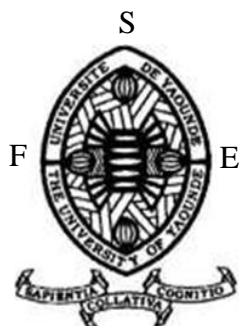


UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DES SCIENCES DE
L'ÉDUCATION

CENTRE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALES EN
SCIENCES HUMAINES, SOCIALES
ET EDUCATIVES

UNITÉ DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN
SCIENCE DE L'ÉDUCATION ET
INGENIERIE ÉDUCATIVE



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
DIDACTICS

LES AIDES DIDACTIQUES DANS LA CONSTRUCTION DU CONCEPT D'ÉLECTROLYSE EN CLASSE DE TROISIÈME

MÉMOIRE PRÉSENTÉ ET SOUTENU LE 07 JUIN 2022 EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MASTER EN SCIENCES DE L'ÉDUCATION

SPÉCIALITÉ : Didactique de la Chimie

Par

HABACK Victorine Emmanuelle Murielle

Titulaire d'une Licence en Chimie

Matricule : 18X3676

JURY

QUALITÉS

NOMS ET PRÉNOMS

UNIVERSITÉ

PRÉSIDENT :

Pr NKECK BIIDIAS Renée Solange (MC-HDR)

ENS-YAOUNDÉ

EXAMINATEUR : Pr NTEDE NGA Hippolyte

ENSP-YAOUNDÉ

RAPPORTEURS : Pr LAMBI JOHN NGOLUI

ENS-YAOUNDÉ

Pr AYINA BOUNI (MC)

ENS-YAOUNDÉ



SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PREMIÈRE PARTIE : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE.....	4
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE ET ÉTAT DE LA QUESTION.....	5
1.1.REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	6
1.2. DÉFINITION DES CONCEPTS CLÉS DE L'ÉTUDE	9
1.3. ÉTUDE HISTORIQUE ET EPISTÉMOLOGIQUE DU CONCEPT D'ÉLECTROLYSE.....	14
1.4. LES THÉORIES DE REFERENCE	19
CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE	30
2.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION.....	31
2.2.POSITION DU PROBLÈME.....	36
2.3.QUESTION DE RECHERCHE.....	40
2.4. FORMULATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE.....	41
2.5. DÉFINITION DES VARIABLES ET INDICATEURS.....	41
2.6.OBJECTIF DE RECHERCHE.....	41
2.7. LE TABLEAU SYNOPTIQUE	43
DEUXIÈME PARTIE : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRAtoire.....	45
CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE.....	46
3.1. PARTICIPANTS, POPULATION DE L'ÉTUDE ET ÉCHANTILLON	47
3.2. POPULATION DE L'ÉTUDE.....	48
3.3. ÉTABLISSEMENT DE L'ÉCHANTILLON	48
3.4.DÉLIMITATION DU SUJET.....	50
3.5. OUTILS ET PROCÉDURES DE TRAITEMENT DES DONNÉES.....	51
3.6. MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES	61
3.7. EXPÉRIMENTATION AVEC MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION	63
3.8. EXPÉRIMENTATION AVEC DIDACTICIEL.....	75
CHAPITRE 4 : PRÉSENTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS	85
4.1. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS	86
4.2. DISCUSSION	99
CONCLUSION GÉNÉRALE	100

À mon ange Tong Ngassam Patricia Élise Yédidya,

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche est le résultat de la conjugaison des efforts des personnes, familles et institutions à qui ces remerciements sont adressés.

Professeur Lambi John Ngolui et Professeur Ayina Bouni qui ont accepté de nous diriger et orienter tout au long de ce travail scientifique ; la qualité de leurs conseils et leurs soutiens a grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

Professeur Nkeck Bidias Renée Solange (chef de département des didactiques de discipline), pour son dévouement et sa contribution à ce que nous ayons une formation de qualité et pour avoir présider le jury de la soutenance de ce mémoire.

Professeur Ntede Nga Hippolyte qui a expertisé et examiné ce travail.

Monsieur Mbiamy Nakmeni Hilbert Boris pour son apport dans la conception et la réalisation du didacticiel interactif.

Chefs des différents établissements d'accueil à savoir, Madame Lekunze née Hannah Enanga Ngumbah, proviseur de Lycée Bilingue d'Application ; Madame Pettang née Pehue Wandja Henriette, Proviseur de Lycée de Nkolmesseng et Madame Kibong Patricia Caroline, directrice du C.E.S. d'Ekombitié-Mbalmayo. Sans oublier les enseignants, les élèves des différentes classes enquêtées et leurs parents qui, sans lésiner sur les moyens, ont acceptés de perturber leurs programmes pour nous permettre de mener à bien nos investigations.

Ainés et camarades (Sigha Paul, Mfeyet Boris, Ngono Clarisse et Nguekep Merlin) pour leurs points de vue lors des échanges.

Monsieur Ngassam Faleu Innocent pour ses encouragements, ses conseils et son soutien indéfectible dans tout et pour tout ce qui a permis d'être à la hauteur des différentes attentes pour la réalisation de ces travaux.

Mamans Tong Victorine, Tong Marcelle et Tong Frieda et à tous les autres membres de ma famille et de ma belle-famille pour leurs soutiens multiformes.

Des remerciements également à tous ceux qui ont offerts document, matériel multiforme et tutelle scientifique sans oublier tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

APC : Approche Par les Compétences

BUCREP : Bureau Central des Recensements et des Études de la Population

C.E.S. : Collège d'Enseignement Secondaire

DID : Didactique des Disciplines

DIELEC : Didacticiel d'Électrolyse

E/A : Enseignement/Apprentissage

ESG : Enseignement Secondaire Général

EST : Enseignement Secondaire Technique

FSE : Faculté des Sciences de l'Éducation

O.S. : Objectifs Spécifiques

Q.S. : Questions Spécifiques

SP : Situation Problème

SPSS : Statistical Package for Social Science

TIC : Technologie de l'Information et de la Communication

ZPD : La Zone Proximale de Développement ou Zone de Prochain Développement

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau synoptique	43
Tableau 2 : Récapitulatif des effectifs par établissement des apprenants ayant subi le pré-test	49
Tableau 3 : Récapitulatif des effectifs par établissement des apprenants ayant subi le post test	50
Tableau 4 : Modèle d'analyse à priori du pré-test	57
Tableau 5 : Modèle d'analyse à priori du post test	59
Tableau 6 : Répartition des deux cents participants par établissement et par groupe.....	92
Tableau 7 : Scores des bonnes réponses en effectifs et en fréquences de tous les groupes d'élèves.....	95
Tableau 8 : Présentation du test-T de <i>student</i> pour la question A1, A2, A6 et A7.....	96
Tableau 9 : Présentation du test-T de <i>student</i> pour la question A5, B1, B2, B3 et B4.....	97

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Zone Proximale de Développement	21
Figure 2 : Matériels à utiliser	66
Figure 3 : Montage simple	67
Figure 4 : Vérification de la Conductibilité de l'eau du robinet	68
Figure 5 : Vérification de la conductibilité de l'eau salée	69
Figure 6 : Réaction de l'Électrolyse de l'eau	70
Figure 7 : Tests d'identification des gaz	72
Figure 8 : Schéma du montage expérimental de l'électrolyse de l'eau.....	74
Figure 9 : Dossier contenant le didacticiel.....	76
Figure 10 : Fichier de lancement de DIELEC.....	76
Figure 11 : Page d'Accueil de DIELEC.....	77
Figure 12 : Page des menus de DIELEC.....	77
Figure 13 : Icône de la catégorie séance	78
Figure 14 : Page Pré-requis de la séance de cours	78
Figure 15 : Page Situation_Problème de la séance de cours.....	79
Figure 16 : Page Activité (Action 1) de la séance de cours	80
Figure 17 : Page Essentiel de la séance de cours	80
Figure 18 : Page vérification de la séance de cours	81
Figure 19 : Fenêtre Jeux de DIELEC	82
Figure 20 : Fenêtre Lexique de DIELEC	82
Figure 21 : Fenêtre Galerie de DIELEC	83
Figure 22 : Fenêtre Simulation de DIELEC.....	84
Figure 23 : Fréquence de bonnes réponses des questions du pré-test.....	86
Figure 24 : Fréquences de bonnes réponses des questions Q1, Q2 et Q3 du pré-test fait dans les établissements	87

Figure 25 : Fréquences de bonnes réponses des questions Q4, Q5 et Q6 du pré-test fait dans les établissements	88
Figure 26 : Fréquences de bonnes réponses des questions Q7, Q8, Q9 et Q10 du pré-test fait dans les établissements	89
Figure 27 : Fréquence de bonnes réponses des questions du pré-test fait dans les établissements.....	91
Figure 28 : Fréquence de bonnes réponses du post Test fait au Lycée bilingue d’application	93
Figure 29 : Fréquence de bonnes réponses aux questions du post test fait au Lycée de Nkolmesseng	93
Figure 30 : Fréquences de bonnes réponses aux questions du post Test fait au CES d’Ekombitié.....	94

RÉSUMÉ

Le présent travail vise à proposer un didacticiel et le matériel de récupération en vue de faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième. Pour y parvenir, il a été initié la démarche expérimentale par expérimentation à travers le matériel de récupération d'une part et par simulation interactive à travers le didacticiel d'autre part. Pour cela, un effectif de 251 élèves n'ayant pas encore reçu l'enseignement sur l'électrolyse de l'eau a été soumis à un pré-test. Ledit test visait à évaluer le niveau d'acquisition des concepts nécessaires à l'apprentissage du concept d'électrolyse. Suite à ce préalable, 200 élèves donc 180 venant des lycées et ayant obtenus un faible score et 20 élèves du Collège qui ont pris part au pré-test ont été retenus pour l'expérimentation. Cet effectif a été réparti comme suit : 70 apprenants pour le groupe témoin, 60 pour le groupe expérimental avec didacticiel et 70 pour le groupe expérimental avec matériel de récupération. Chacun de ces groupes a reçu un enseignement-apprentissage à l'issue duquel il a été soumis à un post test. Les données recueillies de ce post test ont été analysées et soumises au *test t de student* et plus loin, une observation de la qualité des réponses générales des apprenants a été faite, tout ceci, dans l'optique de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de recherche. Les résultats obtenus lors de l'analyse des données collectées à la suite du post test montrent qu'après l'expérimentation avec le didacticiel interactif et l'expérimentation avec le matériel de récupération, respectivement, 64% et 85% de chacun de ces groupes de participants a pu construire le concept d'électrolyse. Malheureusement, seule 36 % de bonnes réponses ont été enregistrés par le groupe témoin (groupe ayant pris part à l'enseignement classique). Il ressort de ces résultats que l'expérimentation avec le didacticiel interactif et celle avec le matériel de récupération facilitent la construction du concept de l'électrolyse. Ce qui permet de suggérer l'utilisation et l'implémentation de chacun de ces outils en contexte d'enseignement-apprentissage de la chimie.

Mots clés : électrolyse, expérimentation, matériel de récupération, didacticiel.

ABSTRACT

The present work aims at proposing a tutorial and the recovery material in order to facilitate the construction of the concept of electrolysis in the third grade. In order to achieve this, the experimental approach was initiated by experimentation through the recycled material on the one hand and by interactive simulation through the tutorial on the other. For this purpose, 251 students who had not yet been taught about water electrolysis were given a pre-test. The aim of this test was to assess the level of acquisition of the concepts necessary for learning the concept of electrolysis. As a result of this pre-test, 200 students, 180 from high schools with low scores and 20 from colleges who took part in the pre-test were selected for the experiment. This number was divided as follows: 70 learners for the control group, 60 for the experimental group with courseware and 70 for the experimental group with recovery material. Each of these groups was given a teaching-learning session, after which they were subjected to a post-test. The data collected from this post-test was analysed and subjected to the student's t test and further, an observation of the quality of the learners' general responses was made, all with a view to confirming or refuting the research hypotheses. The results obtained from the analysis of the data collected following the post-test show that after the experimentation with the interactive courseware and the experimentation with the retrieval material, respectively, 64% and 85% of each of these groups of participants were able to construct the concept of electrolysis. Unfortunately, only 36% of correct answers were recorded by the control group (group that took part in the classical teaching). From these results, it appears that experimentation with the interactive tutorial and experimentation with the retrieval material facilitated the construction of the concept of electrolysis. This suggests the use and implementation of each of these tools in a chemistry teaching-learning context.

Keywords: electrolysis, experimentation, salvage material, interactive courseware.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les réformes entreprises dans le système éducatif camerounais ont favorisé l'ouverture de la faculté des sciences de l'éducation en 2014. Faculté qui regorge plusieurs départements parmi lesquels le département de didactiques des disciplines.

Dans un contexte où l'intérêt est de plus en plus accordé aux réseaux sociaux, aux musiques, jeux et loisirs et où le e-learning doit être valorisé, l'enseignement des sciences physiques veut garder la place de choix qu'il occupe dans les curricula de l'Enseignement Secondaire Général. Au rang des finalités de l'éducation scientifique dans les programmes, l'apprentissage des concepts physiques et chimiques, la compréhension de leur environnement et la résolution des problèmes auxquels ils seront confrontés se présentent comme base commune de référence pour toute séquence didactique et pédagogique. Seulement, la nature du concept à construire, les outils, techniques et stratégies utilisées pour y parvenir et les difficultés d'apprentissage sont responsables en grande partie des échecs observés chez les apprenants (Toussaint, 1996). Pour ce faire, dans le grand champ des sciences, la recherche en didactique a fait l'objet de nombreuses études visant à améliorer l'enseignement-apprentissage des concepts de sciences physiques au cours de ces dernières années.

Les élèves éprouvent des difficultés à modéliser certains concepts physiques et chimiques au rang desquels l'électrolyse et plusieurs études en didactique des sciences ont été conduites ; certaines, pour identifier ces difficultés et d'autres pour y remédier. (Soudani, 1996 ; Millet, 2007 ; Raharijaona, 2006 ; Ayina, 2007 & Rosalonjatovo, 2013).

En électrochimie, les concepts tels qu'électricité, courant électrique, oxydation, réduction, oxydoréduction et électrolyse sont abordés. Lesdits concepts sont construits de manière classique, ou à travers l'élément ou le moyen adéquat. Grâce à la simulation, Ayina (2007) parvient à amener ses étudiants à construire le concept de conduction électrique. Soudani & al. (1996) pensent qu'en se servant du modèle de transfert d'électrons et du modèle du nombre d'oxydation, l'élève peut construire le concept d'oxydoréduction. Raharijaona (2006) par contre, trouve que l'élève doit se servir des quatre modèles que sont : le modèle de transfert d'électrons, modèle du nombre d'oxydation, le modèle de transfert d'oxygène et le modèle de transfert d'hydrogène pour mieux construire le même concept. Toutefois, avant d'accéder à la construction du concept d'oxydoréduction, il est nécessaire de bien construire celui de l'électrolyse qui semble être le concept essentiel à la construction du concept d'oxydoréduction. Combien essentiel pour la vie et l'entretien de la vie, l'électrolyse permet d'obtenir de l'hydrogène et l'oxygène de grande pureté (Millet P. , 2007). Seulement, lors de nos enseignements, fort a été de constater que ; les élèves de la classe de troisième éprouvent des difficultés à identifier l'anode, la cathode ainsi que les gaz qui se forment à ces différentes

électrodes au cours d'une électrolyse. Ces derniers éprouvent également les difficultés à préciser les tests d'identification des différents gaz, à écrire l'équation bilan de l'électrolyse de l'eau et à déterminer les volumes des réactifs et des produits de cette réaction. Ces difficultés seraient le résultat de l'absence de simulation, de modélisation, d'expérimentation (Gazo, 2010). Et donc, Du non usage du matériel adapté à la construction efficace des concepts. Cette situation de manque pousse à poser la question de savoir quels sont les outils et techniques pouvant faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième ?

Pour remédier à de tels écarts, et prenant en compte la responsabilité qu'a l'ingénieur de concevoir des programmes et proposer des outils et matériels pouvant optimiser les processus E/A, le présent travail vise, à travers l'expérimentation et la simulation interactive, à présenter les outils et techniques nécessaires à la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième et propose pour cela, un didacticiel interactif et du matériel de récupération.

Grâce aux outils qui seront exploités, les apprenants devraient être capables d'identifier les électrodes et les gaz qui se dégagent au niveau de chaque électrode ; préciser les tests qui permettent d'identifier ces gaz sans difficultés. Ils devront également être capables d'écrire l'équation de l'électrolyse de l'eau. Ce qui permettra de conclure que le concept d'électrolyse a été construit en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.

Ce travail se range dans la liste des travaux qui proposent des outils à exploiter par tous et pour tout processus d'enseignement-apprentissage en Chimie. Par ordinateurs, tablettes et smartphones, le didacticiel peut être utilisé. Le matériel de récupération contribue à son tour à développer la capacité à former deux des gaz essentiels pour l'entretien et la valorisation de la vie sur terre que sont ; le dioxygène et le dihydrogène. Ce matériel contribue également à fabriquer de l'eau de javel.

Dans sa structure interne, le présent mémoire se subdivise en deux grandes parties renfermant au total quatre chapitres. De manière spécifique, il s'agit de la première partie intitulée cadre théorique de l'étude. Elle est composée du chapitre 1 qui traite de la revue de la littérature et état de la question et du chapitre 2 réservé à la problématique. La deuxième partie à son tour, est intitulée cadre méthodologique et opératoire renferme les chapitres trois et quatre qui portent respectivement sur la méthode de la recherche, la présentation et discussion des résultats.

PREMIÈRE PARTIE : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

Intitulée « *Cadre théorique de l'étude* », ce champ théorique dans lequel s'inscrit la thématique abordée consiste à mettre en exergue l'état de la question sur la construction du concept d'électrolyse dans l'enseignement secondaire général. Pour y parvenir deux principaux axes de réflexions cristallisent la structure interne de cette partie. Ce sont la Revue de la littérature et état de la question d'une part, et d'autre part la problématique. À la fin des deux chapitres, un tableau synoptique est élaboré comme socle aux éléments capitaux de notre étude et les objectifs sont présentés.

CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE ET ÉTAT DE LA QUESTION

1.1. REVUE DE LA LITTÉRATURE

Après un bref rappel sur la découverte de l'électrolyse de l'eau, Millet (2006), Millet reconnaît la place combien capitale de l'hydrogène dans la vie et explique le processus interfacial de l'électrolyse aux électrodes. Pour cet auteur, l'électrolyse de l'eau permet d'obtenir de l'hydrogène et de l'oxygène en grande pureté. Gaz traditionnellement utilisés dans des secteurs tels que l'industrie agroalimentaire, l'industrie des semi-conducteurs, les applications spatiales et sous-marines. Seulement, dans le contexte énergétique actuel, la raréfaction des sources d'énergie fossiles liée à la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre provoque un regain d'intérêt pour la production électrolytique d'hydrogène. Ce produit qu'il appelle « *Vecteur énergétique* ».

Moumèn (2018) dans ses travaux sur l'Étude de la Nature d'El Oued sur l'Électrolyse, nous permet de remarquer en son chapitre sur « *l'Électrolyse de l'eau : production d'hydrogène* » que, bien qu'ayant diverses caractéristiques, l'hydrogène est l'élément le plus abondant dans l'univers et compose 75% de la masse de toute la matière dans les étoiles et les galaxies. Bien plus, c'est le carburant du soleil et sans lui, le soleil s'éteindrait. Aussi, l'hydrogène a plusieurs utilisations dans l'industrie électronique, dans les industries chimiques, comme carburant. Cet hydrogène combien nécessaire peut être produit à partir des énergies fossiles, par vaporeformage, par oxydation partielle, par reformage autotherme et par décomposition de l'eau. Décomposition de l'eau ou électrolyse de l'eau, pour être plus précis. Selon cet auteur, l'eau ne se décompose pas spontanément en hydrogène et en oxygène. Il faut lui fournir de l'énergie. Pour cela, on injecte un courant électrique dans l'électrolyseur à l'aide d'un générateur électrique et de l'eau liquide, et on récupère en sortie de l'hydrogène et de l'oxygène gazeux. L'étude de l'électrolyse menée par Moumèn a été faite avec les électrolyseurs alcalins, les électrolyseurs PEM, les électrolyseurs à haute température ainsi que l'électrolyse par photovoltaïque. Au terme de ses travaux l'auteur affirme que la production d'hydrogène devra être multipliée par 20 d'ici 2050 pour assurer 20% de la demande énergétique. Et pour parvenir à ce niveau de production les techniques les plus prometteuses à moyen terme sont l'électrolyse et les cycles thermochimiques. Grâce à ces travaux, nous remarquons la possibilité de produire le dihydrogène par plusieurs autres méthodes. Car, ces travaux sont réalisés en vue mener une étude de la production de l'hydrogène mais également, une étude de la voie la plus prometteuse de sa production. Et la qualité des résultats obtenus démontre à suffisance que la méthode la plus facile, rentable, efficace et moins nocive est celle de la production du dihydrogène par la réaction de *l'électrolyse de l'eau*. En ingénierie, plusieurs travaux sont menés autour du sujet du dihydrogène. Ce gaz tout comme l'oxygène, est aussi essentiel pour la vie. Il est de toute

évidence que l'enseignement des concepts contribuant à la fabrication de tels gaz ne passe inaperçu dans les curricula des enseignements primaires, secondaires et supérieurs. Une bonne raison qui contribue à introduire l'électrolyse comme concept d'enseignement-apprentissage au secondaire ; et l'E/A de l'électrolyse de l'eau dans l'une de ses classes (en classe de troisième pour le cas du Cameroun). Aussi, de telles informations se rangent en éléments motivationnels de l'apprenant. L'élève de troisième qui apprend le concept d'électrolyse ne le construit plus simplement comme concept de classe pour lequel il se devra de résoudre lors des évaluations. Il se devra désormais de s'y intéresser, d'opter pour la filière scientifique afin de s'y mettre et contribuer à juste titre à l'entretien de sa vie ; de participer à la vie du monde et de la planète qu'il occupe. Étant du domaine des Sciences et Technologies, de la spécialité Énergétique de la filière Génie mécanique, ces travaux relèvent essentiellement du domaine de l'ingénierie et pas de la pédagogie encore moins de la didactique.

David Soissons (2019) dans son dossier 10 mène une étude sur l'électrolyse ceci, dans le but de décrire son fonctionnement et d'illustrer ses domaines d'applications. Soissons affirme à l'entame que, malgré le son coût énergétique, l'électrolyse est largement utilisée dans l'industrie chimique. Soissons affirme que l'électrolyse est utilisée pour préparer et purifier des métaux et non-métaux. Elle également utilisée pour la fabrication de l'aluminium (Al), du dichlore (Cl_2), de l'eau oxygénée (H_2O_2) ou même du dihydrogène (H_2). Cet auteur parle de l'électrolyse de l'eau, de la production de l'Aluminium par électrolyse et plus loin, de l'électrolyse au service de la chimie verte. Tout comme Millet, Soissons parle également de *vecteur d'énergie*. Il ajoute ; la dénomination de l'hydrogène provient de sa source de production. Si l'hydrogène provient d'une centrale à charbon, d'une centrale à fuel lourd ou au gaz, on parle d'*hydrogène gris*. Si sa source d'électricité est elle-même dé carbonée et renouvelable, le courant électrique provenant des barrages hydrauliques, d'éoliennes ou de panneaux solaires, on parle d'*hydrogène vert*. Si cet hydrogène participe à la transition énergétique, il devient donc *vecteur énergétique* ou *vecteur d'énergie*. Selon cet auteur, *l'électrolyse de l'eau* est la décomposition de l'eau par le courant électrique. Le grand intérêt de l'électrolyse au service de la chimie verte est de permettre le stockage de l'énergie sous forme de dihydrogène pour les sources intermittentes d'énergie avant de récupérer ultérieurement l'énergie par sa combustion dans une pile à combustible ou dans une pile à moteur (Médiachimie). Lors de l'évaluation diagnostique, Soissons (2019) soumet 10 élèves de la classe de terminale au test permettant de vérifier le niveau de connaissance des élèves sur les préalables pour parler de la fabrication de l'Aluminium par électrolyse et il se rend compte que ces apprenants éprouvent des difficultés à définir oxydant, réducteur, cathode, anode, solution

électrolytique et plus loin, à faire une différence entre pile et électrolyse. En réalité, Soissons se sert des modèles et des schémas pour expliquer et mener ses leçons. Les modèles restent certes importants, mais le fait que les apprenants ne les manipulent pas est une limite. Et, au lieu de proposer des schémas aux élèves, Soissons pouvait leur proposer des simulations.

Le pédagogue Rosalonjatovo (2013) dans ses travaux sur la conception et l'élaboration d'un didacticiel pour l'étude de quelques électrolyses des programmes de troisième et de seconde avait pour objet, élaborer un didacticiel permettant d'étudier quelques électrolyses du programme de la classe de troisième et de la classe de seconde. Ceci, en vue de remédier au problème d'échec scolaire que cause l'absence de laboratoire dans les lycées. Cet auteur, pédagogue de formation, s'intéresse à proposer cinq modules d'apprentissage à l'aide du didacticiel. Il utilise l'ordinateur comme outil contribuant à faciliter la transmission des savoirs et modernisant l'E/A. Seulement, il ne cherche pas à identifier les difficultés des apprenants liées à la construction dudit concept.

Or, Ayina (2007) dans ses travaux sur l'analyse des simulations de la conduction électrique dans les piles électrochimiques à savoir leurs avantages, inconvénients et limites sur la modélisation de ce phénomène par les élèves, travaille avec un échantillon constitué de cinq (05) élèves français de TS et vingt-cinq (25) étudiants camerounais des classes scientifiques spéciales (CSS). Ayina cherche à montrer la place de la simulation dans la compréhension du phénomène de conduction du courant électrique sur la base de deux outils de simulation que sont ; la simulation BH et la simulation UL. Partant du principe selon lequel comprendre c'est modéliser et modéliser c'est simuler, cet auteur se sert du questionnaire, d'une expérimentation sur les piles, d'une analyse des deux simulations (BH et UL) de fonctionnement de piles et d'un entretien. Les résultats obtenus montrent que le problème de conduction électrique réside dans l'architecture même de la pile. Les apprenants qui au départ éprouvaient des difficultés à comprendre le phénomène de conduction de courant électrique dans les solutions électrolytiques de la pile électrochimique peuvent sortir de cet état grâce la simulation. La simulation UL le favorise davantage. Ayina a utilisé des simulations certes, mais celles-ci ne sont pas interactives et c'est l'auteur même qui manipule. Les apprenants sont passifs dans le processus E/A que ce dernier propose. Ces deux auteurs s'intéressent à la simulation qu'ils ne valorisent pas véritablement. Le didacticiel également est un simulateur. Et lorsqu'il n'est pas interactif, il manque l'aspect qui ferait de lui cet outil au jeu sérieux facilitant l'apprentissage des élèves et même la réponse au problème de e-learning auquel on a attribué une partie du temps des séances d'E/A autrefois dans les salles de classe. Le simulateur oui. Mais le

simulateur interactif. Et le didacticiel en est un. Le didacticiel ? Oui mais avec plusieurs catégories. Le didacticiel que valorisent ces travaux est un simulateur interactif à six catégories. Les travaux de Svante August Arrhenius (chimiste suédois, 1859-1927) sur la dissociation électrolytique, constituent les bases de la chimie, physique et électrochimie. Svante prouve que dans les solutions électrolytiques, les composés chimiques dissous sont dissociés en ions (tiré de Boissons, 2019). Boissons ajoute en précisant que la réaction d'électrolyse permet la conversion d'énergie électrique en énergie chimique, en utilisant les électrons fournis par un générateur de courant continu et par conséquent, un transfert d'électrons entre le réducteur et l'oxydant.

Les élèves éprouvent des difficultés à construire les concepts en Chimie tels que l'électrolyse. Des outils ont été proposés pour la construction dudit concept. Ce sont : le didacticiel, les simulations UL et UH (pour la conduction électrique). Seulement, il aurait que ces outils soient mis à la disposition des élèves et plus loin, qu'ils soient interactifs. Dans cet ordre d'idée, dans ces travaux, deux outils seront proposés. Il s'agit du didacticiel interactif et du matériel de récupération.

1.2. DÉFINITION DES CONCEPTS CLÉS DE L'ÉTUDE

1.2.1. Conception

Selon Giordan (1987), une conception n'est pas ce qui émerge en classe, c'est-à-dire ce que l'élève dit, écrit ou fait. Une conception correspond à la structure de pensée sous-jacente qui est à l'origine de ce que l'élève pense, dit, écrit ou dessine. Pour cela, Giordan et De Vecchi (1994) définissent le concept de conception comme « un processus personnel par lequel un apprenant structure au fur et à mesure les connaissances qu'il intègre. Savoir qui s'élabore dans la majorité des cas, sur une période assez longue de sa vie, à partir de son archéologie, c'est-à-dire de l'action culturelle parentale, de sa pratique sociale d'enfant à l'école, de l'influence de divers médias et plus tard, de son activité sociale d'adulte ». Duplessis (2007), quant à lui définit la conception comme « l'ensemble des a priori, des idées et des façons de raisonner que l'élève projette sur le monde en général et les objets d'études en particulier. C'est son cadre premier de référence ; c'est ce qu'il mobilise en premier lieu pour appréhender un phénomène ou résoudre un problème donné. ». Le sens que nous donnons au concept de « conception » renvoie au mode de raisonnement, de pensée, que possède un élève sur le savoir qui lui est présenté afin qu'il ne puisse apporter son point de vue face à un sujet qui fait problème (Lieber, 2008).

Il s'agit d'un type de connaissance profonde et stable ancré dans la mémoire d'un apprenant dans une situation donnée à un moment donné qui amène le sujet à porter un jugement

déterminant leurs façons d'agir (Eastes, 2013). Le travail à partir des conceptions suppose une analyse et une interprétation (Astolfi, 1997). Car il faut connaître, décomposer les pensées afin d'expliquer l'attitude à adopter par l'apprenant. Ainsi tout enseignement doit partir des pensées premières des apprenants afin de trouver les activités pouvant mieux guider à la construction de savoirs par ces derniers. C'est le fruit de l'expérience antérieure de l'apprenant. C'est à la fois sa grille de lecture, d'interprétation et de prévision de la réalité que l'individu a à traiter et sa prison intellectuelle. Il ne peut comprendre le monde qu'à travers elle. Elle renvoie à ses interrogations (ses questions). Elle prend appui sur ses raisonnements et ses interprétations (son mode opératoire), sur les autres idées qu'il manipule (son cadre de références), sur sa façon de s'exprimer (ses signifiants) et sur sa façon de produire du sens (son réseau sémantique).

1.2.2. Laboratoire

Selon le dictionnaire Larousse (2008), le laboratoire est un local disposé pour faire des recherches scientifiques, des analyses biologiques, des travaux photographiques, des essais industriels, etc. Le Robert le définit comme un local aménagé pour faire des expériences, des analyses biologiques, des recherches. Selon le CNRTL, C'est un local pourvu des installations et des appareils nécessaires à des manipulations et des expériences effectuées dans le cadre de recherches scientifiques, d'analyses médicales ou de matériaux, de tests techniques ou de l'enseignement scientifique et technique. Un laboratoire pédagogique quant à lui est un lieu de développement, d'analyse et de promotion des pédagogies actives dans lequel l'élève est, à divers niveaux appréciables par l'enseignant, acteur de ses apprentissages. La finalité de ces pédagogies étant la mise en valeur et le développement des compétences. C'est un espace d'expérimentation dans lequel le droit à l'erreur, base de tout apprentissage pour l'apprenant et outil pédagogique pour l'enseignant est affiché à l'entrée. C'est aussi un espace d'échange de pratiques ; un lieu de rencontre de l'écosystème éducatif.

De par ces définitions, le laboratoire scolaire doit être ce lieu de pratiques expérimentales et même de modélisation ; le lieu de l'expérimentation concourant à faciliter l'apprentissage des élèves. Que dire de l'expérimentation ?

1.2.3. Expérimentation

1.2.3.1. Définition

D'après Develay cité par Tachou (2004, p.43), « *l'expérimentation est un processus qui commence par l'émission d'une hypothèse et finit par la réalisation d'une expérience et l'analyse de ses résultats* ».

Les devis expérimentaux restent jusqu'à lors, les plus rigoureux contrairement aux autres méthodes en sciences sociales. L'expérimentation contribue à tester de façon puissante les relations de cause à effet consistant à manipuler une variable indépendante par le chercheur. Elle a pour fin, mesurer l'effet de cette variable sur la variable dépendante. Un élément crucial de l'expérimentation est le contrôle du chercheur sur les différents éléments du problème étudié afin d'isoler les effets de son intervention et d'éliminer les explications alternatives (Gazo, 2010, cité par Kouemogne, 2018).

1.2.3.2. Rôle de l'expérimentation

L'enseignement des sciences physiques constitue une activité essentiellement expérimentale. Ce qui contribue à attribuer aux sciences physiques l'appellation de sciences de modélisation ; sciences expérimentales. Car en réalité, tout passe par l'expérimentation et rien ne se fait sans elle. L'un des rôles fondamentaux de l'expérience en science physique est la validation des théories. Aussi, L'évolution du rôle de l'expérience entre Aristote et Galilée montre clairement le caractère construit de l'expérience et son articulation avec le modèle (Tachou, 2004).

