

Identification de quelques difficultés d'enseignement–apprentissage des concepts d'électricité au cycle collégial marocain

Identification of some difficulties in teaching–learning of concepts of electricity in the Moroccan middle cycle

Mohammed Rabih Raissouni^{1*}, *Mohammed Abid*², and *El Mahjoub Chakir*¹

¹Laboratoire de Physique des Matériaux et Subatomique, Université Ibn Tofail, FSK, Kénitra, Maroc

²Laboratoire de la Recherche Scientifique et Innovation Pédagogique, CRMEF, Rabat, Maroc

Résumé. Le but de ce travail est de dévoiler quelques difficultés de l'enseignement–apprentissage des concepts d'électricité enseignés au cycle collégial marocain et notamment les concepts d'intensité du courant électrique (I) et de la tension électrique (U). Notre étude exploratoire se fonde sur les résultats recueillis auprès d'un échantillon constitué de deux types de groupes : 1) Les apprenants de la 1^{ère} et 2^{ème} année collégiale pour savoir à quel point ils maîtrisent ces deux concepts ; 2) les enseignants des sciences physiques du cycle collégial, pour identifier les difficultés rencontrées lors de l'enseignement de ces concepts. Les résultats de ce travail montrent que les apprenants du collège ont des difficultés cognitives et perceptives relatives aux concepts d'intensité et tension électriques. De plus la plupart des enseignants questionnés déclarent que les difficultés majeures qu'ils rencontrent ont une relation avec le concept lui-même, la communication avec les élèves ou l'absence des séances de travaux pratiques.

Abstract. The aim of this work is to reveal some of the teaching and learning difficulties of the concepts of electricity taught in the Moroccan middle cycle and in particular the concepts of electric current intensity (I) and electric voltage (U). Our exploratory study is based on results from a sample of two types of groups : 1) The learners of the 1st and 2nd year of college to know how well they master these two concepts; 2) the teachers of the physical sciences of the middle cycle, to identify the difficulties encountered when teaching these concepts. The results of this work show that college learners have cognitive and perceptual difficulties with the concepts of electrical intensity and voltage. Moreover, most of the teachers interviewed stated that the major difficulties they encountered had a relationship with the concept itself, communication with the students or the absence of practical work sessions.

* Corresponding author: raissounirabih@gmail.com

1 Introduction

Il y a une trentaine d'années, des recherches se sont lancées dans l'analyse des situations d'enseignement-apprentissage, cherchant à comprendre les difficultés des élèves dans le but de permettre un meilleur enseignement. Dans ce cadre de nombreux travaux de recherche se sont centrés aux difficultés chez des élèves à apprendre la physique et la chimie, plus particulièrement le domaine de l'électricité [1].

A cet effet, divers travaux ont abordé le sujet des difficultés d'élaboration des concepts d'électricité par les élèves, qu'il s'agisse d'élèves du primaire, ou du secondaire [2, 3], d'autres ont montré que certains étudiants n'arrivent pas à synthétiser les concepts d'électricités de base dans un cadre cohérent [4].

Dans notre étude on s'y focalisé sur l'identification de quelques difficultés chez les élèves au cycle collégial, d'abord, car la période du cycle collégial est très importante dans l'enseignement des concepts de base des sciences physiques, puis, le thème d'électricité constitue une grande partie du programme des sciences physiques dans ce cycle, enfin les concepts d'électricité présentent de grandes difficultés, vu leur caractère abstrait qui rend leur compréhension dépendante des modèles, des analogies et des métaphores [5].

L'objectif de ce travail est de déterminer les difficultés rencontrées lors de l'enseignement-apprentissage des concepts d'intensité (I) et de la tension électrique (U) au cycle collégial.

Pour cela, on a subdivisé le présent article en quatre parties : la première illustre le cadre théorique qui traite les concepts clés en relation avec la thématique de notre travail. La deuxième partie présente la méthodologie du travail. Enfin, dans la quatrième partie, seront présentés les résultats obtenus qui seront analysés et puis discutés avant de dégager certaines conclusions et suggestions, qui pourront être utile pour l'amélioration de l'enseignement des concepts en question.

2 Problématique

Des études ont montré que les élèves viennent en classe des sciences avec leurs connaissances existantes qu'ils construisent avec leurs propres expériences "les représentations" [6, 7], certains de ces représentations sont en conflit avec les concepts scientifiques et peuvent provoquer des difficultés à la construction d'une nouvelle connaissance [1].

