

Impact de la simulation sur l'acquisition des concepts en électricité : cas des lycéens marocains

CHEKOUR Mohammed, LAAFOU Mohamed et JANATI-IDRISSI Rachid
Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Ingénierie Pédagogique
École Normale Supérieure, Tétouan, Maroc
med.chekour@gmail.com, medlaafou@gmail.com, rachjanati@yahoo.fr

RESUME -La simulation présente un intérêt remarquable en électricité, car elle permet de simplifier les systèmes réels étudiés afin de faciliter la tâche cognitive des apprenants. Dans cet article, nous avons simulé le montage pont de Graëtz via le simulateur PSPICE. Cet assemblage est constitué de deux parties : un redresseur à diodes qui permet d'avoir un courant pulsé et un dispositif de lissage qui permet d'avoir un courant continu. La simulation proposée permet aux étudiants de modifier les paramètres de l'expérience et d'explorer le phénomène étudié afin de déterminer l'impact de simulations informatiques dans l'apprentissage des phénomènes électriques. Pour mesurer le degré de satisfaction des utilisateurs de la simulation du pont de Graëtz, on a administré un questionnaire à soixante-dix élèves de deux lycées marocains. Les résultats obtenus montrent que la simulation peut être utilisée comme un outil pédagogique alternatif, afin d'aider les élèves à assimiler les concepts en électricité.

MOTS CLES: Simulation numérique, électricité, pont de Graëtz, simulateur PSPICE

Impact of Graetz bridge simulation on the acquisition of electricity concepts: case of Moroccan students

SUMMARY -Simulation is of considerable interest in electricity, because it simplifies the study of real systems, which makes learning an easy task. In this article, we discuss how to simulate the diode bridge using the PSPICE simulator. The mounting consists of two parts: a diode rectifier which allows having a pulsating current and a smoothing device which allows a direct current. The proposed simulation allows students to change the parameters of the experiment and explore the understudy phenomenon to determine the role of computer simulations in learning the electric phenomena. To measure the degree of satisfaction of users of the simulation of the Graëtzbridge, we have programmed a questionnaire to seventy students from two Moroccan high schools. The obtained results affirm that computer simulations might be used as an alternative educational tool to help students understand the electricity concepts.

KEYWORDS: simulation, electricity, Graëtzbridge, simulator PSPICE

1. Introduction et problématique

La culture scientifique implique la maîtrise des compétences liées à la démarche scientifique telles que l'observation et l'expérimentation ainsi que la possibilité de combiner ces compétences avec le raisonnement scientifique et la pensée critique[1]. Depuis le début des années 1970, les chercheurs ont comparé les méthodes d'enseignement traditionnelles avec celles utilisant des simulations informatiques dans l'acquisition des concepts scientifiques. La majorité de ces études montrent que ces simulations sont plus efficaces que les méthodes traditionnelles d'enseignement [1]. D'autres études indiquent que la combinaison de la simulation informatique et l'enseignement traditionnel peuvent être l'approche pédagogique la plus efficace pour l'enseignement des disciplines scientifiques[2], [3]. Ces études

soulignent l'importance de cette approche qui donne l'occasion à l'apprenant de se familiariser avec la technologie et l'accès aux matériels du laboratoire [4].

Dans cet article, nous avons simulé le montage pont de Graëtz via le simulateur PSPICE. Ce pont est un assemblage de quatre diodes montées en pont qui, en régime monophasé, redresse le courant alternatif en courant continu (ne circulant que dans un seul sens). C'est un montage très utilisé dans l'enseignement et il représente un intérêt considérable dans les circuits électronique car il permet de faire fonctionner un Moteur à Courant Continu (MCC) en courant alternatif. Aussi, le choix du pont de Graëtz est basé sur le fait que ce pont est un assemblage assez complexe et difficile à assimiler par les apprenants [5]. La simulation proposée permet aux étudiants de modifier les paramètres de l'expérience et d'explorer le phénomène étudié afin de mettre en évidence la qualité pédagogique du simulateur PSPICE dans l'acquisition des concepts en électricité. Pour mesurer le degré de satisfaction des utilisateurs de la simulation du pont de Graëtz, on a administré un questionnaire à soixante-dix élèves de deux lycées marocains. La question principale de cette recherche est : « Quel impact aurait l'utilisation de la simulation sur l'acquisition des concepts en électricité ? »