Des travaux de Tachou (2004) sur le groupe physique-chimie de l'inspection, nous soulignons que les activités expérimentales de physique-chimie doivent avoir pour objet ; apprendre aux élèves à observer (à se questionner) ; les aider à acquérir des connaissances, des savoir-faire et surtout la méthode d'analyse et de raisonnement leur permettant de formuler avec pertinence des jugements critiques. Or, Normand (2014) affirme que l'enfant retient 30% de ce qu'il voit et 90% de ce qu'il fait. Ce qui nous pousse à admettre que l'apprenant ne comprend mieux que lorsqu'il agit et participe à la construction de ses connaissances. Pour y parvenir, les apprentissages doivent être conduits via des méthodes actives, car celles-ci facilitent la mobilisation de leurs capacités d'abstraction et de concentration. Raison nécessitant que l'enseignement soit meublé essentiellement d'activités expérimentales. Dans le cas contraire, on enregistrerait non seulement l'échec, mais également, un refus de l'orientation des apprenants vers les filières scientifiques.

Au vu de ce qui précède, nous pouvons conclure que l'expérimentation reste primordiale pour la construction des concepts et l'apprentissage des apprenants dans les sciences physiques. Elle contribue également à offrir aux sciences expérimentales, les stratégies leur favorisant à développer chez l'apprenant : l'esprit d'initiative et de ténacité par la conception et la réalisation des expériences ; l'esprit critique lui permettant de construire lui-même sa connaissance ; la

curiosité suscitant en lui le sens de l'observation et le questionnement. Bref, à développer en lui l'esprit scientifique.

1.2.4. Simulation interactive

1.2.4.1. Définition

Un simulateur est un dispositif technique permettant de modéliser un système réel. La simulation est une activité pédagogique qui repose sur une réflexion des enseignants concernant leurs cadres conceptuels et théoriques de l'enseignement et de l'apprentissage (Tardif, 1998). Les raisons invoquées pour recourir à la simulation sont de natures diverses mais concernent globalement : l'opportunité de développer des stratégies d'enseignement inspirées des courants pédagogiques actuels, les conséquences des actions réalisées (coût et considérations éthiques), la disponibilité des ressources pour apprendre (en particulier les situations rares) sans oublier les théories didactiques existante.

La simulation est un outil puissant d'analyse des situations de travail, et de conception de situations-problèmes signifiantes pour les apprenants.

Les activités de simulation reposent sur les choix pédagogiques stratégiques des enseignants. La proposition des activités de simulation relève également de didactique. Plus précisément de l'ingénierie didactique, spécialité de la didactique qui conçoit et propose des matériels, outils et programmes d'enseignement efficace à l'apprentissage des élèves. Sous certaines conditions, les activités de simulation peuvent favoriser le transfert des apprentissages.

La simulation est considérée comme complémentaire de l'expérience professionnelle, non seulement pour des raisons d'applicabilité, mais aussi pour de réels arguments pédagogiques construits.

1.2.4.2. Rôle

De façon opérationnelle et dans cette perspective, les séances de simulation pourraient être construites pour reproduire des situations-problèmes issues des situations de soins, afin de permettre aux enseignants d'accompagner leurs élèves dans une dynamique interactive de progression par l'analyse des actions réalisées. La simulation, au même titre que les autres outils d'enseignement peut donc favoriser le transfert, notamment lors de l'accompagnement des apprenants. Les activités de simulation sont considérées dans ce cas, comme une aide structurée à la résolution de situations-problèmes issues du contexte professionnel. Par ailleurs, diverses techniques de simulation se développent, avec d'autres interfaces (informatique et jeux

sérieux, jeux de rôles...). Au-delà de l'engouement que la simulation suscite auprès des enseignants, et de la motivation des élèves pour les séances de simulation, l'activité pédagogique pour être pérenne doit être construite de façon réfléchie et s'insérer au sein d'un curriculum.

On parle de simulation interactive qu'il y a opportunité d'échange. Une possibilité d'échange entre l'utilisateur de l'appareil et l'appareil. Ceci, par l'intermédiaire d'un écran. Un simulateur interactif est un matériel, un programme qui permet les actions réciproques avec des utilisateurs.

1.2.5. Didacticiel

Un didacticiel est la contraction de « didactique » et « logiciel » pouvant désigner deux choses :

- Un document 'papier ou support numérique' visant à former à l'utilisation d'un logiciel ; on parle aussi de logiciel. Lorsque le logiciel est réalisé à base d'exercices d'entraînement. C'est un outil TIC et TICE ;
- Un programme informatique relevant de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) ; plus précisément. Le didacticiel est un logiciel interactif destiné à l'apprentissage des savoirs (plus rarement de savoir-faire) sur un thème ou un domaine donné et incluant généralement un autocontrôle de connaissance ; la DGLF préconise dans le sens strict l'emploi de l'expression « logiciel éducatif ».

Le didacticiel est également un simulateur interactif.

Le didacticiel utilisé dans ces travaux a été conçu grâce au logiciel *hot potatoes*. Ceci, dans les langages *htm*, *java script* et *css*. Et les vidéos et images photos qui y sont insérées ont été prises grâce à un appareil professionnel.

1.2.6. Matériel de récupération

Le matériel didactique est un moyen matériel ; maniable qu'on peut utiliser pour organiser un enseignement dans une discipline donnée (balance, boussole, thermomètre...) (PREMST, 2008).

Le matériel de récupération est également tout matériel réunissant les moyens et les ressources qui facilitent l'E/A. Le matériel utilisé dans le cadre éducatif afin de faciliter l'acquisition de concepts, d'habiletés, d'attitudes et de dextérités Il regroupe des moyens et des ressources facilitant l'enseignement et l'apprentissage.

Le matériel de récupération est un matériel didactique qui a une utilité première et est utilisé pour d'autre fin. Dans le cadre de la didactique, pour faciliter l'apprentissage.

1.3. ÉTUDE HISTORIQUE ET EPISTÉMOLOGIQUE DU CONCEPT D'ÉLECTROLYSE

En abordant le thème ainsi intitulé *enseignement-apprentissage de la Chimie : construction du concept d'électrolyse en classe de troisième*, on se rend bien compte que l'Électrolyse constitue le noyau principal de l'étude et son enseignement-apprentissage est mis en cause : d'où l'intérêt de le rendre plus assimilable. Pour ce faire, nous procédons de prime à bord nous mettrons en exergue les différents sens (définitions) qu'on lui donne ; puis, nous passerons au rappel de son histoire en tant que concept didactique et pédagogique et par la même, nous scruterons son épistémologie.

1.3.1. Définition du concept d'électrolyse

Comme la plupart des concepts scientifique, il est difficile d'avoir une définition figée et universelle du concept d'électrolyse. C'est pourquoi, dans cette étude, nous ne présentons que quelques-unes des acceptions.

Étymologiquement, le concept d'électrolyse est emprunté au verbe anglais [to] *electrolize*. Créé par l'anglais Faraday (1834) par dérivation de l'électrolyte et par analogie du verbe [to] *analyze* « analyser » ; l'électrolyse est une méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique (Encyclopédie Universelle). L'électrolyse est également le processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique.

D'après le dictionnaire Larousse (2017), l'électrolyse est la décomposition chimique produite par un courant électrique. Il la conçoit aussi comme la décomposition des tissus organiques par le courant continu.

Selon NBAB, l'électrolyse est une méthode électrochimique qui permet de réaliser des réactions chimiques sous l'action d'un courant électrique, dont les substances se décomposent en fusion ou en solution, permettant la séparation d'éléments ou la synthèse des composés chimiques.

Dans son article intitulé *l'électrolyse- la théorie des ions*, Dastre (1899 : 699) définit l'électrolyse comme étant une décomposition chimique de certaines substances en fusion ou en solution par le passage d'électricité. Dans son argumentaire, l'auteur précise qu'il s'agit d'une

réaction chimique dans laquelle les substances composées sont décomposées en substances simples et/ou d'autres substances composites sous l'influence d'un courant électrique.

Bref, L'électrolyse est la décomposition d'une espèce chimique à l'état liquide par le passage du courant électrique (Encyclopédie universelle). Dans le cadre de ces travaux, le liquide choisi est l'eau. Que dire de l'électrolyse de l'eau ?

L'électrolyse de l'eau est la décomposition de l'eau par le passage du courant électrique. Boissons (2018) la définit comme la décomposition de l'eau par le courant électrique. Selon Dastre (1899), l'électrolyse de l'eau est celle qui consiste à séparer l'eau (H_2O) en hydrogène (H_2) et en oxygène (O_2) par le passage du courant électrique.

À partir de la définition proposée par Dastre (1899), il est urgent de définir d'autres concepts (comme courant électrique, ion, électrode, réaction chimique, anode et cathode).

— Courant électrique

D'après le glossaire Belgian BioElectroMagnetic Group, le courant électrique est un phénomène physique provoqué par le déplacement d'électrons ou ions porteurs de champs électriques. Par convention, on considère que le courant électrique est un flux de charge de charges positives. L'intensité du courant est la quantité de charge qui passe dans un conducteur par unité de temps. Elle se mesure en Ampère (A).

— Ion

À partir de la définition donnée par le dictionnaire BBEMG, un *ion* est un atome ou une molécule portant une charge électrique, parce que son nombre d'électrons est différent de son nombre de protons. On distingue deux types d'ions : les cations chargés positivement et les anions chargés négativement.

Le substantif masculin « ion » emprunté à l'anglais *ion*, ce mot a été formé en 1834 par le physicien Faraday par emprunt du grec ancien $\text{ion } \text{ión}$ (ion), se traduisant par « allant, qui va », participe présent neutre du verbe ιέναι « aller ».

La définition communément donnée aux élèves du secondaire nous est donné par le dictionnaire sens agent (repéré dans le site Cismef). D'après ce document numérique, un « ion » est un atome ou groupe d'atomes ayant gagné ou perdu un ou plusieurs électrons, et étant ainsi chargés électriquement. La perte d'électrons donne naissance à un ion positif ou cation ; le gain d'électrons donne naissance à un ion négatif ou anion. Leur valence chimique est indiquée par

des signes + pour les cations et - pour les anions, placés en haut et à droite des symboles ou formules respectifs (exemples : Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}).

— Électrode, anode, cathode

La réaction d'électrolyse se déroule dans une cellule électrolytique qui comporte deux électrodes plongées dans une cuve reliée à la borne négative du générateur de courant continu.

Tout comme l'*ion*, l'*électrode* est un terme forgé en 1834 par le physicien Faraday et désigne l'extrémité d'un conducteur électrique libérant ou captant un courant électrique, un flux électronique passant dans un fluide ou dans le vide. D'après le site *Cismef*, il s'agit d'un conducteur qui sort d'un générateur de courant électrique. L'électrode est donc un conducteur métallique. L'électrode est aussi un nom donné aux corps sur lesquels s'effectue la décomposition chimique par la pile. Ces corps sont de deux types aux fonctions opposées que sont ; l'anode et la cathode.

L'anode est l'électrode reliée à la borne positive du générateur, siège d'une réaction d'oxydation. La cathode est l'électrode reliée à la borne négative du générateur, siège d'une réaction de réduction.

Dans le cadre de ces travaux, les graphites des piles usées jouent le rôle d'électrode.

1.3.2. Histoire et épistémologie du concept d'électrolyse

Pour retracer l'histoire du concept de l'électrolyse, il convient de reculer dans le temps pour retrouver les sources de ce dont nous parlons aujourd'hui.

Tout par des travaux de Paets de Trootswyk, chercheur isolé et peu connu du grand public dans le domaine de la physique. Aujourd'hui, le monde lui reconnaît la découverte de la première électrolyse en 1772, quoique désigné par la plupart comme étant un « *physicien obscur* ». En effet, c'est au moyen de la grosse machine statique de Harlem qu'il fera sa découverte qui, plus tard, sera aussi faite par Nicholson et Carlisle au moyen de la pile de Volta. Cependant, l'objectif au centre n'était pas de rechercher comment se produit l'électrolyse : c'est d'ailleurs la raison pour laquelle on dit qu'elle a été accidentellement découverte en 1800 par William Nicholson et Carlisle alors qu'ils étudiaient le fonctionnement d'une batterie.

Selon NBAB (1889), la montée de la physique chimie au 19^{ème} siècle a pour origine deux éléments étroitement liés qui se sont déroulés au cours de la dernière année du 18^{ème} siècle. En 1800, Alessandro Volta (1745-1827) en Lombardie a inventé une première forme de pile, connue sous le nom de pile voltaïque, que M. Carlisle (1768-1842) et Nicholson (1753-1815) en Angleterre ont rapidement employé pour découvrir l'électrolyse en le 2 mai 1800, découverte

selon laquelle l'électricité peut décomposer l'eau en hydrogène et en oxygène et ouvre les portes les portes sur ce domaine. Ladite découverte a contribué à démontrer l'existence d'une relation entre l'électricité et les éléments chimiques, ce sur quoi Michael Faraday donnera une expression quantitative dans ses deux lois de l'électrolyse en 1834. Dans ces lois, Faraday introduit également les termes « cathode, anode, électrolyse, électrolyseur, cation, anion, par exemple » qui deviendront le champ lexical utilisé dans le vocabulaire scientifique par les normes internationales. Michael Faraday, physicien et chimiste britannique, va pour cela travaillé dans le domaine de l'électromagnétisme, l'électrochimie, le diamagnétisme et l'électrochimie. Rappelons que l'électrolyse est la décomposition d'une espèce chimique à l'état liquide par le passage du courant électrique. Pour contrôler les réactions dans une cellule d'électrolyse, il faut bien choisir le matériau qui doit constituer l'électrode ainsi que le type de l'électrolyse pour promouvoir une réaction plutôt qu'une autre. Aussi, la découverte faite par William Nicholson et Sir Anthony Carlisle était celle de l'électrolyse de l'eau. Lorsque Zénobe Gramme a inventé la machine Gramme en 1869, l'électrolyse de l'eau est rapidement devenue une méthode accessible à tous pour la production de l'hydrogène. Ceci étant, le procédé de synthèse industrielle d'hydrogène et d'oxygène par électrolyse de l'eau a été développé par Dimitry Lachinov en 1888. Svante August Arrhenius a reçu le prix Nobel de chimie en 1903 sur la dissociation électrolytique. Car, grâce à ses travaux, il prouve que dans les solutions électrolytiques, les composés chimiques dissous sont dissociés en ions, même en l'absence de courant traversant la solution. Une réaction d'électrolyse permet la conversion d'énergie électrique en énergie chimique, en utilisant les électrons fournis par un générateur de courant continu et par conséquent un transfert d'électrons entre le réducteur et l'oxydant.

Il ressort de cette déclinaison historique que l'électrolyse est un ensemble de phénomènes liés au passage d'un courant électrique externe sur une substance chimique. C'est la décomposition d'un composé chimique sous l'effet d'un courant électrique. C'est le phénomène inverse du phénomène de la pile ; phénomène non spontané et forcé. La première électrolyse qui a été effectuée le 2 mai 1800 par deux chimistes anglais, William Nicholson (1753-1815) et Anthony Carlisle (1768-1842), leurs a permis de décomposer l'eau en oxygène et hydrogène au moyen du courant électrique. Les substances chimiques auxquelles on applique l'électrolyse sont appelées électrolytes. Ce sont des composés ioniques (acides, bases, sels). Ils se trouvent à l'état liquide sous forme dissoute ou fondue et constituent le milieu conducteur dans lequel plongent les deux électrodes. Lorsque le courant passe, les ions positifs sont attirés par l'électrode négative (cathode) et les ions négatifs migrent vers l'électrode positive (anode).

Schönbein va à son tour réaliser la réaction de l'électrolyse de l'eau en 1802 et Davy en 1838. Cependant, avec la multiplicité des découvertes, il est difficile de retracer avec exactitude, les différentes performances et découvertes effectuées autour dudit concept qui s'est vulgarisé depuis son apparition avec une célérité imposée par l'évolution de la science et des technologies. D'après Rosemary (1954), l'origine des savoirs liés à l'électrolyse, tels qu'enseigné aujourd'hui, date de 1834 avec les lois de Faraday sur l'électrolyse. Même si Arrhenius travaillera plus tard sur la dissociation électrolytique. (CNRS, 2020)

1.3.3. Principe chimique de l'électrolyse

Selon NBAB (2019), le processus électrochimique et sa vitesse sur une surface unitaire de l'électrode d'une cellule à l'échelle commerciale, sont les mêmes que ceux d'une petite électrode dans une cellule de laboratoire du point de vue de la science électrochimique. Du point de vue de l'ingénierie, il y a des considérations importantes liées à divers sujets, tels que la masse, la chaleur, le transfert, les bilans matières, le choix des matériaux, le volume et la géométrie de l'électrolyseur. Faraday a été l'un des acteurs majeurs dans la fondation de la nouvelle science de l'électrochimie, qui étudie les événements aux interfaces des électrodes avec les substances ioniques. Que dire de la cellule électrolytique et des électrodes ?

— La cellule électrolytique

Une cellule électrochimique est composée de deux électrodes en contact avec un électrolyte (conducteur ionique) et un circuit externe. Il existe deux types de cellule électrochimique à savoir : la cellule galvanique et la cellule électrolytique. L'électrolyse se produit dans la cellule électrolytique.

La cellule électrolytique est une cellule qui peut être à deux compartiments ou à un compartiment.

Lorsqu'elle est à deux compartiments, on y trouve un compartiment de la réduction et un compartiment de l'oxydation. Le sens de déplacement des électrons dans la cellule électrolytique est inversé par rapport au sens de déplacements des électrons dans les cellules galvaniques. Toutefois, que ce soit dans la cellule électrolytique ou dans la cellule galvanique, la réaction de réduction se passe dans la cathode et celle de l'oxydation se passe dans l'anode ; et les deux sont liées par un pont salin.

Lorsque la cellule électrolytique est à un compartiment, les deux électrodes sont plongées dans le même électrolyte.

— Les électrodes

Une électrode est un conducteur électronique, ou ionique capable de capter ou de libérer des électrons (Kamal, 2019). Il existe plusieurs types d'électrodes que sont : l'électrode métal/ion métallique, l'électrode redox, l'électrode à sel insoluble, l'électrode à gaz, les électrodes spécifiques qui mesurent l'activité de l'ion.

Dans le cadre de ces travaux, l'électrode utilisée est l'électrode métal/ion métallique. Car, le métal est en présence d'un ion métallique (Na^+) du sel (NaCl) en solution.

— Les phénomènes produits au cours de l'électrolyse

Dans l'électrolyte, le transport des ions est très important et nécessaire pour assurer le passage du courant électrique avec le minimum de résistance électrique. Ces ions se déplacent en solution dans le but d'être en contact avec l'interface de la réaction électrochimique et ainsi participer aux échanges d'électrons (Kamal, 2019). Selon NBAB (2019), Il existe trois différents modes de transport pouvant expliquer ces déplacements (la diffusion, la convection et la migration).

La diffusion est le déplacement des espèces ou des molécules sous l'agitation thermique qui a tendance à uniformiser la concentration, en passant des régions de plus forte concentration vers celles de plus faible concentration (gradient de la concentration) au voisinage d'électrode. La convection quant à elle, est causée par les mouvements macroscopiques de fluide et peut être naturelle ou forcée. La migration par contre est le déplacement des espèces chargées de l'électrolyte sous l'action d'un champ électrique.

1.3.4. Applications de l'électrolyse

L'électrolyse trouve ses applications dans le monde industriel, dans le monde de l'économie et même dans le monde de la recherche à travers l'électrodéposition (placage, galvanisation, galvanoplastie ...), les électrosynthèses (raffinage des métaux, préparation des métaux et non métaux, synthèses organiques, ...), les accumulateurs ; les cataphorèses ; le traitement des eaux usées ou de piscine ; dans le stockage des plaques photovoltaïques ; la fabrication de l'eau de Javel ; la production du dihydrogène et du dioxygène, de deux espèces chimiques essentiels à la vie et à l'entretien.

1.4. LES THÉORIES DE REFERENCE

1.4.1. Le Socioconstructivisme

Faire réussir le plus grand nombre d'élèves représente la finalité de tout système éducatif et le socioconstructivisme semble pour cela être le moyen le plus adapté. Aussi, le concept d'une

construction sociale de l'intelligence est la continuité d'une auto socio construction des connaissances par ceux qui apprennent.

Selon Lafortune et Deaudelin (2001), l'accompagnement socioconstructiviste renvoie au soutien apporté à des personnes en situation d'apprentissage pour qu'elles puissent cheminer dans la construction de leurs connaissances ; il s'agit alors de les aider à activer leurs connaissances antérieures, à établir des liens avec les nouvelles connaissances et à transférer le fruit de leur apprentissage en situation réelle. Ce qui présuppose une interaction entre la personne accompagnatrice et celle qui est accompagnée. Et plus loin, une interaction entre les personnes accompagnées entre elles et avec la personne accompagnatrice.

1.4.1.1. Définition

Selon le dictionnaire cordial (...), le Socioconstructivisme est une technique éducative dans laquelle chaque apprenant est l'agent de son apprentissage et de l'apprentissage du groupe, par le partage réciproque du savoir. Le ministère de l'éducation du Québec (2004) le définit comme une approche issue du constructivisme et axée sur la dimension sociale et interactive de l'apprentissage.

Fondé par Vygotsky, le socioconstructivisme fait suite au constructivisme. Une théorie qui prend source des travaux de Piaget (1896-1980) sur l'évolution et l'adaptation de l'être humain. Pour Vygotsky, au-delà des expériences individuelles, la construction du savoir passe par les interactions sociales et la culture. Ceci étant, le Socioconstructivisme est un modèle d'apprentissage qui passe par le social. L'approche socioconstructivisme (ou sociocognitive) est celle qui introduit une dimension des interactions, des échanges, du travail de verbalisation, de construction et de co-élaboration (Vygotsky, 1985). Ceci, dans le sens de l'interagir et le connaître, de l'apprentissage de groupe, du partage d'idée visant l'apprentissage. L'apprentissage étant considéré comme le résultat des activités sociocognitives liées aux échanges didactiques entre enseignant-élèves et élèves - élèves.

Sur quels éléments peut-on véritablement s'appuyer pour parler de socioconstructivisme ? Autrement dit, quels sont les concepts clés du socioconstructivisme ?

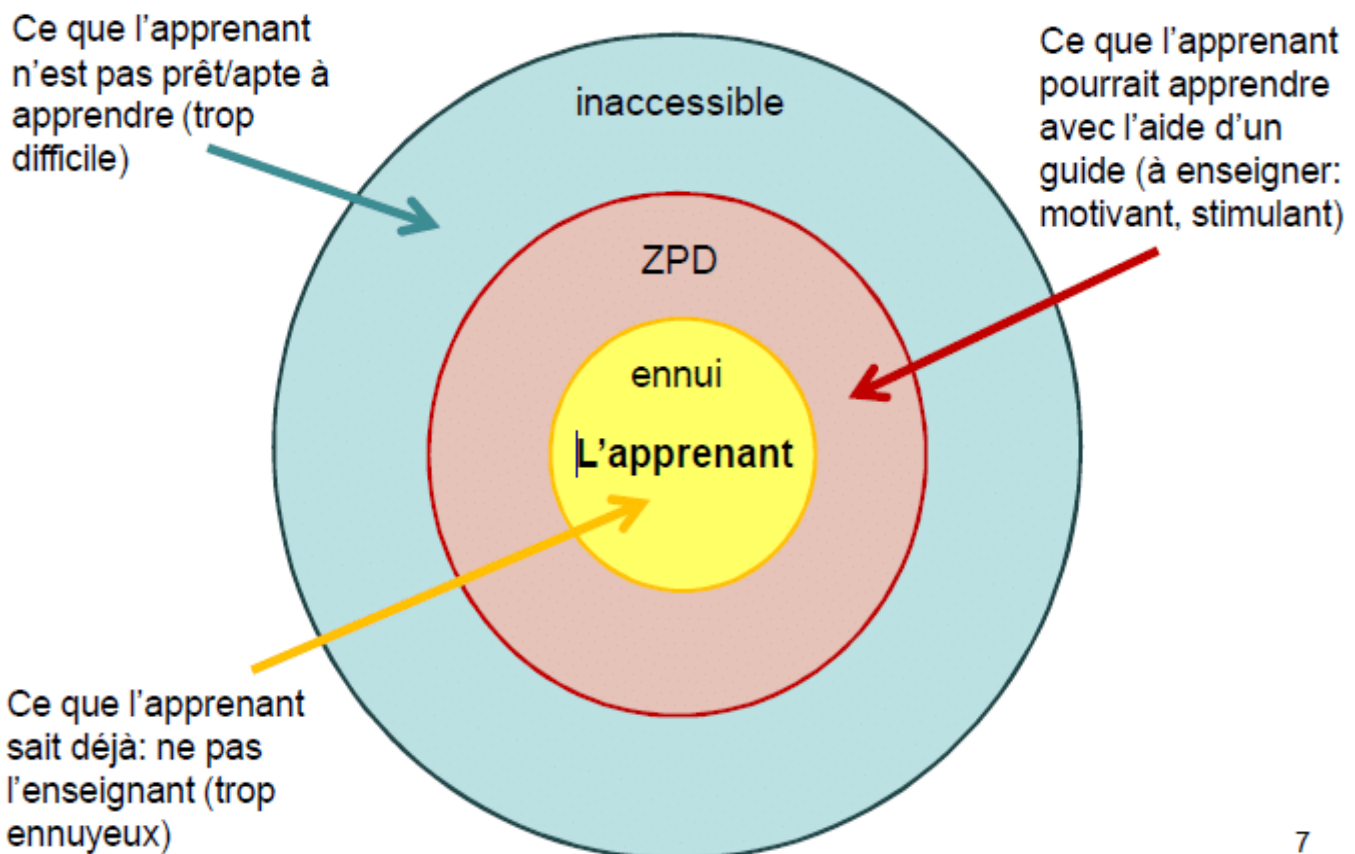
1.4.1.2. Les concepts clés du socioconstructivisme

Les concepts clés du socioconstructivisme sont :

- **L'interdépendance de l'apprentissage et de son contexte** : ici, l'acquisition de connaissance dépend du contexte pédagogique, c'est-à-dire de la situation d'enseignement, d'apprentissage et des activités connexes ;

- **Le conflit sociocognitif** : il prétend que les interactions sociales sont primordiales dans un apprentissage. D'où le développement de la ZPD (Zone Proximale de Développement) ;
- **La métacognition** : elle renvoie à l'analyse que l'apprenant fait de son propre fonctionnement intellectuel. Elle renvoie également aux activités mises en œuvre pour exécuter une tâche et à l'ajustement de ces activités (Carette, 2008). Que dire de la Zone Proximale de Développement ?

La Zone Proximale de Développement ou Zone de prochain développement (ZPD) est L'espace symbolique qui relie les tâches qu'un individu peut accomplir en autonomie à celles qu'il pourra accomplir avec l'aide d'un tiers, puis accomplir seul une fois l'apprentissage achevé (EduTech Wiki).



7

Figure 1 : Zone Proximale de Développement (réf. [UNIVERSITÉ DE ROUEN \(ESPE ACADÉMIE DE ROUEN\) Approche collaborative de la construction des évaluations en SVT et impact motivationnel chez des élèves de cycle 4.](#))

1.4.1.3. Dimensions du socioconstructivisme et apport dans le processus E/A

Rappelons que, le **socioconstructivisme est une technique éducative** dans laquelle chaque apprenant est l'agent de son apprentissage et de l'apprentissage du groupe, par le partage réciproque du savoir. Aussi, le ministère de l'Éducation du Québec (2004) le définit comme une approche issue du constructivisme et axée sur la dimension sociale et interactive de l'apprentissage. Les perspectives du socioconstructivisme s'appuient sur l'interdépendance des procédures sociales et individuelles.

Pour cela, le socioconstructivisme est ce modèle utile dans le processus d'enseignement-apprentissage pour lequel trois éléments didactiques sont indissociables à savoir ; la dimension constructiviste qui fait référence au sujet qui apprend (c'est l'apprenant) ; la dimension socio qui fait référence aux partenaires en présence (ce sont les autres apprenants et l'enseignant) ; la dimension interactive qui fait référence au milieu (ce qui renvoie aux situations et à l'objet d'apprentissage organisé à l'intérieur de ces situations et aux échanges entre apprenants). L'objet de l'apprentissage proposé étant le contenu d'enseignement.

Le socioconstructivisme est une théorie d'apprentissage qui souligne l'importance des interactions sociales et le rôle de la culture dans la création des connaissances. Le socioconstructivisme considère l'apprentissage comme un processus actif. C'est également une théorie qui explique que l'interaction sociale est la clé de la construction de la connaissance. Par exemple, une personne qui a une idéologie peut changer d'opinion à la suite d'une interaction sociale. Aussi, un apprenant qui a une conception erronée peut facilement la voir être remédiée grâce au socioconstructivisme. L'interaction sociale joue un rôle fondamental dans le développement de la cognition et la connaissance se construit par l'interaction avec les autres. La connaissance se construit à travers un processus d'échange, de discussion et même de négociation. D'où la nécessité de former les groupes d'élèves. En vue de maximiser la qualité des travaux dans les groupes, ils seront constitués de trois (03) à cinq (05) membres constitués essentiellement d'un chef, d'un rapport et des membres. Selon le socioconstructivisme, rien n'est appris à partir de rien mais en relation avec les connaissances existantes, les nouvelles informations étant intégrées et élargissant le réseau de compréhension existant. L'apprenant qui réussit est donc celui qui intègre les nouvelles idées aux anciennes et pour qui la compréhension s'élargit pour englober la nouvelle expérience.

Le socioconstructivisme considère l'apprentissage comme un processus actif dans lequel les apprenants doivent apprendre à découvrir des principes, des concepts et des faits par

eux même. Ce qui contribue à donner la possibilité d'accorder quelques minutes de recherches à chaque élève avant la confrontation des idées. Ces participants doivent chacun avoir une expérience sociale antérieure à échanger en vue de négocier un sens. Et dans le cadre de ces travaux, en vue de déceler le problème qui se pose et d'apporter ensemble les solutions aux questions posées. A ces fins, le socioconstructivisme est d'une importance capitale lors des échanges et discussions collectives conduisant à l'identification du problème et des questions permettant de résoudre le problème ; le moment de travail en petits groupes visant à déterminer les hypothèses à explorer, à résoudre le problème identifié par les élèves (Carette, 2008).

1.4.1.4. Rôle de l'enseignant

Plutôt que de s'interroger sur le niveau d'intelligence des étudiants, il est nécessaire d'analyser une situation d'apprentissage ou une tâche donnée en fonction des habiletés intellectuelles qu'elle exige. À ces fins, pour (Barth, 2013) l'enseignant joue le rôle d'organisateur, de guide, de médiateur, de communicateur.

— Organisateur

Dans cette fonction, l'enseignant analyse les données à sa disposition à savoir ; la connaissance de ses élèves, les acquis de ses élèves, les apprentissages prévus dans la classe. En fonction de ces données, il choisit l'objectif et donc l'obstacle à franchir par les élèves. Puis, organise le dispositif en définissant la tâche, le matériel, les groupes s'il y en a plusieurs, ou la manière de les déterminer. Il élabore les consignes de travail en précisant, le sens et la finalité de l'activité, les conditions de réalisation, le cadre spatial propice à l'échange (Boutin, 2004).

Tout ce qui précède est le dispositif conçu de telle manière qu'il y ait confrontation de points de vue et de conceptions entre les enfants concernés.

— Médiateur

L'enseignant est médiateur à deux niveaux que sont ; entre le savoir et les élèves (étant donné qu'il connaît l'objectif conceptuel visé et c'est lui qui animera le conflit sociocognitif en fonction de cet objectif.) ; entre les élèves eux-mêmes (c'est lui qui anime le conflit sociocognitif et qui gère les prises de paroles des élèves). Par cette double médiation, il agit à trois niveaux à savoir ; sur les représentations de la tâche par les élèves et sur leurs conceptions ; sur la construction d'un problème et d'une procédure de résolution et sur les prises de paroles des élèves (Barth, 2013).

— **Communicateur**

Il doit Pour exercer la médiation, l'enseignant doit être performant en communication (Carette, 2008). Il doit pour cela favoriser la communication entre les élèves, bien communiquer avec les élèves et se faire comprendre, développer ses compétences en communication verbale et non-verbale. Il se doit aussi d'animer les situations de classe en créant les conditions spatiales d'un bon échange, en énonçant au moment opportun des consignes claires et précises, en vérifiant si elles ont été comprises, en les faisant reformuler, en facilitant et en gérant les interventions spontanées des élèves, en reformulant ou en faisant reformuler (utilisation de l'écoute active), en posant des questions judicieuses, non-inductrices et non-jugeantes, tout en exploitant systématiquement les propositions des enfants (Carette, 2008).

— **Guide**

Selon Angers et Bouchard, « Le maître préfère indiquer la manière de construire les connaissances, le chemin à suivre pour y parvenir » (cité par Djellouli, 2011). En ce sens, l'enseignant encadre et guide, tout au long du projet, les apprentissages liés au programme d'étude. Pour ce faire, un questionnement l'aide à recentrer l'élève sur l'objet d'apprentissage visé par le projet. De plus, il favorise l'établissement d'un climat propice aux apprentissages dans le dessein de susciter le dépassement de l'élève face à ses apprentissages. Tout au long du projet, l'enseignant, par son rôle de médiateur et de guide, conduit les élèves à se recentrer sur l'objet d'apprentissage. Il les mène aussi à voir qu'ils peuvent surmonter les difficultés qui se présentent et à prendre conscience qu'ils peuvent apprendre (Djellouli, 2011).

Plutôt que de s'interroger sur le niveau d'intelligence des apprenants, l'enseignant doit analyser une situation d'apprentissage ou une tâche donnée en fonction des habiletés intellectuelles qu'elle exige.

1.4.1.5. Rôle de l'apprenant

Dans un cadre éducatif socioconstructiviste, la responsabilité de l'apprentissage incombe à l'apprenant, l'enseignant oriente la direction et favorise de nouveaux schémas de pensée. Faisant intervenir les concepts de mentorat et de tutorat, Le nouveau savoir n'est effectif que s'il est reconstruit pour s'intégrer au réseau conceptuel de l'apprenant. Ce dernier apprend à travers les médiations et interactions avec autrui et avec les outils techniques et sémiotiques.

