiST.
- Devaley, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris: E.S.F.
- Djabou, D. (2018). *Conversions de registre sémiotiques en Didactique de la Physique, cas de la notion de vitesse chez les apprenants du secondaire*. *Revue développement des ressources humaines*, 9, (1).
- Dorey, S. (2012). *Les logiciels de visualisation moléculaire dans l'enseignement des sciences de la vie : conceptions et usages*. Éducation, École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan.
- Dumon, A. & Laugier, A. (2004). *L'équation de réaction : un nœud d'obstacles difficilement franchissable*. *Chemistry Education Research and Practice*, 5 (1). DOI:[10.1039/B3RP90030D](https://doi.org/10.1039/B3RP90030D).
- Duval, R. (1993). *Registres de représentation sémiotique*. In *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5,37-65).
- Duval, R. (2006). *Transformations de représentations sémiotiques et démarches de pensée en mathématiques*. In *Actes du XXXIIe colloque COPIRELEM*, 67-89.
- Edeline, F. (2009). Les fonctions sémiotique et heuristique des symboles chimiques: Ou de l'icône au symbole et retour 1. *Protée*, 37(3).
- Fernandez, L & Catteeuw, M. (2001). *La recherche en psychologie Clinique*. Université Nathan, Collection Fac.
- Furió-Mas, C., Azcona, R., & Guisasola Aranzábal, J. (2002). *The learning and teaching of the concepts « amount of substance » and « mole » : a review of the litterature*. *Chemistry Education: Research and Practice*, 3(3), 277-292.
- Gagné, E. (1985). *The cognitive psychology of school learning*. MA: Little, Brown and Company.
- Gilbert J. (2005). *Visualization: A metacognitive skill in science and science education*. In Gilbert, J.(éd.), *Visualization in Science Education*, Dordrecht : Springer, 1, 9-27.

- Gilles, J., Bosmans, C., Mainferme, R., Plunus, G., Radermaecker, G., Voos, M. (2007). *Apports d'un modèle de paramétrage des actions didactiques et d'une approche qualité dans un contexte de régulation de dispositifs de formation d'enseignants*. Dans : Actes du 24ème congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire (AIPU) : Vers un changement de culture en enseignement supérieur, Université de Liège 605-609. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/1081>.
- Gill-Pérez, D. (1993). *Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique*. ASTER, (17).
- Giordan, A. (1999). Une didactique pour les sciences expérimentales. Editeur : Bella, Collection : Guide de l'enseignement, 1 – 239.
- Giordan, A., et Pellaud, F. (2004). *La place des conceptions dans la médiation de la chimie*. L'actualité chimique, 49-52.
- Grawitz, M. (1990). *Méthodes des sciences sociales*. Dalloz, sp.
- Grawitz, M. (2000). *Méthodes des sciences sociales*. 3^{éd}, Dalloz, 1040.
- Grelley, P. (2012). *Contrepoint—La méthode expérimentale*. Informations sociales, 6 (174), 23.
- Hana'a, C. (2012). *Conditions didactiques et difficultés de construction de savoirs problématisés en sciences de la Terre : étude de la mise en texte des savoirs et des pratiques enseignantes*.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A synthesis of over 800 metaanalyses relating to achievement*
- Heidegger, M. (1968). *De l'essence de la vérité*. In *Questions I*, Gallimard nrf, 159-194.
- Hoffmeyer, J. (2016). *La liberté sémiotique: une force émergente*. Cygne noir, (4), 15-31.
- Hofstein, A., Maoz, N., et Rishpon, M. (1990). *Attitudes Towards School Science: A of Participants and Nonparticipants in Extracurricular Science Activities*. School Science and Mathematics, 90(1), 13-22.
- Houart, M. (2009). *Etude de la Communication pédagogique à l'université à travers les notes et les acquis des étudiants à l'issue du cours magistral de chimie*. Thèse de doctorat. Faculté universitaire Notre-Dame de la Paix.
- Johnstone, A. (1982). *Macro and microchemistry*. School Science Review, 64(227), 377–379.
- Johnstone, A. (1991). *Why is science difficult to learn ? Things are seldom what they seem*. J.Comp. Assist. Learn, 7, 75 – 83.
- Johnstone, A. (2000). *Teaching of chemistry-logical or psychological? Chemistry Education*. Research and Practice, 1(1), 9–15.