Le reste de ce papier est organisé comme suit : la section suivante présente le cadre théorique dans lequel s'inscrit ce travail. La section 3 est dédiée à la méthodologie de notre recherche. Dans la section 4, nous présentons les résultats de la simulation du pont de Graëtz. Les résultats du questionnaire qui vise la mesure du degré de satisfaction de l'utilisation de la simulation du pont de Graëtz sont présentés dans la section 5. La dernière section conclut le papier.

2. Cadre théorique

2.1. Définition de la simulation informatique

Dans la littérature, on trouve plusieurs définitions de la simulation informatique. Ces définitions montrent des visions parfois complémentaires, mais assez différentes [6]. Selon Law et Kelton, la simulation peut être définie de diverses manières: la simulation est un moyen explicatif pour définir un système, un vecteur d'analyse pour déterminer des résultats critiques, un évaluateur de conception pour analyser et évaluer des solutions proposées[7].

2.2. Objectifs de la simulation

Dans les disciplines scientifiques, l'ordinateur a été utilisé très tôt en raison des capacités de calcul qu'il offrait. Cette rapidité offre un nouvel outil pour vérifier des hypothèses du travail. En simulant les résultats d'une théorie, on peut rapidement évaluer sa validité et progresser beaucoup plus vite dans le processus de mise au point de cette théorie[8]. Cette démarche consiste à progresser dans la compréhension d'un phénomène réel en proposant un modèle numérique, et en comparant d'une part, les résultats produits par une simulation de ce modèle et d'autre part, les phénomènes constatés dans le monde réel [9].

2.3. Avantages de la simulation

La simulation permet de simplifier les systèmes réels étudiés[10]. Dans une autre perspective, la simulation se présente comme un outil didactique « unique » pour franchir les problèmes engendré par les expériences qui demandent des manipulations longues, dangereuses ou qui coutent cher [11]. Aussi, la simulation permet d'effectuer des expériences virtuelles en donnant aux élèves l'opportunité d'interagir avec le logiciel de simulation[10]. Également, les simulations peuvent aussi être utilisées comme un outil complémentaire au laboratoire. En effet, la combinaison des simulations et de l'expérimentation au laboratoire permet de gagner le temps en réduisant la durée de la séance en laboratoire [12].

2.4.Exemples de conceptions erronées

Des études montrent que les circuits électriques sont rarement maîtrisés par les lycéens [13] et ils rencontrent de multiples difficultés concernant l'acquisition des concepts d'intensité et de tension électriques. L'analyse de leurs raisonnements montre qu'ils ont conservé des représentations naïves des notions d'intensité et de tension malgré un enseignement formel [14]. L'existence de plusieurs courants dans un circuit[15], la dégradation du courant dans un circuit[14] et l'analyse de chaque élément de circuit électrique en termes d'avant et après (raisonnement séquentiel) [16] ne sont que des exemples de ces conceptions erronées.

Notre recherche vise l'étude de l'impact de l'utilisation du simulateur PSPICE dans l'acquisition de concepts en électricité. Pour atteindre cet objectif, on a choisi le pont de Graëtz. Ce choix est basé sur le fait que ce pont est un assemblage assez complexe et difficile à assimiler par les apprenants [5]. Selon le même auteur, les représentations erronées sur le courant alternatif entravent la compréhension de la circulation du courant dans le pont de Graëtz. Nous nous proposons par la suite de vérifier l'hypothèse suivante : « La simulation réduit les difficultés dans l'acquisition de concepts électriques liés au pont de Graëtz chez les lycéens marocains. »

3. Méthodologie

3.1.Sujets

Notre recherche visait les lycéens marocains en terminal section scientifique. Pour atteindre les objectifs de cette recherche, on a administré un questionnaire à soixante-dix élèves de deux lycées publics (Abi Rabie Sabtiet Abou Bakr) qui ont utilisé le logiciel de simulation PSPICE dans le processus enseignement/ apprentissage des concepts en électricité.