Ce qui est attendu de l'apprenant est qu'il s'engage avec ses pairs et l'enseignant dans une discussion et une exploration active du sujet qui l'intéresse. Aussi, qu'il soit explorateur et

créatif dans la recherche et le développement ceci, à travers des analyses innovantes. Il doit également chercher un sens et essayer de trouver une régularité et un ordre en absence d'informations complètes et exhaustives. Bref, l'apprenant doit être :

— **Acteur**

— **Co acteur**

Grâce au socioconstructivisme, l'apprentissage est fondé sur l'autonomie ; l'apprenant est véritablement au centre de l'apprentissage ; Le travail est coopératif ; l'enseignant qui crée des situations-problèmes agit désormais comme guide, facilitateur tout en présentant au groupe d'élèves les tâches à accomplir et les activités à mener et en utilisant l'erreur comme un outil d'enseignement.

1.4.2. La théorie de situations didactiques

1.4.2.1. Définition

Selon Soury-Lavergne (2011), la didactique n'est pas la psychologie, les sciences cognitives, la pédagogie et ses premiers cadres théoriques sont la théorie des Situations Didactiques de Guy Brousseau et les champs conceptuels de Gérard Vergnaud. Son minimum d'étude étant le triangle didactique, on y étudie les interactions entre enseignant et élèves relatives à un savoir dans une situation à finalité didactique.

Selon Guy Brousseau (1991), une situation didactique est « un ensemble de rapports établis explicitement et/ou implicitement entre un élève et un groupe d'élèves, un certain milieu (comprenant éventuellement des instruments ou des objets), et un système éducatif (le professeur), aux fins de faire approprier par ces élèves un savoir constitué ou en voie de constitution ». Aussi, la situation didactique est un moment où un actant (un professeur par exemple) organise un dispositif qui manifeste son intention de modifier ou de faire naître les connaissances d'un autre actant (élève) et lui permet de s'exprimer en action (Brousseau, 2010).

1.4.2.2. Apport de la situation Didactique dans le processus E/A

Une idéologie très répandue suppose un lien de simple transfert de l'enseignement vers l'apprentissage : ceci est communiqué par l'enseignant avec peut-être quelques pertes d'informations (C. Laborde, 1999 cité par Soury-Lavergne, 2011). Le caractère erroné de ce point de vue est celui qui laisse admettre que l'apprentissage n'est ni un simple transfert, ni linéaire ou continu (Sophie, 2011). Car, l'élève apprend en s'adaptant à un milieu, producteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres. Quand il a appris, il retrouve l'équilibre dans

sa relation avec le milieu. Aussi, un milieu sans intention didactique, c'est-à-dire non organisé intentionnellement pour enseigner, est insuffisant à induire chez le sujet toutes les connaissances que la société souhaite qu'il acquière. (Sophie, 2011). Dans ce processus, le rôle de l'enseignant est de choisir judicieusement les situations à proposer pour provoquer chez les élèves les adaptations souhaitées. Car pour Chevallard (1986), l'enseignant n'a pas pour mission d'obtenir des élèves qui apprennent, mais bien de faire en sorte qu'ils puissent apprendre. Il a pour tâche, non la prise en charge de l'apprentissage « ce qui demeure hors de son pouvoir » mais la prise en charge de la création des conditions de possibilité de l'apprentissage. L'enjeu d'apprentissage est de passer d'un état initial à un état final vis à vis du savoir. Dans la dissymétrie de la relation au savoir, l'enseignant est celui qui en sait plus, mais aussi qui peut anticiper ce qu'il y a à savoir : « Du point de vue de la relation au savoir, il y a une dissymétrie, qui est constitutive du système didactique. Nous ne dirons pas que l'élève n'entretient aucune relation au savoir avant l'enseignement, mais simplement que dans l'état initial, cette relation est peu ou pas adéquate. Sans l'hypothèse de cette dissymétrie, le système didactique n'a pas lieu d'être. » C. Margolinas (1993). Si l'enseignant a réussi, il doit pouvoir se retirer et l'élève conserve sa relation au savoir indépendamment de la présence de l'enseignant.

Notion centrale dans la théorie des situations didactiques, Le contrat didactique permet d'expliquer certains phénomènes et même de les prévoir. Plus loin, il contribue mettre en contact un système enseignant et un système enseigné. Pour Brousseau, c'est un ensemble d'habitudes du maître attendues par l'élève et les comportements de l'élève attendus par le maître.« Le contrat didactique représente les droits et les devoirs implicites des élèves et de l'enseignant à propos des objets de savoir mathématique enseignés » Au cours de l'enseignement d'un savoir, les règles de communication, entre les élèves et l'enseignant, à propos d'objets de savoir, s'établissent, changent, se rompent et se renouent au fur et à mesure des acquisitions, de leur évolution et de l'histoire produite. Ces règles ne se présentent pas sous une forme unique et figée dans le temps, mais au contraire sont le fruit d'une négociation toujours renouvelée. Le contrat caractérise les règles auxquelles obéissent les interactions entre l'enseignant et de l'enseigné, ces règles sont localement stables mais ne sont pas immuables

La situation didactique est un modèle relativement économique, un noyau adidactique sur lequel vient se greffer une gestion didactique (Conne, 1992). La situation adidactique, porteuse du milieu auquel l'élève va s'adapter, doit être provoquer et gérer par l'enseignant. Et la négociation du contrat didactique permet à la situation adidactique d'exister et de perdurer

malgré les paradoxes. G. Sensevy (cité par Sophie 2011) « *Dans les situations adidactiques, les interactions des élèves avec le milieu sont supposées suffisamment prégnantes et adéquates pour qu'ils puissent construire des connaissances, formuler des stratégies d'action, valider des savoirs en utilisant les rétroactions de ces milieux sans que leur activité ne soit orientée par la nécessité de satisfaire aux intentions supposées du professeur* ». Le sens d'une connaissance pour l'élève provient essentiellement des situations dans lesquelles elle intervient ou est intervenue comme une adaptation pertinente, c'est-à-dire qui a conduit à la réussite. Pour ce faire, il existe pour tout savoir (en Chimie) une famille de situations susceptibles de lui donner un sens correct (Brousseau, 1986).

Le paradoxe de la relation didactique est que l'enseignant n'a pas le droit de dire à l'élève ce qu'il veut que l'élève fasse (sinon il ne joue pas son rôle d'enseignant) et pourtant il faut qu'il fasse en sorte que l'élève produise la réponse attendue (sinon il n'a pas réussi son enseignement). Aussi, l'élève doit se mettre en position adidactique pour apprendre, il doit faire des choses qu'il ne sait pas (encore) faire et il sait que l'enseignant a prévu la situation justement pour cela. Mais s'il utilise les indices de l'intention de l'enseignant pour résoudre la situation, alors il n'apprendra pas ce qui est prévu et restera dépendant de l'enseignant dans sa relation au savoir. Une négociation nécessaire et implicite entre l'enseignant et les élèves. Ce qui aboutit parfois à l'effet Topaze, l'effet Jourdain ou même le Glissement métacognitif. D'où l'intérêt du contrat didactique.

Le contrat didactique est nécessaire pour que la situation didactique existe, pour que les élèves et l'enseignant surmonte le paradoxe de la relation didactique. Il aide les élèves – pour savoir dans quel cadre travailler – pour, avant d'avoir appris, savoir dans quelle direction travailler, oser se lancer. Et enfin, il aide l'enseignant à interpréter les réponses des élèves, à les reconnaître comme signe de l'apprentissage.

La théorie des situations didactiques selon Brousseau constitue:

- Une situation didactique : c'est celle qui sert à enseigner. C'est une situation présentée lorsqu'un individu a l'intention d'enseigner à un autre un savoir donné ;
- Une situation non didactique : c'est une situation sans finalité didactique pour laquelle le rapport au savoir s'élabore comme un moyen économique d'action (exemple : apprendre à fabriquer de l'eau de Javel ;

- Une situation a-didactique est la part de la situation didactique dans laquelle l'intention d'enseigner n'est pas explicite au regard de l'élève, le sujet réagit comme si la situation était non didactique. C'est à l'élève de prendre des décisions, d'engager des stratégies, d'évaluer leur efficacité.

Dans la théorie de situation didactique, Brousseau montre l'objet de l'étude et le rôle des différents acteurs. Ainsi quand il parle de l'objet, il fait allusion au savoir ; particulièrement son origine : le savoir (mathématique par exemple) est construit par des personnes dans un contexte social et historique de questions scientifiques. Il est personnalisé et contextualisé (Brousseau, 1980). Ceci montre l'importance de l'intervention d'un intermédiaire entre le savoir scientifique (des chercheurs) et le savoir scolaire. Par la suite, la constitution du savoir passe par les objets qui sont définis, les propriétés admises étant indiquées, les autres propriétés sont démontrées : ce qui permet de montrer que le savoir constitué est décontextualisé et dépersonnalisé (Brousseau, 1980). Nous notons la rupture du monde scientifique au monde scolaire car le savoir qui est enseigné dans les écoles provient de la transposition didactique des savoirs scientifiques. Ainsi Brousseau propose lors de la mise en œuvre des activités d'enseignement/apprentissage que soient présentées les questions dont la solution exige la mise en œuvre des savoirs visés, dans le but d'amener les élèves de résoudre eux même les situations problèmes. Nous voyons avec Brousseau que l'enseignement d'un savoir identifié n'est pas chose du tout facile. L'enseignant quant à lui, joue un rôle très capital dans le processus de construction des connaissances. Son rôle n'étant pas seulement d'exposer des savoirs et des problèmes dont la résolution met en œuvre les savoirs, mais de proposer aussi des situations qui mettent ou placent l'élève au centre de la construction de ses propres connaissances. Bref, dans la situation didactique, le professeur doit faire construire une connaissance et produire ainsi les compétences en élaborant des situations problèmes que les élèves peuvent résoudre dans le but de construire leur propre connaissance et être actif et même proactif.

Dans l'enseignement on parle également de rupture et d'évolution de contrat. Car tout enseignement d'un nouvel objet de savoir provoque des ruptures de contrat par rapport à des objets de savoir anciens et la renégociation de nouveaux contrats : l'apprentissage de l'élève se fait au prix de ces ruptures que l'enseignant doit négocier.

Exemple d'évolution de contrat, lié à l'évolution des connaissances des élèves, en électrochimie : « Réaliser une transformation chimique » : en classe de quatrième : on attend que l'élève définisse réaction chimique, réactif, produit. Puis réalise, décrit et schématiser la combustion

d'une bougie. En classe de troisième : on attend que l'élève se serve de la réaction chimique pour réaliser l'électrolyse et même la synthèse de l'eau.

1.4.2.3. Rôle de l'enseignant et de l'élève

Selon Clauzard (2018), une situation didactique comporte plusieurs phases :

- La situation d'enrôlement ;
- La situation de dévolution : c'est l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation. C'est le processus par lequel le professeur fait en sorte que les élèves assument leur part de responsabilité dans l'apprentissage ; les élèves prennent au jeu de leur apprentissage ; s'approprient la tâche à effectuer. Les erreurs (ou ratés) de cette situation peuvent être interprétés en terme de contrat didactique ;
- Situation d'action : c'est la phase de travail de recherche, de manipulation, de l'élucidation d'une situation problème à résoudre ;
- La situation de formulation : elle consiste à formuler les résultats attendus ;
- La situation de validation
- La situation d'institutionnalisation : c'est le processus dans et par lequel le professeur

Tout l'art du professeur va être de faire accepter à l'élève d'entrer dans une situation didactique. Il doit ainsi parvenir à ce que la résolution du problème soit de la responsabilité de l'élève.

CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE

2.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION

2.1.1. Contexte

La présente étude s'inscrit dans le contexte de l'enseignement secondaire général au Cameroun où l'enseignement des sciences physiques occupe une place importante dans les curricula. Mais les élèves éprouvent des difficultés à modéliser certains concepts physiques au rang desquels l'électrolyse. En effet, plusieurs études en didactique des sciences ont été conduites ; certaines pour identifier ces difficultés et d'autres pour y remédier (Soudani 1996 ; Ayina, 2007 et Rosalonjatovo, 2013).

Dans ses travaux sur l'analyse des simulations de la conduction électrique dans les piles électrochimiques à savoir leurs avantages, inconvénients et limites sur la modélisation de ce phénomène par les élèves, Ayina (2007) cherche à montrer la place de la simulation dans la compréhension du phénomène de conduction du courant électrique et ceci en partant sur la base de deux outils que sont la simulation BH et la simulation UL. L'auteur travaille sur un échantillon constitué de cinq (05) élèves français de Terminale Scientifique (TS) du lycée Edouard Herriot de Lyon 6^{ème} et 25 étudiants camerounais des classes scientifiques spéciales (CSS). Partant du principe selon lequel comprendre c'est modéliser et modéliser c'est simuler, l'auteur se sert d'une enquête par questionnaire, d'une expérimentation sur les piles, d'une analyse des deux simulations (BH et UL) de fonctionnement de piles et d'un entretien. Les résultats obtenus de cette étude montrent que le problème de conduction électrique réside dans l'architecture même de la pile. Les élèves éprouvent des difficultés à comprendre le phénomène de conduction du courant électrique dans les solutions électrolytiques de la pile électrochimique (difficultés qui disparaissent après la visualisation de la simulation de la conduction du courant dans les piles), la simulation est une aide à la modélisation de la conduction du courant électrique dans les piles électrochimiques car contribuant à assurer une meilleure compréhension du phénomène de conduction du courant électrique. Aussi, des deux simulations étudiées, la simulation UL est celle qui favorise le mieux cette compréhension.

Grâce aux travaux de Ayina (2007), on se rend compte au regard des conceptions des apprenants que sont ; les électrons circulent dans la solution, ces électrons se déplacent en passant d'un ion à un autre, les ions les transportent dans la solution de la cathode à l'anode, le courant dans la solution est dû au seul mouvement des anions et plus loin, l'anode est chargée positivement parce qu'elle a perdu les électrons et la cathode négativement car ayant gagnée des électrons, l'auteur parvient à changer ses conceptions erronées qu'ils s'étaient faites en se servant des simulations. Aussi, Ayina s'attarde sur la conduction électrique, un concept en

électrochimique. Or nous pensons qu'en réalité, si les apprenants éprouvent des difficultés de compréhension et de construction de ce concept, ceci peut avoir une cause plus profonde liée certainement à l'apprentissage du concept d'électrolyse.

En abordant la question liée aux « *difficultés d'apprentissage du concept d'oxydoréduction* », Soudani et al (1996, 1998) cherchent, d'une part, à faire le bilan des acquis des élèves de sections scientifiques entrant en première année universitaire sur le concept d'oxydoréduction tout en localisant les sources des difficultés qu'ils rencontrent et donc mener une étude sur les conditions d'enseignement-apprentissage de l'oxydoréduction. D'autre part, ils veulent faire un bilan des acquis en oxydoréduction des élèves arrivant à l'université en vue de réaliser une comparaison entre les acquis de ces derniers et de ceux issus du programme précédent en vue de cerner quelques origines de leurs difficultés. Pour ce faire, l'étude a été menée en deux phases ; la première en 1996 et la seconde en 1998. En 1996, les auteurs ont travaillé avec un groupe de 233 étudiants issus de l'ancien programme ; groupe qui se sert du transfert d'électrons pour expliquer le concept d'oxydoréduction. Dans la deuxième partie de leurs travaux (menés en 1998), ces auteurs travaillent sur un échantillon de 257 étudiants donc 128 redoublants en première année universitaire et 129 de la première année universitaire issus du nouveau programme des 1^{ère} S. Lesdits travaux leur permettent en 1996, de conclure ce qui suit ; le concept d'oxydoréduction est l'un des concepts les plus difficiles en chimie en ce sens que dans le langage courant, le mot gagner n'implique pas une réduction or on assimile la réduction au gain des électrons ; aussi, le transfert d'électrons n'est pas mis en évidence dans toutes les réactions et plus loin, il faut se servir des deux modèles que sont le modèle de transfert d'électrons et le modèle de nombre d'oxydation pour expliquer l'oxydoréduction et pas d'un seul des deux. Sinon, les apprenants éprouveraient toujours des difficultés à construire le concept d'oxydoréduction. En 1998, les mêmes auteurs ajoutent la remarque selon laquelle l'enseignement (selon le programme revu) de l'oxydoréduction est organisé de façon à plonger l'élève directement dans des situations d'abstraction. Ils pensent pour cela qu'il serait plus judicieux d'amener les apprenants à modéliser que de leur apprendre des modèles « tout fait » afin de leur apprendre à raisonner. Aussi, en partant de l'histoire du concept d'oxydoréduction, on peut concevoir une autre approche de l'enseignement qui permette aux élèves de développer des représentations au niveau expérimental et phénoménologique tout en les mettant au niveau de modèle. Effectivement, ce que présentent ces auteurs comme difficultés reste très pertinent en ce sens que le concept d'oxydoréduction est non seulement largement abordé dans l'enseignement, mais également, il connaît nombre de domaines d'applications (bijouterie, métallurgie, feu d'artifice, pour ne citer que ceux-là).

Soudani et al (1996, 1998) s'intéressent au concept d'oxydoréduction en s'appuyant sur le modèle de transfert d'électrons et le modèle du nombre d'oxydation, seuls modèles qu'utilisent les programmes. Or, en lisant Raharijaona (2006), on se rend compte qu'il existe en réalité quatre modèles permettant d'aborder l'enseignement du concept d'oxydoréduction. Ce sont ; le modèle de transfert d'oxygène (modèle O), le modèle de transfert d'hydrogène (modèle H), le modèle de transfert d'électrons (modèle E) et le modèle de variation de nombre d'oxydation (modèle N.O.). Pour cela, au lieu de se servir uniquement des deux modèles cités, l'idéal serait de servir des quatre modèles existant. Rappelons que, les premières définitions de l'oxydoréduction ont été émises par Antoine Lavoisier en 1772. Seulement, après la découverte de l'électron au XXème siècle par Joseph John Thomson en 1897 et l'introduction du modèle atomique de Bohr en 1913, les réactions chimiques ont été réexaminées à la lumière des programmes de cette période et des simulations ont permis de dégager le concept d'oxydoréduction sous le prisme de transfert d'électrons. Walther Nernst le définira par la suite comme transfert de charges et Wilhem Ostwald comme échange d'électrons. Heureusement, dans les classes antérieures, les concepts tels que ; électron, charge électrique, transfert d'électron et même électrolyse sont enseignés. Avant de parvenir à l'enseignement-apprentissage du concept d'oxydoréduction, on passe par celui du concept d'électrolyse. Pour être plus précis, l'enseignement-apprentissage de l'électrolyse de l'eau en classe de troisième. Malheureusement, les auteurs ne s'appuient pas sur le concept d'électrolyse pour parvenir à la construction de celui de l'oxydoréduction. Aucun d'eux ne cherche à identifier si les conceptions erronées des élèves partent du fait qu'ils n'aient pas appris les concepts tels que celui de l'électrolyse. Ce qui laisse voir que Soudani et al ne s'intéressent pas véritablement à la continuité de la formation des apprenants. Or, du point de vue de l'enseignant que nous sommes, l'électrolyse semble être la base de l'enseignement du concept d'oxydoréduction. Car, en se servant de l'équation de l'électrolyse de l'eau uniquement, on peut non seulement expliquer le concept d'oxydoréduction sur la base des quatre modèles existant (point qui fera objet de nos études dans les prochains travaux), mais également on peut se rendre compte facilement des difficultés ou non des apprenants et y remédier tout en leur offrant une base solide à l'apprentissage du concept d'oxydoréduction.

Rosalonjatovo (2013) dans ses travaux sur la conception et l'élaboration d'un didacticiel pour l'étude de quelques électrolyses des programmes de troisième et de seconde a pour objet élaborer un didacticiel permettant d'étudier quelques électrolyses du programme de la classe de troisième et de la classe de seconde en vue de remédier au problème d'échec scolaire que cause l'absence de laboratoire dans les lycées. N'ayant pas travaillé sur un type d'échantillon précis

et s'intéressant à proposer cinq modules d'apprentissage à l'aide du didacticiel, les travaux de cet auteur lui ont permis tout de même de démontrer que l'ordinateur peut être utilisé comme un outil didactique facilitant la transmission des connaissances et modernisant l'enseignement-apprentissage.

Au regard du problème de recherche de cet auteur, de sa méthodologie, des résultats obtenus et plus loin de sa formation, ce travail loin d'être didactique, est beaucoup plus pédagogique. Car l'auteur s'intéresse aux aspects pédagogiques que sont l'échec scolaire, la valorisation de l'ordinateur comme outil de préparation et de présentation des leçons sous la base des logiciels. L'auteur pense remédier au problème d'absence de laboratoire sans prendre en compte le problème que cache la qualité de l'utilisation des laboratoires et plus loin de l'expérimentation qui ne trouve pas toujours sa place même dans les établissements qui ont des laboratoires. L'auteur ne s'intéresse pas à construire un concept mais à présenter tout un ensemble de leçons à l'aide d'un didacticiel. L'auteur s'est intéressé à proposer un didacticiel sans tenir compte du problème de non électrification et même de délestage que peuvent rencontrer certains établissements. L'auteur n'a pas pensé à côté du didacticiel, à un outil permettant d'expliquer les concepts sans obstacles réels à savoir le matériel de récupération. Dans un tel contexte, la présente étude se propose d'apporter sa contribution à travers l'étude d'une thématique qui vise à proposer les outils et techniques d'enseignement-apprentissage efficaces pour la construction du concept d'électrolyse. Elle met en exergue l'implémentation du didacticiel interactif et l'usage du matériel de récupération dans l'expérimentation pour une construction efficiente du concept d'électrolyse.

2.1.2. Justification du choix de l'étude

La distinction sciences et lettres n'est pas récente, et elle est une résonance européenne : dans *The Two Cultures* (1959), Charles P. Snow montrait que nos institutions scolaires et culturelles sont caractérisées par une division entre les arts et les humanités d'une part, les sciences de l'autre. Les sciences font par ailleurs l'objet de nombreux discours qui leur prêtent des vertus de démocratisation scolaire, d'« ouverture des possibilités » et de progrès social (Perronnet, 2019). Seulement, il est fréquent de remarquer dans les établissements scolaires et surtout en dehors, chez les élèves comme chez de nombreux enseignants que, de toutes les disciplines, les sciences physiques font parties des disciplines les « plus dures » à comprendre ; celle dans laquelle il n'est pas facile d'obtenir de bonnes notes et souvent considérée comme « discipline couperet » ; celle qui décide du passage ou non dans la section supérieure (Toussaint,

1996). Aussi, malgré les évolutions proposées, les bonnes intentions les sous-tendant, rien n'empêche l'accroissement des refus des élèves pour qui cette discipline n'est compréhensible qu'avec difficulté, et semble donc particulièrement sélective lorsqu'ils doivent suivre son enseignement : elle résiste à l'entendement des élèves, mais les élèves quant à eux résistent également à son enseignement (Toussaint, 1996). Bien plus, Selon Convert (2003), depuis 1995, constat est fait selon lequel, les disciplines scientifiques et particulièrement en Physique-Chimie inscrivent de plus en plus, un faible effectif d'apprenants dans les établissements.

Les classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques sont également touchées. Ici, la stabilité du chiffre des inscriptions cache le fait que les candidats à l'entrée, s'ils excèdent encore le nombre des admis, sont moins nombreux qu'auparavant, et on attribue trop vite cette désaffection à des changements dans les goûts ou dans l'image qu'auraient de la science les nouvelles générations : « *perte de confiance dans le progrès scientifique, sentiment confus à sa responsabilité dans les problèmes d'environnement (pollution...)* ; « *Vache folle, OGM, nucléaire... la science a perdu son aura* », lit-on dans les journaux (Convert, 2003). Contrairement aux séries littéraires qui elles enregistrent un nombre important d'apprenant. En effet, lorsque le choix leur est donné, beaucoup d'élèves préfèrent s'orienter vers les filières littéraires car pour eux, les filières scientifiques et plus loin, celles relatives aux sciences physiques et mathématiques sont très difficiles. Or, les sciences physiques particulièrement sont des disciplines permettant d'expliquer la réalité physique (Szczeciniarz, 2008). Et de ce fait, elles devraient susciter la curiosité des apprenants et motiver leur désir de comprendre les phénomènes observés dans leur environnement. Ce qui n'est pas le cas. Face à ce contraste, force est donc de chercher à savoir :

- Pourquoi la majorité des concepts enseignés en PCT sont aussi difficiles à comprendre par les apprenants ?
- Pourquoi leurs enseignements continuent à se faire résister par les apprenants et à être peu favorable pour la compréhension des concepts en PCT ?
- Quels sont les obstacles liés à l'enseignement-apprentissage du concept d'électrolyse et comment y remédier ?

Comme l'indique les principes généraux, l'enseignement des sciences physiques repose sur l'observation et l'interprétation des phénomènes : « à travers la démarche expérimentale, il doit (l'enseignement de la Chimie) former les esprits à la rigueur, à la démarche scientifique, à la critique, à l'honnêteté intellectuelle » et compte tenu de la nouvelle approche choisie par le

système éducatif, à une insertion harmonieuse et facile dans le tissu économique à savoir la prise en charge de soi-même. L'enseignement des sciences doit se ranger à ces fins. Soulignons que de nombreux travaux de recherche ont été effectués dans le cadre de l'étude des concepts couramment employés en électrochimie que sont l'oxydoréduction (Meli, 2015 tiré de Kuemogne, 2018), la nature des électrodes (Tadji, 2017) et d'autres y sont allés plus loin en travaillant sur l'influence de la nature des électrodes sur l'écriture des demi-équations électrolytiques (Kuemogne, 2018). Parlant de l'électrolyse de l'eau, ses produits sont le dihydrogène et le dioxygène. L'hydrogène est l'élément le plus abondant dans l'univers et compose 75% de la masse de toute la matière dans les étoiles et les galaxies. Seulement, la littérature ne nous présente aucune recherche sur la construction du concept d'électrolyse qui pour semble être la base de l'apprentissage de tout ce qui concerne l'électrochimie. La production en Hydrogène doit être multipliée par 20 d'ici 2050, pour assurer 20% de la demande énergétique. Or, l'eau ne se décompose pas spontanément en Hydrogène et en oxygène. Pour y parvenir, il faut y injecter un courant électrique. (Mounèn, 2018). Il reste donc nécessaire d'intéresser les élèves et les amener à apprendre le concept d'électrolyse afin de parvenir à faire d'eux des aides efficaces de la terre toute entière. Malheureusement, fort a été de remarquer lors de nos enseignements que ces élèves éprouvent des difficultés. Modéliser les concepts (Ayina, 2007) tels que l'électrolyse, à identifier l'anode, la cathode ; à déterminer les volumes des gaz formés au terme de la réaction d'électrolyse et plus loin, à identifier les gaz qui se forment aux différentes électrodes et à préciser leurs tests d'identification.

2.2. POSITION DU PROBLÈME

Le problème au centre de cette investigation est tributaire de quelques constats critiques fait autour de l'enseignement-apprentissage de la chimie dans l'Enseignement Secondaire Général au Cameroun.

— Constat

Durocher (2009) souligne sur l'enseignement et l'apprentissage deux aspects qui sont ; la volonté des enseignants de permettre à l'élève d'apprendre le plus et le mieux possible ainsi que, les difficultés rencontrées par les élèves de tous les niveaux lors de l'apprentissage de concepts scientifiques. Seulement au-delà des savoirs, des concepts et des connaissances enseignées en classe de sciences, tout ce qui reste, ce sont de vagues souvenirs d'expériences nébuleuses et d'exercices trop compliqués ; des connaissances floues sur les phénomènes chimiques, physiques et biologiques. Jacques Toussaint (1996) quant à lui affirme que

l'enseignement ne donne pas les résultats attendus. Selon cet auteur, le « *rendement didactique* », le savoir acquis par rapport au temps passé est très faible, voire parfois nul. Un certain nombre d'"erreurs" de raisonnements ou d'idées "erronées" reviennent avec une reproductibilité déconcertante chez les élèves, même après plusieurs séquences successives d'enseignement. Pourtant, quand on observe la classe, l'ensemble du cours semble cohérent et logique. Seulement les leçons semblent globalement non apprises. Car, les élèves éprouvent de réelles difficultés à construire les concepts en sciences physiques. Ceci pour des raisons multiples. Jacques Toussaint (1996) relève dans cet ordre idée ; le grand nombre d'élèves, la perte d'intérêt pour le savoir enseigné, la dispersion des connaissances au travers de multiples disciplines, la diminution de l'aura de l'enseignant, les documents parfois illisibles et pense par la même occasion que la raison principale est probablement à rechercher ailleurs. Pour cela, Toussaint (1996) ajoute en précisant que l'élève apparaît trop souvent comme le "présent-absent" du système éducatif. De plus, l'élève est dans la classe, mais l'enseignant n'en tient presque pas compte. Il ignore le plus souvent ce qu'il sait (ou croit savoir), il ne prend pas en compte sa façon d'apprendre. Partant de l'hypothèse selon laquelle « *la culture donne forme à la pensée* » et constitue le processus qui passe par les formes d'éducation, Maulini (2005) et Gagnon (2014) cherchent à savoir quelles sont ces formes d'éducation ? Comment varient-elles dans l'espace et le temps ? Comment se combinent-elles ou non dans les manières de former et de penser la formation ? L'un des constats empiriques fait est celui qui découle de la vie dans les établissements scolaires au Cameroun. En effet, lors de nos stages d'observation au Lycée Bilingue d'application de Yaoundé en Master I en 2019 dans le cadre de notre formation en science de l'éducation, il nous a été donné d'observer pour le déplorer que les salles de classes étaient à effectif pléthorique, ce qui rendait la tâche assez difficile aux enseignants.

Nous appesantissant sur les conceptions des élèves et plus loin, la qualité de la construction des concepts par les apprenants, fort est de constater que les élèves éprouvent des difficultés à construire plusieurs concepts en science physique et donc, en Chimie. Pour Soudani et al. (1996), les élèves éprouvent les difficultés à définir oxydation, réduction, gain et perte d'électrons. Pour Ayina (2007), les élèves éprouvent les difficultés à comprendre le concept de courant électrique.

Du constat empirique fait lors de l'enseignement de la Chimie et même lors des stages académiques de Master I en 2019 et du Master II en 2020, fort a été de constater que les élèves éprouvent également des difficultés à définir anode, cathode ; à faire la différence entre une anode et une cathode ; à définir électrolyse ; à préciser les gaz qui se forment au terme d'une

électrolyse de l'eau et à les identifier. Et plus loin, à écrire l'équation bilan de l'électrolyse de l'eau. Pour remédier à de telles lacunes, des recherches didactiques se sont mises en place depuis plusieurs années sur des contenus disciplinaires ou interdisciplinaires. Ces études ont permis de comprendre les questions, les idées, les façons de raisonner, le cadre de références des élèves ; tous ces éléments que l'on regroupe sous le terme générique de conception. Et au-delà d'identifier les difficultés d'apprentissage des élèves, elles proposent des outils, stratégies et techniques d'enseignement pour pallier à ces difficultés.

Ajoutons également que, la venue de la pandémie (Covid-19) fait suite au bouleversement des programmes journaliers et même hebdomadaires des classes dans les établissements à grands effectifs. Depuis lors, les emplois de temps sont désormais faits en mi-temps avec respectivement les classes du premier cycle qui viennent à 7h30minutes et rentrent à 12h et celles du second cycle qui prennent le relais à 12h30 minutes jusqu'à 17h30minutes ; cas du Lycée Bilingue d'Application. Au Lycée de Nkolmesseng par contre, la période allant de 7h30 à 12h concerne les classes d'examen (3^{ième}, 1^{ière} et Tle) et la classe de sixième (6^{ième}) et celle de 12h30 à 17h30 est prévue pour les autres classes (5^{ième}, 4^{ième} et 2^{nde}). Dans les établissements à moindre effectif par contre, le programme est resté inchangé, les cours vont de 8h00 à 15h30 ; ce qui est le cas au C.E.S. d'Ekombitié. Malheureusement, la période actuelle et les modifications qu'elle rencontre n'ont provoqué aucun changement sur le nombre de disciplines à enseigner et sur le nombre de leçons à couvrir par disciplines. Ceci, même en sciences physiques. Et comme l'attendent l'Etat et l'administration scolaire, il faut couvrir les programmes. Cet état des lieux rend plus difficile la tâche aux acteurs du système éducatif et contribue à garder les enseignements beaucoup plus théoriques que pratiques. Or, selon les curricula officiels, l'enseignement de la Chimie doit être à la fois théorique et pratique avec un accent particulier sur le volet pratique qui doit permettre à l'élève de développer la culture scientifique et les compétences pratiques pouvant conduire à son insertion socioprofessionnelle. Il se présente dès lors, l'écart entre la théorie et la pratique en classe de chimie dans l'enseignement secondaire général (ESG) au Cameroun.

Une autre observation connexe à la précédente est celle qui laisse voir de l'absence de l'expérimentation comme impact réel dans ces enseignements qui se veulent beaucoup plus pratiques. Bien plus, les Physique-Chimie sont des sciences de modélisation, il reste important de transmettre les leçons à l'aide des modèles ; ce qui n'est généralement pas le cas. Or, tout ceci contribue à voir le non engouement ou le manque de dévotion des élèves dans l'apprentissage des savoirs de cette discipline. Pourtant, si les concepts chimiques tels que l'électrolyse et son processus sont bien construits, l'apprenant peut gagner sa vie à partir de

cette seule notion (Moumèn, 2018). Ceci est d'autant plus important qu'il en est dans une société comme celle du Cameroun où le manque d'emploi se pose de manière criarde, exigeant de plus en plus l'émergence des compétences pratiques pour l'auto emplois, gage du développement. Seulement, la manière avec laquelle ces concepts sont appréhendés en situation pédagogique ne comble pas toujours les attentes des élèves. Il se pose dès lors un réel souci de contextualisation, d'actualisation et même de réorientation du processus d'Enseignement-Apprentissage de la Physique-Chimie dans l'Enseignement Secondaire du Cameroun dans une perspective motivationnelle face à l'absence ou pas de laboratoire dans les établissements.