- Johnstone, A. (1993). *The development of chemistry teaching: a changing response to a Changing demand*. Journal of Chemical Education, (70),701-705.
- Kassenti, T. et Zajc, L., (2006). *Recherche en éducation : Etapes et approches*. Université de Sherbrooke, sp.
- Keig, P., & Rubba, P. (1993). *Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge*. Journal of Research in Science Teaching, 30(8), 883–903.
- Kermen, I. (2016). *Modèles et modélisation dans l'enseignement de la chimie : d'une analyse épistémologique et didactique à l'étude des pratiques enseignantes*. Education. Université Paris Diderot.
- Kermen, I. (2018). *Comment le caractère dual, macroscopique-microscopique, de la chimie s'incarne-t-il dans son enseignement? Réflexions autour des modèles et du langage*. Le Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie, 112(1000), 95-108.
- Kermen, I. (2020). *Diversité des approches en didactique des sciences et des technologies*. Artois presses université.
- Khalidi, M (2011). *Introduction à la didactique*. Master EMT. ENS.
- Klein, U., (2001). *Berzelian formula as paper tools in early nineteenth-century chemistry*. Foundations of chemistry, 3(1), 7-32.
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J. & Marx N. (2000). *The role of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning*. Journal of the learning sciences, 9, 105-144.
- Laval, V. (2019). *La méthode expérimentale*. La psychologie du développement, 131-148.
- Le Pellec, J., & Marcos, A. (1991). *Enseigner l'histoire : un métier qui s'apprend*, Hachette éducation. 39-62.
- Lecomte, J., Marganne, M. (1992). *La théorie des quatre éléments*. In : Bulletin de la classe, 3(1-4), 14-21.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation (3eEd.)*. Guérin.
- Marsenach, J. (1994). *Recherches en enseignement et transformation des pratiques professionnelles*, Revue Impulsions, INRP.
- Marsenach, J.(1994). *Schéma directeur de l'INRP, 1984. Présentation éditoriale*. Impulsions, 1,5-8
- Matheron, Y., & Mercier, A. (2004). *les usages didactiques des outils sémiotiques du travail mathématique : étude de quelques effets mémoriels*. Revue des sciences de l'éducation, 30 (2), 355 – 377.

- Mballa, R., (1986). *Stratification socioculturelle camerounaise et élite scolaire*. Imprimerie nationale de Yaoundé
- Mc Quarrie, C., McQuarrie, D., Rock, P. (1991). *General chemistry*, third edition.
- Meirieu, P.(1990). *Enseigner, scénario pour un métier nouveau*. Recherche et formation,8, 138-141.
- Meyer, J., et Land, R. (2006). *Overcoming barriers to student understanding: Threshold concepts and troublesome knowledge*. Routledge.
- Mialaret, G. (1996). *La formation des enseignants*. Presse Universitaire de France.
- Morris, C. (1938). *Fondements de la théorie des signes*. Dans *Encyclopédie internationale de la science unifiée*. Presse universitaire de Chicago, 1-59.
- Not, I. (1988). *Enseigner et faire apprendre (Eléments de psycho-didactique générale)*. Revue Française de pédagogie, 109-112.
- Nsai, D. (2018). *L'utilisation et l'interprétation des représentations sémiotiques pour approcher des notions de stéréochimie : enquête qualitative*. RDST, 17 , 159-186.
- OCDE (2010). *Comment apprend-on ? La recherche au service de la pratique*. Éditions
- Ostertag, A.(2015). *Essai d'interprétation du millésime par la théorie des 4 éléments*, Académie Internationale.
- Ouasri, A. (2016). *Etude de l'appréciation par les élèves de deuxième année du baccalauréat des objets de connaissances relatifs aux titrages acido-basiques*. Himiya. 25 (5), 695-717.
- Ouasri, A., et Ravanis, K. (2020). *Apprentissage des élèves de collège marocain du concept d'ion en lien avec la trame conceptuelle (atome, molécule, électron, charge)*. European journal of alternative education studies, 5(1).
- Peirce, C. (2003). *Pragmatisme et sciences normatives œuvres II*. Cerf.
- Peraya, D. et Deschryver, N. (2001). *Concevoir et mettre en œuvre des dispositifs de formation entièrement ou partiellement à distance (Cours STAF 17. DESS STAF)*. <http://tecfaseed.unige.ch/staf15-17k>.
- Perrin, J. (1909). *Mouvement brownien et grandeurs moléculaires*. Radium, 6 (12), 353- 360.
- Perrin, J. (1913). *Les atomes*. Presses universitaires de France.
- Philippe, J. (2010). *Fabriquer le savoir enseigné*. De Boeck.
- Pieczynsky, J-L. (2012). *Quelques pistes pour optimiser l'apprentissage de la chimie*. Presses universitaires. <https://books.openedition.org/pucl/2149>.