3.2. Instrumentation

Le questionnaire vise la mesure du degré de satisfaction des utilisateurs de la simulation du pont de Graëtz via le logiciel de simulation PSPICE. Il est organisé autour de quatre questions fermées qui permettent aux lycéens de donner leurs avis concernant l'intégration de la simulation dans le processus enseignement –apprentissage de concepts électriques. La raison principale pour le choix du simulateur PSPICE est le fait qu'il est facile à installer, à manipuler et permet de simuler la majorité des expériences de l'électricité qui sont programmés dans le manuel du cycle secondaire qualifiant marocain [17].

3.3.Déroulement

Le questionnaire est individuel. Il se déroule dans deux lycées qualifiants, après la séance de réalisation de l'expérience virtuelle du pont de Graëtz. Les deux établissements publics ont été choisis d'une manière aléatoire.

3.4.Méthode d'analyse des données

Les données de notre recherche ont été constituées à partir d'un questionnaire individuel permettant aux lycéens marocains d'exprimer leurs opinions concernant l'effet de l'intégration de la simulation sur l'acquisition des concepts électriques. Le questionnaire aborde quatre questions :

- Le simulateur PSPICE est facile à exploiter
- Le simulateur PSPICE favorise l'autonomie
- La simulation a réduit certaines difficultés de l'acquisition des concepts du pont de Graëtz
- Le simulateur PSPICE rend plus facile l'apprentissage des phénomènes électriques

Ces questions ont été élaborées en se basant sur la revue de la littérature [2, 3, 5, 10, 13, 15] et sur des entretiens ouverts avec les enseignants de sciences physiques à propos de la relation entre les simulations et le rendement scolaire des lycéens marocains.

Les réponses aux quatre questions de notre questionnaire sont de type échelle de Lickert en 4 points (« fortement en accord », « légèrement en accord », « légèrement en désaccord » et « fortement en désaccord »). Exemple d'énoncé : « La simulation a réduit certaines difficultés de l'acquisition des concepts du pont de Graëtz ». Après la collecte des questionnaires remplis, les données ont été codées et regroupées dans une base de données sous Excel. Ce qui a permis de procéder à une présentation des statistiques descriptives usuelles pour chaque variable.

3.5. Considérations éthiques

La collecte de données ont nécessité l'obtention de l'autorisation des directeurs des deux établissements scolaires. Du côté des enseignants et les lycéens interrogés, ils ont été informés des objectifs et le déroulement de la présente recherche.

4. La simulation de pont de Graëtz via PSPICE

Le pont de Graëtz est un assemblage de quatre diodes montées en pont qui, en régime monophasé, redresse le courant alternatif en courant continu, c'est-à-dire ne circulant que dans un seul sens. La structure de ce montage peut être comparée à celle d'une pompe à double effet dont les quatre clapets seraient remplacés par quatre diodes.

4.1. Intérêt de dispositif de redressement et de lissage

Pour faire fonctionner un Moteur à Courant Continu (MCC) en alternatif, il ne tourne pas mais il vibre, car le courant alternatif change de sens régulièrement et rapidement. Le MCC va tourner en changeant de sens de rotation, c'est la raison pour laquelle le MCC va vibrer au lieu de tourner. Toutefois, la diode ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Le moteur, recevant un courant pulsé toujours dans le même sens recevra des impulsions qui le feront tourner toujours dans le même sens et comme ces impulsions sont très rapides, il n'aura pas le temps de ralentir et tournera régulièrement de façon normale. Un dispositif redresseur à diodes, permettant d'avoir un courant pulsé mais circulant toujours dans le même sens et un dispositif de lissage qui permet d'avoir une tension ou un courant constant, appelé courant continu.

4.2. Saisie du schéma électrique

Le montage est composé de Quatre diodes (1N4002), une résistance ($R = 47\Omega$), Un condensateur ($C=3300 \mu F$) et une source de tension sinusoïdale (amplitude crête de 10 V, fréquence de 50 hertz).