En effet, l'enseignement-apprentissage d'une discipline comme l'électricité pose des problèmes spécifiques à cette dernière [1], car c'est une discipline scientifique qui présente de grandes difficultés [8], expérimentale qui nécessite des outils didactiques particuliers et ces concepts de base sont particulièrement abstraits et difficiles à enseigner [5].

Le présent travail porte sur les difficultés d'enseignement-apprentissage des concepts d'électricité au cycle collégial marocain, notamment les deux concepts de l'intensité du courant électrique (I) et la tension électrique (U), par conséquent la question principale de ce travail est :

Quelles sont les difficultés rencontrées lors de l'enseignement-apprentissage des concepts (I) et (U) au cycle collégial ?

Et les questions qui en dérivent, sont :

- Est-ce que les élèves du collège maîtrisent les concepts de (I) et (U) ?
- Quelles sont les difficultés rencontrées par les enseignants lors de l'enseignement des concepts de (I) et (U) ?

3 Cadre théorique

Dans cette partie, on présente les différentes définitions des principaux concepts liés à notre problématique.

3.1 Enseignement secondaire collégial

La structuration du système éducatif marocain pré-universitaire, est composée de deux grands cycles.

Un enseignement primaire à deux cycles : l'enseignement préscolaire (deux années scolaires) et l'enseignement primaire (six années scolaires).

Un enseignement secondaire à deux cycles : le cycle secondaire qualifiant (trois années scolaires), et le cycle collégial d'une durée de trois ans et qui sera couronné par un brevet d'enseignement collégial (BEC), il est ouvert à tous les enfants issus du primaire et détenteurs d'un certificat d'études primaires [9].

3.2 L'Electricité

« L'électricité est une forme d'énergie produite par la circulation de charges électriques dans un corps conducteur ou semi-conducteur » [10].

Or l'électricité est une science qui fait partie des sciences physiques, alors on peut la définir comme une science qui traite les phénomènes liés aux charges électriques statiques ou en mouvements.

3.3 L'intensité du courant électrique

L'intensité d'un courant à travers une surface S est égale à la quantité de la charge qui traverse S par unité de temps [11].

3.4 Tension électrique

La tension U est mesurée avec un voltmètre comportant deux bornes marquées V (ou+) et COM (ou-). Le voltmètre est branché en parallèle avec le dipôle. La tension est égale à la différence de potentiel entre les bornes : $U = VV - VCOM$ [12].

4 Méthodologie

Dans cette recherche, nous avons utilisé une approche analytique descriptive.

4.1 Echantillon de l'étude

Notre travail traite les difficultés de l'enseignement et l'apprentissage des concepts de l'électricité au cycle collégial, pour ce faire on a choisi un échantillon au hasard constitué de deux catégories : les élèves du cycle collégial et les enseignants des sciences physiques au même cycle.

La 1^{ère} catégorie de notre échantillon contient 124 élèves de la 1^{ère} et la 2^{ème} année du cycle collégial de plusieurs collèges de la direction provinciale de Kénitra qui sont répartis selon les établissements, le sexe et le niveau (tableau 1).

Tableau 1 : répartition des élèves de l'échantillon selon le niveau, le sexe et l'établissement.

Etablissements	Commune	Niveau	Nombres des élèves	Fille	Garçon
Saada	Oulad Ayad	2 ^{ème} année	33	15	18
Bni Malek	Souk Alarbiae	2 ^{ème} année	29	14	15
Saada	Oulad Ayad	1 ^{ère} année	30	17	13
Molay Ali Chrif	Kenitra	1 ^{ère} année	31	17	14
Total			124	63	61

Pour la 2^{ème} catégorie de l'échantillon, on a choisi 15 enseignants du cycle collégial des sciences physiques, 9 de sexe masculin et 6 féminins et qui sont répartis selon les établissements suivants (tableau 2).

Tableau 2 : répartition des enseignants selon les établissements.

L'établissement	Nombres d'enseignants
Saada	6
Bni Malek	4
Molay Ali Chrif	5

Tous les enseignants en question ont une ancienneté entre 1 et 5 ans, ce choix a été fait intentionnellement pour pouvoir identifier quelques difficultés rencontrées par les nouveaux enseignants.

4.2 Outil de Travail

Dans notre travail on a commencé par lecture dans les programmes officiels des sciences physiques du collège, pour identifier les niveaux où s'enseignent ces concepts ((I) et (U)), les leçons ont relation avec eux et les objectifs pédagogiques de ces leçons.