- Potvin, P. (2011). *Manuel d'enseignement des sciences et de la technologie pour intéresser les élèves du secondaire*. MultiMondes.
- Raby, C., & Viola, S. (2016). *Modèles d'enseignement et théories d'apprentissage: de la théorie à la pratique (2e éd.)*. Anjou: Les éditions CEC.
- Rakos, R. (2013). John B. Watson's 1913 "behaviorist manifesto": Setting the stage for behaviorism's social action legacy. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 39(2), 99-118.
- Ravanis, K. (2010). *Représentations, Modèles Précurseurs, Objectifs-Obstacles et Médiation-Tutelle: concepts-clés pour la construction des connaissances du monde physique à l'âge de 5-7 ans*. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 5(2), 1-11.
- Sanger, M. J. (2005). *Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing*. *Journal of Chemical Education*, 82(1), 131-134.
- Soudani, M., Soudani, O., Ezio, R., et Regis, A. (2014). Fonctionnement sémiotique et construction des modèles en chimie. Un cadre d'analyse peircien. *RDST, Open Edition Journals*, 179-208. <https://doi.org/10.4000/rdst.8811>.
- Soudani, M., Héraud J., et Soudani O. (2009). *De la sémiotique à l'épistémologie de la schématisation. L'exemple d'une séquence sur les circuits électriques à l'école primaire*. *Aster*, (48), 111-132.
- Talanquer, V. (2011). *Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry « triplet. »* *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique, l'apport de la psychologie cognitive*, Editions Logiques.
- Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). *Students Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research*. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157-185.
- Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Editions MultiMondes.
- Thouin, M. (2017). *L'épistémologie et la recherche en didactique : Les visées des sciences et les modèles*. *Revue canadienne des jeunes chercheuses et chercheurs en éducation*. 8 (1).
- Tsafak, G. (1969). *Expérimentation des programmes et plans d'expériences en éducation*.
- UNESCO (2021), Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. *Rapport mondial de suivi sur l'éducation 2020 : Inclusion et éducation : Tout veut dire tout*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223>.

Veeravagu, J., Muthusamy, C., Marimuthu, R., & Michael, A. (2010). *La Taxonomie De Bloom pour évaluer les performances de compréhension écrite des élèves*. Canadian Social Science, 6(3), 205.

Vygotsky L. (1985). *Pensée et langage*. Éditions sociales.

Vygotsky L. (1997). *Pensée et langage*. La dispute.

Watson, J. (1913). *Psychology as the behaviorist views it*. Psychological review, 20(2), 158.

Yeught, M., & Lyu, E. (2023). *Propositions pour théoriser la transposition didactique en langues de spécialité: l'approche intentionnelle*. ASp. la revue du GERAS, (83).