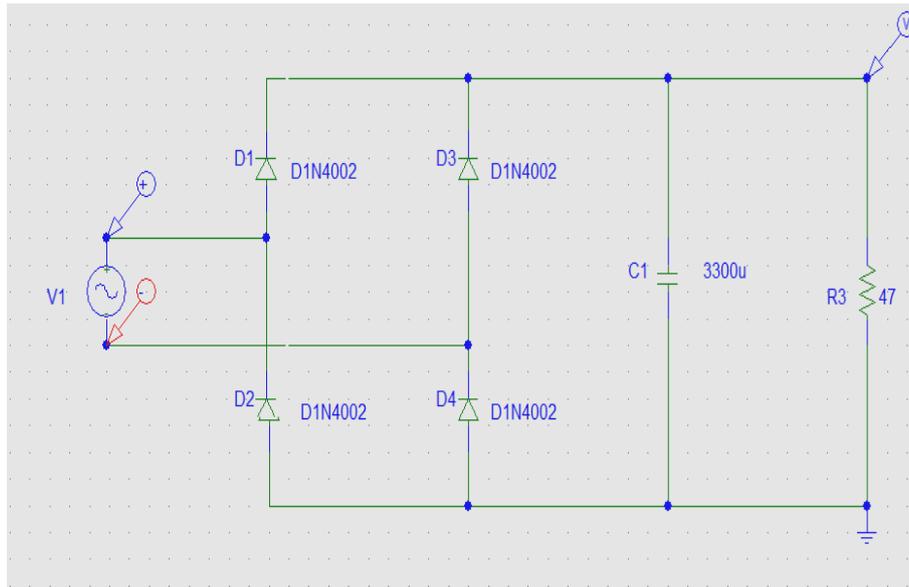


Figure 1. Schéma du redresseur pont de Graëtz

4.3.Simulation avec PSPICE

Nous allons faire une analyse temporelle du circuit dans l'intervalle 0 à 100 ms (soit 5 périodes de la source de fréquence 50 Hz). On obtient le résultat suivant :

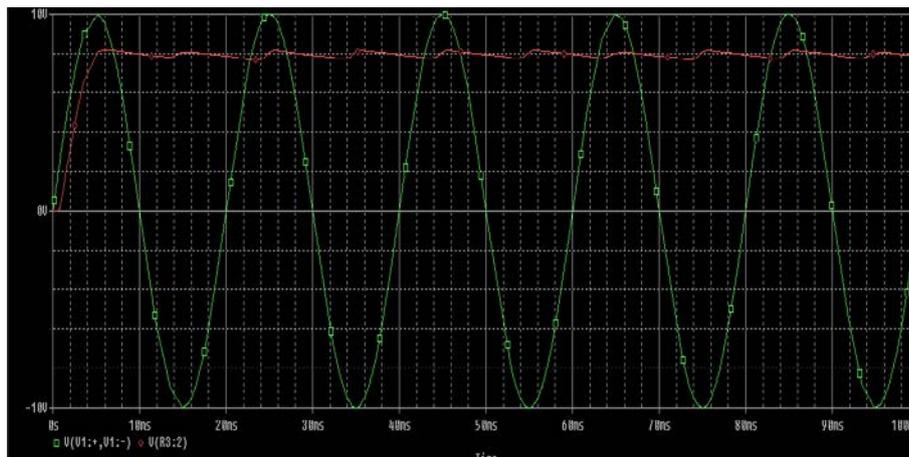


Figure 2. Résultat de la simulation ($C=3300 \mu\text{F}$ et $R=47\Omega$)

La courbe verte correspond à la tension aux bornes de la source de tension sinusoïdale est la rouge correspond à la tension aux bornes de la résistance. En augmentant la valeur de la résistance ($R=100 \Omega$), le lissage devient meilleur (voir la figure 3).