Pour savoir si les élèves de la 1^{ère} et 2^{ème} année collégiales maîtrisent ces deux concepts, on leur a adressé vers la fin de l'année scolaire 2018/2019, un test pour chaque niveau, qui a été élaboré sur la base d'un travail d'identification précédent, afin de relever les représentations erronées chez les élèves concernant les concepts en questions, les deux tests ont été validés par deux experts professeurs de physique, le premier test (constitué de six questions) a été adressé aux élèves de la 1^{ère} année collégiale, quant au deuxième test (constitué de cinq questions) a été adressé aux élèves de la 2^{ème} année collégiale.

Pour identifier les difficultés rencontrées lors de l'enseignement de ces concepts, un questionnaire (constitué de quatre items) a été préparé et adressé aux enseignants des sciences physiques. Ce questionnaire a été validé par un expert inspecteur pédagogique.

5 RESULTATS ET DISCUSSION

5.1 Lecture dans les instructions officielles :

Le document objet de notre lecture s'intitule : « les programmes et les instructions officielles concernant l'enseignement des sciences physiques au cycle collégial », édition 2015 [13]. Le tableau 3 présente les principales leçons relatives aux concepts (I) et (U), les niveaux d'enseignement et les objectifs pédagogiques ciblés.

Tableau 3 : Principaux objectifs relatifs à l’enseignement des concepts (U) et (I) recommandés dans les orientations pédagogiques.

Titre de la leçon	Le courant continue	Le courant alternatif sinusoïdal
Le niveau	1 ^{ère} année collège	2 ^{ème} année collège
Les objectifs pédagogiques	<ul style="list-style-type: none"> – Connaître les sources du courant électrique continu. – Connaître les propriétés du courant électrique continu. – utiliser les appareils de mesure. – connaître les unités de l’intensité du courant et de la tension dans le SI. 	<ul style="list-style-type: none"> – distinguer entre la tension électrique continue et variable sinusoïdal – connaître les caractéristiques d’une tension alternative sinusoïdale – utiliser l’oscilloscope pour déterminer les caractéristiques d’une tension – connaître que le voltmètre mesure la valeur efficace d’une tension alternative sinusoïdale – connaître la relation entre la valeur efficace et la valeur maximale – connaître que toute tension alternative sinusoïdale donne un courant alternatif sinusoïdal.

Le tableau 3 nous a permis d’élaborer les tests et le questionnaire que nous allons voir leurs résultats par la suite.

5.2 Résultats du test adressé aux élèves

Le premier test est assigné aux élèves de la 1^{ère} année du collège s’intéresse surtout à la leçon du courant électrique continu. Dans ce qui suit on présente les principaux résultats et le dépouillement de ce test :

Pour la 1^{ère} question concernant le sens du courant électrique dans un circuit électrique simple.

Presque tous les élèves (95%) ont répondu correctement c'est-à-dire que le sens du courant du pôle positif vers le pôle négatif à l’extérieur de la pile.

Dans la 2^{ème} question, on présente un circuit électrique simple où il y a deux ampoules électriques montées en série (L1 et L2), et aussi deux ampèremètres (A1 et A2) en série (ce circuit est illustré dans la figure 1). On cherche parmi ces deux ampoules la première à s’allumer. Les réponses sont regroupées dans le tableau 4.

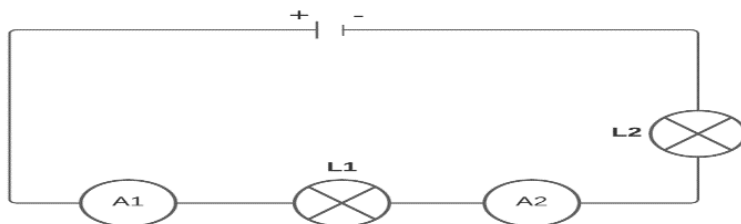


Figure 1 : Circuit électrique simple en série objet de la 2^{ème} question

Tableau 4 : Le pourcentage des réponses de l'échantillon d'élèves de la 2^{ème} question du test.

Réponses	Taux
L1	65%
L2	3%
Les deux à la fois	32%

On remarque que 65% des questionnés ont répondu par L1 car l'ampoule L1 est plus proche au pôle positif de la pile, et cela veut dire que les élèves pensent que le courant sort de ce pôle et passe par L1, d'abord et après par L2 [14]. Les élèves raisonnent par analogie que le courant d'eau (hydraulique).