ANNEXES

ANNEXE 1. AUTORISATION DE RECHERCHE

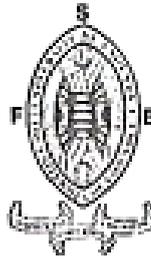
REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES DE
L'EDUCATION

DEPARTEMENT DE DIDACTIQUE
DES DISCIPLINES



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF EDUCATION

DEPARTMENT OF DIDACTICS

N°.....015.....24/UYI/FSE/DID

AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussigné, Professeur BELA Cyrille Bienvenu, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé I, certifie que l'étudiante ETOGO TIMA Nadège, Matricule 22V3799 est inscrite en Master II à la Faculté des Sciences de l'Éducation, Département de DIDACTIQUE DES DISCIPLINES, Option CHIMIE.

L'intéressée doit effectuer des travaux de recherche en vue de la préparation de son diplôme de Master. Elle travaille sous la direction du Professeur AYINA BOUNI. Son sujet est intitulé: Enseignement et Apprentissage de la chimie: construction du concept de molécule chez les apprenants de la classe de 3ème du collège d'Enseignement Secondaire Général de Ntuisong-Obala.

Je vous saurai gré de bien vouloir la recevoir et mettre à sa disposition toutes les informations susceptibles de l'aider à conduire ses travaux de recherches.

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



Pour le Doyen et par Ordre

*M. Louis-Dominique
Bakola Komo*
Maire de Conférences

**ANNEXE 2. QUESTIONNAIRE DU PRÉ-TEST SUR LE CONCEPT DE
MOLÉCULE EN CLASSE DE 3^{ème} (13-15 ans)**

Nom(s) et Prénom(s) : _____

Sexe _____

Durée : 45 min.

1- Sur une ancienne épreuve de l'examen de B.E.P.C., votre camarade est confronté à un exercice dans lequel, l'examineur demande de définir le concept de molécule. Ne se rappelant plus de cette définition, il sollicite votre aide. Rappelez-lui cette définition.

2- Les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, SO₂, H₂, NH₃, représentent les constituants de la matière. Classifier ces formules dans le tableau ci – dessous.

Ions	Atomes	Molécules

3- Soient les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, SO₂, H₂, NH₃. Complétez le tableau ci – après :

Représentation symbolique de la molécule	Nom de la molécule	Composition de la molécule
CO ₂		
HCl		
H ₂ O		
O ₂		

N ₂		
Cl ₂		
SO ₂		
H ₂		
NH ₃		

4- Écrire les formules chimiques des molécules suivantes :

Chlorure d'hydrogène -----

Dioxyde de soufre -----

Monoxyde de carbone -----

5- Soient les molécules suivantes, représentées sous leurs formules chimiques respectives : CH₄, C₄H₁₀, HCl, CO₂

a) Que représentent les nombres 4 ; 10 et 2 dans les symboles des molécules ci - dessus?

b)-Coche la bonne réponse

- L'atomicité est le nombre total d'atomes présent dans une molécule

- L'atomicité est le nombre total de molécules présent dans une substance chimique

c) Entoure la bonne réponse et justifie le choix de ta réponse dans l'espace en pointillés

L'atomicité de CH₄ est : i) 4 ; ii) 5 ; iii) 2

L'atomicité de C₄H₁₀ est : i) 14 ; ii) 40 ; iii) 2

L'atomicité de HCl est : i) 3 ; ii) 1 ; iii) 2

L'atomicité de CO₂ est : i) 3 ; ii) 2

**ANNEXE 3. QUESTIONNAIRE DU TEXT : ACTIVITÉS
D'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE SUR LA NOTION DE MOLÉCULE EN
CLASSE DE 3^{ème} (13-15 ans).**

Nom(s) et Prénom(s) : _____

Objectifs d'apprentissage.

- Identifier une molécule
- Identifier les éléments constitutifs d'une molécule
- Représenter une molécule sous sa forme symbolique
- Représenter une molécule par son modèle moléculaire
- Définir l'atomicité d'une molécule
- Nommer une molécule

Pré – requis

- Définir atome
- Représenter un atome par son symbole
- Représenter un atome par son modèle atomique

Activité 1. Identification d'une molécule et de ses éléments constitutifs

1)- Reproduis sur ta fiche d'activités et à l'espace réservé, vingt formes géométriques qui te viennent à l'esprit.