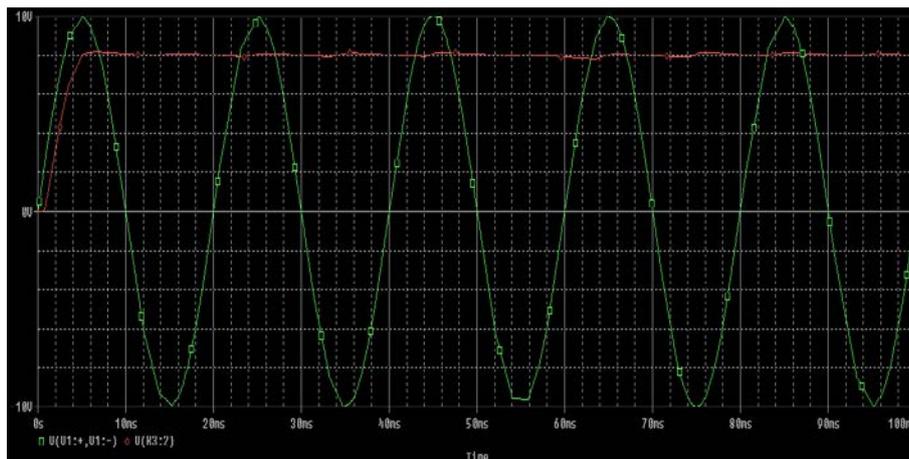


Figure 3. Résultat de la simulation ($C=3300 \mu\text{F}$ et $R=100 \Omega$)

4.4. Analyse des résultats

Les résultats montrent que les alternances négatives sont transformées en alternances positives par le pont de diodes. Quel que soit le sens du courant dans la branche avant le pont de diodes, le courant a toujours le même sens après le pont de diodes. Avec un condensateur de 3300 micro-farad, on a une tension presque continue et dont la valeur se rapproche de la tension efficace du générateur. Lorsque les élèves augmentent la capacité de la résistance, le lissage devient meilleur.

5. Résultats du questionnaire: La satisfaction des élèves en regard de la simulation

L'objectif de la simulation du pont de Graëtz est de faciliter la tâche cognitive des lycéens marocains dans le processus d'acquisition des concepts en électricité. Pour mesurer le degré de satisfaction des utilisateurs de la simulation du pont de Graëtz, on a proposé un questionnaire aux soixante-dix élèves de deux lycées, qui ont utilisé cette simulation. Le questionnaire traite les points suivants :

- Le simulateur PSPICE est facile à exploiter
- Le simulateur PSPICE favorise l'autonomie
- La simulation a réduit certaines difficultés de l'acquisition des concepts du pont de Graëtz
- Le simulateur PSPICE rend plus facile l'apprentissage des phénomènes électriques

Les résultats de ce questionnaire sont présentés dans la figure 3.