Dans la 3^{ème} question on cherche à savoir le nom de la grandeur physique qui s'affiche par l'ampèremètre : courant électrique ou l'intensité du courant électrique.

Les résultats montrent que 76% des questionnés ont répondu par intensité du courant électrique alors que 24% ont répondu par le courant électrique, c'est-à-dire que presque un quart de l'échantillon confond entre le courant électrique et l'intensité du courant électrique.

Dans le même circuit électrique présenté auparavant (figure 1), et Parmi les deux ampèremètres (A1 et A2), on veut savoir l'ampèremètre qui affiche la plus grande valeur d'intensité du courant électrique, c'était l'objet de la 4^{ème} question. Les réponses sont regroupées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Le pourcentage des réponses de l'échantillon d'élèves à la 4^{ème} question du test.

Réponses	Taux
A1	42%
A2	17%
Égaux	41%

On remarque que presque la moitié des répondants ont donnés des réponses fausses, peut-être à cause de la même représentation précédente c'est-à-dire que le courant passe par A1 et après A2, et son intensité diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du pôle positif, à cause de la consommation de l'intensité du courant par les ampoules [6, 14, 15].

Dans la question 5, on présente un circuit électrique simple où il y a deux ampoules électriques montées en parallèles (L1 et L2), on cherche l'ampoule qui s'allume la première. Les réponses sont regroupées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Le pourcentage des réponses de l'échantillon d'élèves de la 5^{ème} question du test.

Réponses	Taux
L1	57%
L2	6%
Les deux à la fois	37%

On constate que 57% des élèves objet de notre échantillon ont répondu par L1. Cette explication est justifiée peut-être par la même conception précédente. [14]

Le 6^{ème} item est une question fermée avec deux choix de réponses oui ou non, qui a pour objectif de savoir que la tension électrique est créée par le courant électrique.

Presque la moitié des questionnées ont répondu par oui (29 élèves) et le reste (32 élèves) par non, cela montre qu'au moins la moitié des questionnés ont cette représentation erronée de la tension électrique.

D'après ce premier test assigné aux élèves de la première année du collège, on remarque que la plupart des questionnés ont répondu correctement à la première question concernant le sens du courant électrique continu, mais ils ont des représentations erronées qui persistent et pouvant influencer leurs futurs apprentissages, entre autre la nuance entre le courant électrique et l'intensité du courant électrique, et surtout celle du courant électrique qui sort du pôle positif d'un générateur et passe par les composants électriques les plus proches vers les plus loin tous en diminuant d'intensité.

Le deuxième test est assigné aux élèves de la 2^{ème} année collège objet de notre échantillon et s'intéresse surtout aux objectifs de la leçon du courant électrique alternatif sinusoïdal.

Concernant la 1^{ère} question fermée avec deux choix de réponses oui ou non, on cherche savoir si le courant électrique produit par la pile est continu.

La plupart des répondants (69%) ont répondu par oui ce qui veut dire que 31% des élèves ont une nuance entre le courant électrique continu et alternative.

De même, la question 2 qui est fermée avec deux choix de réponses oui ou non, dans laquelle on veut savoir la nature du courant électrique domestique.

Les trois quart (75%) des questionnés ont répondu par oui, donc beaucoup d'élèves ne savent pas encore que le courant domestique est alternatif.

Cependant dans la 3^{ème} question, on demande savoir l'utilité d'un oscilloscope.

42% des questionnés pensent que l'oscilloscope sert à mesurer l'intensité du courant électrique, alors que les autres applications et utilisations de l'oscilloscope n'ont pas été évoquées.

Dans la dernière question, on a deux questions, la première concerne le nombre de valeurs affichées par un ampèremètre dans un circuit électrique où circule un courant alternatif

sinusoïdal. La deuxième est adressée aux élèves qui ont répondu par une seule valeur et concerne le nom de cette valeur.

75% des apprenants de l'échantillon ont répondu par une seule valeur, mais 25% ont répondu par plusieurs valeurs, de plus même ceux qui ont répondu par plusieurs valeurs ont répondu à la deuxième partie de la question, où 29% ont répondu par : valeur efficace, 39% ont répondu par : valeur moyenne et 32% ont répondu par : valeur maximale. On remarque que les taux sont presque égaux ce qui veut dire que les réponses sont données probablement au hasard, et par conséquent ils ne différencient pas entre les trois valeurs.