Dans le même ordre d'idée que celles présentées supra, on observe qu'à l'ère du renouveau pédagogique et de la célébration de l'Approche par les Compétences dans la politique éducative Camerounaise, les volets didactiques censés être prioritaires ne semblent pas être l'apanage du fait pédagogique d'un système en pleine professionnalisation de son système éducatif. Par rapport à ces données, le souci d'outiller les apprenants des compétences pratiques pour l'agir social à travers l'agir scolaire remet au goût du jour le sempiternel débat sur le rapport entre la théorie et la pratique dans le processus E/A des disciplines scolaires au Cameroun. Bien plus, l'apprenant Camerounais vit dans une société où la Moyenne d'âge est de 18 ans selon le recensement effectué en 2018 par le Bureau Central des Recensements et des Études de la population (BUCREP).

Aujourd'hui, la situation économique du pays fait en sorte que, seul celui qui a subi une formation pratique arrive par le concours des pairs à se faire une place de choix dans la société ; ceci, soit en s'auto employant, soit en se faisant employer par rapport à ses compétences dans une structure indépendante, le plus souvent informel car l'État ne peut employer tout le monde. Il faut pour cela une collaboration, une co-construction dans une perspective de formation scolaire et socioprofessionnelle dans l'apprentissage des savoirs et concepts de la discipline

Physique-Chimie en général et de l'électrolyse en particulier. Concernant ce dernier aspect, les méthodes utilisées par les enseignants sont restées cloisonnées. Dans ce manque de synergie, les enseignants ne prennent pas la mesure de l'impact de leurs pratiques pédagogiques dans la réception notionnelle et même conceptuelle chez les apprenants et l'agir compétent que ce dernier devrait augurer. Par rapport à ces actes, les acteurs de cette discipline adoptent une démarche donc la motivation ne prend pas en compte la démarche par analogie, gage de l'efficacité de l'apprentissage liée au concept d'électrolyse. De sur croît, le concept « *électrolyse* » est resté un concept de salle de classe dans la mesure où, son enseignement se limite à la définition et à l'explication du processus de réalisation. Pourtant, sa portée

économique (si elle est bien enseignée) et bien d'autres atouts qui lui sont propres rendrait plus attrayant, plus ambitieux et surtout plus motivant son apprentissage chez les jeunes et sujets camerounais.

— Problème

Loin de tout fait et n'ayant aucune prétention d'avoir fait un rendu exhaustif des maux qui minent « *la pratique* » (les travaux pratiques) dans l'E/A de la Physique-Chimie, force est de constater que l'absence des laboratoires et ou la non exploitation des laboratoires et des activités expérimentales est un souci majeur dans les établissements scolaires. Ce qui contribue à remarquer que l'absence d'expérimentation obstrue l'atteinte des objectifs fixés par les programmes en vigueur. Cet ensemble de constats critiques montre également que l'enseignement de l'électrolyse en science physique tel qu'observé laisse à désirer et pose le problème de la définition didactique des outils et techniques adéquates pouvant faciliter le processus E/A dans la construction dudit concept dans l'Enseignement Secondaire Générale au Cameroun en générale et en classe de troisième en particulier.

2.3. QUESTION DE RECHERCHE

Pour mener à bien cette étude, et prenant en compte le problème que pose l'étude de cette thématique, il a été énoncé une question principale et trois question spécifiques de recherche.

2.3.1. Question principale de recherche

La question principale au centre de cette étude est celle de savoir :

Quelles sont les supports didactiques pouvant faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun ?

2.3.2. Questions spécifiques de recherche (QS)

L'opérationnalisation de la question principale de recherche de cette étude telle que formulée supra passe par l'examen de trois questions spécifiques (Q.S.) suivante :

QS1 : Quelle est l'impact du matériel de récupération dans la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun ?

QS2 : Quelle serait l'influence du didacticiel dans la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun ?

2.4. FORMULATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

2.4.1. Hypothèse générale

Il existe supports didactiques pouvant faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.

2.4.2. Hypothèses secondaires (HS)

HS1 : l'utilisation du matériel de récupération facilite la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.

HS2 : l'implémentation d'un didacticiel favorise la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.

2.5. DÉFINITION DES VARIABLES ET INDICATEURS

- **Variable dépendante (VD)** : la construction du concept d'électrolyse
Indicateur : Les notes des élèves
Modalités : - Élevées - Moyennes - Mauvaises
- **Variable indépendante (VI)** : Les supports didactiques
Indicateur : l'émission des hypothèses, la vérification des hypothèses, l'expérimentation
Modalités : - Efficace
- Inefficace
- **Variable indépendante 1 (VI₁)** : le matériel de récupération
Indicateur : les manipulations faites par les apprenants
Modalités : - Bonne - Mauvaise
- **Variable indépendante 2 (VI₂)** : le didacticiel
Indicateur : son exploitation par les apprenants
Modalités : - Bonne
- Mauvaise

2.6. OBJECTIF DE RECHERCHE

Dans toute recherche scientifique en sciences humaines, sociales et éducatives, il est important de définir dès le départ, l'objectif où le but à atteindre afin de mieux orienter la

démarche à suivre. Par souci de congruence en rapport avec les questions de recherche posées, il a été déterminé dans la présente étude, un objectif principal et trois objectifs spécifiques.

2.6.1. Objectif principal

De manière générale, il sera question pour nous de mesurer les supports susceptibles de faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.

2.6.2. Objectifs spécifiques (OS)

Sur le plan opérationnel, cette étude vise spécifiquement à :

OS1 : démontrer que le matériel de récupération facilite la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.

OS2 : démontrer que le didacticiel favorise la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.

2.7. LE TABLEAU SYNOPTIQUE

Tableau 1 : Tableau synoptique

THÈME : L'ENSEIGNEMENT/APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE : CONSTRUCTION DU CONCEPT D'ÉLECTROLYSE EN CLASSE DE TROISIÈME					
Questions de recherche	Objectifs de recherche	Hypothèses de recherche	Variables de l'étude	Indicateurs	Modalités
Question principale : Quelles sont les supports didactiques pouvant faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième ?	Objectif principal : mesurer les supports didactiques susceptibles de faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième.	Hypothèse principale : Il existe des supports didactiques pouvant faciliter la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun.	Variable dépendante : la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième de l'ESG au Cameroun	Les notes des élèves	- Élevées - Moyennes - Mauvaises
			Variable indépendante : les supports didactiques	l'émission des hypothèses, la vérification des hypothèses, l'expérimentation	-Efficace - Inefficace
QS₁ : Quelle est la place du matériel de récupération dans la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième ?	OS₁ : Montrer que le matériel de récupération facilite la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième.	HS₁ : L'utilisation du matériel de récupération facilite la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième	VI₁ : Le matériel de récupération	Les manipulations faites par les apprenants	-Bonne - Mauvaise

<p>QS₂ : Quelle serait l'influence du didacticiel dans la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième ?</p>	<p>OS₂: Démontrer que le didacticiel facilite la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième.</p>	<p>HS₂ : l'implémentation d'un didacticiel favorise la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième.</p>	<p>VI₂ : le didacticiel</p>	<p>L'exploitation du didacticiel par les apprenants</p>	<p>-Bonne -Mauvaise</p>
--	--	--	---	---	-----------------------------

DEUXIÈME PARTIE : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATOIRE

Cette partie met en exergue la méthode de recherche, l'intervention ainsi que présentation et discussion des résultats. Ceci, en deux chapitres essentiels à savoir ; le chapitre sur la méthodologie de la recherche et le chapitre sur l'analyse et la discussion des résultats.

CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE

Cette recherche s'élabore autour de la construction du concept d'électrolyse et de sa compréhension au travers des simulations interactives avec le didacticiel interactif et des expérimentations avec le matériel de récupération. Ceci, par les apprenants de la classe de troisième du C.E.S. d'Ekombitié, du Lycée Bilingue d'Application et du Lycée de Nkolmesseng. Il sera question dans ce chapitre de présenter les participants, les caractéristiques des populations sur lesquelles les travaux se sont menés et à partir desquelles ont été recueillies les informations. Puis, présenter les outils et procédures de traitement des données, en réponse aux questions posées et aux hypothèses formulées. Suivra enfin la présentation de la phase d'intervention.

3.1. PARTICIPANTS, POPULATION DE L'ÉTUDE ET ÉCHANTILLON

L'étude menée est une recherche quasi-expérimentale car elle contribue à déterminer la causalité d'un phénomène dans le but d'examiner si les variables manipulées ont un impact sur la variable dépendante. Tout ceci selon l'approche expérimentale de type OPHERIC (Observation, Problème, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusion). L'objectif d'une approche expérimentale est de rendre plus plausible les conclusions issues des observations et de procéder à une inférence causale (Meyer, 2005). Il s'agit pour le chercheur de manipuler une ou plusieurs variables, de les contrôler et de mesurer tout changement dans les autres variables.

La présente recherche se focalise sur le concept d'électrolyse. Et précisément sur la construction dudit concept en classe de troisième. Pour aborder ce concept il reste nécessaire d'innover les méthodes et techniques d'enseignement utilisées par les enseignants, et de mesurer les changements qui en découlent en prenant appuis sur le socioconstructivisme et la théorie des situations didactiques comme cadre théorique. Tout sera initié par une évaluation diagnostique ; évaluation faite généralement au début de toute séquence d'enseignement ; évaluation qui permet de jauger le niveau de connaissance des apprenants (Kouela, 2012). La catégorie des élèves sélectionnée à prendre part à cette expérience est celle des élèves de troisième de l'enseignement secondaire général du Cameroun. Pour mener à bien ces travaux, fort a été de connaître la participation des encadrants, des informaticiens, des chefs d'établissements et des administrations scolaires, des enseignants, des élèves et celle des parents d'élèves. Que dire de la population d'étude ?

3.2. POPULATION DE L'ÉTUDE

Dans cette partie, seront présentées la population cible et la population accessible :

- **Population cible** : est celle qui renvoie à l'ensemble des individus sur lesquels les résultats de l'étude peuvent être appliqués. Dans le cadre de ces travaux, elle est constituée de l'ensemble des élèves de troisième de l'Enseignement Secondaire Général du Cameroun.
- **Population accessible** : c'est celle qui regroupe l'ensemble des élèves des classes de troisième de la région du centre. Il s'agit précisément, des élèves du C.E.S. d'Ekombitié ; des élèves Lycée Bilingue d'Application et des élèves du Lycée de Nkolmesseng.

3.3. ÉTABLISSEMENT DE L'ÉCHANTILLON

Selon Delandsheere (1978), l'Échantillonnage consiste à « *choisir un nombre délimité d'individus ou d'évènements dont l'observation permet de tirer les conclusions (inférences) applicables à la population entière (univers) à l'intérieur de laquelle le choix a été défini* ».

Dans le cadre de cette recherche, la méthode d'échantillonnage utilisée est la méthode d'échantillonnage par choix raisonné. Les trois établissements que sont ; le C.E.S. d'Ekombitié, le Lycée Bilingue d'Application et le Lycée de Nkolmesseng ont été sélectionnés pour les raisons qui suivent :

- Le C.E.S d'Ekombitié est dans une zone non électrifié et ne possède pas de laboratoire ;
- Le lycée de Nkolmesseng se trouve dans une zone électrifiée et ne possède pas de laboratoire ;
- Les Lycée Bilingue d'Application se trouve dans une zone électrifiée et est doté de Laboratoire.

Les classes choisies pour cela sont :

- La classe de troisième espagnol (3^{ème} Esp) du C.E.S. d'Ekombitié ;
- Les classes de troisième ARA (3^{ème} ARA) et de troisième ARE 1 (3^{ème} ARE1) du Lycée Bilingue d'Application. Et enfin,
- Les classes de troisième Allemand 1 (3^{ème} All1), troisième Espagnol 2 (3^{ème} Esp2) et troisième Espagnol 6 (3^{ème} Esp6) du Lycée de Nkolmesseng.

Ces différentes classes ont été retenues pour participer à la recherche. Ils regroupent un effectif total de 251 élèves soit 112 garçons et 139 filles. Les 251 élèves sont répartis comme suit : 20 élèves venant de la 3^{ème} Esp du C.E.S. d'Ekombitié ; 98 élèves venant du L.B.A. (les 50 élèves de 3^{ème}ARA et 48 de 3^{ème} ARE1) et 133 élèves du L.Nk. (les 50 de 3^{ème}All1, les 44 de 3^{ème}Esp2 et 39 de 3^{ème}Esp6). La multitude de salles de classe des Lycées a été attribuée compte tenu de la situation sanitaire de l'heure qui conditionne le déroulement des cours dans la période horaire allant de 07h30 à 12h. Tout ceci, sans oublier le souci des enseignants de couvrir leur programme. Les 251 élèves venant de ces établissements ont tous pris part au pré-Test. Dans le tableau ci-joint se trouve le récapitulatif des effectifs desdits élèves.

Tableau 2 : Récapitulatif des effectifs par établissement des apprenants ayant subi le pré-test

ÉTABLISSEMENTS CIBLÉS	EFFECTIFS			TOTAL
C.E.S. D'Ekombitié	20			20
L.B.A.	50 de 3^{ème}ARA,	48 de 3^{ème} ARE1		98
Lycée de Nkolmesseng	50 de 3^{ème}All1	44 de 3^{ème}Esp2	39 de 3^{ème}Esp6	133
Total	251			

Aussi, grâce à l'échantillonnage systématique, la classe de 3^{ème} Esp du C.E.S. d'Ekombitié établissements d'enseignement scolaire situé dans le département Nyong et So'o a été divisée de manière équitable, en deux groupes. Ceux-ci ont pris part à l'expérimentation et au post test. Ce sont : le groupe témoin et le groupe expérimental. S'agissant des lycées, tous les élèves de chaque établissement ont été considérés comme un groupe unique. Le total des élèves des deux lycées étant de 231 à savoir 98 du L.B.A et 133 du L.Nk. Les 90 élèves du L.B.A. qui ont reçu le plus bas score au cours du pré Test et les 90 du L. Nk. Ayant également enregistrés le plus bas score donc les scores sont ceux qui ont retenu le plus d'attention au post Test. Donc 180 élèves des Lycées ont pris part au post test. Toutefois, chacun des effectifs des élèves a été divisé en trois groupes. Ce qui a fait trente (30) élèves par groupe dans chaque lycée. Les 20 élèves retenus au C.E.S. d'Ekombitié et les 180 élèves retenus des lycées font un total de 200 ; repartit en trois groupes à savoir : 70 élèves pour le groupe témoin (10 du C.E.S., 30 du L.B.A. et 30 du L.Nk.) ; 70 pour le groupe expérimental avec matériel de récupération (10 du C.E.S., 30 du L.B.A. et 30 du L.Nk.) et en enfin, 60 pour le groupe expérimental avec didacticiel interactif (30 du L.B.A. et 30 du L.Nk.). Le tableau suivant présente le récapitulatif desdits effectifs.

Tableau 3 : Récapitulatif des effectifs par établissement des apprenants ayant subi le post test

Établissements Ciblés	Groupe témoin	Groupe Expérimentale 1 (test avec matériel de récupération)	Groupe Expérimentale 2 (test avec didacticiel)	TOTAL
C.E.S. D'Ekombitié	10	10	/	20
L.B.A.	30	30	30	90
L.Nk.	30	30	30	90
Total	70	70	60	200

3.4. DÉLIMITATION DU SUJET

Afin d'éviter de tomber dans le piège de la divagation dans l'étude scientifique d'une thématique en science de l'éducation comme dans les autres grands champs scientifiques, il est important de fixer les limites ou les bornes dans lesquelles l'étude sera appliquée. Pour ce fait, l'étude menée présente trois principales limites ; thématique, spatiale et temporelle respectivement.

3.4.1. Délimitation thématique

Le champ scientifique de la Chimie comme discipline scolaire est tellement vaste que toute étude engagée dans celui-ci se doit d'être précise et concise sur le plan thématique. C'est pourquoi dans l'étude ainsi intitulé : enseignement-apprentissage de la Chimie : construction du concept d'électrolyse en classe de troisième ; nous nous limiterons à l'électrolyse de l'eau et prendrons en compte l'aspect théorique et pratique de l'enseignement-apprentissage de ce concept en insistant sur l'expérimentation comme une forme privilégiée de la mise en œuvre de la tâche et de l'action de l'élève en situation d'apprentissage.

3.4.2. Délimitation temporelle

La présente étude intègre l'année académique 2019-2020, année qui a vu prendre fin la formation en situation de classe et le stage pratique tel que stipulent les curricula de didactique des disciplines dans son élaboration. La recherche va s'étendre et prendra fin sur l'année académique 2021-2022.

3.4.3. Délimitation spatiale

Comme mentionné dans le thème, le macro espace de cette étude est le Cameroun et micro espace est l'ESG, plus précisément, la classe de troisième. Pour plus de précision et dans le but d'affiner l'espace de l'étude, elle sera réalisée dans trois établissements de la Région du Centre à savoir deux en zone urbaine (l'un ayant un laboratoire, l'autre sans laboratoire) et le troisième en zone rurale. Le premier, dans la ville de Yaoundé, plus précisément, Yaoundé III et spécifiquement, en classe de troisième du lycée BILINGUE D'APPLICATION ; le second, dans la zone de Yaoundé V spécifiquement en classe de troisième du Lycée de NKOLMESSENG et celui de la zone rurale choisi se trouvant à Mbalmayo, en classe de troisième du C.E.S. d'EKOMBITIE.

3.5. OUTILS ET PROCÉDURE DE TRAITEMENT DES DONNÉES

3.5.1. Méthode

L'approche de type quantitative renvoie à un ensemble de méthodes et de raisonnements utilisés pour analyser des données standardisées (c'est-à-dire des informations dont la nature et les modalités de codage sont strictement identiques d'un individu ou d'une situation à l'autre) (Martin, 2012). Dans le cadre de cette étude, la méthode expérimentale utilisée était quantitative, mais il s'y associant un aspect qualitatif.

3.5.2. Instruments de collecte des données

Dans cette étude il est question de vérifier et assurer *les bases nécessaires à la construction du concept d'électrolyse* d'une part, et d'autre part de nous servir *des outils facilitant la construction de ce concept* et de les valider ou pas, comme outils à utiliser pour la construction des concepts en Chimie. Pour parvenir à ces fins, il a été adopté dans l'ordre chronologique comme méthodologie :

- Une enquête par questionnaire (pré test) servant de test des acquis et des prérequis des apprenants (pré-test) suivi d'un entretien ;
- Une activité de remédiation à quelques difficultés des apprenants en électrochimie ceci, en vue de vérifier et assurer les bases de l'apprentissage du concept de l'électrolyse de l'eau ;
- Une expérimentation à travers le matériel de récupération d'une part et une, avec le didacticiel interactif d'autre part ;

- Une enquête par questionnaire (post test) visant à vérifier les acquis des élèves du concept construit suivi d'un entretien ;
- Une observation des réponses des élèves.

3.5.2.1. Description de l'instrument de collecte de données

Rappelons que ces travaux sont destinés aux apprenants de troisième des établissements l'ESG du Cameroun en général et à ceux de la région du Centre en particulier, plus précisément, les élèves inscrits dans les établissements en zone électrifiée et ceux en zone non électrifiée. Et plus loin, les apprenants inscrits dans les établissements ayant un laboratoire et ceux qui n'en possèdent pas.

— Le questionnaire

Le questionnaire est un instrument classique de recueil des données (De Singly, 1992). Ce questionnaire a été utilisé tant pour le pré Test que pour le post Test. En vue de rassurer chaque répondant et lui permettre de s'exprimer librement, le questionnaire a donné la possibilité d'une part, d'identifier les acquis des apprenants sur les concepts de molécule, ion, conductibilité et l'introduire dans le concept à construire qu'est l'électrolyse ; d'autre part, vérifier son niveau acquis de la construction de ce concept.

D'une manière générale, lesdits questionnaires sont structurés comme suit :

- Le préambule : visant à clarifier la nature de l'enquête et son but tout en rassurant les enquêtés ;
- L'identification des apprenants (noms et prénoms, sexe, âge, classe) : en vue certes de minimiser les erreurs dans la collecte des données, mais également de faire quelques remarques aux enseignants et d'attirer leur attention sur quelques cas si besoin se présente ;
- Des questions qui découlent des activités en fonctions des objectifs que vise chacune d'elle. Lesdites questions sont de deux natures ; les questions à choix multiples (QCM) et les questions à réponses ouvertes (QRO).

Après la collecte des données des différents tests et correction des copies, pour la qualité de leurs réponses, quelques enquêtés ont été soumis à un entretien ceci, en vue de recueillir les raisons des réponses proposées aux questions posées. De type semi-directif, l'entretien du pré test nous a permis d'offrir une activité de remédiation aux élèves.

3.5.2.2. Organisation des activités

Que doit-on réaliser avec les apprenants afin de rendre efficace et plus efficient l'apprentissage du concept d'électrolyse ? Rappelons que pour les pratiques expérimentales, trois (03) établissements ont été choisis : l'un en zone rurale et non électrifié (le C.E.S. d'Ekombitié) et les deux autres en zone urbaine et électrifiée (le L.B.A. et le L. Nk.).

À la suite du pré-test, 200 élèves ont été retenus tel qu'expliqué plus haut. Les groupes ont été formés ; les groupes témoins d'une part et les groupes expérimentaux.

Dans chacun des groupes témoins une approche pédagogique couramment pratiquée dans nos Lycées et Collèges a été utilisée et l'enseignement classique sur le concept d'électrolyse a été pratiqué par les enseignants des classes concernées. Après cette intervention, les élèves ont été soumis au post test en vue d'apprécier leurs niveaux d'acquisition du concept d'électrolyse.

Dans les groupes expérimentaux à savoir : le groupe expérimental avec matériel de récupération et le groupe expérimental avec didacticiel interactif, les apprenants ont pris part en fonction de leur groupe, à un enseignement au cours duquel chacun de ces outils et dispositifs conçu a été exploité. Chacun des groupes lors de la séance d'E/A est considéré comme classe. Ce qui pousse à parler de classes expérimentales. Dans chacune des classes expérimentales, les élèves ont été constitués en groupe allant de trois (03) à cinq (05) membres. Chacun d'eux avait à sa tête un chef, un rapporteur et la consigne générale était celle qui invitait la participation de tous. Car chacun avait du sien à donner. Avant de proposer la réponse du groupe, quelques minutes de réflexions étaient accordées afin que chacun produise le fruit de ses réflexions personnelles. Par-dessus tout, fort a été d'attribuer aux élèves les tâches à effectuer par les apprenants car étant eux-mêmes maîtres de ces ouvrages et acteur de leur apprentissage. Les situations dans lesquelles ils ont été introduits visaient une meilleure construction de savoirs scolaires (Brousseau, 1980). Car, dans une telle démarche, l'enseignant définit la tâche à effectuer et crée un environnement propice pour l'apprentissage. Pour ce faire, nous avons proposé de prime à bord, une situation déclenchant (situation-problème) tout en jouant le rôle de facilitateur sans toutefois agir en place et lieu de l'élève.

À la suite de cette phase, le niveau d'acquisition des apprenants est évalué dans les différents groupes expérimentaux à l'aide d'un questionnaire post test afin de vérifier si ces approches ont contribué efficacement à la construction du concept construit qu'est l'électrolyse. Et en classe de troisième, *l'électrolyse de l'eau*.

3.5.2.3. Déroulement des activités

Phase 1. Préparation des différentes fiches :

L'élaboration des fiches d'activités est nécessaire à la préparation efficace de la séquence d'enseignement-apprentissage pour laquelle elles en sont les supports. Dans cette phase ont été élaboré et préparé :

- Le pré-test avec une analyse à priori de celui-ci ;
- Les fiches de préparation des leçons via matériel de récupération et via le didacticiel ;
- Le post test ayant à l'appui son analyse à priori.

Phase 2. Déroulement du pré-test :

Il concerne les élèves de troisième des établissements de l'ESG du Cameroun n'ayant pas encore pris part à l'enseignement du concept d'électrolyse. Par un questionnaire, le pré-test porte sur la vérification des conceptions des apprenants sur les concepts de molécule, réaction chimique, réactif, produit, anion, cation ; les représentations de la molécule d'eau et quelques informations sur la réaction de base de la formation d'un bijou afin d'introduire par là même, le concept clé de notre thème ; l'électrolyse. D'une durée de trente (30) minutes, les enquêtés prennent part à ce test. Soulignons qu'après ce pré-test, quelques apprenants seront soumis à une interview en vue de recueillir les informations sur les raisons de leurs réponses.

Phase 3. L'enseignement dans les classes :

— Enseignement dans les classes témoins :

Dans les différentes classes témoins, cette phase a été conduite par les enseignants des élèves et ces derniers ont suivi la leçon sur l'électrolyse de l'eau. Et au terme de cette séance d'enseignement-apprentissage, chaque apprenant devraient être capable de :

- Définir électrolyse de l'eau ;
- Écrire l'équation-bilan de l'électrolyse de l'eau ;
- Identifier les gaz qui se dégager aux différentes électrodes et les nommer ;
- Calculer les différents volumes en se servant des relations stœchiométriques.

— L'enseignement dans les classes expérimentales (intervention)

Le déroulement des activités expérimentales est un moment important pendant lequel il se produit des conflits sociocognitifs qui favorisent le développement cognitif de l'apprenant en provoquant une prise de conscience de l'existence des réponses différentes, un engagement cognitif et la volonté de dépasser les confrontations. Car la confrontation entre des avis divergents est constructive dans l'interaction sociale (Doise et Mugny, 1997). Les apprenants mobilisent par-là, la connaissance pour résoudre le problème ce qui permet à chacun d'être moteur essentiel du savoir construit et de son apprentissage afin de voir évoluer sa conception à travers un franchissement d'obstacles. Par ailleurs ; la démarche expérimentale a pour but d'initier l'élève à des raisonnements scientifiques, en l'habituant à utiliser les instruments et les procédures d'une réelle investigation (Maryline, 1998 cité par Mohammed, 2010). Avec les apprenants au pied d'œuvre, la construction du concept d'électrolyse à travers le matériel de récupération visait à permettre à chaque élève de :

- Identifier chaque matériel utilisé et son rôle ;
- Réaliser le montage simple du circuit à utiliser pour l'électrolyse ;
- Vérifier la conductibilité de l'eau ;
- Préparer une solution d'eau salée ; et vérifier sa conductibilité ;
- Faire des observations ;
- Positionner les tubes pleins d'eau salée pour le recueil des gaz qui se forment au cours de cette transformation et laisser les produits se former au niveau des électrodes ;
- Comparer les volumes des produits formés au niveau des électrodes ;
- Identifier les gaz par le test à la flamme et préciser les électrodes auxquels chacun d'eux se forme ;
- Conclure ;
- Définir électrolyse de l'eau ;
- Ecrire l'équation bilan de l'électrolyse de l'eau ;
- Déterminer les volumes des gaz qui se forment aux électrodes ;
- Prendre les notes essentielles.

Pour la construction du concept d'électrolyse avec le didacticiel, les apprenants se devaient au terme de celle-ci de :

- Définir didacticiel et expliquer son utilisation ;
- Prendre part aux activités que proposent les autres domaines du didacticiel ;
- Citer le matériel utilisé pour la réalisation du montage d'une électrolyse de l'eau ;
- Dire si l'eau pure et l'eau salée sont conductrices ou non de courant électrique ;
- Définir électrolyse de l'eau et écrire son équation-bilan ;
- Nommer les gaz qui se forment au cours d'une électrolyse de l'eau et préciser leur test d'identification ;
- Déterminer les volumes des gaz qui se forment aux électrodes ;
- Noter l'essentiel du cours.

Au cours de ces activités les apprenants discutent entre eux en cherchant à réaliser chaque fois, la tâche à exécuter et répondre à la question posée. Cette méthode d'enseignement est de connivence avec la méthode La Main à la Pâte (La MAP) de Charpak (1996). Pour ce faire, on se propose de faire adopter à l'apprenant l'attitude d'un chercheur, c'est-à-dire lui faire suivre la « démarche expérimentale » (Audrey, 2001). Après observation et face à un problème posé, l'élève se doit de formuler une hypothèse, mener l'expérience, interpréter les résultats obtenus ; se poser des questions afin de remettre en cause ses conceptions pour une construction des savoirs scientifiques ou un changement conceptuel plus efficace enfin, conclure.

Phase 4 : Déroulement du post test.


Les 200 élèves qui ont été décrits plus haut ont pris part au post test. Et la comparaison des résultats a été faite entre les élèves du même établissement. Dans chaque établissement, les groupes sont soumis à ce test au même moment et durant une même période. Tous les élèves du même établissement prennent part au post test au même moment à la fois. Ceci, pour une durée de 45 minutes. Il est bon de préciser également que le questionnaire du pré-test et celui du post test ont trois (03) contenus identiques. Les trois questions qui reviennent vont office de vérification du niveau d'acquisition de l'activité de remédiation conduite avant l'intervention. Ce sont les questions Q4, Q5 et Q6 pour lesquelles les répondants n'attribuaient pas les réponses justes.

3.5.3. Analyse à priori des dispositifs d'expérimentations

3.5.3.1. Analyse à priori du pré-test

Tableau 4 : Modèle d'analyse à priori du pré-test

N°	QUESTIONS	OBJECTIFS	RÉPONSES ATTENDUES
1	<p>Une réaction chimique est :</p> <p>a) Une espèce chimique qui disparaît</p> <p>b) Une transformation au cours de laquelle des corps purs disparaissent et simultanément de nouveaux corps se forment</p> <p>c) Un assemblage ordonné d'atome lié entre eux par des liaisons de covalence</p> <p>d) Une espèce chimique qui apparaît au cours d'une transformation</p>	<p>Vérifier que l'élève maîtrise la définition de réaction chimique</p>	<p>Une réaction chimique est</p> <p>Une transformation au cours de laquelle des corps purs disparaissent et simultanément de nouveaux corps se forment</p>
2	<p>La formule chimique de la molécule d'eau est</p> <p>.....</p>	<p>Vérifier que l'apprenant est capable d'écrire la formule chimique de la molécule d'eau</p>	<p>La formule chimique de la molécule d'eau est H₂O</p>
3	<p>Dans un circuit électrolytique, le passage du courant est assuré par :</p> <p>a) Les électrons</p> <p>b) Les molécules d'eau</p> <p>c) Les ions</p> <p>d) Les atomes</p>	<p>Vérifier que l'apprenant est capable de préciser l'espèce chimique qui favorise le passage du courant dans un circuit électrique fermé.</p>	<p>Dans un circuit électrique fermé, le passage du courant est assuré par les électrons.</p>
4	<p>Coche la bonne réponse ; la solution conductrice du courant électrique est :</p> <p>a) L'eau pure</p> <p>b) L'eau sucrée</p> <p>c) L'eau salée</p> <p>d) L'eau distillée</p>	<p>Vérifier que l'élève est capable de faire la différence entre une solution conductrice de courant et une solution non conductrice de courant.</p>	<p>La solution conductrice du courant électrique est l'eau salée</p>

5	<p>Parmi les équations ci-dessous, celle qui correspond au gain d'électron est :</p> <p>a) $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl} + \text{e}^-$ b) $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$ c) $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ d) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$</p>	Vérifier que les apprenants maîtrisent les concepts de gain et perte d'électron.	Parmi les équations ci-dessous, celle qui correspond au gain d'électron est $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$.
6	<p>Parmi les équations ci-dessous, celle qui correspond à la perte d'électron est :</p> <p>a) $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$ b) $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ c) $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl} + \text{e}^-$ d) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$</p>	Vérifier que les apprenants maîtrisent les concepts de perte d'électron.	Parmi les équations ci-dessous, celle qui correspond à la perte d'électron est $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl} + \text{e}^-$
7	<p>Identifies cette image:</p>  <p>Il s'agit :</p> <p>a) Des jouets b) De l'argent c) Des bijoux en argent d) Des bijoux en or</p>	Vérifier que l'apprenant peut identifier les bijoux et la matière dont ils sont revêtus.	Il s'agit des bijoux en or
8	Le lieu où on fabrique les bijoux est	Vise à partir du texte proposer, à envoyer un signal à l'enfant sur le concept que nous aurons à aborder tout en l'amenant à se	Le lieu où on fabrique les bijoux est la bijouterie .
9	La réaction chimique de base permettant d'obtenir un bijou en or est.....		La réaction chimique de base permettant d'obtenir un bijou en or est l'électrolyse .