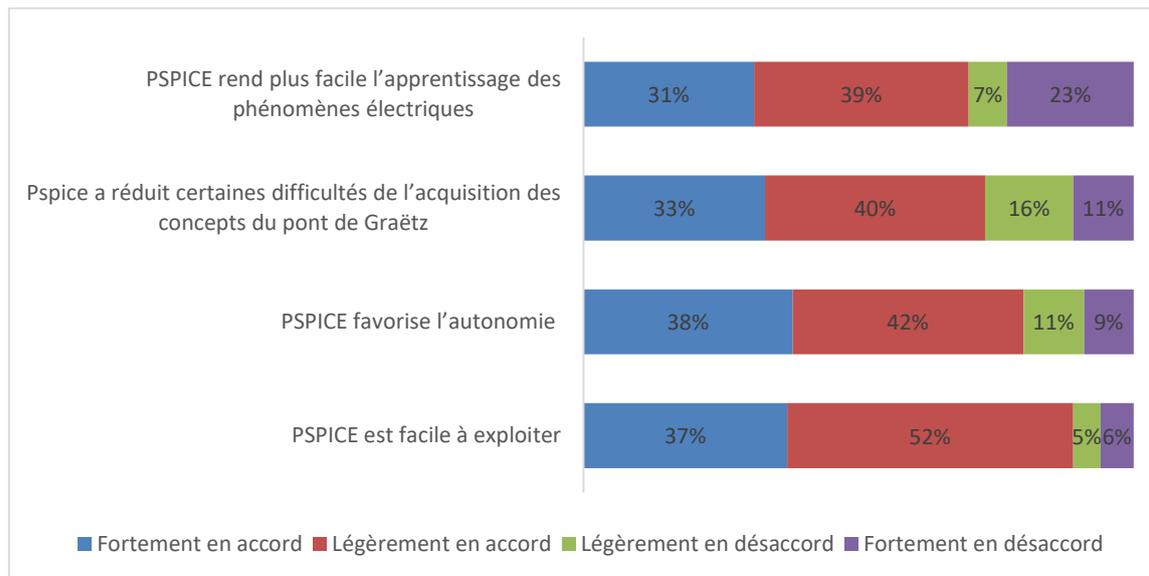


Figure 4. Le degré de satisfaction des élèves utilisant le simulateur PSPICE

Les résultats du questionnaire montrent que le simulateur PSPICE est facile à exploiter pour la majorité (89%) des élèves interrogés et la plupart (80%) de ces élèves pensent que PSPICE favorise l'autonomie chez eux. Aussi, trois quarts (73%) des lycéens interrogés jugent que la simulation a pu réduire certaines difficultés liées à l'acquisition des concepts du pont de Graëtz. De plus, les lycéens interrogés ont exprimé implicitement leurs engagements pour utiliser ce nouvel outil techno pédagogique dans le processus d'apprentissage d'autres phénomènes électriques.

Du côté des deux enseignants qui ont encadré leurs élèves durant la simulation du pont de Graëtz, ils jugent que l'intégration de logiciel de PSPICE a motivé d'une manière remarquable leurs élèves et a permis à ces élèves de construire leurs propres savoirs en modifiant les paramètres du logiciel de simulation et en visualisant immédiatement les résultats de leurs modifications.

Toutefois, les résultats obtenus dans cette recherche sont basés sur des données de nature déclarative. Les lycéens interrogés expriment leurs opinions concernant l'effet de l'intégration de la simulation sur l'acquisition des concepts électriques. Ces opinions peuvent ne pas refléter la réalité. Dans cette situation, il sera important de consolider les résultats obtenus par des recherches qui visent l'étude du comportement des lycéens marocains, d'une manière plus profonde, lors de l'utilisation de la simulation.

6. Conclusion et perspectives

Les expériences de laboratoires et les simulations informatiques peuvent atteindre des objectifs similaires, tels l'augmentation de l'intérêt des élèves pour les sciences et l'élévation de la compréhension des concepts électriques. Le manque d'activités expérimentales est la principale cause de l'introduction de représentations erronées chez les apprenants [18]. Ce dernier est dû à l'insuffisance des équipements matériels au sein des établissements [19], [20]. Dans cette situation, les simulations seront une alternative pour faire virtuellement les expériences inaccessibles. Aussi, les résultats obtenus, dans cette étude, montrent que les lycéens sont très motivés pour intégrer la simulation dans le processus d'enseignement/apprentissage des concepts de l'électricité et ils jugent que la simulation a pu

réduire certaines difficultés de l'acquisition des concepts du pont de Graëtz. Malgré les différents avantages de la simulation, elle ne peut pas remplacer les expériences. De plus, elle peut conduire à des comportements erronés associés au modèle physique utilisé qui vise à simplifier le phénomène étudié. Pour éviter de dérouter l'apprenant, le modèle ne doit être ni trop réduit ni trop complexe [21]. Les simulations doivent être introduites au bon moment dans le déroulement du cours, en utilisant la bonne stratégie pédagogique et avec des objectifs pédagogiques très précis[22]. Toutefois, les utilisateurs des simulateurs risquent de confondre un phénomène réel et sa représentation en simulation. Pour éviter ce type de risque, certains chercheurs insistent sur le fait qu'il est nécessaire de séparer clairement la réalité, la simulation et la théorie [21]. Dans une perspective à moyen terme, nous envisageons mettre en ligne la simulation des principales expériences de l'électricité pour les lycéens de l'Académie Régionale d'Éducation et de Formation de TETOUAN-TANGER.