D'après les résultats relevés du test adressé aux élèves de la 2^{ème} année du collège, on constate que ces derniers n'ont pas une bonne perception du concept du courant électrique alternatif. En effet, une partie importante parmi eux ont des représentations qui peuvent handicaper leurs futurs apprentissages, notamment celle de l'ampèremètre dans un circuit à courant alternatif sinusoïdal qui mesure plusieurs valeurs. Donc, Il est primordial que les enseignants prennent ces représentations et même « fautes » en considération à fin d'aider les élèves à les surmonter.

5.3 Résultats du questionnaire assigné aux enseignants

Dans cette partie, on exposera les principaux résultats du questionnaire adressé aux enseignants.

La 1^{ère} question concerne l'existence des difficultés de l'enseignement de l'électricité par rapport aux autres thèmes des sciences physiques.

La réponse était affirmative, c'est-à-dire que les questionnés prouvent que l'enseignement de l'électricité est plus difficile.

Pour les documents utilisés lors de la préparation des leçons relatives aux concepts (I) et (U), c'était l'objet de la 2^{ème} question. Les réponses des enseignants sont regroupées dans le tableau 7.

Tableau7 : L'effectif des réponses de l'échantillon d'enseignants du 2^{ème} item du questionnaire.

Documents	Effectif des réponses
Sites internet	15
Livres spécialisés	4
Manuel scolaire officiel	15
Programme officiel	15

Tous les questionnés utilisent le manuel scolaire, le programme officiel et les sites internet comme documents supports et de références pour préparer les leçons en question, cela peut être montre les nouveaux enseignants ont recours au chemin le plus facile et rapide (copier-coller).

Comme les concepts en question sont particulièrement difficile, dans la 3^{ème} question nous cherchons à connaître les démarches et outils adoptés dans la construction des apprentissages en question. Les réponses sont regroupées dans le tableau 8.

Tableau 8 : L'effectif des réponses de l'échantillon d'enseignants du 3^{ème} item du questionnaire.

Outils (démarche)	Effectif des réponses
Expérimentation	7
Analogie	15
Ressources numériques	11

On remarque que tous les enseignants objet de notre échantillon font appel à l'analogie pour construire les apprentissages des concepts en question, cela illustre les difficultés de ces concepts, de plus, onze parmi eux utilisent des ressources numériques et seulement sept utilisent l'expérimentation. Ainsi, dans l'ère numérique, les professeurs dématérialisent l'enseignement-apprentissage, ce qui peut influencer le rôle primordial de l'expérimentation et de la manipulation (approche psychomotrice).

A la fin du questionnaire, on demande aux enseignants d'identifier quelques difficultés affrontées lors de l'enseignement des concepts (I) et (U), c'était l'objet de la 4^{ème} question. Les réponses sont regroupées dans le tableau 9 :

Tableau9 : L'effectif des réponses de l'échantillon d'enseignants du 4^{ème} item du questionnaire.

Difficultés	Effectif des réponses
De communication	13
Epistémologique	10
Manque des matériels didactiques	5
Didactique	1

On remarque que dix enseignants affirment avoir des difficultés d'origine épistémologique c'est-à-dire qui revient aux difficultés du concept lui-même. En effet, ces résultats sont en accord avec la complexité des concepts en question, et par conséquent l'utilisation de l'analogie et les ressources numériques par les enseignants questionnés (tableau 8).

Presque tous les questionnés (13) affirment qu'ils ont des difficultés au niveau de la communication avec les élèves. Cela est dû aux faites qu'on recommence à enseigner les disciplines scientifiques au collège en langue étrangère (français) qui peut mettre en question la politique d'enseignement de la langue française au primaire et au collège. De plus cinq enseignants évoquent que le manque du matériels didactiques (appareils de mesures, piles, fils....) ne permet pas aux élèves de manipuler les appareils de travaux pratiques TP, combien utiles pour la bonne compréhension des concepts en questions. En effet, les activités expérimentales jouent un rôle primordial au niveau d'acquisition des concepts de sciences physiques. [16]

6 Conclusion et perspectives

Une lecture du document des instructions officielles des sciences physiques du collège, et l'exploitation des résultats des tests adressés aux élèves de la première et deuxième année

du cycle collégial, en plus des résultats d'un questionnaire assigné aux enseignants des sciences physiques du même cycle nous a permis de mettre le doigt sur quelques difficultés d'enseignement des concepts du courant et tension électrique. Cette étude dévoile les résultats suivants :

– Les élèves enquêtés ne maîtrisent pas ces concepts. En effet, plus de la moitié de ces élèves ne distinguent pas entre le courant électrique et l'intensité du courant électrique et un bon nombre d'entre eux ne distingue pas encore entre le courant électrique continu et le courant alternatif, alors que d'autres apprenants considèrent que dans un circuit simple le courant sort du pôle positif du générateur et passe d'abord par les composants électriques les plus proches avant d'arriver aux composants les plus lointains et que la valeur de l'intensité du courant diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne du pôle positif, ce qui constitue des représentations erronées qui peuvent influencer leurs futurs apprentissages.