10	<p>La leçon programmer en classe de troisième ayant un lien avec ce qui contribue à l'obtention d'un bijou en or est</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>rendre compte que ce concept qui est une leçon du programme de sa classe trouve au moins une application dans la vie.</p>	<p>La leçon programmée en classe de troisième ayant un lien avec ce qui contribue à l'obtention d'un bijou en or est l'électrolyse de l'eau. La réponse réaction chimique pourrait aussi être admise pour vrai.</p>
-----------	--	--	---

3.5.3.2. Analyse à priori du post test

Tableau 5 : Modèle d'analyse à priori du post test

N°	QUESTIONS	OBJECTIFS	REponses ATTENDUES
1	<p>La solution conductrice du courant électrique est :</p> <p>a) L'eau pure b) L'eau sucrée c) L'eau salée</p>	<p>Vérifier que l'apprenant sais faire la différence entre les solutions conductrices de courant électrique et celles non conductrices</p>	<p>La solution conductrice du courant électrique est : l'eau salée.</p>
2	<p>Lorsque le conducteur est une solution électrolytique, le passage du courant dans un circuit électrique fermé est assuré par :</p> <p>a) Les molécules b) Les ions c) Les électrons</p>	<p>Vérifier que tous les apprenants maîtrisent l'espèce chimique qui assure le passage du courant lorsque le conducteur est une solution électrolytique.</p>	<p>Lorsque le conducteur est une solution électrolytique, le passage du courant dans un circuit électrique fermé est assuré par : les ions</p>
3	<p>Dans une réaction chimique, l'espèce chimique susceptible gagne un ou plusieurs électrons est :</p> <p>a) Un ion b) Un cation c) Un anion</p>	<p>Poser la question au niveau de l'apprenant et vérifier qu'il est capable de parler du concept de gain d'électron.</p>	<p>Dans une réaction chimique, l'espèce chimique susceptible gagne un ou plusieurs électrons est : un cation</p>
4	<p>L'espèce chimique susceptible de perdre un ou plusieurs électrons lors d'une réaction chimique est :</p> <p>a) Un anion b) Un cation c) Un ion</p>	<p>Poser la question au niveau de l'apprenant et vérifier qu'il comprend le concept de perte d'électron.</p>	<p>L'espèce chimique susceptible de perdre un ou plusieurs électrons lors d'une réaction chimique est : un anion</p>

5	Définir électrolyse de l'eau	Vérifier que l'apprenant est à mesure de définir par lui-même le concept d'électrolyse de l'eau	L'électrolyse de l'eau est la décomposition de l'eau par le courant électrique en deux gaz : le dihydrogène et le dioxygène.
6	L'électrolyse de l'eau produit le dihydrogène : a) Aux électrodes b) À l'anode c) À la cathode	Vérifier qu'à la suite des expériences et manipulations faites, l'apprenant est capable de préciser dans quelle électrode le dihydrogène se produit lors d'une électrolyse de l'eau.	L'électrolyse de l'eau produit le dihydrogène : à la cathode
7	L'électrolyse de l'eau produit le dioxygène : a) À l'anode b) À la cathode c) Aux électrodes	Vérifier qu'à la suite des expériences et manipulations faites, l'apprenant est capable de préciser dans quelle électrode le dioxygène se produit lors d'une électrolyse de l'eau.	L'électrolyse de l'eau produit le dioxygène : à l'anode
8	Quel est le nom et la formule de ce gaz ?	Vérifier la capacité de l'élève à donner de lui une réponse juste du nom et de la formule chimique du gaz qui se produit à l'anode lors d'une électrolyse de l'eau.	Le nom de ce gaz est : le dioxygène Sa formule chimique est : O₂
9	Quel est le nom et la formule du gaz obtenu à la cathode ?	Vérifier la capacité de l'élève à donner de lui une réponse juste du nom et de la formule chimique du gaz qui se produit à la cathode lors d'une électrolyse de l'eau.	Le nom du gaz formé à la cathode est : le dihydrogène Sa formule chimique est : H₂
10	Quel le volume du gaz formé à la cathode ?	Vérifier que l'apprenant est capable de déterminer le volume du gaz formé à la cathode	Déterminons le volume du gaz formé à la cathode : VH₂ = 2VO₂ VH₂ = 2 x 150 = 300 cm³ Le volume du gaz formé à la cathode est de 300 cm³
11	Écris l'équation bilan de la réaction de l'électrolyse de l'eau.	Vérifier que l'apprenant est capable d'écrire l'équation bilan de la réaction d'électrolyse de l'eau.	L'équation bilan de la réaction de l'électrolyse de l'eau est : 2H₂O → 2H₂ + O₂
12	Quel est le volume de l'eau décomposée par le courant électrique ?	Vérifier la capacité de l'élève à se servir des relations mol à mol pour déterminer le volume de l'eau décomposée par le courant électrique.	Calcul du volume de l'eau décomposée par le courant électrique : VH₂O = VO₂/2 = VH₂ VH₂O = 300 cm³ Le volume de l'eau décomposée par le courant électrique est de : 300 cm³

3.6. MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

Pour analyser les données, recours a été fait au logiciel SPSS version 21.0. Le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) est l'un des logiciels statistiques les plus utilisés en sciences sociales. Il peut être exploité sur Mac ou sur Windows. Ce logiciel est un outil très puissant permettant d'effectuer différentes analyses complexes selon un mode de fonctionnement relativement facile à l'emploi (Kybourg, 2009). Il permet également de déterminer simultanément la moyenne, l'écart type ainsi que d'autres grandeurs nécessaires (tests de validation d'hypothèses, par exemple) dans une analyse statistique. Son utilisation donne la possibilité de calculer de multiples variables en les mettant en rapport. En effet, lorsque le logiciel est ouvert, une fenêtre demande quel fichier rechercher dans l'ordinateur. Soit l'utilisateur ouvre un fichier (extension. sav), soit il ferme cette fenêtre pour que SPSS s'ouvre. Au cas où l'utilisateur ouvre un fichier SPSS, trois fenêtres différentes peuvent s'ouvrir. L'éditeur de données apparaît systématiquement et affiche les données ou les variables selon le choix de l'utilisateur. L'éditeur de syntaxe quant à lui apparaît de manière facultative. Ce dernier permet de rédiger des programmes. L'éditeur de résultats lui, n'apparaît que lorsqu'une requête a été formulée. Celui-ci permet de visualiser les analyses, ainsi que les graphiques.

Relevons également qu'il existe trois notions clés à prendre en compte lors de l'utilisation de SPSS. Il s'agit des données sur lesquelles l'utilisateur souhaite travailler ; de la population sélectionnée à l'intérieur des données, ainsi que les variables qui entrent en compte pour l'analyse de cette population. En réalité, il existe deux grands types de variables : les variables qualitatives et les variables quantitatives. Quelques méthodes avec SPSS sont : le tableau croisé (test de Chi-2), l'analyse de variance (ANOVA), la régression linéaire simple et le test T. Le tableau croisé est une méthode qui permet d'établir la relation entre deux caractères de type qualitatif. Le test du Chi-2 intervient pour démontrer le lien existant ou non entre deux variables.

L'analyse de variance (ANOVA) permet d'étudier les différences de moyennes entre un certain nombre de populations « N » tout en vérifiant s'il y existe une relation significative. Elle est intéressante lorsque l'utilisateur désire comparer plus que deux populations. Elle utilise des mesures de variance pour déterminer si les différences de moyennes mesurées sur les populations sont significatives ou non. D'où son nom d'analyse de variance. La régression linéaire simple est un outil puissant permettant d'expliquer des phénomènes spatiaux liés aux individus. Exemple : la relation entre la température et l'altitude. Cette analyse fait intervenir un caractère A et un caractère B. La régression linéaire simple se calcule au moyen d'une

équation de type $Y = aX + b$, où Y est la variable expliquée, a est la pente de la droite, X est la variable explicative, et b est l'ordonnée à l'origine quand $X=0$. Le Test t avec deux groupes indépendants ; permet de tester deux groupes de mesures indépendantes. Le fichier doit contenir des lignes de données pour le premier groupe, des lignes de données pour le second groupe ; et une colonne supplémentaire doit contenir un numéro identifiant à quel groupe la donnée appartient. L'hypothèse est du genre : **$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ et $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$** où autant μ_1 que μ_2 sont estimés par nos observations. Ils représentent la moyenne du groupe 1 et du groupe 2. Il permet de tester les hypothèses. Étant donné que dans cette étude nous avons à faire toutes les fois à deux groupes, le test T va permettre la validation ou non de nos hypothèses via des tests sur les hypothèses.

Grâce à ce logiciel, nous avons effectué le test-T de student en vue de comparer deux moyennes d'une variable quantitative à l'intérieur de deux groupes ayant chacun un effectif inférieur ou égal à 30. Ce qui nous a permis d'observer s'il existe une différence significative entre les moyennes obtenues dans les groupes témoin et expérimental afin d'en tirer des conclusions. Dans le cadre de notre travail, nous avons deux groupes expérimentaux, la comparaison a été faite chaque fois, entre le groupe témoin et l'un des groupes expérimentaux. Pour tester nos hypothèses, nous suivons les étapes que sont :

1-Formulation de l'hypothèse (H_0) qui est l'hypothèse d'égalité des variances et l'hypothèse alternative (H_1) qui est l'hypothèse de l'inégalité des variances ;

2-Lecture de la valeur de t calculée par le logiciel (que nous noterons « t calculé »). La formule utilisée pour obtenir la valeur de t est la suivante : $t = \frac{X_{GE} - X_{GT}}{\sqrt{\frac{S_{GE}^2}{N_{GE}} + \frac{S_{GT}^2}{N_{GT}}}}$
Où t désigne le test-T ; X_{GE} : Moyenne groupe expérimentale ; X_{GT} : Moyenne groupe témoin ; S_{GE}^2 : Variance groupe expérimentale ; S_{GT}^2 : Variance groupe témoin ; N_{GE} : Effectif groupe expérimental ; N_{GT} : Effectif groupe témoin

3-Lecture de la valeur critique ddl calculée par le logiciel ddl est donnée par l'application de la formule : $ddl = (N_{GE} + N_{GT}) - 2$

4-Lecture de la valeur de t (que nous noterons « t lu ») dans la table de la loi de student (que nous présentons en annexe)

NB : La valeur de t lue est celle correspondant à l'intercession entre les valeurs de ddl et de α sur la table de la loi de student et puisque ddl et α sont constants, de même t lu sera constant.

5-Application de la règle de décision : En tenant compte du risque bilatéral qui est de 5%, on a :

- Si $t_{\text{calculé}} \geq t_{\text{lu}}$, H_0 est rejeté au risque alpha bilatéral de 5% et H_1 est retenue
- Si $t_{\text{calculé}} < t_{\text{lu}}$, H_0 est rejetée au risque alpha bilatéral de 5% et H_0 est retenu.

3.7. EXPÉRIMENTATION

La phase d'expérimentation s'est tenue dans trois établissements différents dont deux en zone électrifiée et ayant ou pas des laboratoires et, un en zone non électrifiée et n'ayant pas de laboratoire. Après une descente faite sur une période de deux semaines dans les différents établissements pour les pré-tests, place a été faite à l'expérimentation proprement dit dans lesdits établissements. En fonction des plages horaires prévues pour les passages des cours de Physique Chimie Technologie (PCT) sans oublier les opportunités de réaménagement de temps offertes par les chefs d'établissements ; cette phase de l'étude a duré dix (10) jours. Pour y parvenir, il était question comme le montre Raby *et al.* De :

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

Rappelons que cette phase a été réalisée avec le matériel de récupération d'une part et avec le didacticiel interactif d'autre part.

3.7. EXPÉRIMENTATION AVEC MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION

3.7.1. Étape 1 : Présentation de la situation problème (SP)

Avant de présenter la situation problème, précisons que les formules de politesse ont été appliquées et le contrôle de présence a été fait. Puis, pendant environ dix (10) minutes, une activité de remédiation des questions 4, 5 et 6 du pré-test a été menée.

Puis, dans le but d'aménager la situation de recherche et d'apprentissage des élèves, deux énoncés leurs ont été présentés comme situation problème. Les énoncés de cette situation problème sont les suivants :

SP1 : M. ABOUDI est le père de Tito, un élève de la classe de troisième. Seul avec son fils à la maison, il fait une crise de la Covid-19. Sans le savoir, son fils se rend de toute urgence avec lui à l'hôpital. Le père dans une détresse respiratoire est admis en réanimation et le petit Tito apprend qu'il n'y a plus aucune réserve en oxygène dans cet hôpital. Heureusement, il est informé du fait que l'hôpital dispose dans son laboratoire des piles usées, de l'eau, d'une cuve, de quelques récipients, des fils conducteurs et d'un générateur de courant continu.

1. Quel est le problème qui se pose dans cette situation ?
2. Comment peut-on produire du dioxygène à partir des éléments retrouvés dans le laboratoire ? (Avant de répondre à cette question, passons à la deuxième situation)

SP2 : Plusieurs personnes aiment les bijoux mais très peu cherchent à savoir où et par quel phénomène on parvient à obtenir un bijou constitué de tel ou tel autre matière. Curieusement, à partir de la classe de troisième, une leçon porte sur la réaction chimique de base permettant d'obtenir par exemple un bijou en Or ; c'est l'électrolyse. Et selon le programme de cours de PCT en classe de troisième une leçon portera sur l'électrolyse de l'eau.

3. Quelle est la réaction de base permettant de fabriquer les bijoux ?
4. Revenons à la question 2 de la situation problème 1. Que dire ?
5. Qu'est-ce qu'une électrolyse de l'eau ?
6. Par quelle équation bilan la symbolise-t-on ?
7. Dans quelle électrode se produisent chacun des gaz qui se forment ?
8. Préciser comment on identifie chacun de ces gaz.

N.B. : La réaction de base de la fabrication des bijoux est la même qu'on peut utiliser pour résoudre le problème que rencontre ce père atteint de la Covid-19.

3.7.2. Étape 2 : Identification du problème et émission des hypothèses

En emprunt à Nicolas Boileau (1674), ce qui se conçoit bien, s'énonce clairement et les mots pour le dire arrivent aisément. Ceci étant, lorsqu'un problème n'est pas bien cerné au départ, les solutions à ce dernier ne peuvent être présentées aisément. Pour cela, il est nécessaire que la situation présentée soit claire et tienne compte du niveau de la personne qui la reçoit.

Dans le cadre de ces travaux, les groupes de trois (3) à cinq (5) élèves formés se doivent d'interagir, de collaborer, de s'introduire dans une gymnastique sociocognitive. Seulement, avant de travailler d'ensemble, quelques minutes sont accordées à chaque apprenant pour une lecture individuelle et un travail de recherches personnelles. Aussi, chaque membre du groupe avait la responsabilité d'effectuer une tâche précise tout en veillant à ce que l'objectif commun soit atteint. Dans ce sens, chaque groupe a reformulé en ses propres termes après discussions et

identification des différents indices relevés dans les énoncés, le problème que cache cette situation.

Des questions 1 et 2 de la situation problème, les réponses proposées par les apprenants sont les suivantes :

— **Pour la question 1** : Quel est le problème qui se pose dans la situation SP1 ?

Les réponses proposées ont été :

- Le manque de réserve d'oxygène ;
- Le manque d'oxygène.

— **Pour la question 2** : Comment peut-on produire du dioxygène à partir des éléments retrouvés dans le laboratoire ?

Les réponses données ont été :

- Par l'utilisation du matériel qui se trouve dans le laboratoire ;
- À travers la réaction de base de fabrication des bijoux ;
- En réalisant la réaction d'électrolyse.

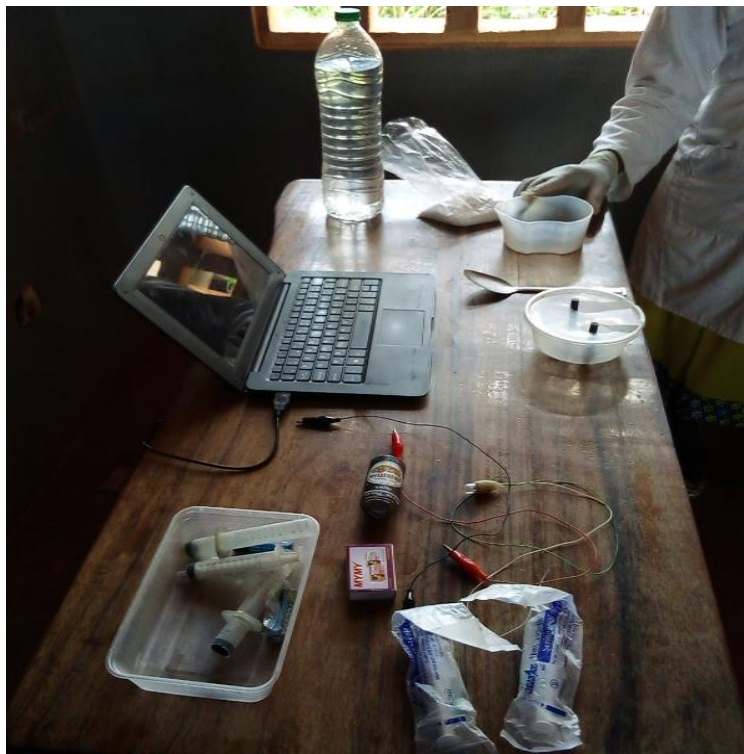
Les questions 5-8 ont trouvé leurs réponses dans les activités qui ont été menées avec les différents groupes d'élèves.

3.7.3. Étape 3 : activités

Cette étape a contribué à offrir aux élèves les éléments de réponses aux questions posées en situation problème.

L'activité 1 : Identification des matériels à utiliser

Pour mener à bien cette activité, quelques indications ont été données aux apprenants et chacun avait l'obligation d'identifier un matériel et l'équipe se devait d'admettre cette réponse ou pas. Mais la réponse retenue qu'elle soit vraie ou fausse était celle de l'équipe. Le matériel étant celui de récupération, notre responsabilité a été pendant l'expérience de préciser dans sa fonction, le rôle de chaque matériel. Rien de tout ceci n'a été fait sans les élèves. Les noms des matériels identifiés par les apprenants et le rôle de chacun :



MATERIELS NECESSAIRES POUR L'ELECTROLYSE DE L'EAU



Figure 2 : Matériels à utiliser

Après présentation, le matériel à utiliser est constitué de :

- L'ordinateur portable de marque PB : générateur de courant continu ;
- Les seringues : pipette et tubes à essai ;
- Les fils conducteurs : voie de passage du courant ;
- Un (01) cordon de chargeur usé et dénudé : bras du générateur de courant ;
- Les piles usées : son graphite sert d'électrode ;
- Une (01) lampe : témoin de conductibilité et de passage de courant ;
- Des contenants transparents : récipient pour la préparation des solutions ;
- La gamelle : cuve ;
- L'eau : substance chimique qui doit subir la décomposition ;
- Le sel : catalyseur ;
- La cuillère : spatule utile pour homogénéiser la solution ;
- Une boîte d'allumette : matériel utile pour le test à la flamme.

L'activité 2 : Réalisation du montage simple

A cette phase, possibilité a été donnée aux différents groupes d'apprenants de réaliser le montage. Le suivi étant constant, voici l'une des images de leur production :

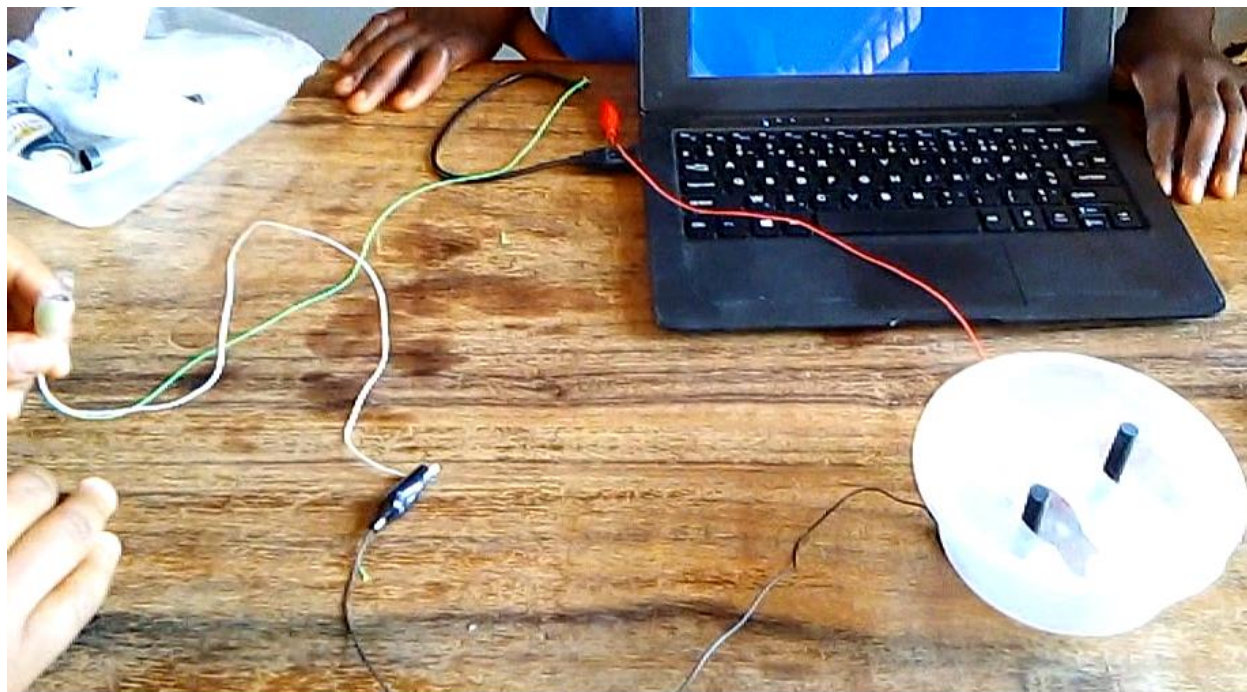


Figure 3 : Montage simple

Précisons une fois de plus ceci :

- L'ordinateur alimente tout le circuit ;
- Dans la gamelle se trouvent les graphites de piles usées et cet ensemble constitue l'électrolyseur ;
- La lampe sert de témoin de passage de courant électrique dans le circuit. Si elle brille, le courant passe. Dans le cas contraire, le courant ne passe pas dans le circuit. Cette condition est la même pour affirmer ou infirmer la conductibilité d'une solution ;
- Pour les fils conducteurs : le fil rouge est le fil conducteur de courant lié à la borne positive et le fil noir est le fil conducteur lié à la borne négative ;
- Ces deux seront liés au générateur par ses bras que forme le cordon de chargeur usé et dénudé.

L'activité 3 : tests de conductibilité de l'eau du robinet et l'eau salée

Cette activité a consisté à vérifier la conductibilité de l'eau du robinet puis, celle de l'eau salée.

Question : que faut-il observer comme phénomène au niveau de la lampe pour conclure que la solution est conductrice de courant électrique ou non ?

La réponse retenue des élèves : pour conclure que la solution est conductrice de courant électrique, il faut que la lampe brille. Dans le cas contraire la conclusion donnée sera celle selon laquelle, la solution n'est pas conductrice de courant. En d'autres termes, si la lampe ne brille pas, la solution est dite « non conductrice de courant électrique ».

Autre question posée : l'eau du robinet, l'eau pure, l'eau distillée et l'eau salée sont-elles conductrices de courant électrique ?

La réponse a été donnée à la suite de l'expérience.

Après la réalisation du montage, la consigne a été donnée à chaque groupe d'introduire de l'eau du robinet dans la cuve. Puis, de mettre en marche le générateur. L'ordinateur étant allumé, les élèves observent le phénomène qui se produit au niveau de la lampe afin de vérifier si l'eau du robinet conduit ou non le courant.

Voici l'image du résultat de ce test :



Figure 4 : Vérification de la Conductibilité de l'eau du robinet

Question posée aux apprenants : l'eau du robinet, l'eau pure, l'eau distillée et l'eau salée sont-elles conductrices de courant électrique ?

Il a été signifié aux apprenants que l'eau du robinet se comporte comme l'eau pure et l'eau distillée.

Passons à la vérification de la conductibilité de l'eau salée :

- Préparer la solution d'eau salée ;
- Retirer l'eau du robinet de la cuve ;
- Y introduire de l'eau salée ;
- Observer le phénomène qui se produit au niveau de la lampe.

Les images prises à la suite de cette étape sont les suivantes :

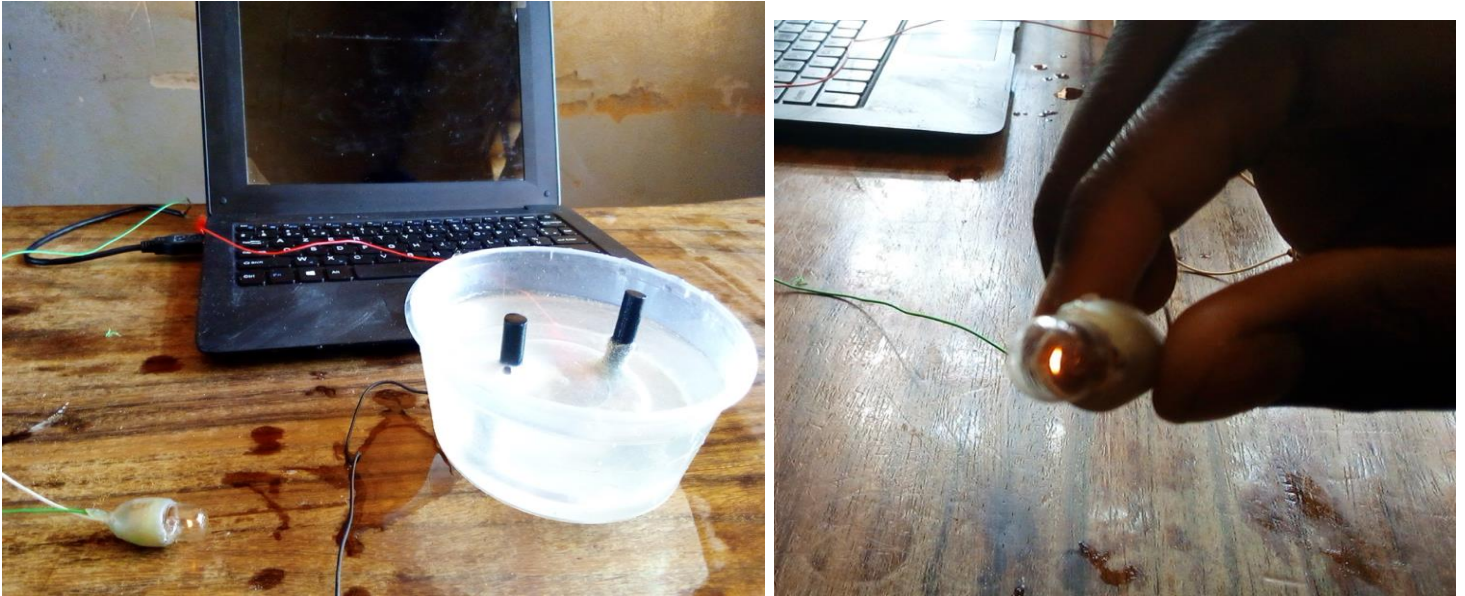


Figure 5 : Vérification de la conductibilité de l'eau salée

Conclusion : lorsqu'on introduit de l'eau salée dans la cuve, le circuit étant fermé et la source d'alimentation active, la lampe brille. Donc l'eau salée conduit le courant électrique.

Réponse à la question de départ sur la conductibilité de l'eau du robinet et l'eau salée : l'eau du robinet, l'eau pure, l'eau distillée ne conduit pas le courant électrique. L'eau salée conduit le courant électrique.

L'activité 4 : L'Électrolyse de l'eau

Il est demandé aux élèves à l'entame de cette activité, d'observer le phénomène qui se produit dans les tubes à essai, plus précisément ce qui se passe au niveau des graphites (appelés électrodes).

À l'aide de la pipette, introduisons de l'eau salée dans chacun des tubes à essai et retournons les l'une après l'autre sur chacun des électrodes. Le circuit fermé, observons à présent le phénomène qui se produit.

Question : Quel constat faites-vous ?

Réponse : Dans les différents tubes à essai, le volume de la solution d'eau salée introduite dans le tube à essai diminue avec le temps. Aussi, des bulles se forment dans les tubes à essai et tout autour des graphites. Ce qui concoure à l'Observation de cette image :



Figure 6 : Réaction de l'Électrolyse de l'eau

Question : Que représentent les bulles formées dans les différents tubes ?

Réponse : Les bulles formées dans les tubes représentent la présence de l'air, des gaz dans lesdits tubes ; et donc, la formation des gaz.

Question : Qu'observe-t-on après quelques minutes au niveau des électrodes (des seringues) ?

Réponse : les gaz s'accumulent ; le volume de l'eau salée diminue dans chacun des tubes ; le volume des gaz formés n'est pas le même de part et d'autre.

Question : En réalité ce qui se passe au niveau des seringues matérialise la décomposition de l'eau ; et le fait que dans les deux électrodes on observe la formation des bulles fait penser à la formation de deux gaz. Dans cette réaction, le sel joue le rôle de catalyseur. Quelle est la réaction qui se produit au cours de cette transformation ?

Réponse : C'est la réaction de décomposition de l'eau salée ; c'est la réaction de décomposition de l'eau par le courant ; c'est la réaction de décomposition de l'eau par le passage du courant électrique en deux gaz.

Question : Décomposition signifie en d'autres termes *lyse* et courant électrique peut être dit *électro*. En te servant de ces significations nouvelles de décomposition et courant électrique, quel nom attribue-t-on à la décomposition par le courant électrique ?

Réponse : la décomposition par courant électrique peut être appelée *lyse par le courant électrique ; électrolyse*.

Question : Une électrolyse, très bien. Quel est le composé chimique qui subit cette électrolyse ?

Réponse : ce composé chimique c'est l'eau

Question : De quelle électrolyse s'agit-il ?

Réponse : il s'agit de l'électrolyse de l'eau.

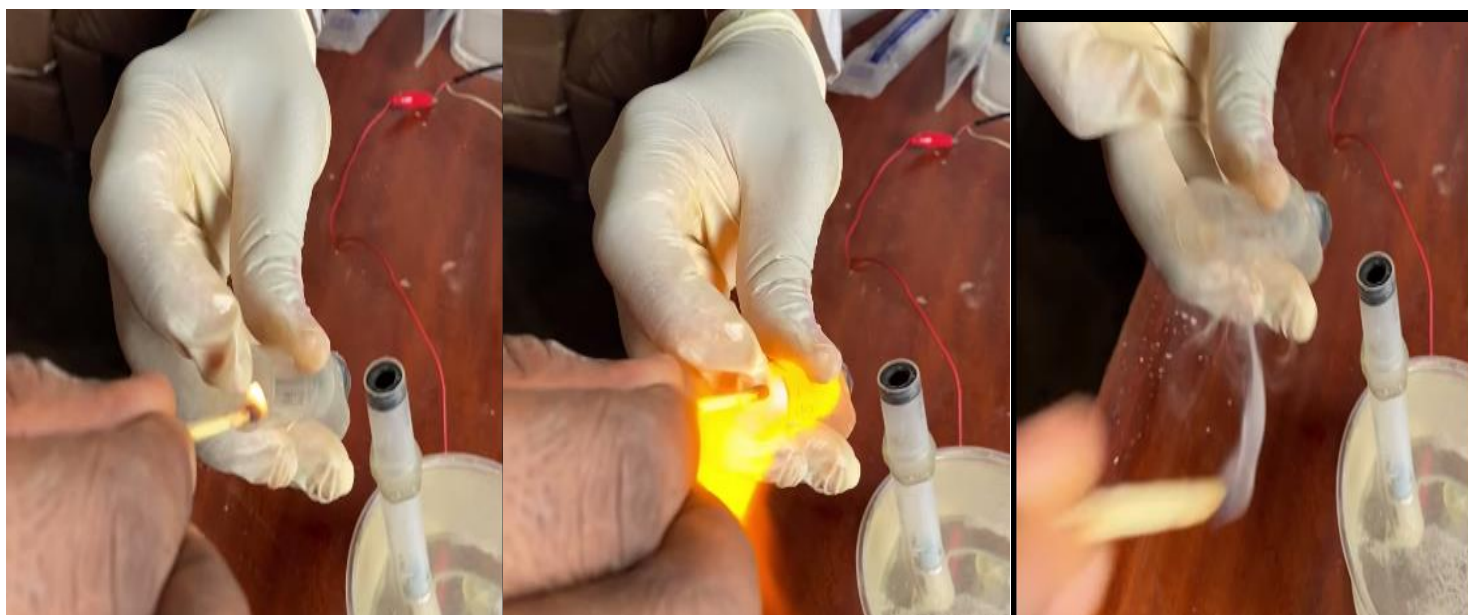
Question : Qu'est-ce qu'une électrolyse de l'eau ?

Réponse : électrolyse de l'eau est la décomposition de l'eau par le courant électrique ; la décomposition de l'eau par le passage du courant électrique ; la décomposition de l'eau par le passage du courant électrique en deux gaz.