2)- Retenons ensemble parmi ces formes géométriques, celles qui sont fortement représentées par la plupart des élèves

3)- Considère que les formes géométriques qui ont été retenues à la tâche 2 sont des représentations iconiques de différents atomes. À partir de ces icônes, représente des édifices ayant au moins deux icones identiques ou différentes.

4)- Existe – t-il une différence entre les représentations iconiques de la tâche 3 et celle de la tâche 2 ? Si oui, laquelle ?

5)- Quel nom peux – tu donner à l'ensemble d'édifices que tu as représentés à la tâche 3 ?

6)- propose une définition du nom que tu viens de donner à la tâche 5

Activité 2. Représentation iconique d'une molécule à partir de son nom

1)- Observe les formes iconiques des atomes suivants :

Oxygène \square ; Hydrogène Δ ; Carbone \bigcirc ; Chlore \odot ; Azote \ominus

2)- Représenter à partir de ces icônes, les molécules suivantes :

- Eau (oxyde de dihydrogène)-----
Dioxyde de carbone-----
Chlorure d'hydrogène-----
Dihydrogène-----
Ammoniac (trihydrogène d'azote)-----

NB : pour trouver la représentation iconique de oxyde et chlorure, rappelle-toi que, oxyde appartient à la même famille que oxygène et chlorure, appartient à la même famille que chlore.

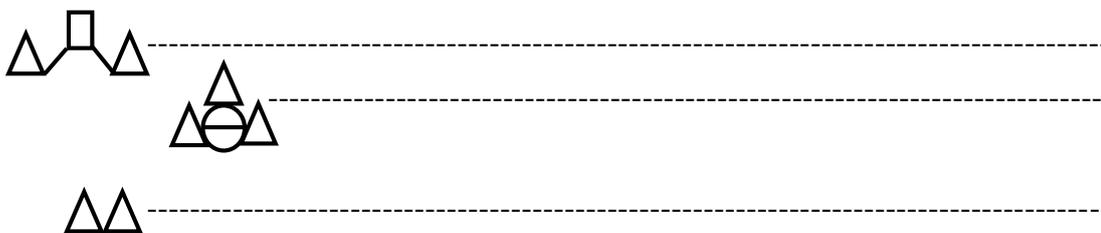
NB : les préfixes di et tri signifient respectivement les chiffres 2 et 3.

Activité 3. Noms des molécules à partir de leurs formes iconiques

Soient les atomes représentés par des icônes à l'activité 3 (confère activité 3)

2) Nomme les molécules suivantes à partir de leurs représentations iconiques

- $\odot\odot$ -----
 $\ominus\ominus$ -----
 $\Delta\odot$ -----
 $\square\square$ -----



Activité 4. Passage du signe iconique ancien (donné par l'élève) au signe iconique actuel (petite boule sphérique colorée) et symbolisme actuel (lettres de l'alphabet français) : activités d'institutionnalisation.

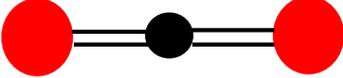
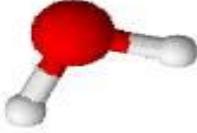
1) Soit le tableau ci – après :

Nom de l'atome	Formes iconiques ancienne (élaborées par l'élève)	Formes iconiques actuelles (modèle atomique actuel)	Symboles actuels (lettres de l'alphabet français)
Oxygène			O
Hydrogène			H
Carbone			C
Azote			N
Chlore			Cl
Soufre			S

À partir du modèle atomique actuel, représente les modèles moléculaires des molécules suivantes, puis à l'aide des symboles actuels des atomes, écris les formules chimiques de ces molécules dans le tableau suivant.