– Quant aux enseignants enquêtés, ils déclarent avoir rencontré des difficultés relatives à la communication avec les élèves, aux difficultés épistémologiques et à l'absence des séances de travaux pratiques (TP).

Pour remédier à ces problèmes, on suggère ce qui suit :

– Prendre en considération les représentations des élèves cités auparavant, lors de l'élaboration des leçons traitant ces concepts.

– Généraliser les séances de TP dans tous les collèges.

– Doter les laboratoires des TP de collèges par les préparateurs et le matériel didactique nécessaire.

– Mener des études de recherche approfondies sur l'intégration des TICE dans l'enseignement des concepts I, et U.

– Revoir la politique d'enseignement de la langue française au primaire et au collège.

Références

1. J. Taussaint, *Didactique Appliquée de la Physique–Chimie*, Paris : Nathan (2006)
2. A. Benseghir, J.L. Closset, *Prégnance de l'explication électrostatique dans la construction du concept de circuit électrique : points de vue historique et didactique*, Didaskalia , **12**, pp. 31–47 (1993)
3. J.L. Closset, *Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique*, Bulletin de l'Union des Physiciens, **1716**, pp. 931–950 (1989)
4. A. Ouasri, K. Ravanis, *Analyse des compétences des élèves de tronc commun marocain en résolution de problèmes d'électricité (dipôles actif et passif)*, European Journal of Education Studies, **3(111)**, pp. 1–28 (2017)
5. P. Mulhall, B. McKittrick, R. Gunstone, *A Perspective on the Resolution of Confusions in the Teaching of Electricity*, Research in Science Education, **31**, p. 575–587 (2001)
6. N. Korganci, C. Miron, A. Dafinei, S. Antohe, *The Importance of Inquiry-Based Learning on Electric Circuit Models for Conceptual Understanding*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, **191**, pp. 2463–2468 (2015)
7. C. Dequidt, *Étude des conditions d'efficacité d'une analogie mécanique instrumentée pour l'enseignement de l'électrocinétique en terminale scientifique*, These de Doctorat. Université Blaise Pascal–Clermont–Ferrand II, Aubière, France (2015)
8. G. Bachelard, *“La formation de l'esprit scientifique”*, introduction, 1 ère édition éd.,

Paris : Librairie Vrin (1938)

9. Commission Spéciale Education Formation, *Charte nationale D'éducation et de formation*, Royaume du Maroc (1999)
10. T. Neffati, *Electricité générale – Analyse et synthèse des circuits*, Paris : Dunod (2008)
11. J.M. Brébec, T. Desmarias, M. Ménétrier, B. Noel, R. Noel, C. Orsini, *H-Prépa électronique-électrocinétique 1ère année des classes préparatoires*, Paris : Hachette (2003)
12. M. Ménétrier, P. Girin, H. Idda, M. Fangeut, *H-Prépa édition spécial Physique*, Paris : Hachette (2003)
13. Ministère de l'éducation national et de la formation professionnelle, *Les programmes et les instructions officielles concernant l'enseignement des sciences physiques au cycle collégial*, Maroc : Direction des curricula (2015)
14. M.F. Rouffiac-Missonier, *Mise en évidence de chemins d'apprentissage des élèves lors d'une ingénierie didactique d'électrocinétique*, These de Doctorat, Université Denis Diderot Paris 7, Paris (2002)
15. S. Michelet, J.M. Adam, V. Luengo, *Adaptive learning scenarios for detection of misconceptions about electricity and remediation*, International Journal of Emerging Technologies in Learning, **2(112)**, p. 1–5 (2007)
16. M. Taoufik, A. Abouzaid, A. Moufti, *Les Activités Expérimentales Dans L'enseignement Des Sciences Physiques : Cas Des Collèges Marocains*, European Scientific Journal, **12(122)**, pp. 190–212 (2016).