L'activité 5 : Formation et Tests d'identification des gaz

Ce test a été fait à l'aide de l'allumette allumée. C'est le test à la flamme. La tâche consistait à récupérer les tubes l'un après l'autre tout en se rassurant qu'aucun gaz ne s'échappe. Et, tout en veillant à maintenir hermétiquement fermée la partie ouverte de la seringue et ne l'ouvrir qu'à l'approche de la flamme. Quelles sont les observations faites ? Trouvons ici-bas, les images desdits tests

Identification du dihydrogène

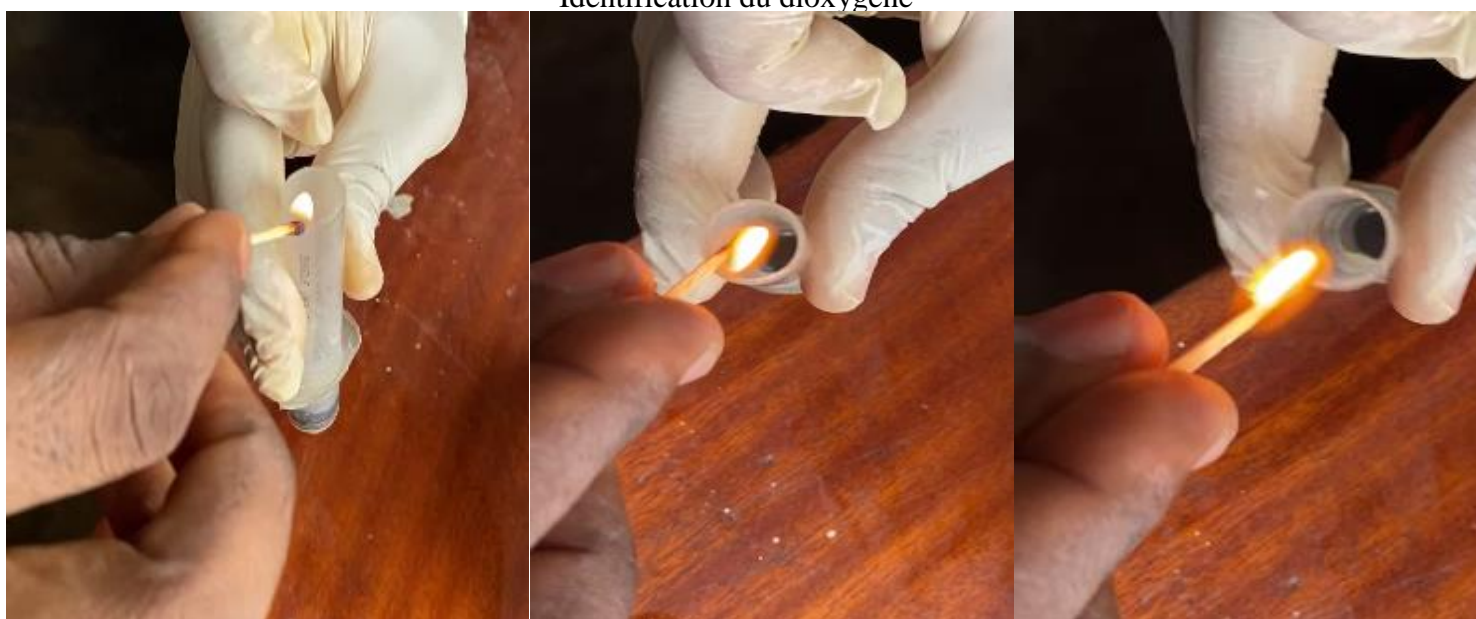


Etape 1: Approche de la flamme

Etape 2: Détonation

Etape 3: Fumée

Identification du dioxygène



Etape 1: Approche de la flamme

Etape 2: Ravivement de la flamme

Etape 3: Flamme plus ravive

Figure 7 : Tests d'identification des gaz

Observation : l'un des gaz détonne à l'approche de la flamme et l'autre maintient la flamme allumée et la rend plus vive ou la ravive.

Question : Quels sont les noms de chacun de ces gaz ?

Réponse : le dihydrogène et le dioxygène.

Question : Souviens-toi des leçons faites en classe de quatrième et réponds à cette question. Quel rôle joue le fil rouge et les fils noirs dans un circuit électrique fermé ?

Réponse : le fil noir renvoie à la borne négative (–) du générateur et le fil rouge, à la borne positive (+).

Question : Comment appelle-t-on chacune des électrodes liées à chacun de ces fils ?

Réponse : l'électrode liée la borne négative (–) du générateur est appelée cathode. Et l'électrode la borne positive (+) du générateur est appelée anode.

Question : À quelle électrode se forme chacun des gaz ?

Réponse : le dihydrogène (H₂) se forme à la cathode et le dioxygène (O₂) se forme à l'anode.

Question : Pour une même quantité d'eau, comment se forme chacun des gaz ? Quel est le rapport de proportionnalité des deux gaz ?

Réponse : pour une même quantité d'eau, le dihydrogène se forme deux fois plus que le dioxygène.

Question : Écrire l'équation bilan de la réaction d'électrolyse et préciser le (les) réactif(s), le (les) produit(s).

Réponse : $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

Réactif : l'eau

Produits : le dihydrogène et le dioxygène

Question : Rappeler les formules qui permettent de calculer la quantité de matière d'un solide, celle d'un liquide et celle d'un gaz.

Réponse : $n_s = m/M$; $n_l = C.V$ et $n_g = V/V_m$

Question : Sur la base des énoncés de la règle de Lavoisier reçue des leçons précédentes, donne les relations qui existe entre les quantités de matière des différentes espèces chimiques et détermine la relation de volume entre les différents gaz. Fais-en de même entre l'eau et chaque gaz.

Réponse : $n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2} = 2n_{\text{O}_2}$ puis, $V_{\text{H}_2} = 2V_{\text{O}_2}$; $V_{\text{H}_2} = V_{\text{H}_2\text{O}}$

3.7.4. Étape 4 : Trace écrite

— Leçon : L'Électrolyse de l'eau

L'eau pure ne conduit pas le courant électrique mais mélangé au sel (NaCl) ou à de la soude (NaOH), elle devient conductrice.

i. Définition

L'électrolyse de l'eau est la décomposition de l'eau par le courant électrique en deux gaz : le dioxygène (O₂) et le dihydrogène (H₂).

ii. Schéma

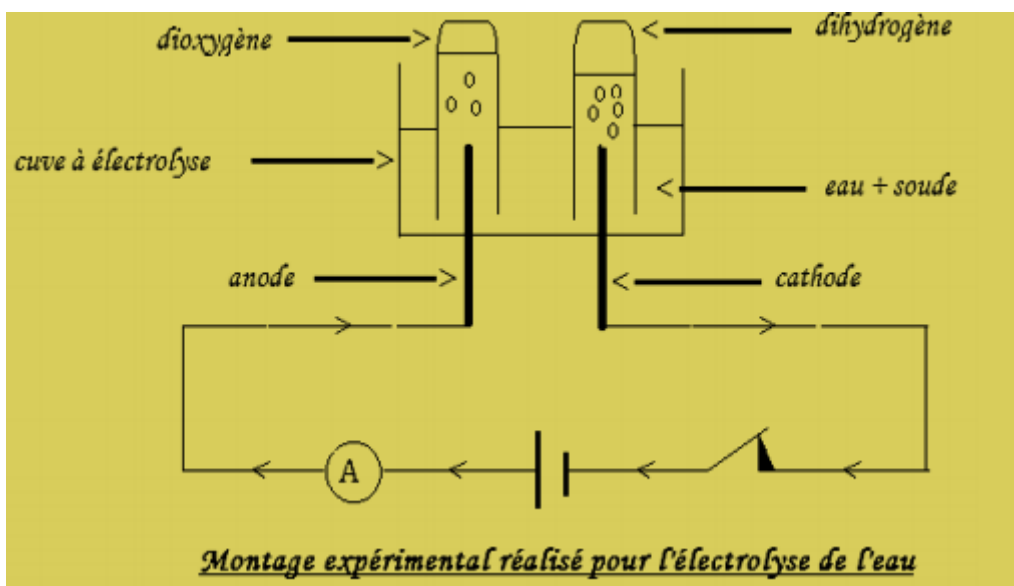


Figure 8 : Schéma du montage expérimental de l'électrolyse de l'eau

N.B. : L'**anode** est l'électrode reliée à la borne positive (+) du générateur.

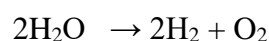
La Cathode est l'électrode reliée à la borne négative (-) du générateur.

iii. Les différents gaz recueillis aux électrodes et leurs tests d'identification

Le gaz qui se dégage à la **cathode** brûle avec détonation : c'est le **dihydrogène (H₂)**

Le gaz qui se dégage à l'**anode** est un gaz qui ravive la flamme d'une allumette : c'est le **dioxygène (O₂)**

iv. Équation-bilan de l'électrolyse de l'eau



v. Relations de volume

Le volume du gaz dihydrogène obtenue au cours de l'électrolyse de l'eau est le double de celui du dioxygène : **VH₂=2VO₂**

3.7.5. Étape 5 : Vérification

Cette étape consiste à vérifier le niveau d'acquisition du concept par les apprenants. Ici, Cinq (05) minutes ont été accordées à chaque apprenant pour des réflexions et cinq autres minutes pour une confrontation des réponses. Après quoi, un travail général a été fait. Pour la résolution de l'exercice, le rapporteur de chaque groupe était chargé d'écrire la réponse du groupe au tableau. À la suite d'une réponse écrite et corrigée par tous, la craie était passée au rapporteur du groupe suivant.

Exercice : L'électrolyse d'une certaine quantité d'eau a permis d'obtenir 50mL de dihydrogène.

- Écrire l'équation bilan de la réaction
- Déterminer la quantité de dioxygène obtenue
- Nommer les électrodes aux bornes desquelles se dégagent chacun des gaz.
- Quel est le volume de l'eau qui s'est décomposée ?

Correction :

a) L'équation bilan de la réaction est : $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

b) Déterminons le volume du dioxygène formé

$$V_{\text{H}_2} = 2V_{\text{O}_2} \rightarrow V_{\text{O}_2} = V_{\text{H}_2}/2 \rightarrow V_{\text{O}_2} = 50/2 = 25$$

Il s'est formé 25 ml de dioxygène.

c) **À la cathode** il se forme : **le dihydrogène (H₂)**

À l'anode il se forme : **le dioxygène (O₂)**

d) Déterminons le volume de l'eau qui s'est décomposée :

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2} \rightarrow V_{\text{H}_2\text{O}} = 50 \text{ ml}$$

3.8. EXPÉRIMENTATION AVEC DIDACTICIEL

Le logiciel « *hot potatoes* » est un logiciel qui facilite la conception des didacticiels en langage *html*, *java script*, *jQuery* et *css*. Dans le cadre de ces travaux, le didacticiel interactif nommé DIELEC (DIdacticiel d'ÉlECtrolyse) et exploité à cette phase d'expérimentation a été conçu sur la base de tous les langages cités plus haut. Compte tenu des conditions sanitaires faisant prévaloir d'une part le *e-learning* et dans le souci de contribuer à amener tout élève à apprendre par lui-même, Cet outil d'enseignement-apprentissage peut être utilisé en présentiel ou par voie numérique. Pour ce qui est de l'heure, son utilisation a été valorisé en présentiel et son implémentation à nécessité beaucoup de tact. Cette activité a durée deux (02) heures. Pour y parvenir, il a été offert aux apprenants, un moment d'explication et de simulation de

l'utilisation du logiciel tout en menant les actions nécessaires. Ce qui a permis de passer à l'exécution de la séance avec eux. Soulignons que cette étape s'est déroulée comme une séance de cours normale.

3.8.1. Étape 1 : Explication de l'utilisation du didacticiel

L'utilisation de ce didacticiel passe par des phases capitales que sont :

Phase 1 : ouverture du logiciel

L'ouverture du logiciel s'effectue selon les étapes à savoir :

- Double cliquer sur le dossier DIELEC

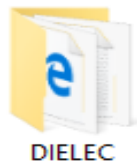


Figure 9 : Dossier contenant le didacticiel

- Double cliquer sur le fichier de lancement de DIELEC. Dans le cadre de notre expérimentation, il se nomme « **index.html** »

Name	Date modified	Type
css	10/17/2021 8:57 AM	File folder
img	10/20/2021 7:52 PM	File folder
js	10/14/2021 8:59 AM	File folder
pages	11/18/2021 11:36 PM	File folder
videos	12/16/2021 10:30 PM	File folder
index.html	11/21/2021 1:08 AM	Firefox HTML Doc
Read Me.txt	1/4/2022 12:02 AM	Text Document

Figure 10 : Fichier de lancement de DIELEC

- À la page d'accueil du logiciel, cliquer sur démarrer



Figure 11 : Page d'Accueil de DIELEC

— La page des menus que voici s'affiche. Choisir l'un des menus ou l'une des catégories.



Figure 12 : Page des menus de DIELEC

3.8.2. Étape 2 : utilisation des différentes catégories

Sur la page des menus s'affichent les six (06) catégories que sont ; Séances, Exercices, Simulation, Lexique, Jeux et Galerie. Il suffit de cliquer sur chacune d'elles pour en avoir accès.

— Catégorie Séance (Séance de cours)

Cette catégorie est constituée des entrées que sont ; prérequis, situation problème, activité, essentiel et vérification.



Figure 13 : Icône de la catégorie séance

Les différentes étapes de la catégorie séances peuvent être suivies l'une après l'autre dans l'ordre chronologique ou de manière aléatoire.

➤ **Prérequis**

Cette entrée renvoie à un test constitué de six (06) questions visant à vérifier les niveaux de connaissances des apprenants sur les éléments lui permettant de bien apprendre le concept d'électrolyse.

The screenshot shows a digital interface for a "SEANCE DE COURS" (Lesson Session). At the top, the title "SEANCE DE COURS" is displayed in large, bold, yellow letters on a dark yellow background. Below this, there is a green navigation bar with the "DIELEC" logo and the text "DIDACTIQUE SUR L'ELECTROLYSE". A red button labeled "Pre-requis" is highlighted, with other options like "Situation_Probleme", "Activite", "Essentiel", and "Verification" visible. Below the navigation bar, a green instruction reads "Repondez aux questions pour verifier vos connaissances". The main content area is divided into two parts. On the left, a green box titled "OBJECTIFS VISEES PAR LES PRE-REQUIS" lists four objectives: "Rappeler la definition d'une reaction chimique", "Rappeler la definition d'un reactif", "Reconnaitre une solution conductrice", and "Distinguer un anion d'un cation". On the right, a question is displayed: "Qu'est-ce qu'une reaction chimique?". Below the question are two multiple-choice options: "A. ? transformation des reactifs en produit" and "B. ? transformation des produits en reactifs". A "1 / 6" indicator and a "suivant" button are also visible.

Figure 14 : Page Pré-requis de la séance de cours

Soulignons que le test soumis à l'utilisateur est un exercice de questions à choix multiples. Ici, l'utilisateur a pour rôle de choisir la bonne réponse à la question posée. Toutefois, les corrections se font automatiquement par le logiciel et le pourcentage de score dépend du nombre d'essais.

➤ Situation problème

Dans cette partie, deux situations sont présentées aux apprenants ; la première est une simulation et la seconde un texte. A la suite de chaque situation se trouvent des questions à répondre.

Pre-requis **Situation_Problème** Activite Essentiel Verification

Soyez attentif aux situations problèmes

Situation problème 1: Reaction de base

Observez bien l'animation

OBSERVATIONS

Plusieurs personnes aiment les bijoux mais tres peu cherchent a savoir où et par quel phenomene on parvient a obtenir un bijoux constitue de tel ou tel autre matiere. Curieusement ce phenomene s'observe aucours d'une reaction simple: la reaction d'electrolyse.

Figure 15 : Page Situation_Problème de la séance de cours

➤ Activité

Les différentes actions à mener sont l'identification des matériels, la réalisation de l'électrolyse de l'eau, les tests d'identification des gaz et l'écriture des équations bilan de l'électrolyse de l'eau. Pour avoir accès à la partie activité, il suffit avant tout de cliquer sur démarrer. Ceci étant, possibilité est offerte de mener les activités l'une après l'autre. Soulignons qu'il est toujours utile d'arrêter la vidéo lorsqu'elle est active, avant de passer à la prochaine étape ou à la prochaine vidéo.

Pre-requis Situation_Probleme **Activite** Essentiel Verification

Cliquer sur "Demarrer" pour commencer l'activité. Suivez attentivement les expérimentations

DEPARTER

ACTIONS A MENER DANS L'ACTIVITE

- Lister les matériels de l'électrolyse
- Réaliser l'électrolyse de l'eau
- Effectuer les tests d'identification de H_2 et de O_2
- Ecrire l'équation bilan de l'électrolyse

MATERIELS NECESSAIRES POUR L'ELECTROLYSE DE L'EAU

Electrolyseur Générateur Tubes à essai Fils conducteurs

Eau pure Sel (NaCl) Soude (NaOH) Lampe

Test

Figure 16 : Page Activité (Action 1) de la séance de cours

➤ **Essentiel**

Dans cette partie, l'essentiel ou le résumé du cours est présenté à l'utilisateur. Et la leçon est présentée en fonction des différentes compétences à développer chez l'utilisateur. il suffit avant tout, de cliquer, sur commencer.

Pre-requis Situation_Probleme Activite **Essentiel** Verification

Cliquer sur "Commencer" pour lancer le cours. Suivez attentivement le cours

COMMENCER

ACTIONS A MENER POUR LA LEÇON

- Lister les matériels de l'électrolyse
- Réaliser l'électrolyse de l'eau
- Effectuer les tests d'identification de H_2 et de O_2
- Ecrire l'équation bilan de l'électrolyse

Compétence 2: Réaliser l'électrolyse de l'eau

Je retiens :

L'eau pure ne conduit pas le courant électrique; mais mélange au sel(NaCl) ou a la soude(NaOH), elle devient conductrice.

L'électrolyse de l'eau se réalise selon le schéma suivant

Montage expérimental réalisé pour l'électrolyse de l'eau

Revenir Continuer

Figure 17 : Page Essentiel de la séance de cours

➤ Vérification

Cette partie contribue à vérifier le niveau d'acquisition du répondant. Ceci passe par un exercice consistant à le soumettre à la tâche de compléter les phrases. Les mots étant proposés, le logiciel corrige automatiquement les réponses proposées. Toutefois, la possibilité d'aide est offerte.

SEANCE DE COURS

Pre-requis Situation_Probleme Activite Essentiel **Vérification**

Exercice de consolidation

Remplissez tous les espaces, appuyer sur "Corriger" pour verifier vos reponses. tiliser le bouton "AIDE" pour avoir une lettre gratuite si la reponse demandee est compliquee. Vous pouvez aussi appuyer sur le bouton "?" pour avoir la signification du mot recherche. Notez aussi que vous perdez si vous consulter a signification des mots ou si vous demandez l'aide

L' [?] [?] de l'eau est la decomposition de l'eau par le passage du courant electrique en deux gaz: le [?] [?] (H₂) et le [?] [?] (O₂).

L'eau pure ne conduit pas le courant electrique; mais melange au [?] [?] (NaCl) ou a la soude([?] [?]), elle devient [?] [?]

Le volume du dihydrogene obtenue au cours de l'electrolyse de l'eau est [?] [?] celui du dioxygene

Corriger AIDE

Figure 18 : Page vérification de la séance de cours

— Catégorie Exercices

Dans cette catégorie, on retrouve l'ensemble des exercices concourant à mieux assoir les connaissances et compétences reçues suite à l'apprentissage du concept d'électrolyse. Dans ce logiciel, nous n'avons proposé qu'un seul exercice et celui-ci est le même que celui proposé pour la consolidation ou la vérification.

— Catégorie jeux

Dans cette catégorie, un jeu de mots croisés est proposé. Il existe pour cela, douze (12) mots à trouver. Pour ce faire, il suffit de cliquer sur l'un des chiffres afin d'avoir les orientations sur le mot à choisir ; ces orientations peuvent être la définition du mot ou encore son rôle dans l'électrolyse. Tout comme dans les exercices précédents, la possibilité d'aide existe ; la correction des réponses aux questions posées est automatique et le pourcentage de score dépend du nombre d'essais contribuant à aboutir ou non à la réponse qu'il faut.



Figure 19 : Fenêtre Jeux de DIELEC

— Catégorie lexicque

Dans cette catégorie, un ensemble de mots liés au concept d'électrolyse, leur schéma ainsi que leur définition est offert.



Figure 20 : Fenêtre Lexique de DIELEC

— Catégorie galerie

Dans cette catégorie, on retrouve les différentes vidéos nécessaires à la construction du concept d'électrolyse, le chant appris aux enfants. Chant adopté sous le nom de « *hymne de la chimie* » dans cadre de cette expérience. Soulignons qu'avec le temps, nous y trouverons plusieurs autres images et vidéos.



Figure 21 : Fenêtre Galerie de DIELEC

— Catégorie simulation

Dans cette catégorie, se trouve l'essentiel du mode d'utilisation de ce logiciel, les moyens d'accès aux différentes catégories et la manière de s'y exercer.



Figure 22 : Fenêtre Simulation de DIELEC

En réalité, le didacticiel conçu et proposé sous le nom de « DIELEC » est Didacticiel interactif. Il a été gravé sur DVD et inséré dans notre mémoire. Disponible pour tout utilisateur, à travers les ordinateurs, les tablettes et les téléphones androïdes, il peut être utilisé dans les conditions actuelles où le *e-learning* est valorisé. Au moment de l'intervention et compte tenu du temps accordé, l'intérêt a été porté sur la partie Séances. À la suite de quoi, les apprenants ont été soumis à la trace écrite

Phase 2 : Trace écrite

L'essentiel du cours noté par les apprenants est le même que celui donné aux apprenants soumis à l'expérimentation via le matériel de récupération.

Phase 3 : Vérification du niveau d'apprentissage du concept

L'exercice proposé à ces apprenants était le même que celui proposé à ceux avec qui l'expérimentation à travers le matériel de récupération a été fait.

CHAPITRE 4 : PRÉSENTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Dans ce chapitre, Il sera question de présenter les résultats de recherche et d’y mener quelques analyses et discussions. La qualité des résultats permettra de valider ou de ne pas valider les hypothèses émises.

4.1. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

4.1.1. Présentation des résultats du pré-test

Les dix (10) questions ont constitué le questionnaire du pré-test. Ledit questionnaire (en annexe de ce document) a été administré à un ensemble de 251 élèves donc 20 au C.E.S. d’Ekombitie-Mbalmayo ; 98 au Lycée Bilingue d’Application et 133 au Lycée de Nkolmesseng.

Les dix (10) questions du pré-test codées l’une après l’autre dans l’ordre Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9 et Q10 étaient associées chacune d’un score précis correspondant à l’appréciation chiffrée de la réponse juste ou non et pouvant prendre les valeurs (0 ou 1). En prenant l’exemple de la question Q3, tout élève qui a proposé (ou coché) la réponse juste, son score a été de un (1). Si par contre, l’élève n’a pas écrit (ou coché) la réponse juste, un score de zéro (0) lui a été attribué.

Les résultats obtenus au terme de ce pré-test sont consignés dans le tableau ci-dessous. Et les diagrammes ci-joints contribuent à les présenter d’une autre manière.

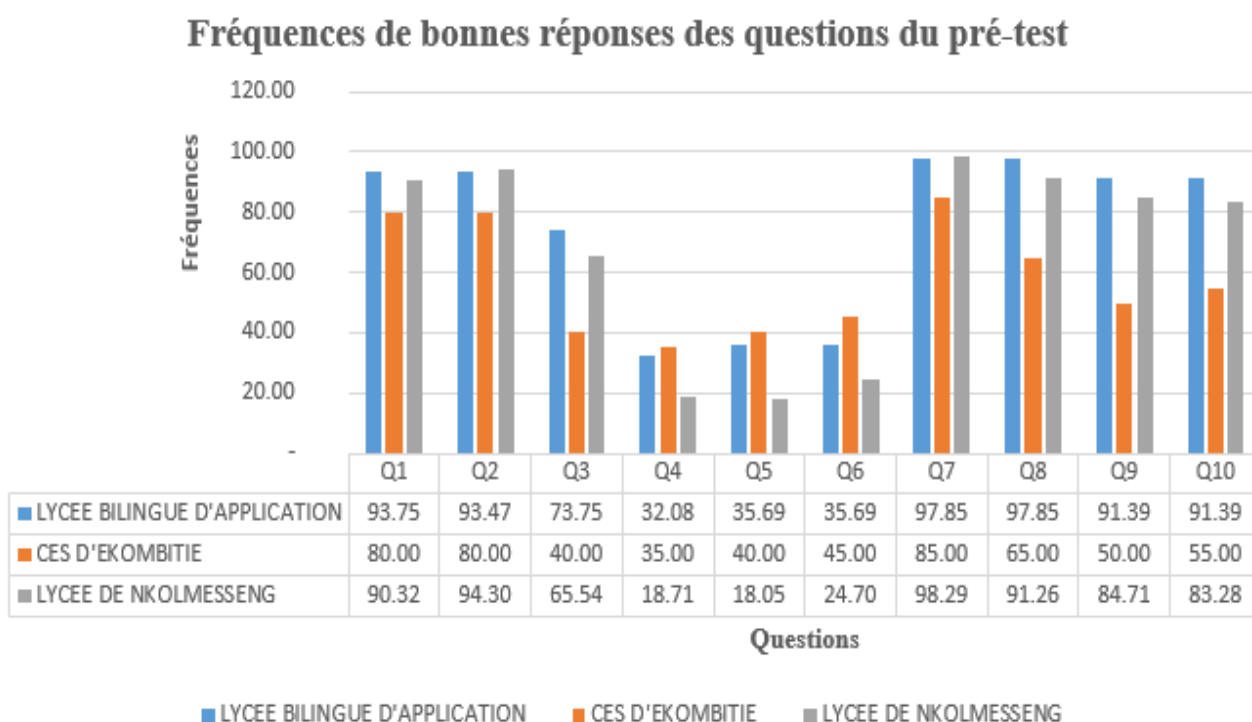


Figure 23 : Fréquence de bonnes réponses des questions du pré-test

Pour mieux expliciter la qualité des résultats obtenus, les dix questions ont été réparties en trois catégories : la première constituée des questions Q1, Q2 et Q3 ; la deuxième des Q4, Q5 et Q6 ; et enfin la troisième constituée des questions Q7, Q8, Q9 et Q10

Les données statistiques collectées et traitées présentent les résultats qui suivent :

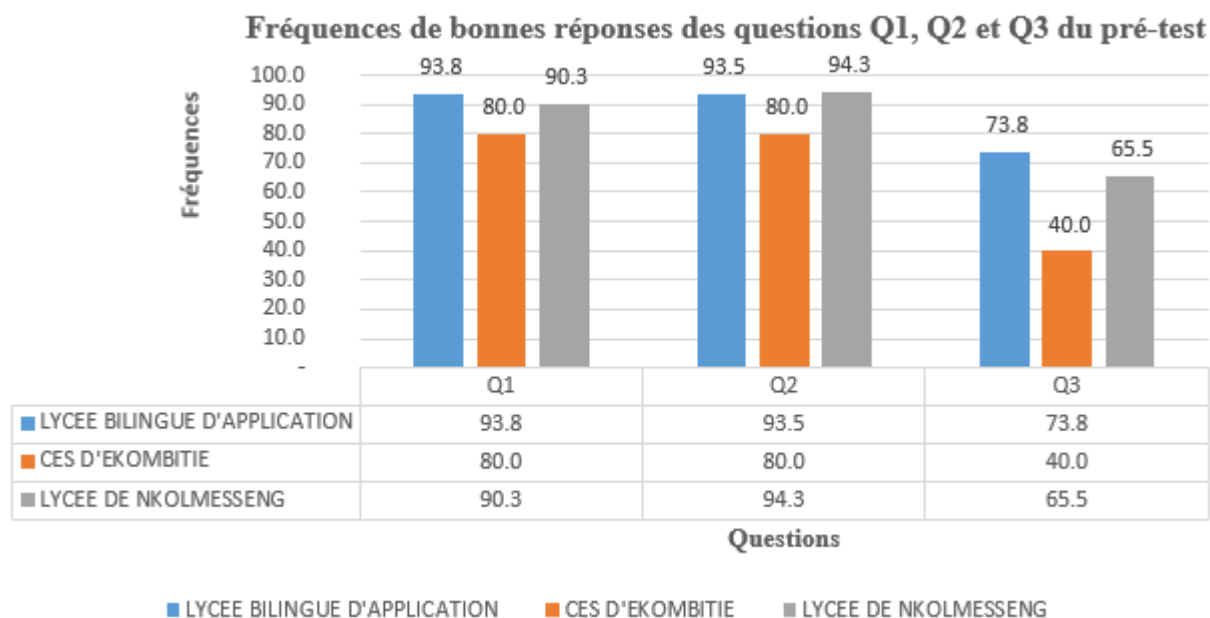


Figure 24 : Fréquences de bonnes réponses des questions Q1, Q2 et Q3 du pré-test fait dans les établissements

À la lumière des résultats obtenus à l'issue de l'administration du questionnaire pré-test dans cette catégorie de question et prenant en compte les résultats que nous présentent ce tableau et ces diagrammes, les observations suivantes peuvent être relevées ; pour questions Q1, Q2 et Q3, le L.B.A. enregistre les scores respectifs de 93,8% ; 93,5% et 73,8% ; le L.Nk. enregistre les scores de 90,3% ; 94,4% et 65,5% et le C.E.S. d'Ekombitié enregistre les scores que sont 80,0% ; 80,0% et 40,0%.

De façon plus explicite, fort est de constaté que :

- À la question Q1 qui porte sur la définition de réaction chimique, 92 sur 98 élèves du L.B.A., 16 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 120 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 228 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q1. Ce qui fait un pourcentage total de 90,8 ;
- À la question Q2 qui porte sur la vérification de la capacité de l'apprenant à écrire la formule chimique de la molécule d'eau, 92 sur 98 élèves du L.B.A., 16 sur les 20 élèves

du C.E.S. et enfin, 125 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 233 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q2. Ce qui fait un pourcentage total de 92,8 ;

- A la question Q3 qui porte sur la la précision de l'espèce chimique favorisant le passage du courant dans un circuit fermé lorsque le conducteur est une solution électrolytique, 72 sur 98 élèves du L.B.A., 08 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 87 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 167 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q3. Ce qui fait un pourcentage total de 66,5.

Place au groupe de questions Q4, Q5 et Q6.

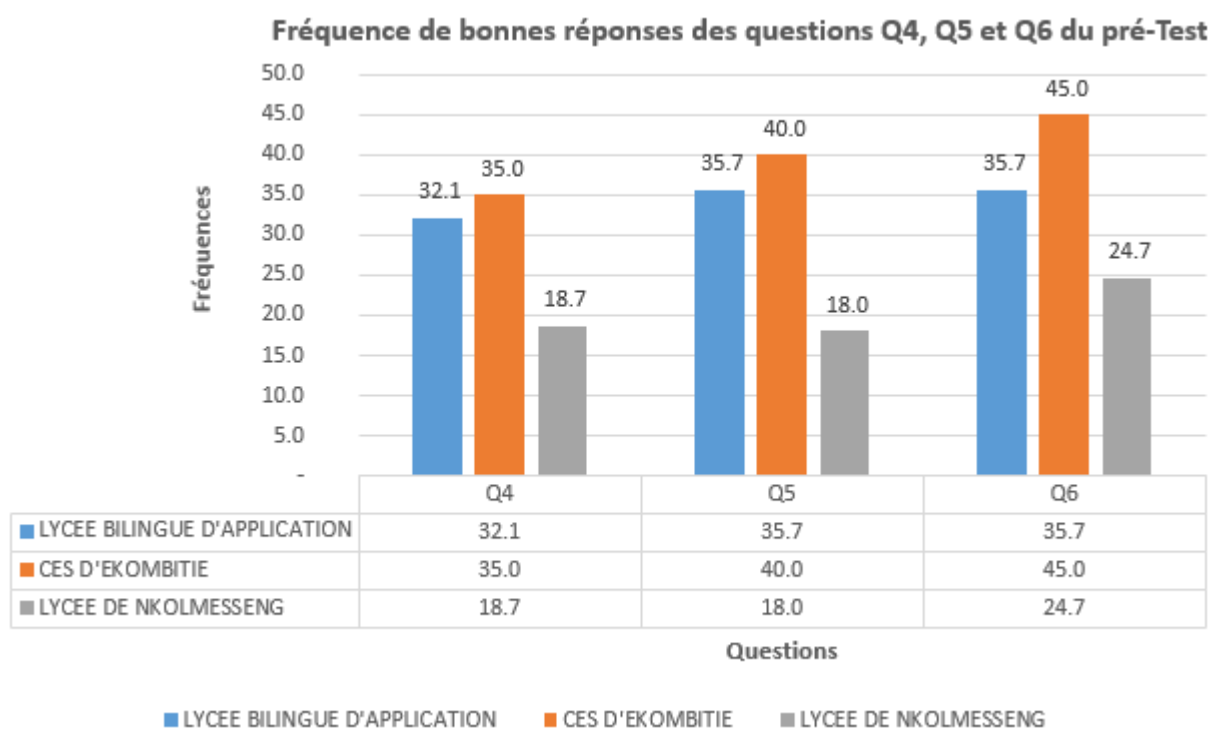


Figure 25 : Fréquences de bonnes réponses des questions Q4, Q5 et Q6 du pré-test fait dans les établissements

Pour ce groupe de questions (Q4, Q5 et Q6), le L.B.A. enregistre les scores respectifs de 32,1% ; 35,7% et 35,7% ; le L.Nk. enregistre les scores de 18,7% ; 18,0 et 24,7% et le C.E.S. d'Ekombitié enregistre les scores que sont 35,0% ; 40,0% et 45,0%. D'une manière générale, en lisant les réponses des 251 élèves, le résultat suivant est obtenu :

- À la question Q4 qui porte sur l'identification de la solution conductrice de courant électrique, 31 sur 98 élèves du L.B.A., 07 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 25 élèves

sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 63 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q4. Ce qui fait un pourcentage total de 25,1.

— À la question Q5 qui porte sur la vérification de la maîtrise du concept de gain d'électron, 35 sur 98 élèves du L.B.A., 08 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 24 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 67 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q5. Ce qui fait un pourcentage total de 26,7.

— À la question Q6 qui porte sur la vérification de la maîtrise du concept de perte d'électron, 35 sur 98 élèves du L.B.A., 09 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 33 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 77 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q6. Ce qui fait un pourcentage total de 30,7.