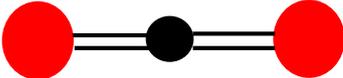
Nom des molécules	Modèles moléculaires	Formules chimiques
Eau		
Dioxyde de soufre		
Dioxygène		
Nom de la molécule	Modèle moléculaire	Formule chimique
Dioxyde de carbone		
Dichlore		
Diazote		

3) Compléter le tableau suivant :

Nom de la molécule	Modèle moléculaire	Formule chimique
		
Dioxyde de carbone		
Dihydrogène		
		
		
		O ₂

4) Déterminer l'atonicité des molécules suivantes :

d) O₂ -----

e)  -----

f) Définir atonicité d'une molécule-----

**ANNEXE 4. POST-TEST EN CHIMIE SUR LE CONCEPT DE MOLÉCULE
EN CLASSE DE 3^{ème} (13-15 ans).**

Nom(s) et Prénom(s) : _____

Sexe _____

Durée : 45 min

1- Quelle est la composition de la molécule d'eau ?

Entoure la bonne réponse.

D- 1 atome d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène

E- 2 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène

F- 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène

2- Retrouve la bonne formule chimique de la molécule composée de 2 atomes d'oxygène

Entoure la bonne réponse.

B- O₂ ; B- O² ; C- O₂ ; D- 2O

8- Encadre le nom de la molécule ayant un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène

A-Dioxyde de soufre ; B-Monoxyde de carbone ; C-Bioxyde de carbone ; D-Dioxyde de carbone

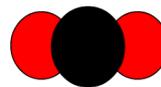
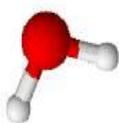
9- Souligne la bonne formule de la molécule d'eau

B- H₂O ; B- HO₂ ; C- H₂O ; D- K₂O

10- Combien d'atomes contient cette molécule : C₂H₆

B- 6 ; B- 12 ; C- 8 ; D- 2

11- Identifiez par les noms, les molécules représentées respectivement par les icônes ou les modèles moléculaires suivants et écrivez leurs formules chimiques



12- Ecrire le nom et la formule de la molécule composée d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène

8- soient les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, H₂, NH₃. S'agit – il des formules des atomes ou des molécules ? Justifiez votre réponse

9- Soient les formules suivantes : CO₂, HCl, H₂O, O₂, N₂, Cl₂, SO₂, H₂, NH₃. Complétez le tableau ci – après :

Représentation symbolique de la molécule	Nom de la molécule	Composition de la molécule
O ₂		
N ₂		
CO ₂		
HCl		
H ₂		
H ₂ O		

10- Ecrire les formules chimiques des molécules suivantes :

Diazote-----

Dioxyde de soufre-----

Dioxygène-----

11- Soient les formules chimiques des molécules suivantes : C₂H₆ ; O₃

a) Que représentent les nombres 2 ; 6 et 3 dans les symboles des molécules ci - dessus?

b)- Fais correspondre les éléments de la colonne A à ceux de la colonne B.

Colonne A	Colonne B
L'atomicité de C ₂ H ₆ est	le nombre total d'atomes présent dans une molécule
L'atomicité d'une molécule est	3
L'atomicité de CO ₂ est	8
	le nombre total d'atomes présent dans une molécule

TABLE DE MATIÈRES

SOMMAIRE-----	i
DEDICACE-----	ii
REMERCIEMENTS-----	iii
LISTE DES TABLEAUX-----	iv
LISTE DES FIGURES-----	v
LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES-----	vi
RÉSUMÉ-----	vii
ABSTRACT-----	viii
INTRODUCTION GÉNÉRALE-----	1
PARTIE 1 : CADRE THEORIQUE DE L'ETUDE-----	4
CHAPITRE 1 : INSERTION THÉORIQUE DE L'ÉTUDE-----	5
1.1.DÉFINITION DES CONCEPTS-----	5
1.1.1. Enseignement/Apprentissage-----	5
1.1.1.1. Enseignement-----	5
1.1.1.2. Apprentissage-----	7
1.1.2. Concept-----	8
1.1.3. Construction d'un concept-----	9
1.1.4. Molécule-----	11
1.2. REVUE DE LA LITTÉRATURE-----	12
1.2.1. Chimie : bref aperçu historique et épistémologique-----	12
1.2.2. Didactique de la chimie -----	15
1.2.2.1. Approche définitionnelle selon les auteurs-----	15
1.2.2.2. Chimie : difficultés d'apprentissage au premier cycle du secondaire au Cameroun-----	16
1.2.3. Le concept molécule -----	19
1.2.3.1. Molécule : aperçu historique-----	19
1.2.3.2. Molécule : un savoir à acquérir par les élèves de (13-15 ans) en contexte camerounais---	19
1.2.3.3. Difficultés de l'apprentissage du concept de molécule par les élèves-----	20
1.2.4. La théorie de la sémiotique de Peirce : le signe iconique-----	24
1.2.4.1. Approche définitionnelle de la sémiotique-----	24
1.2.4.2. Les dimensions de la sémiotique de Peirce-----	25