Références

- [1] L. K. Smetana et R. L. Bell, « Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature », *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 34, n° 9, p. 1337–1370, 2012.
- [2] Z. Zacharia, « Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics », *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 40, n° 8, p. 792–823, 2003.
- [3] Z. C. Zacharia, « The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics », *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 27, n° 14, p. 1741–1767, 2005.
- [4] Z. C. Zacharia, G. Olympiou, et M. Papaevripidou, « Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature », *J. Res. Sci. Teach.*, vol. 45, n° 9, p. 1021–1035, 2008.
- [5] L. Morge, « Former sur les aspects pratiques et théoriques des interactions enseignant-élèves en classe de sciences », *Aster 2001 32 Didact. Form. Enseign. Rech. En Didact. Sci. À Form. Enseign. Quels Liens Quelles Interact.*, 2001.
- [6] B. Lehaney, H. Kogetsidis, A. Platt, et S. Clarke, « Windows-based simulation software as an aid to learning », *J. Eur. Ind. Train.*, vol. 22, n° 1, p. 12–17, 1998.
- [7] A. M. Law et W. D. Kelton, « Simulation modeling and analysis, McGraw-Hill », *N. Y.*, 1991.
- [8] M. Chekour, M. Laafou, et R. Janati-Idrissi, « Vers l'introduction du simulateur Pspice dans l'enseignement de l'électricité: Cas du Tronc commun Sciences », *EpiNet*, vol. 175, 2015.
- [9] H. Doufar, *Expression de scénarios pédagogiques basée sur la transposition de diagnostic de systèmes physiques*. Université J. Fourier, UFR Informatique et Mathématiques Appliquées, 2002.
- [10] S. M. Alessi et S. R. Trollip, *Computer-based instruction: Methods and development*. USA: Prentice Hall Professional Technical Reference, 1991.

- [11] R. T. Strauss et M. B. Kinzie, « Student achievement & attitudes in a pilot study comparing an interactive videodisc simulation to conventional dissection », *Am. Biol. Teach.*, vol. 56, n° 7, p. 398–402, 1994.
- [12] D. Kennepohl, « Using computer simulations to supplement teaching laboratories in chemistry for distance delivery », *Int. J. E-Learn. Distance Educ.*, vol. 16, n° 2, p. 58–65, 2007.
- [13] D. Psillos, « Enseigner l'électricité élémentaire », *Résultats Rech. En Didact. Phys. Au Serv. Form. Maîtres Ouvrage Coordonné Par Tiberghien Leonard Jossem Barojas-Weber Publ. Par Comm. Int. Sur L'enseignement Phys.*, 1998.
- [14] A. Benseghir et J. L. Closset, « De l'électrostatique à l'électrocinétique, des difficultés historiques et actuelles », *Raison. En Phys. Part Sens Commun*, p. 191–208, 1993.
- [15] A. Tiberghien et G. Delacôte, « MANIPULATIONS ET REPRESENTATIONS DE CIRCUITS ELECTRIQUES SIMPLES: par des enfants de 7 à 12 ans », *Rev. Fr. Pédagogie*, p. 32–44, 1976.
- [16] C. Szczygielski, « Lecture et compréhension dans différents systèmes sémiotiques en électricité: Raisonner sur des schémas électrocinétiques ou électrotechniques et des montages électriques », 2009.
- [17] M. Chekour, M. Laafou, et R. Janati-Idrissi, « Distance Training for Physics Teachers in Pspice Simulator », *Mediterr. J. Soc. Sci.*, vol. 6, n° 3 S1, p. 232, 2015.
- [18] G. Noupét Tatchou, « Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences-physiques: cas de quelques expériences de cours en électrocinétique », ENS, Dakar, Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences de l'Éducation, 2004.
- [19] O. Alj et N. Benjelloun, « Intégration des TIC dans l'enseignement des sciences physiques au Maroc dans le cadre du programme GENIE : difficultés et obstacles », *Rev. Int. Technol. En Pédagogie Univ. RITPU*, vol. 10, n° 2, p. 38-48, 2013.
- [20] M. Chekour, M. Laafou, et R. Janati-Idrissi, « Les facteurs influençant l'acquisition des concepts en électricité. Cas des lycéens marocains », *Adjectif En Ligne*, 2015.
- [21] B. Richoux, C. Salvétat, et D. Beaufils, « Simulation numérique dans l'enseignement de la physique: enjeux, conditions », *Bull. Union Phys.*, n° 842, p. 497–521, 2002.
- [22] M. Droui et A. El Hajjami, « Simulations informatiques en enseignement des sciences: apports et limites », *EpiNet*, n° 164, 2014.