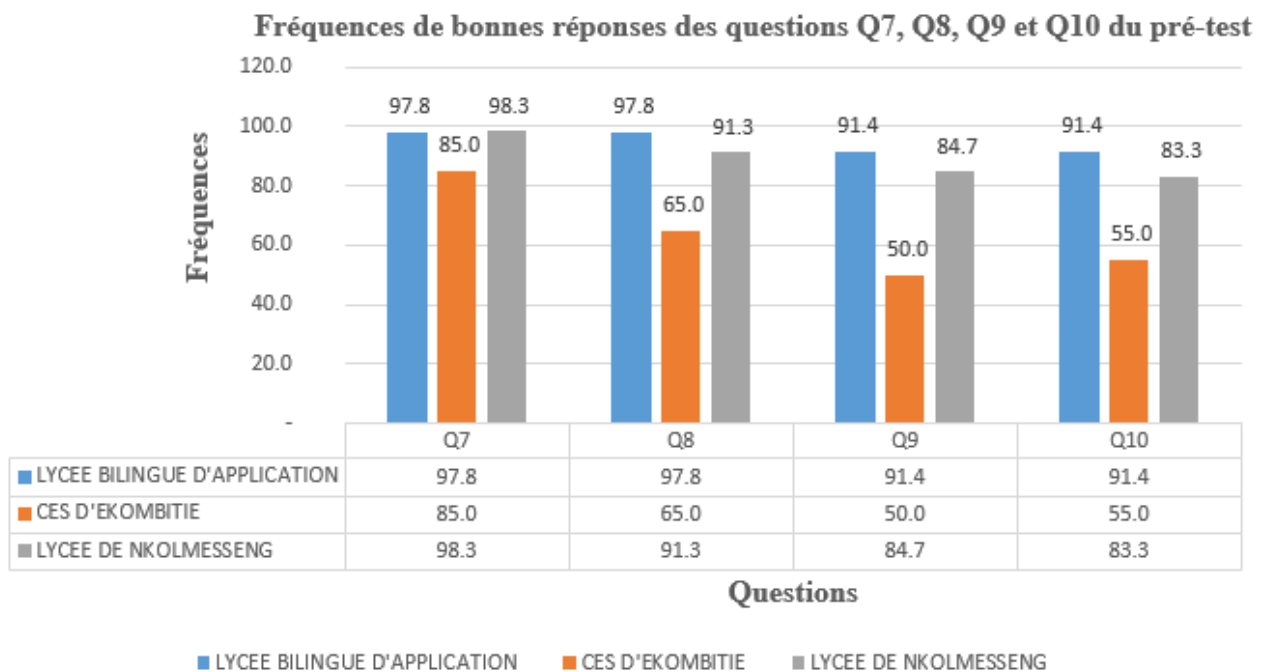


Figure 26 : Fréquences de bonnes réponses des questions Q7, Q8, Q9 et Q10 du pré-test fait dans les établissements

Pour cette catégorie de questions (Q7, Q8, Q9 et Q10), le L.B.A. enregistre les scores respectifs de 97,8% ; 97,8% ; 91,4% et 91,4% ; le L.Nk. enregistre les scores de 98,3% ; 91,3 ; 84,7% et 83,3% et le C.E.S. d'Ekombitié enregistre les scores que sont 85,0% ; 65,0% ; 50,0%

et 55,0%. D'une manière générale, en lisant les réponses des 251 élèves, le résultat suivant est obtenu :

- À la question Q7 qui porte sur l'identification d'un bijou, 97 sur 98 élèves du L.B.A., 17 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 130 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 244 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q7. Ce qui fait un pourcentage total de 97,2.
- À la question Q8 qui porte sur la maîtrise du lieu de fabrication des bijoux, 97 sur 98 élèves du L.B.A., 13 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 120 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 230 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q8. Ce qui fait un pourcentage total de 91,6.
- À la question Q9 qui porte sur l'identification de la réaction de base utilisée pour la fabrication des bijoux, 90 sur 98 élèves du L.B.A., 10 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 113 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 123 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q9. Ce qui fait un pourcentage total de 84,9.
- À la question Q10 qui porte sur la capacité à écrire électrolyse, 90 sur 98 élèves du L.B.A., 11 sur les 20 élèves du C.E.S. et enfin, 111 élèves sur les 133 du L.Nk qui ont pris part au pré-test ont trouvé la réponse juste. Ce qui permet de conclure que 212 élèves sur les 251 participants ont trouvé la réponse à la question Q10. Ce qui fait un pourcentage total de 84,5.

4.1.2. Analyse des résultats du pré-test

Il ressort des scores obtenus que sur les 10 questions, le Lycée bilingue d'application cumule les scores les plus élevés pour les questions portant sur : la définition de la réaction chimique (Q1 ; 93,8%) ; l'espèce chimique qui facilite le passage du courant dans le circuit électrolytique fermé (Q3 ; 73,8%) ; le lieu de fabrication des bijoux (Q8 ; 97,9%) ; le nom de réaction chimique qui permet d'obtenir un bijou en or (Q9 ; 91,4%) et l'intitulé de la leçon programmée en classe de troisième ayant un lien avec ce qui contribue à l'obtention d'un bijou en or (Q10 ; 91,4%). À sa suite, le Lycée de Nkolmesseng enregistre un score de 94,3% pour la question Q2 ; et 98,3% pour la question Q7. Par ailleurs, la remarque est faite sur la prévalence des scores élevés du CES D'Ekombitié pour les questions Q4 avec 35,0% ; Q5 avec 40,0% et 45,0% pour Q6.

Revenant sur l'image du diagramme suivant :

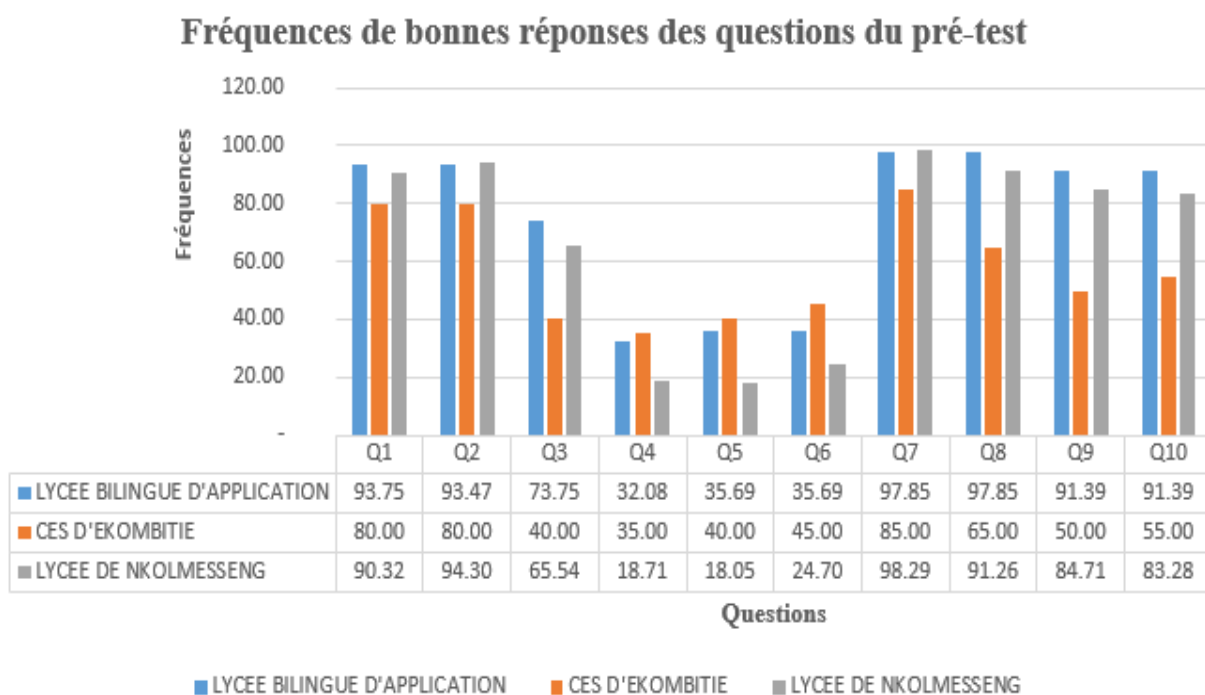


Figure 27 : Fréquence de bonnes réponses des questions du pré-test fait dans les établissements

Fort est de constater d'une manière générale que, quel que soit l'établissement, les questions Q4, Q5 et Q6 sont celles qui enregistrent le plus bas pourcentage de bonnes réponses. Nous étant rapprochés des apprenants, nous nous sommes rendu compte que certains de ceux qui ont proposé les réponses justes à ces questions l'ont fait par hasard ; d'autres l'ont fait par raisonnement sur les informations reçues des concepts de solution conductrice, anion et cation. Dans le souci de mieux assoir les bases de l'apprentissage du concept d'électrolyse, une activité de remédiation a été offerte aux apprenants. Ceci, avant de passer à l'intervention, l'expérimentation. Contrairement au L.Nk. et au C.E.S. d'Ekombitié, le L.B.A. est doté de laboratoire. Malheureusement le comportement des apprenants reste sensiblement le même. Constat qui a contribué à soumettre quelques apprenants du L.B.A. (particulièrement, les délégué et les chefs de chaque classe) à un échange en vue de vérifier si les laboratoires étaient exploités pour les travaux pratiques ; ce qui n'était pas les cas. Plus loin, les élèves de ces classes ne sont soumis à aucune expérimentation. La cause de cette incapacité étant le cota horaire des cours en présentiel revu à la baisse et du phénomène de mi-temps déjà opérationnel.

Les informations qui précèdent nous a amenés à conclure que, l'absence de laboratoire ne doit pas être un frein réel à la construction des concepts. Aussi, le fait qu'un établissement

possède un laboratoire ou n'en possède pas, n'est nullement un problème. Et plus loin, ce déficit ne devrait pas être le problème du didacticien. En réalité, le problème du didacticien se cache dans le fait et la manière de s'en servir. Comment se font les pratiques d'enseignement des leçons ? Les outils, stratégies et techniques utilisés facilitent-elles l'apprentissage des élèves ? La Chimie est une science qui est et se veut expérimentale. Pour cela, aucune construction de ses concepts n'est possible sans expérience.

4.1.3. Présentation des résultats du post test

À la suite du pré-test, les leçons ont été présentées à tous les élèves. Mais ceux qui ont pris part au post test étaient au nombre de deux cents (200) apprenants. Reparti comme suit : les quatre-vingt-dix (90) élèves du L.B.A ayant enregistré le score moyen le plus faible ; tous les 20 élèves du C.E.S. d'Ekombitié et les 90 élèves du L.Nk. ayant à leur tour enregistré le score moyen le plus bas. Le C.E.S. d'Ekombitié a été divisé en deux groupes (un groupe témoin et un groupe expérimental) ; chacun des lycées a été reparti en trois (03) groupes (un groupe témoin et deux groupes expérimentaux).

Trouvons dans le tableau ci bas, le récapitulatif des effectifs par établissement des élèves ayant pris part au post test.

Tableau 6 : Répartition des deux cents participants par établissement et par groupe

Variables		Noms de l'établissement			Total
		CES EKOMBITIE	Lycée bilingue d'Application	Lycée de Nkolmesseng	
Groupe de l'étude	Classe Témoin	10	30	30	70
	Classe Expérimental avec Didacticiel	/	30	30	60
	Classe Expérimental avec matériel de récupération	10	30	30	70
Total		20	90	90	200

Le travail étant fait par établissement, les fréquences de bonnes réponses sont présentées par site.

i. Site du lycée Bilingue d'application

Trouvons dans le tableau ci-dessous, la fréquence de bonnes réponses des élèves testés au L.B.A.

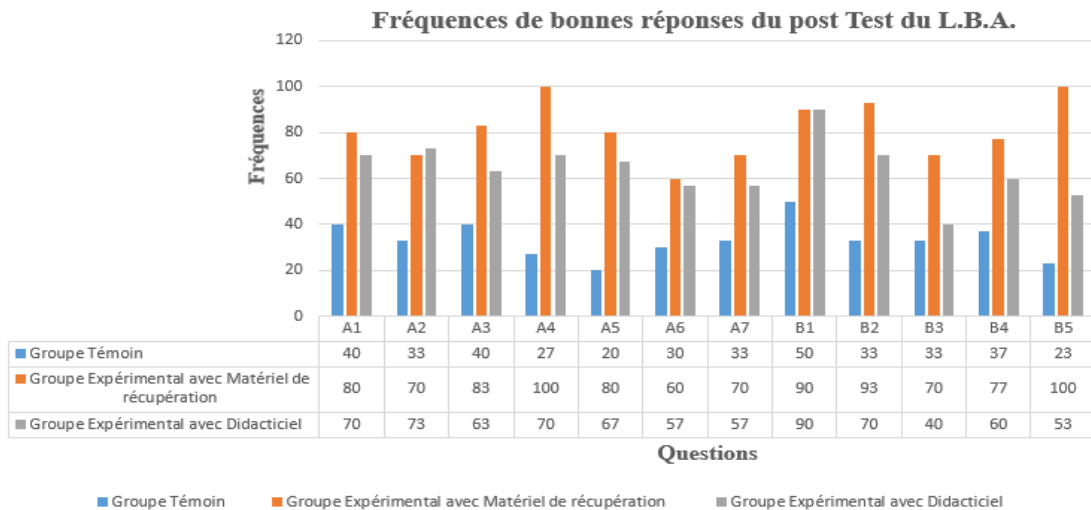


Figure 28 : Fréquence de bonnes réponses du post Test fait au Lycée bilingue d’application

Les fréquences de scores les plus élevées sont celles du groupe expérimental ayant travaillé avec le matériel de récupération. Pour cela, le même groupe recense les diagrammes les plus importants. Le groupe expérimental ayant travaillé avec le didacticiel interactif enregistre également de bons scores. Ceci se remarque également à la lumière des diagrammes de ce groupe qui sont plus importants que ceux du groupe témoin. Ces résultats du post test montrent que les élèves du groupe expérimental ayant travaillé avec le matériel de récupération et ceux du groupe expérimental ayant travaillé avec le didacticiel interactif du ont mieux travaillé que les élèves du groupe témoin.

ii. Site du lycée de Nkolmesseng

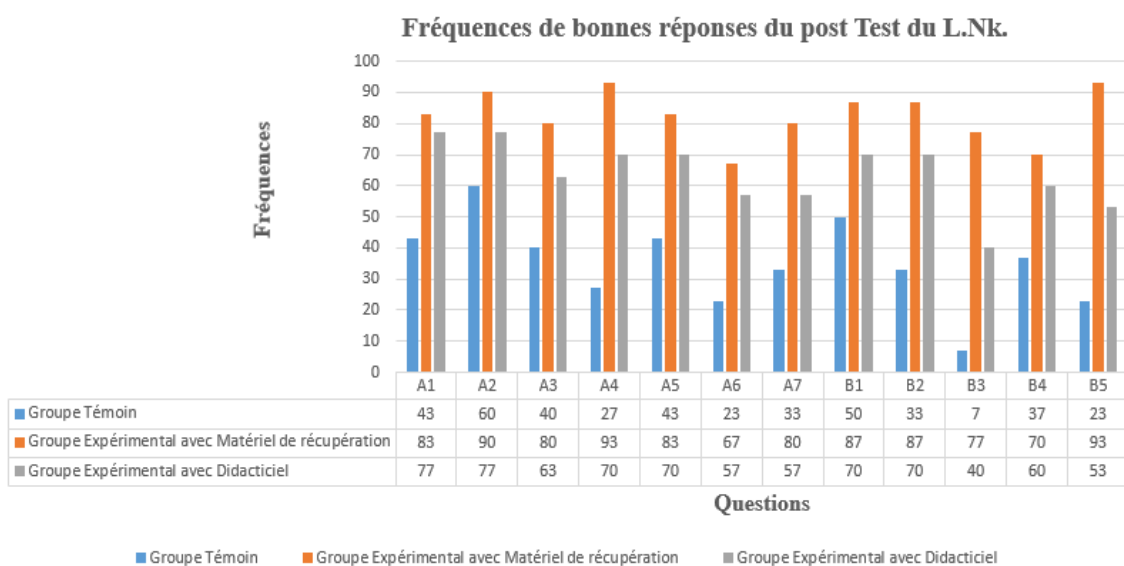


Figure 29 : Fréquence de bonnes réponses aux questions du post test fait au Lycée de Nkolmesseng

Au Lycée de Nkolmesseng, les diagrammes du groupe expérimental ayant travaillé avec le matériel de récupération sont importants. Ceux du groupe expérimental ayant travaillé avec le didacticiel interactif le sont également plus importants que les diagrammes du groupe témoin. Ces résultats du post test montrent que les élèves du groupe expérimental ayant travaillé avec le matériel de récupération et ceux du groupe expérimental ayant travaillé avec le didacticiel, ont mieux travaillé que les élèves du groupe témoin.

iii. Site du CES d'EKOMBITIE

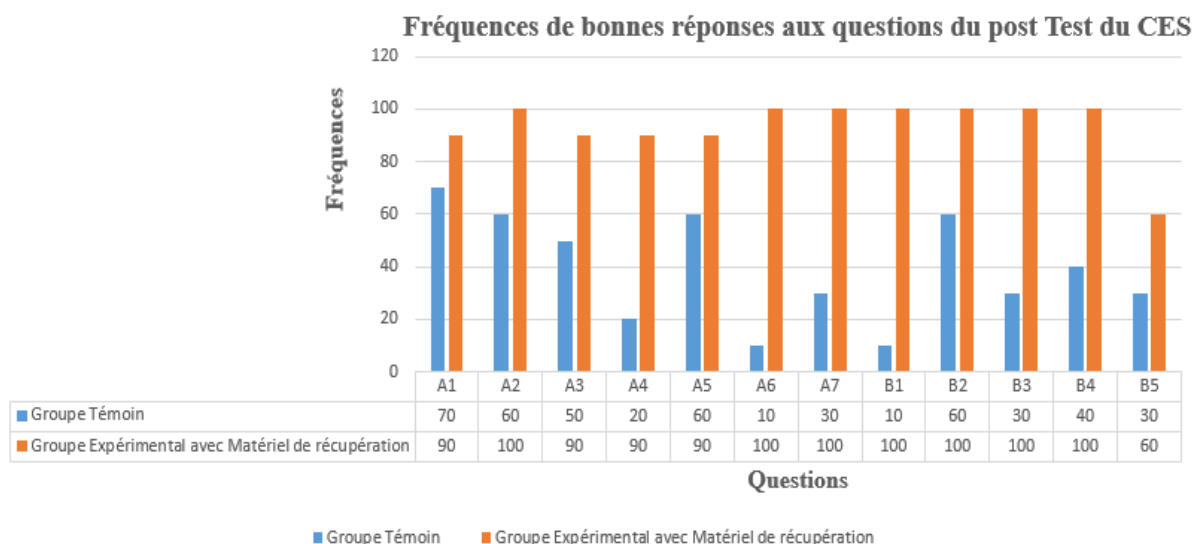


Figure 30 : Fréquences de bonnes réponses aux questions du post Test fait au CES d'Ekombitié

Dans cet établissement, les diagrammes obtenus après traitement des données statistiques des résultats du post test montrent que les élèves du groupe expérimental ayant travaillé avec le matériel de récupération ont mieux travaillé que ceux du groupe témoin.

Les 200 élèves ayant pris part au post test ont finalement été enregistrés en trois grands groupes que sont : GT (Groupe Témoin), GE₁ (Groupe expérimental avec matériel de récupération) et GE₂ (Groupe expérimental avec didacticiel). Rappelons que 70 élèves font partis du GT, 70 du GE₁ et 60 du GE₂. Dans chacune des lignes correspondant à un groupe est insérée par question, le nombre total des élèves ayant écrits ou cochés la réponse juste à la question posée. Tout ceci, en effectif et en pourcentage. Le tableau ci-dessous regroupe lesdites informations :

Tableau 7 : Scores des bonnes réponses en effectifs et en fréquences de tous les groupes d'élèves

Questions		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5
GT	Effectifs	32	34	29	18	47	26	23	40	26	15	26	17
	fréquences (en %)	45,7	48,6	42,4	25,7	67,1	37,1	32,9	57,1	37,1	24,4	37,1	24,3
GE₁	Effectifs	58	58	58	67	58	48	55	63	64	54	54	64
	fréquences (en %)	82,9	82,9	82,9	95,7	82,9	68,6	78,6	90,0	91,4	71,4	71,4	91,4
GE₂	Effectifs	44	45	40	42	41	34	34	48	42	24	36	34
	fréquences (en %)	73,3	75,0	66,7	70,0	68,3	56,7	56,7	80,0	70,0	40,0	60,0	56,7

D'une manière générale, les groupes expérimentaux (GE₁ et GE₂) enregistrent pour chaque question, les fréquences de scores au-dessus de la moyenne. Par contre, le GT, enregistre le style de score uniquement pour les questions A5 et B1. Ce groupe se caractérise par un pourcentage de bonne réponse par question en dessous de la moyenne.

En parcourant l'une après l'autre, les réponses aux questions proposées par les participants de chaque groupe, les résultats collectés et traités ont révélé les informations suivantes : 34% des élèves du GT, 64% des élèves du GE₂ et 85% des élèves du GE₁ ont pu construire le concept d'électrolyse en classe de troisième.

Que nous révèle l'analyse des résultats à l'aide du test T de *student* ?

4.1.4. Vérification des hypothèses

La vérification des hypothèses a été faite à l'aide du test-T de *student*. Pour chacune des hypothèses de recherche, les résultats de l'analyse des données fournies par le logiciel SPSS sont enregistrés dans les tableaux 15 et 16. À la suite de chacun des tableaux, l'analyse des résultats obtenus a été faite.

4.1.4.1. Vérification de l'hypothèse sur l'utilisation du matériel de récupération

Cette hypothèse est vérifiée par la validation du test de *student* des questions A1, A2, A6 et A7 de notre questionnaire post test.

Tableau 8 : Présentation du test-T de *student* pour la question A1, A2, A6 et A7

Statistiques de groupe					Test T pour l'égalité des moyennes			
Question	Groupe	N	Moy	Écart-type	Erreur standard moyenne	t	ddl	Sig. (bilatérale)
A1	Groupe expérimentale avec matériel de récupération	70	.86	.352	.042	5.458	138	.000
	Groupe témoin	70	.46	.502	.060			.000
A2	Groupe expérimentale avec matériel de récupération	70	.86	.352	.042	5.057	138	.000
	Groupe témoin	70	.49	.503	.060			.000
A6	Groupe expérimentale avec matériel de récupération	70	.70	.462	.055	6.051	138	.000
	Groupe témoin	70	.24	.432	.052			.000
A7	Groupe expérimentale avec matériel de récupération	70	.81	.392	.047	6.617	138	.000
	Groupe témoin	70	.33	.473	.057			.000

— **Formulation des hypothèses**

H₀ : l'utilisation du matériel de récupération comme matériel d'expérimentation ne facilite pas la construction du concept de l'électrolyse.

H_a : l'utilisation du matériel de récupération comme matériel d'expérimentation favorise la compréhension du concept de l'électrolyse.

— **Valeur de T calculé par le logiciel**

D'après le tableau 11, nous avons respectivement comme valeur de t calculés pour les questions A1, A2, A6 et A7 : t calculé = 5.458 ; 5.057 ; 6.051 et 6.617 pour un degré de liberté de ddl de 138.

— **Lecture de la valeur de T dans la table de la loi de *student***

D'après la table de la loi de student, t lu = 1,645 et pour un ddl de 138 au seuil de signification $\alpha=0,005$.

— **Règle de décision**

D'après nos données on constate que : t calculé = 5.458 > t lu = 1,645 pour la question A1, t calculé= 5.057 > t lu = 1,645 pour la question A2 et t calculé= 6.051 > t lu = 1,645 pour la question A6 et t calculé= 6.617 > t lu = 1,645 pour la question A7. On déduit alors d'après

la règle de décision que H_0 est rejetée au risque alpha bilatéral de 5% et notre hypothèse H_1 est donc validée.

— **Conclusion**

Comme t calculé $>$ t lu, nous déduisons que l'utilisation de matériel de récupération comme matériel d'expérimentation favorise la compréhension du concept de l'électrolyse à 66,17%.

4.1.4.2. Vérification de l'hypothèse sur l'implémentation du didacticiel interactif

Par la validation du test de *student* sur les questions A5, B1, B2, B3 et B4 du questionnaire post test, le tableau ci-contre présente les résultats obtenus.

Tableau 9 : Présentation du test-T de *student* pour la question A5, B1, B2, B3 et B4

Statistiques de groupe					Test T pour l'égalité des moyennes			
Question	Groupe	N	Moy	Écart -type	Erreur standard moyenne	t	ddl	Sig. bilatérale
A5	Groupe expérimentale avec Didacticiel	60	.68	.469	.061	3.892	128	.000
	Groupe témoin	70	.36	.483	.058			.000
B1	Groupe expérimentale avec Didacticiel	60	.80	.403	.052	4.619	128	.000
	Groupe témoin	70	.43	.498	.060			.000
B2	Groupe expérimentale avec Didacticiel	60	.70	.462	.060	3.928	128	.000
	Groupe témoin	70	.37	.487	.058			.000
B3	Groupe expérimentale avec Didacticiel	60	.40	.494	.064	2.334	128	.021
	Groupe témoin	70	.21	.413	.049			.023
B4	Groupe expérimentale avec Didacticiel	60	.60	.494	.064	2.651	128	.009
	Groupe témoin	70	.37	.487	.058			.009

— **Formulation des hypothèses**

H_0 : l'implémentation d'un didacticiel interactif dans le processus d'enseignement et d'apprentissage ne permet pas la facilitation de la compréhension du concept l'électrolyse chez les apprenants.

Ha : l'implémentation d'un didacticiel interactif dans le processus d'enseignement et d'apprentissage ne permet pas la facilitation de la compréhension du concept l'électrolyse chez les apprenants.

— **Valeur de T calculé par le logiciel**

D'après le tableau 12 nous avons respectivement comme valeur de t calculés pour les questions A5, B1, B2, B3 et B4 : t calculé = 3.892 ; 4.619 ; 3.928 ; 2.334 et 2.651 pour un degré de liberté de ddl de 128.

— **Lecture de la valeur de T dans la table de la loi de *student***

D'après la table de la loi de *student*, $t_{lu} = 1,645$. Or, pour un ddl de 128 au seuil de signification $\alpha = 0,005$.

— **Règle de décision**

D'après nos données on constate que : t calculé = 3.892 > $t_{lu} = 1,645$ pour la question A5, t calculé = 4.619 > $t_{lu} = 1,645$ pour la question B1, t calculé = 3.928 > $t_{lu} = 1,645$ pour la question B2, t calculé = 2.334 > $t_{lu} = 1,645$ pour la question B3 et t calculé = 2.651 > $t_{lu} = 1,645$ pour la question B4. On déduit alors d'après la règle de décision que H_0 est rejetée au risque alpha bilatéral de 5% et notre hypothèse H_2 est donc validée.

— **Conclusion**

Comme t calculé > t_{lu} pour l'ensemble des questions de notre hypothèse secondaire, nous déduisons qu'à 46,19% l'introduction d'un didacticiel interactif dans le processus d'enseignement et d'apprentissage ne permet pas la facilitation de la compréhension du concept l'électrolyse chez les apprenants. Et donc, le permet à 53,81%.

Fort est de remarquer à l'issus des analyses statistiques faite par le test T de *Student*, ce qui suit ; l'hypothèse secondaire selon laquelle l'utilisation du matériel de récupération facilite la construction du concept d'électrolyse est validée. Et, l'hypothèse secondaire selon laquelle l'implémentation du didacticiel interactif favorise la construction du concept d'électrolyse est à son tour validée. Pour cela, chacun des deux outils favorise la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième.

4.2. DISCUSSION

Au cours de cette étude, des élèves de la classe de troisième ont été conviés dans un groupe, à construire le concept d'électrolyse ; cette construction s'est faite par l'enseignement classique ; dans un deuxième groupe, elle a été faite par expérimentation avec le matériel de récupération. Et dans un troisième groupe, les apprenants ont été invités à construire le même concept par utilisation du didacticiel « DIELEC » avec lequel ils ont interagit. Le but étant de vérifier la place de l'implémentation de ce didacticiel, et celle de l'utilisation du matériel de récupération dans la construction du concept d'électrolyse, chacun les différents groupes ont été soumis à un post test. Des observations faites sur les résultats des réponses proposées dans chacun des trois groupes, le groupe témoin enregistre un score de 34% ; le groupe expérimental avec didacticiel, un score de 64% et le groupe expérimental avec matériel de récupération, un score de 85%. De tels pourcentages laissent voir clairement que la qualité du travail dans les groupes expérimentaux était bien meilleure que celui qui a été effectué dans le groupe témoin. Dans les différents groupes expérimentaux, les élèves étaient à l'œuvre, participaient eux même à la construction de leurs savoirs. Ceci, dans un conflit sociocognitif permanent entre pairs. A la question de savoir ce qui pourrait être à l'origine du résultat du GT, plusieurs caractéristiques contribuent à penser que l'enseignement classique n'a certainement pas amener les apprenants à être véritablement actifs ; coactifs et plus loin à se questionner. Car n'ayant aucune activité pratique à mener.

Des échanges entrepris avec les enseignants de ces élèves, les raisons d'un tel résultat ont été ainsi évoqué ; le cota horaire en présentiel revue à la baisse dans les établissements aux classes à effectifs pléthoriques. Ceci, suite à la situation de l'heure (où la Covid-19 reste d'actualité) pour laquelle, les enseignants n'ont plus assez de temps mieux expliquer les leçons aux apprenants et faire des expériences. Aussi, les élèves n'ont pas de livres et ne font pas leurs exercices. Au C.E.S. d'Ekombitié par contre, le niveau des élèves semble-t-il n'est pas très bon depuis leur entrée à l'établissement en classe de sixième. Dans cet établissement également, les élèves n'ont pas de livres. Et le pire c'est qu'ils ne s'intéressent pas aux matières scientifiques et à la filière scientifique. Pas de matériel adéquat pouvant faciliter la construction des concepts par les élèves ; pas d'expérimentation ; pas de modélisation... Dans un tel contexte, le processus enseignement-apprentissage reste un handicap et un obstacle réel à la construction des concepts en chimie. La chimie est une discipline qui se veut essentiellement expérimentale. Pour cela, il est nécessaire de prendre conscience du fait que dans les conditions où la chimie n'est pas enseignée telle qu'elle le veut et telle qu'il le faut, on ne peut espérer un changement

considérable sur les résultats des apprenants après un apprentissage. Changement qui ne sera possible qu'en faisant recours aux outils et techniques contribuant à faciliter la construction des concepts scientifiques. Parmi lesquels le concept *d'électrolyse*.

Ceci se justifie à travers les performances observées à la suite du post test auquel ont été soumis les différents groupes expérimentaux. Dans la séquence d'enseignement menée sur la base de la simulation informatique interactive et celle basé sur l'expérimentation avec matériel de récupération, les apprenants ont été soumis à des activités d'apprentissage qui leur ont permises de construire par eux-mêmes et dans la collaboration avec les autres, leurs propres connaissances en s'inspirant de la méthode expérimentale OPHERIC. Selon Develay (1989), dans cette méthode, en construisant les activités, l'enseignant prend en compte les conceptions erronées de l'apprenant sur le savoir à construire afin de concevoir les activités contribuant à faire évoluer ces conceptions vers celles jugées scientifiquement acceptables à travers une démarche qui va de la formulation du problème à la conclusion en passant par l'émission des hypothèses, leur vérification de celles par l'expérience et l'interprétation de leurs résultats. Dans de telles situations, l'apprenant est au centre de l'activité apprentissage et a la possibilité de collaborer avec ses pairs face aux situations d'apprentissage dans lesquelles il est introduit. Car, « on ne peut rien fonder sur l'opinion, c'est le premier obstacle à surmonter » (Bahelard, 1967). Il était également question de développer chez l'élève la culture scientifique qu'il se doit d'exploiter dans la résolution des problèmes qu'il pourrait rencontrer dans son quotidien.

Bref, l'utilisation du matériel de récupération facilite la construction du concept d'électrolyse. L'implémentation du didacticiel interactif favorise la construction du concept d'électrolyse. S'agissant du matériel de récupération, l'élève peut le concevoir à son tour, répéter la même expérience et produire grâce à celle-ci, de l'eau de Javel. Aussi, grâce au didacticiel interactif, au lieu de se laisser distraire par les réseaux sociaux et les jeux pas constructifs, l'élève mène des jeux sérieux et peut s'amuser en apprenant avec sa tablette, son ordinateur ou son téléphone. Ces outils viennent à point nommé et s'insèrent dans la liste d'outils et matériels didactiques contribuant résoudre le problème d'échec scolaire qui reste d'actualité.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Parvenu au terme de cette étude sur *les aides didactiques dans la Construction du concept d'électrolyse en classe de troisième*, il était question de proposer des (deux) outils et techniques pouvant faciliter la construction dudit concept. En effet, après analyse des données du pré-test, les résultats ont montré que l'ensemble de la population enquêtée a les mêmes difficultés. Sur les 251 élèves qui ont pris part à ce test, 228 arrivent à bien définir la réaction chimique, soit un score représentatif de 90,8% de bonnes réponses valablement exprimées ; 233 parviennent à identifier l'écriture exacte de la formule chimique de la molécule d'eau, soit un score de 92,8%. Sur la question portant précision de l'espèce chimique favorisant le passage du courant dans un circuit fermé lorsque le conducteur est une solution électrolytique, 167 des 251 élèves enquêtés ont donné de bonnes réponses. De plus, au terme de ce pré-test, 225 manifestent une bonne maîtrise du lieu de fabrication des bijoux, 97,2% arrivent à identifier la réaction de base utilisée pour la fabrication des bijoux. Cependant, s'agissant des questions plus pratiques telles que celles sur l'identification de la solution conductrice de courant électrique, seulement 60 élèves ont donné la bonne réponse. Bien plus, plus de 70% des répondants ne maîtrisent pas le concept de gain d'électron et seulement 25,1% maîtrisent celui de perte d'électron. Les élèves n'ont pas acquis tous les concepts de base essentiels à la construction du concept d'électrolyse. Le L.B.A. possède des laboratoires, mais ne s'en sert pas. Le L.Nk. et le C.E.S. D'Ekombitié ne possèdent pas de laboratoire. Les modélisations et les simulations ne sont pas proposées aux élèves pour les aider à construire les concepts tels que l'électrolyse. Les enseignants accusent pour cela, le phénomène de mi-temps et les quotas horaires revus à la baisse tandis que le nombre de leçons à couvrir reste le même. En réalité, l'absence de laboratoire ne doit pas être un obstacle à l'enseignement et à l'apprentissage des concepts scientifiques. Le laboratoire n'étant pour cela, pas un outil didactique, il reste judicieux de penser l'enseignement des sciences physiques ; sciences qui se veulent expérimentales, d'une autre manière.