1.2.4.3. Les principes généraux de la sémiotique de Peirce-----	25
1.2.4.4. Les catégories de base de la sémiotique chez Peirce-----	25
1.2.4.5. Le signe peircien et les éléments du processus sémiotique-----	26
1.2.4.6. L'intérêt de l'usage du signe peircien dans l'Enseignement/Apprentissage de la chimie--	30
1.2.5. Le signe iconique suivant la sémiotique peircienne-----	31
1.2.6. Quelques travaux antérieurs sur l'usage du signe iconique peircien dans la construction des concepts en sciences physiques.....	32
1.2.6.1. Travaux de Soudani et al., (2009) sur la construction du concept de circuit électrique à l'école primaire à l'aide du signe iconique – schématisation soutenue par la sémiotique peircienne.....	32
1.2.6.2. Travaux de Ayina (2013) sur la construction de la matière (particule sécable et particule insécable) à l'aide du signe iconique peircien.....	34
1.2.6.3. Travaux de Ayina et al., 2021 sur « <i>le rôle du rôle du triptyque peircien, Signe – Objet – Interprétant dans la construction du concept d'atonicité chez des élèves de 14 – 15 ans débutant en chimie</i> ».....	34
1.3. LES THÉORIES EXPLICATIVES DU SUJET D'ÉTUDE.....	36
1.3.1. La théorie de la sémiotique de Peirce.....	36
1.3.2. La théorie socioconstructiviste de Vygotsky.....	36
CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE DE L'ÉTUDE.....	38
2.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE.....	38
2.1.1. Contexte de l'étude.....	38
2.1.2. Justification du choix du thème.....	40
2.2. POSITION ET FORMULATION DU PROBLÈME DE RECHERCHE.....	41
2.2.1. Les constats.....	41
2.2.2.1. Constats empiriques.....	41
2.2.2.2. Constats scientifiques.....	42
2.2.3. Le problème.....	43
2.3. LES QUESTIONS DE RECHERCHE.....	44
2.3.1. La question principale de recherche.....	44

2.3.2. Les questions secondaires de recherche.....	45
2.4. FORMULATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE.....	45
2.4.1. Hypothèse principale.....	45
2.4.2. Hypothèses secondaires.....	45
2.5. DÉFINITION DES VARIABLES.....	46
2.5.1. La variable dépendante.....	46
2.5.2. La variable indépendante.....	46
2.6. LES OBJECTIFS DE RECHERCHE.....	46
2.6.1. Objectif général.....	46
2.6.2. Objectifs spécifiques.....	47
2.7. Intérêts de l'étude.....	47
2.7.1. Intérêt didactique.....	47
2.7.2. Intérêt pédagogique.....	47
2.7.3. Intérêt scientifique.....	48
2.7.4. Intérêt psychologique.....	48
2.8. DÉLIMITATION DE L'ÉTUDE.....	48
2.8.1. Délimitation thématique.....	48
2.8.2. Délimitation temporelle.....	49
2.8.3. Délimitation spatiale.....	49
2.9. LE TABLEAU SYNOPTIQUE.....	49
PARTIE 2: CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATEUR DE L'ÉTUDE.....	53
CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE.....	54
3.1. TYPE DE RECHERCHE ET SITE DE L'ÉTUDE.....	54
3.1.1. Type de recherche : recherche mixte (qualitative et quantitative).....	54
3.1.2. Présentation et description du site de recherche.....	55
3.2. POPULATION D'ÉTUDE.....	56
3.2.1. La population cible.....	56
3.2.2. La population accessible.....	56

