

Vers l'usage des simulateurs informatiques comme solution palliative aux problèmes de manque de travaux pratiques des sciences physiques à l'ISTA/Kinshasa

JACQUES N'DJOLI, FARID BENABDELOUAHAB, RAJAE ZERHANE,
RACHID JANATI-IDRISSI

*Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche
en Ingénierie Pédagogique (LIRIP)
École Normale Supérieure de Tétouan
Département de Physique, Faculté des Sciences de Tétouan
Université Abdelmalek Essaâdi
Tunisie
Jacques.ndjoli@yahoo.fr
Renabelouahab@hotmail.com
Rachjanati@yahoo.fr*

ABSTRACT

A country like the DRC (Democratic Republic of the Congo) considers scientific and technological training as a sure means for professional insertion and for its economic development. Science education remains a fundamental issue for its citizens. This article attempts to identify, through the analysis of data collected from all teachers of physical sciences at ISTA/Kinshasa, the merits of using computer simulators in the teaching-learning of sciences. This type of teaching will greatly promote the professional development of future engineers of this school. Indeed, considered at the present time, as pedagogical tools, computer simulators do not yet occupy an important place in teaching learning of this academic subject in DRC. Hence, the question of the necessity of an adequate technological equipment in this institution and of a techno-pedagogical training of the teachers. This is the major concern of the Congolese state authorities.

KEY WORDS

ICT, technological innovation, computer simulators, ISTA/Kinshasa

RÉSUMÉ

Un pays comme la RDC (République démocratique du Congo) considère la formation scientifique et technologique comme un moyen sûr pour l'insertion professionnelle et pour son développement économique. L'éducation aux sciences demeure une question fondamentale pour ses citoyens. Cet article tente de cerner, à travers l'analyse des données recueillies auprès de tous les enseignants des sciences physiques de l'ISTA /Kinshasa, le bien-fondé de l'usage des simulateurs informatiques dans l'enseignement-apprentissage des sciences. Ce type d'enseignement favorisera grandement le développement professionnel des futurs ingénieurs de cette école. En effet, considéré à l'heure actuelle, comme outils pédagogiques, les simulateurs informatiques n'occupent pas encore une place importante en enseignement-apprentissage de cette matière académique en RDC. D'où, la question de la nécessité d'un équipement technologique adéquat dans cet établissement d'accueil et d'une formation techno

pédagogique des enseignants. C'est là, la préoccupation majeure des autorités étatiques congolaises.

MOTS CLÉS

TIC, innovation technologique, simulateurs informatiques, ISTA/Kinshasa

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

En tant que droit humain fondamental, l'éducation devrait occuper une place importante dans le processus de développement d'un pays qui vise à se stabiliser dans toutes ses activités. Pour l'UNESCO (2019), « l'éducation transforme les vies ». Autrement dit l'éducation est une arme puissante qui peut aider un état à prendre conscience de la nécessité de faire advenir le bien absolu pour assurer son avenir, dicit Nelson Mandela. D'ailleurs, pour les experts de l'OCDE¹, l'éducation contribue à la création de la richesse au même titre que la stabilité politique et le contexte macroéconomique favorable. Cette affirmation de cet ancien président de la République d'Afrique du Sud nous amène donc à nous interroger sur l'efficacité du système éducatif de nos pays africains, pour le cas d'espèce, celui de la RDC qui cherche à tout prix à se moderniser et à être présent au concert des nations (Kabila, 2011).

En effet, d'après le chercheur congolais Kanyege (2019), en RDC la recherche scientifique est très souvent menée dans le cadre des Organisations non gouvernementales (ONG). Celles-ci commanditent des recherches pour soutenir leurs activités. À son tour Muyembe-Tamfum (2013) affirme que le système éducatif congolais actuel, tant au niveau secondaire qu'au niveau universitaire se caractérise par un bourrage de crâne avec d'innombrables matières abstraites. Par conséquent, l'étudiant congolais n'est préparé ni à découvrir, ni à innover. Précisons par ailleurs que ce constat fait par M'batika en 2015 sur la tendance à la déliquescence et à la vétusté globale de l'E.S. U (Ministère de l'Enseignement Supérieur et Universitaire) avait déjà été fait par Verhaegen (1978).

Alors, devant cette urgence (la vétusté du système éducatif congolais actuel), on est appelé à réagir rapidement afin d'y apporter la solution idoine. En effet, les experts en éducation parlent actuellement de la possibilité de l'intégration des TIC (simulateurs, sons, images, animations, site Web ou d'une présentation PowerPoint, etc.) dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Cette intégration des TIC viserait à favoriser l'émergence de moyens novateurs, non seulement pour la transmission des connaissances mais aussi pour l'exploration de stratégies d'apprentissage qui favoriseraient à leur tour le développement des compétences (Lebrun, 1999 et CSE, 2000) cité par (Perreault, 2005). Une telle initiative entraînera un véritable changement au sein de l'établissement qui actuellement pratique une pédagogie surannée (Knoerr, 2005).