En vue de remédier au précédent bilan, un didacticiel interactif nommé « DIELEC » (Didacticiel d'Électrolyse) a été conçu d'une part, et d'autre part du matériel de récupération. Les deux outils ont été utilisés pour l'expérimentation. Ceci, par simulation interactive et par expérimentation matérielle. Après implémentation desdits outils, un autre test a été effectué. Les résultats de ce post test laissent voir des scores positifs dans les groupes d'expérimentations avec les deux outils mis en exergue. Ce qui a permis de tirer quelques conclusions et de valider les hypothèses de recherche. En effet, au seuil de signification lié au risque alpha bilatéral de 5%, l'étude montre que l'utilisation de matériel de récupération comme matériel d'expérimentation favorise la compréhension du concept de l'électrolyse à 85%. De manière connexe, une autre conclusion est celle qui laisse voir qu'à 64%, l'introduction du didacticiel

dans le processus d'enseignement-apprentissage facilite la construction du concept l'électrolyse chez les apprenants. Au regard de tout ce qui précède et des résultats des différentes analyses obtenues, les hypothèses secondaires ont été validées. Ce qui permet de déduire la validation de l'hypothèse principale qui supputait qu'il existe des supports didactiques pouvant faciliter la construction du concept d'électrolyse. Pour le cas étudié dans cette investigation, il est question de procéder à l'expérimentation à travers le matériel de récupération ainsi qu'à l'implémentation du didacticiel. Les deux outils pour lesquelles les résultats obtenus ont été satisfaisants.

Ces résultats et cette conclusion n'ont été possible qu'en mettant l'apprenant au pied d'œuvre *in situ* afin qu'il contribue plus efficacement à son apprentissage. Et par là, à être compétent. Il est de bon ton de suggérer l'utilisation du matériel de récupération et l'implémentation du didacticiel interactif pour la construction des concepts en physique et en chimie.

Compte tenu de la situation qui prévaut, et pour une science qui se veut expérimentale, il reste nécessaire de valoriser les pratiques enseignantes avec le matériel de récupération et plus loin, celles avec le didacticiel (utilisable par ordinateur et par téléphone); ce qui contribuerait à amener l'élève à s'arrimer à la mondialisation galopante. Car, dans un contexte de valorisation du numérique et plus loin du *e-learning*, nous pensons qu'à force de s'exercer avec le didacticiel « DIELEC », l'apprenant pourra mieux mobiliser certains reflexes et fixer plus aisément les connaissances. Le didacticiel « DIELEC » par exemple, doit être considéré en contexte favorable comme outil à privilégier pour faciliter la construction du concept d'électrolyse.

Parvenir à ces fins n'a nullement été chose facile. Des difficultés telles que ; la mi-temps, le manque de temps ont été rencontrées. Ce qui a contribué au travail avec deux salles de classes au Lycée Bilingue d'Application et trois salles de classe au Lycée de Nkolmesseng. La difficulté du quota horaire de cours en présentiel qui a concouru à l'octroi d'autres plages horaires. Ceci, sous autorisation de l'administration et sous accord parental. Notons également que même s'il a été très apprécié par les apprenants, le temps imparti pour l'expérimentation avec le didacticiel n'a pas contribué à le valoriser efficacement. Il reste capital d'exploiter pleinement cet outil en le mettant à la disposition des enseignants et des élèves.

Constat a été fait selon lequel le matériel de récupération et le didacticiel facilitent chacun la construction du concept d'électrolyse en classe de troisième. Il serait intéressant en perspective

de comparer la qualité de la contribution de ses deux outils dans la construction du concept d'électrolyse.

En réalité, s'attarder sur le concept d'électrolyse a été et reste un exercice très intéressant. Car, la réaction d'électrolyse et surtout la réaction de l'électrolyse de l'eau est l'une des réactions par excellence et même le socle de l'enseignement-apprentissage du concept d'oxydoréduction dont l'apprentissage rencontre jusqu'à l'heure, beaucoup de problèmes. Aussi, fort est de se demander si, bien construire les concepts de gain d'électrons, perte d'électrons, électrolyse et plus précisément électrolyse de l'eau contribuerait à rendre plus efficace la construction du concept d'oxydoréduction ? Question à laquelle nous envisageons proposer notre point de vue à l'avenir.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arrêté N°419/14/MINESEC/IGE du 9 Décembre 2014. du ministère des enseignements secondaire portant définition des programmes d'Etudes des classes de 4ème et 3ème de l'Enseignement Secondaire Général.
- Alain, D. (2019, Septembre). L'évolution de la modélisation de l'oxydoréduction. *histoire de la cinétique chimique*, pp. 1-14.
- Andrieu, B. (2005). *Expérimenter pour apprendre*. Harmattan.
- Ango, Y. P. (2017). *L'excellence en physique-chimie et technologie 3ème*. Yaoundé: NMI EDUCATION.
- Astolfi, J. P. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences : repère, définition; bibliographie*. De Boeck Université.
- Ayina, B. (2007, Juillet 30). Analyse des simulations de la conduction électrique dans les piles électrochimiques : Avantages, inconvénients et impact sur la modélisation de ce phénomène par les élèves. *mémoire de Master*. Lyon I, France: Université Claude Bernard.
- Ayina, B. (2007, Juillet 30). Analyse des simulations de la conduction électrique dans les piles électrochimiques: Avantages, inconvénients et impact sur la modélisation de ce phénomène par les élèves. *mémoire de Master*. Lyon I, France: Université Claude Bernard.
- Ayina, B. (2013). les concepts élémentaires de la chimie, entre la chimie du chimiste et la chimie de l'élève. proposition de séquence d'enseignement inspirées d'une analyse sémiopistémologique de l'histoire de la chimie. *thèse de doctorat*. Lyon, France: Université Claude Bernard Lyon 1 et l'Université de Yaoundé 1.
- Bachelard, G. (1938). *La formation à l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris: Vrin.
- Bachelard, G. (1967). *Formation de l'esprit scientifique (5e ed)*. Paris: Philosophique J.VRIN.
- Badiou, A. (2007). *Le concept de modèle*. Fayard.
- Balpe, C. (2001). *Enseigner la physique au collège et au lycée : une approche historique*. Les Presses Universitaires de Rennes.
- Barnier. (2009). *L'approche socio-constructive des apprentissages scolaires*. Récupéré sur <http://www.versailles.iufm.fr/colloques/scenarios/pdf/Roux.pdf>. consulté le 25/07/2020.
- Barth, B.-M. (2013). *L'élève chercheur, l'enseignant médiateur*. Paris: Retz.
- Beaufils, D. &. (1999). L'expérimental dans la classe. *Aster*, pp. N° 28, 3-8.
- Benseghir, A. (2004). Séquence d'enseignement de l'électricité construite à partir de données épistémologique et didactique : compte rendu d'innovation. *Didaskalia*(24), pp. 133-149.
- Boutin, G. (2004). L'approche par compétences en éducation : un amalgame paradigmatique. *Connexions*, 25-41.

- Brousseau, G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue française de pédagogie*, N°45, pp. 130-139.
- Brousseau, G. (1980). *La Théorie des Situations Didactiques*. .
- Brousseau, G. (1989). *Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques*. Bordeaux. France: Université Bordeaux 1.
- Brousseau, G. (1991). *Théories des situations didactiques*. La pensée Sauvage.
- Brousseau, G. (2010). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques 1998*. Glossaire. V5.
- BUCREP. (2018). Recensement de la population camerounaise. Repéré en ligne à l'adresse <http://www.statitics-cameroon.org/news.php?id=18>.
- Carette, V. (2008, janvier-mars). Les caractéristiques des enseignants efficaces en question. *Revue Française de Pédagogie*, pp. 81-93.
- Charles, P. (1959).
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique*. La Pensée Sauvage.
- Cismef. (s.d.). *Dictionnaire numérique*. Récupéré sur <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Ion/fr-fr> consulté le 15/10/2020.
- Clauzard, P. (2018). Focus sur la didactique et les situations didactiques. *overblog*.
- Closset. (1983). les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'union des Physiciens*(716), pp. 931-950.
- CNRS. (2020, Octobre). *Constitution et transformation de la matière*. Récupéré sur www.cnrs.fr/cnrs-images/chimieaulyce/THEMES:Principe.htm
- Conne, F. (1992). Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique. *Recherches en Didactique de Mathématiques*. Grenoble: éd. La Pensée Sauvage .
- Convert, B. (2003). La "désaffection" pour les études scientifiques. *Dans la revue scientifique de sociologie*, N°3, Vol. 44.
- Coquide, M. (s.d.). Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, N°26, pp. 109-132.
- Dastre, A. (1899). La théorie des ions. *dans la Revue des Deux Mondes*, 4e période, Tome 156, pp. 697-708.
- De Vecchi, G. (1992). *Aider les élèves à apprendre*. Paris: Hachette.
- Delacote, G., & Tiberghien, A. (1976). Manipulation et représentation de circuit électriques simples par les enfants de 7 à 12ans. *Revue française de pédagogie*, 34, pp. 32-44.
- Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, pp. 3-16.
- Dictionnaire Belgian BioElectroMagnetic*. (2020, Octobre 15). Récupéré sur <https://www.greenfacts.org/fr/glossaire/abc/courant.html>.

- Dictionnaire Larousse . (2008).
- Djellouli, L. (2011). *La formation contenue des Enseignants du FLE*. Université Biskra.
- Dunbar, K. e. (2005). Scientific Thinking and Reasoning. In : *K. Holyoak et R. Morrison (Dir), The Cambridge Handbook of Thonking and Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Duplessis, P. (2007). L'objet d'étude des didactiques et leurs trois heuristiques : épistémologique, psychologique et praxéologique. *Séminaire du GRCDI "Didactique et culture informatonnelles : de quoi parlons-nous ?"*. IUFM des Pays de la Loire.
- Durocher, M. (2009). *Le raisonnement scientifique des adolescents de quatrième secondaire. Changement conceptuel de situation-problème sur les phénomènes physiques de la flottaison et de la lumière*.
- Eastes, R.-E. (2013). *Processus d'apprentissage, savoirs complexes et traitement de l'information : un modèle théorique à l'usage des praticiens, entre sciences cognitives, didactique et philosophie des sciences*. Paris: Université Panthéon-Sorbonne.
- G. E. Fonkeng, J. B. (2014). *Précis de méthodologie de recherche en sciences sociales*. Yaoundé-Cameroun: ACCOSUP.
- Gagnon, J. (2014). *Impact d'une visite au centre de démonstration en sciences sur la compréhension de la masse volumique auprès d'élèves de 2e année du secondaire*. Québec: Université du Québec à Trois-Rivières.
- Giordan, A. &. (2002). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Delagrave Pédagogie et Formation.
- Giordan, A. (1987). Les Origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux conceptions scientifiques. Neuchatel-Paris: Delachaux et Niestlé pris sur le site <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/infos/publi/articles/concep.html>.
- Giordan, A. (1995). *Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage! Sciences Humaines*.
- Johsua, & Dupin. (1986). L'électrocinétique du Collège à l'Université : Evolution des représentations des élèves, et impact de l'enseignement sur ces représentations. *Bulletin de l'union des physiciens*(683), pp. 779-800.
- Kamal, N. Y. (2019). *L'Electrolyse*. Marrakech: Université Cadi Ayyad.
- Kouela, P. B. (2012). *La place de l'expérimental dans l'enseignement de la chimie au secondaire : Cas du test d'identification des ions en solution en classe de seconde* . C. Brazzaville (RDC): Université Marien NGOUABI (ENS).
- Kuemogne, S. (2018). Influence de la nature des électrodes sur l'écriture des demi-équations électrolytiques : cas des élèves de première scientifique. *Mémoire de Master*. Yaoundé, Centre, Cameroun: Faculté des Sciences de l'Education.
- Kybourg, A. (2009). *Une brève présentation de SPSS* . UNINE.

- Lafortune, L. e. (2001). *Accompagnement socioconstructiviste, Pous s'approprier une réforme en éducation*. Presses de l'Université du Québec.
- Larousse, P. (2003). *Dictionnaire de langue française*. Dictionnaire.
- Lieber, J. (2008). *Contributions à la conception de systèmes de raisonnement à partir de cas*. Nancy: Université Henri Poincaré.
- Loi N°94/004 du 4 avril 1998 portant orientation de l'éducation au Cameroun*. (s.d.).
- M. Soudani, D. C.-H. (1996, Novembre). Difficultés d'apprentissage du concept d'oxydoréduction. *Bullein de l'Union des Physiciens*, pp. Etudes et Recherches sur l'enseignement Scientifique L.D.R.S. - Case 39 - Université Montpellier II Place Eugène Bataillon 1649-1663.
- M. Soudani, D. C.-H. (1996, Novembre). Difficultés d'apprentissage du concept d'oxydoréduction (Première partie). *Bulletin de l'union des physiciens*, pp. 1649-1664.
- Médiachimie. (s.d.). *www.mediachimie.org/actualité*. Récupéré sur qu'est-ce-que-l'hydrogène-
"-vert-".
- Meyer, T. (2005). "validité externe et méthode expérimentale". *Questions de documentation. open edition*, pp. 209-222.
- Millet, P. (2006). *Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau sur membrane acide*. Grenoble : Découverte N°343.
- Millet, P. (2007). Electrolyseurs de l'eau à membrane acide. *Opérations unitaires. Génie de la réaction chimique*.
- Missonnier, M.-F., & Closset, J.-L. (2004). Observation de chemins suivis par les élèves dans l'apprentissage des bases de l'électrocinétique. *Didaskalia*(25), pp. 63-88.
- Moumèn, B. (2018). Etude de la nature d'eau d'El Oued sur l'Electrolyse. *Mémoire de Master en Génie Mécanique*. Algérie: Université Hamma Lakhdar-Eloued.
- Normand, B. (2014). *Prise de tête, 10% de ce qu'on lit ?* Récupéré sur pris sur le site [https://voir.ca/chroniques/prise de tête.fr](https://voir.ca/chroniques/prise-de-tete.fr).
- Perronnet, C. (2019). *Littéraires ou scientifiques ? Les élèves face à la division sociale des savoirs et aux inégalités scolaires*. Récupéré sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr>.
- PREMST. (2008). *Matériel Didactique*. Sénégal: Direction de l'Enseignement élémentaire, Ministère de l'Education chargé de l'enseignement préscolaire, de l'élémentaire et du moyen.
- Québec, C. D. (2008). *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*. Québec: Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs.
- Raby, C. &. (2016). *Modèles d'enseignement et théorie d'apprentissage*. Québec: Les éditions CEC.
- Raharijaona, P. (2006). Généralité sur l'Oxydoréduction. Andriantsilavo, Antananarivo: ENS.

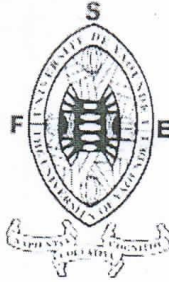
- Rasolonjatovo, H. (2013, Avril 23). Conception et élaboration d'un didacticiel pour l'étude de quelques électrolyses : programmes troisième et seconde . *mémoire*. Université d'Antananarivo: Ecole normale supérieure.
- Rosalonjatovo, H. (2013). *Conception et élaboration d'un didacticiel pour l'étude de quelques électrolyses : programmes troisième et seconde*. mémoire. Université d'Antananarivo: Ecole Normale Supérieure.
- Rosemary, G. (1954). "Faraday's Electrochemical Laws and the Determination of Equivalent Weights". in *Journal of Chemical Education Vol. 31*, pp. 226-232.
- Sallem, D. Y. (2016). *Généralités sur l'oxydoréduction*. Alger: Faculté de Médecine d'Alger.
- Sensevy, G. e. (2006). Modélisation : Une approche épistémologique. *aster Vol. 43*, pp. 163-188.
- Soissons, D. (2019). *L'électrolyse et les applications industrielles*. Villeneuve Saint Germain: Nathan.
- Sophie, S.-L. (2011). Introduction à la théorie des situations didactiques. *inrp Eductice*.
- Soudani, M. &. (1998). Difficultés d'apprentissage du concept d'oxydoréduction (deuxième partie). *Bulletin de l'union des physiciens*, pp. 1865-1872.
- Soudani, M. e. (1998, Décembre). Difficultés d'apprentissage du concept d'oxydoréduction. *Etude et recherche sur l'enseignement scientifique*, pp. 1865-1872.
- Szczeciniarz, J.-J. (2008). *Quelle réalité physique l'élaboration théorique mathématique permet-elle de discerner ?* Paris 7: Université Denis Diderot.
- Tachou, D. (2004). conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques : cas de quelques expériences de cours en électrocinétique. *Mémoire de Master*. Dakar: Université Cheikh AntaDiop.
- Tadji. (2017).
- Tardif, J. (1998). *L'apport de la psychologie cognitive Pour un enseignement stratégique*. Montreal: Les Éditions logiques.
- Toussaint, J. (1996). *Didactique appliquée de la Physique-Chimie : Eléments de formation pour l'enseignement*. Nathan. Paris: Col. Perspectives didactiques.
- Vygotski, L. (1934). *pensée & langage*. Paris: La dispute.
- Yves, C. (1986). Les programmes et la transposition didactique : illusions, contrainte et possibles. *Bulletin de l'APMEP*, pp 32-50.

ANNEXES

Université de Yaoundé I

Faculté des Sciences de
l'Éducation

Département de Didactique des
Disciplines



University of Yaoundé I

The Faculty of Education

Department of Didactics

Voir censeur de
classe de 3^{ème}

Le Doyen

The Dean

N° 6.18 /21/UYI/FSE/VDSSE/DID



AUTORISATION DE RECHERCHE

Je soussigné (e), **Professeur BELA Cyrille Bienvenu**, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Éducation de l'Université de Yaoundé I, certifie que l'étudiante **HABACK Victorine Emmanuelle Murielle** Matricule **18X3676** est inscrite en **Master II** à la Faculté des Sciences de l'Éducation, Département : **DIDACTIQUE DES DISCIPLINES**, Spécialité : **DIDACTIQUE DE CHIMIE**.

L'intéressée doit effectuer des travaux de recherche en vue de la préparation de son diplôme de Master. Elle travaille sous la codirection de **Pr LAMBI John NGOLO** et du **Dr AYINA BOUNI**. Son sujet est intitulé : « *Impact d'ellipse de laboratoire dans l'enseignement de la notion de l'électrolyse en classe de 3^{ème}* ».

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 /

Autorisation d'accès en
classe de Mme
HABACK Victorine
dans le cadre de ses recher-
ches en Master II

Fait à Yaoundé, le **5. OCT. 2021**.....

Pour le Doyen et par ordre

Le Vice-Doyen
ETIENNE NGONGO Etienne
Professeur

22 OCT 2021
Le Censeur
LENGUE Pauline
LEG - Allemang

10 OCT 2021

Chers collègues de PCT,
J'ai voulu recevoir cette
étudiante stagiaire chez
moi pour préparer son



PLEG-Hors Echelle

Objet : Accord parental

Chers parents,

Je suis l'étudiante Haback Victorine Emmanuelle Murielle. Dans le cadre de nos travaux de recherches en Master II de la Faculté des Sciences de l'Education sur le thème : **Enseignementapprentissage de la Chimie : Construction du concept d'électrolyse en classe de troisième**, la classe de votre enfant a été retenue pour nos expérimentations. Compte tenu de la situation de mi-temps et ainsi du notre d'heure journalier de cours revu à la baisse qui se présente, nous envisageons travailler avec vos enfants dans l'après-midi (12h-14h) des jours où les cours de PCT sont programmés. Ce désagrément va s'étendre sur trois (03) semaines. Comptant faire de celui-ci un moment bénéfique pour nous, nous ferons de lui un moment capital et même fructueux pour votre enfant. Seulement, nous avons besoin de votre permission pour y parvenir. Merci de nous faire confiance, merci de faire confiance à cet établissement dans lequel vous avez inscrit votre enfant et qui nous permet de passer notre expérimentation en son sein. Surtout soyez rassurer. Car, vous ne serez pas déçu du Ok que vous donnerai à votre enfant.

Date et signature de

Date et signature de l'Enseignant

Date et signature du Chef

d'Etablissement

l'Etudiante

Espace réservé aux Parents

Avis des parents :

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

D'accord

Pas d'accord

Date et signature du Parent

PRÉ-TEST

La durée du questionnaire est de 30 minutes

CODE

.....

Recommandations :

- Ce questionnaire est destiné à une recherche en didactique de sciences physiques et technologie. Par conséquent, il ne peut avoir une influence sur vos notes de classe ;
- Veiller lire attentivement les questions et les consignes données avant de répondre aux questions ;
- Bien remplir l'entête qui sera indispensable pour le bon déroulement de nos recherches ;
- Les questions auxquels vous ferez face sont de plusieurs natures à savoir ; questions à répondre par oui ou non, les questions à choix multiples et les questions à réponses brèves ;
- Seulement, facilitez-nous la tâche en nous remettant votre copie après participation.

N.B : Sachant compter sur vous, nous vous remercions d'avance.

Date	
Sexe	Féminin <input type="checkbox"/> Masculin <input type="checkbox"/>
Nom et Prénom	
Âge	
Établissement	
Classe	
Redoublant	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>

1) Une réaction chimique est :

- a) Une espèce chimique qui disparaît au cours d'une transformation chimique
- b) Une transformation au cours de laquelle des corps purs disparaissent et simultanément de nouveaux corps se forment
- c) Un assemblage ordonné d'atome lié entre eux par des liaisons de covalences
- d) Une espèce chimique qui apparaît au cours d'une transformation chimique

2) La formule chimique de la molécule d'eau est

3) Dans un circuit électrolytique fermé, le passage du courant est assuré par :

- a) Les électrons
- b) Les molécules d'eau
- c) Les ions

d) Les atomes

4) Coche la bonne réponse ; la solution conductrice du courant électrique est :

a) L'eau pure

b) L'eau sucrée

c) L'eau salée

d) L'eau distillée

5) Parmi les équations ci-dessous, celle qui correspond au gain d'électron est :

a) $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl} + \text{e}^-$

b) $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$

c) $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

d) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

6) Parmi les équations ci-dessous, celle qui correspond à la perte d'électron est :

a) $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$

b) $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

c) $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl} + \text{e}^-$

d) $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

7) Identifie cette image :



Il s'agit :

a) Des jouets

b) De l'argent

c) Des bijoux en argent

d) Des bijoux en or

8) Plusieurs personnes aiment les bijoux mais très peu cherchent à savoir où et par quel phénomène on parvient à obtenir un bijou constitué de tel ou tel autre matière. Curieusement, à partir de la classe de troisième, une leçon porte sur la réaction chimique de base permettant d'obtenir par exemple un bijou en Or ; c'est l'électrolyse. Et en selon le programme de cours de PCT en classe de troisième une leçon portera sur l'électrolyse de l'eau.

8.1. Le lieu où on fabrique les bijoux est

8.2. La réaction chimique de base permettant d'obtenir un bijou en or est.....

3.3. La leçon programmée en classe de troisième ayant un lien avec ce qui contribue à l'obtention d'un bijou en or est

FICHE DE RÉVISION A LA SUITE DU PRÉ-TEST

1) Définitions

1.1. Atome

L'atome est une entité extrêmement petite qui entre dans la constitution de la matière. C'est l'entité indivisible de la matière.

1.2. Ion, Anion, Cation

Ion : c'est un atome ou groupe d'atome ayant gagné ou perdu un ou plusieurs électron(s). C'est également une espèce chimique susceptible de perdre ou de gagner un ou plusieurs électron(s).

Anion : c'est un atome ou groupe d'atome ayant gagné un ou plusieurs électron(s). C'est aussi une espèce chimique susceptible de perdre un ou plusieurs électron(s).

Exemples : Cl^- ; F^- ; Br^- (accompagné des illustrations)

N.B. : On obtient Cl^- parce que l'atome de Chlore (Cl) a gagné un électron. Et de Cl^- , on peut avoir Cl après la perte d'un électron.

Cation : c'est un atome ou groupe d'atome ayant perdu un ou plusieurs électron(s). C'est aussi une espèce chimique susceptible de gagner un ou plusieurs électron(s).

Exemple : Na^+ ; Ca^{2+} ; Ag^+

N.B. : On obtient Ca^{2+} parce que l'atome de Calcium (Ca) a perdu deux électrons. Et de Ca^{2+} , on peut avoir Ca après le gain de deux électrons.

Exercice d'application : définir les concepts suivants tout en y associant des illustrations : ion, anion, cation.

2) Les solutions conductrices de courant.

Réalisation du montage avec les apprenants et la conclusion est donnée par eux-même.

Matériels : Ordinateur portable, fils conducteurs, bocal transparents, eau du robinet, eau distillée, eau salée, eau sucrée, eau + la soude.

Conclusion : l'eau du robinet, l'eau distillée et l'eau sucrée ne conduisent pas le courant électrique.

L'eau salée et l'eau + la soude, conduisent le courant électrique.

Pourquoi ? : L'eau salée et l'eau + la soude sont les solutions ioniques ; les solutions électrolytiques.

Celles-ci nous permettent d'écrire les équations de mise en solution.

Paroles du chant appris aux élèves et exécuté pendant la séance de cours.

HYMNE DE LA CHIMIE

Refrain (bis) :

La Chimie est très facile (x 2)

La Physique, Technologie et les Maths elles aussi (x 2)

Couplet (bis) :

Nous sommes des élèves braves (x 2)

Nous affrontons toutes ces matières et les autres elles aussi (x 2)

N.B. : Ce Chant a été exécuté au début, avant la trace écrite et à la fin de la séance de cours.

FICHE DU JEU BILINGUE

Faire correspondre les éléments correspondant aux mots en français à leur traduction en anglais :

Mots en Français		Traductions en Anglais
Chimie		Water
Électrolyse		Hydrogene
Eau		Ion
Sel de cuisine		Oxygen
Hydrogène		Chemistry
Ion		Electrlyse
Oxygène		Salt

N.B. : Jeu mené à la fin de la leçon

POST TEST

Date	
Sexe	Féminin <input type="checkbox"/> Masculin <input type="checkbox"/>
Nom et Prénom	
Âge	
Etablissement	
Classe	
Redoublant	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>

PARTIE A

Consigne : La grande partie des exercices de cette partie est fait de QCM (Questions à Choix Multiples). Pour chacune des questions proposées, tu te dois de cocher la bonne réponse. Lorsque la question ne sera pas de type QCM, une autre consigne te sera donnée.

1. La solution conductrice du courant électrique est :

- a) L'eau pure
- b) L'eau sucrée
- c) L'eau salée

2. Lorsque le conducteur est une solution électrolytique, le passage du courant dans un circuit électrique fermé est assuré par :

- a) Les molécules
- b) Les ions
- c) Les électrons

3. Lors d'une réaction chimique, l'espèce chimique susceptible de gagner un ou plusieurs électrons est :

- a) Un ion
- b) Un cation
- c) Un anion

4. L'espèce chimique susceptible de perdre un ou plusieurs électrons au cours d'une réaction chimique est :

- a) Un anion
- b) Un cation

c) Un ion

5. Ici, il est question de définir le concept d'électrolyse de l'eau.
L'électrolyse de l'eau est.....

6. L'électrolyse de l'eau produit le dihydrogène :

a) Aux électrodes

b) À l'anode

c) À la cathode

7. L'électrolyse de l'eau produit le dioxygène :

a) À l'anode

b) À la cathode

c) Aux électrodes

PARTIE B :

Consigne : Lis attentivement l'énoncé et les questions posées et rédige tes réponses dans l'espace qui t'est réservé.

Atteint de la Covid-19, Monsieur ABOUDI arrive aux urgences d'un hôpital de la région du centre sous assistance respiratoire. Trente minutes après son arrivé, le gaz nécessaire pour lui permettre de respirer vient à manquer. La solution pour y remédier est de réaliser une électrolyse de l'eau. Au cours de cette électrolyse, on recueille à l'anode 150 cm^3 de gaz.

1) Quel est le nom et la formule de ce gaz ?

R :

2) Quel est le nom et la formule du gaz obtenu à la cathode ?

R :

3) Détermine le volume de ce gaz.

R :

4) Ecris l'équation bilan de la réaction de l'électrolyse de l'eau.

R :

5) Quel est le volume de l'eau décomposée par le courant électrique ?

R :

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	ii
DÉDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vii
RÉSUMÉ	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PREMIÈRE PARTIE : CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE	4
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE ET ÉTAT DE LA QUESTION	5
1.1. REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	6
1.2. DÉFINITION DES CONCEPTS CLÉS DE L'ÉTUDE	9
1.2.1. Conception	9
1.2.2. Laboratoire	10
1.2.3. Expérimentation	10
1.2.3.1. Définition	10
1.2.3.2. Rôle de l'expérimentation	11
1.2.4. Simulation interactive	12
1.2.4.1. Définition	12
1.2.4.2. Rôle	12
1.2.5. Didacticiel	13
1.2.6. Matériel de récupération	13

1.3. ÉTUDE HISTORIQUE ET EPISTÉMOLOGIQUE DU CONCEPT D'ÉLECTROLYSE	14
1.3.1. Définition du concept d'électrolyse	14
1.3.2. Histoire et épistémologie du concept d'électrolyse	16
1.3.3. Principe chimique de l'électrolyse	18
1.3.4. Applications de l'électrolyse	19
1.4. LES THÉORIES DE REFERENCE	19
1.4.1. Le Socioconstructivisme	19
1.4.1.1. Définition	20
1.4.1.2. Les concepts clés du socioconstructivisme	20
1.4.1.3. Dimensions du socioconstructivisme et apport dans le processus E/A	22
1.4.1.4. Rôle de l'enseignant	23
1.4.1.5. Rôle de l'apprenant	24
1.4.2. La théorie de situations didactiques	25
1.4.2.1. Définition	25
1.4.2.2. Apport de la situation Didactique dans le processus E/A	25
1.4.2.3. Rôle de l'enseignant et de l'élève	29
CHAPITRE 2 : PROBLÉMATIQUE	30
2.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION	31
2.1.1. Contexte	31
2.1.2. Justification du choix de l'étude	34
2.2. POSITION DU PROBLÈME	36
2.3. QUESTION DE RECHERCHE	40
2.3.1. Question principale de recherche	40
2.3.2. Questions spécifiques de recherche (QS)	40
2.4. FORMULATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	41
2.4.1. Hypothèse générale	41
2.4.2. Hypothèses secondaires (HS)	41
2.5. DÉFINITION DES VARIABLES ET INDICATEURS	41

2.6.OBJECTIF DE RECHERCHE	41
2.6.1. Objectif principal	42
2.6.2. Objectifs spécifiques (OS)	42
2.7. LE TABLEAU SYNOPTIQUE	43
DEUXIÈME PARTIE : CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET OPÉRATOIRE	45
CHAPITRE 3 : MÉTHODE DE LA RECHERCHE	46
3.1. PARTICIPANTS, POPULATION DE L'ÉTUDE ET ÉCHANTILLON	47
3.2. POPULATION DE L'ÉTUDE	48
3.3. ÉTABLISSEMENT DE L'ÉCHANTILLON	48
3.4.DÉLIMITATION DU SUJET	50
3.4.1.Délimitation thématique.....	50
3.4.2.Délimitation temporelle	50
3.4.3.Délimitation spatiale	51
3.5. OUTILS ET PROCÉDURE DE TRAITEMENT DES DONNÉES.....	51
3.5.1. Méthode	51
3.5.2. Instruments de collecte des données	51
3.5.2.1. Description de l'instrument de collecte de données.....	52
3.5.2.2. Organisation des activités	53
3.5.2.3. Déroulement des activités	54
3.5.3. Analyse à priori des dispositifs d'expérimentations	57
3.6. MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES	61
3.7. EXPÉRIMENTATION AVEC MATÉRIEL DE RÉCUPÉRATION.....	63
3.7.1. Étape 1 : Présentation de la situation problème (SP).....	63
3.7.2. Étape 2 : Identification du problème et émission des hypothèses.....	64
3.7.3. Étape 3 : activités	65
3.7.4. Étape 4 : Trace écrite	74
3.7.5. Étape 5 : Vérification	75
3.8. EXPÉRIMENTATION AVEC DIDACTICIEL.....	75

3.8.1. Étape 1 : Explication de l'utilisation du didacticiel	76
3.8.2. Étape 2 : utilisation des différentes catégories.....	77
CHAPITRE 4 : PRÉSENTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS	85
4.1. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....	86
4.1.1. Présentation des résultats du pré-test	86
4.1.2. Analyse des résultats du pré-test.....	90
4.1.3. Présentation des résultats du post test.....	92
4.1.4. Vérification des hypothèses	95
4.1.4.1. Vérification de l'hypothèse sur l'utilisation du matériel de récupération.....	95
4.1.4.2. Vérification de l'hypothèse sur l'implémentation du didacticiel interactif	97
4.2. DISCUSSION.....	99
CONCLUSION GÉNÉRALE	100
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	100
ANNEXES.....	100
TABLE DES MATIÈRES.....	100