3.2.2.1. Caractéristiques de la population cible.....	56
3.2.2.2. Critères de sélection des sujets – apprenants.....	57
3.3. TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET L'ÉCHANTILLON.....	58
3.3.1. Techniques d'échantillonnage : la technique non probabiliste ou par choix raisonné.....	58
3.3.2. Le taux de sondage.....	59
3.3.3. Répartition de l'échantillon d'étude.....	59
3.4. MÉTHODES ET TECHNIQUES DE COLLECTE DES DONNÉES.....	60
3.4.1. Méthodes et techniques quantitatives de l'étude.....	60
3.4.1.1. La méthode et technique didactique de l'ingénierie didactique de Michel Artigue.....	61
3.4.1.2. La démarche expérimentale de l'étude.....	72
3.4.2. Méthode et technique qualitative de l'étude.....	74
3.5. INSTRUMENTS DE COLLECTE DE DONNÉES.....	75
3.5.1. Instrument de collecte de données quantitatives.....	75
3.5.1.1. Présentation et description de l'expérimentation.....	75
3.5.1.2. Déroulement de l'expérimentation.....	78
3.5.1.3. Analyse à priori des dispositifs d'expérimentation.....	80
3.5.1.4. Présentation des réponses attendues aux questions ou consignes contenues dans les différentes expérimentations.....	82
3.5.2. Instrument de collecte de données qualitatives.....	93
3.6. VALIDATION DES INSTRUMENTS DE COLLECTE DES DONNÉES.....	94
3.6.1. Validité interne.....	95
3.6.2. Validité externe.....	95
3.7. MÉTHODES DE TRAITEMENT DES DONNÉES.....	95
3.7.1. Méthodes de traitement des données quantitatives.....	96
3.7.1.1. Le test statistique.....	96
3.7.1.2. Le test d'ANOVA.....	96
3.7.1.3. L'analyse à priori avec validation interne.....	97

3.7.2. Méthodes de traitement des données qualitatives.....	97
CHAPITRE 4 : PRÉSENTATION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET SUGGESTIONS.....	98
4.1 :PRÉSENTATION DESCRIPTIVE DES RÉSULTATS DE L'EXPÉRIMENTATION.....	98
4.1.1 Analyse descriptive des performances du groupe témoin.....	99
4.1.2 Analyse descriptive des performances du groupe expérimental.....	101
4.1.3. Analyse de confirmation.....	104
4.2. PRÉSENTATION QUALITATIVE DES RÉSULTATS.....	104
4.3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET SUGGESTIONS.....	121
4.3.1. Interprétation des résultats.....	122
4.3.1.1. Interprétation de l'hypothèse secondaire 1 de l'étude (HS1).....	124
4.3.1.2. Interprétation de l'hypothèse secondaire 2 de l'étude (HS2).....	124
4.3.2. SUGGESTIONS.....	126
4.3.2.1. Au ministère en charge des enseignements secondaires dans les pays à travers le monde y compris le Cameroun.....	126
4.3.2.2. Aux enseignants.....	126
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	128
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	130
ANNEXES.....	138
ANNEXE 1. AUTORISATION DE RECHERCHE.....	139
ANNEXE 2. QUESTIONNAIRE DU PRÉ-TEST SUR LE CONCEPT DE MOLÉCULE EN CLASSE DE 3 ^{ème} (13-15 ans).....	140
ANNEXE 3. QUESTIONNAIRE DU TEXT SUR LR CONCEPT DE MOLÉCULE : ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE SUR LE CONCEPT DE MOLECULE EN CLASSE DE 3 ^{ième} (13-15 ans).....	142
ANNEXE 4. POST-TEST EN CHIMIE SUR LE CONCEPT DE MOLÉCULE EN CLASSE DE 3 ^{ième} (13-15 ans).....	146
TABLE DES MATIÈRES.....	148