Pour apporter notre petite contribution dans le processus de l'amélioration de la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage, nous nous sommes efforcés d'étudier à travers les fiches pédagogiques et leur expérimentation, la possibilité d'utiliser les logiciels de simulation informatique dans la formation des futurs ingénieurs de l'ISTA /Kinshasa. Cela, dans l'optique d'encourager les étudiants à acquérir et développer des compétences techniques et analytiques qui leur permettront d'observer, de mesurer, de prédire, de contrôler des variables, de formuler des hypothèses et d'interpréter des résultats. De même, nous invitons les enseignants de cette école à s'approprier et à intégrer les simulateurs informatiques dans leurs actes pédagogiques. Signalons, par ailleurs, qu'une étude prospective est en cours sur le net en vue de repérer les logiciels de simulation adéquats. Ainsi, ladite démarche nous facilitera la tâche pour suggérer

¹ 1 OCDE, (Janvier 1993), « Défis à l'horizon 1995 », Paris, Centre de développement de l'OCDE, p. 13.

des fichiers pédagogiques que les enseignants de cet établissement pourront utiliser pour améliorer les compétences techniques et analytiques de leurs apprenants.

Spécifions finalement que le vrai problème décelé dans cette recherche est la complexité de réaliser des travaux pratiques pour enseigner les différents phénomènes physiques. Comme remède à cette situation, nous suggérons ici de migrer vers une approche techno pédagogique qui consiste à utiliser des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Pour le cas d'espèce, c'est l'utilisation renforcée de logiciels de simulations informatiques basés sur des simulateurs informatiques. Cela dit, la principale question de recherche de cette étude s'articule de cette manière :

Face à cette situation de la non-réalisation des travaux pratiques constatés à l'ISTA/Kinshasa, quels seraient les avantages de l'intégration des simulateurs informatiques pour pallier au problème de la non-réalisation des travaux pratiques dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques tant pour les enseignants que pour les étudiants de cet institut ?

Pour illustrer ce problème et la solution proposée, nous avons structuré notre papier de la façon suivante. Nous présenterons d'abord le cadre théorique dans lequel s'inscrit notre étude. Ensuite nous aborderons la partie méthodologie de notre recherche qui sera suivie par la présentation des résultats finaux de notre recherche. La section dédiée à la discussion des résultats de notre recherche nous permettra de conclure cette étude.

CADRE THÉORIQUE / CADRE CONCEPTUEL

Dans cette partie de notre article, nous parlons essentiellement de la simulation informatique et de son importance dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques. Pour ce faire, nous reprenons ci-dessous les affirmations d'un bon nombre d'auteurs ou chercheurs dont les travaux ont suffisamment démontré la nécessité et l'efficacité de l'utilisation de différentes pratiques dans le présent contexte. Cependant, avant d'entrer en profondeur de notre cadre théorique, précisons avant tout la différence entre simulation et animation.

En effet, une simulation est un modèle ou un exemple représentatif de quelque chose qui imite le fonctionnement d'un système ou d'un environnement dans le but de prédire son comportement réel. Par contre, une animation est une méthode qu'on utilise dans l'intention de créer une illusion de n'importe quel mouvement en utilisant des images d'affichage rapide d'œuvres d'art 3D ou 2D (Ethan, s. d.).

Quelle est l'importance de la simulation informatique dans l'enseignement/apprentissage des sciences physiques?

De manière générale, les simulations destinées à l'enseignement de la science reposent sur des modèles simplifiés du système cible. Elles mettent plus l'accent sur un aspect particulier du phénomène simulé (Landriscina, 2013, p. 5). Son objectif consiste à faire comprendre les concepts de la science et aussi les modèles théoriques qui sous-tendent la simulation (Greca, Seoane, & Arriasecq, 2014). Sur ce, ce type de simulation nécessite le guidage de l'enseignant.

De nombreux travaux (p. ex., Ahaji et al., 2008; Chekour et al., 2015; Jimoyiannis et al. 2000) ont été réalisés sur l'utilisation des TIC (les simulations informatiques dans les sciences physiques) et ceux-ci ont permis de relever que ces outils favorisent la construction des connaissances chez les étudiants. Il faut noter ici que plusieurs enseignants ont été obligés de recourir à l'usage de la simulation pour pallier aux expériences réelles considérées comme trop coûteuses ou trop dangereuses ou impossibles à réaliser dans la salle de classe. Pour les auteurs tels que (Meloua Benzaba, 2016), la simulation numérique sur ordinateur fait désormais partie intégrante des outils didactiques préconisés pour l'enseignement-apprentissage de la physique.

Donc, il s'avère très important d'utiliser les simulations informatiques dans ce processus pour permettre aux étudiants de construire leurs connaissances et d'acquérir de nouvelles compétences. Ces simulations leur permettront d'éveiller leur curiosité alors que le matériel pour réaliser les travaux pratiques est défectueux, voire insuffisant. « *L'analyse des résultats obtenus nous a montré que l'utilisation des logiciels de simulation informatique en classe permet aux enseignants de combler le manque des travaux pratiques et d'améliorer la qualité de l'enseignement des sciences physiques* » (Mahdi et al., 2018).

Cela dit, pour les auteurs Droui et El Hajji (2014), les simulations informatiques ou simulations numériques sont des programmes informatiques qui possèdent un modèle simplifié ou un processus. En d'autres termes, les simulations informatiques se basent sur la mise en pratique de modèles théoriques et permettent l'analyse du fonctionnement et des propriétés d'un système modélisé pour en dévoiler complètement son évolution. Pour les chercheurs comme Trundle et Bell (2010), les simulations informatiques facilitent la compréhension des concepts (de la physique) à étudier.

Selon Martinez-Jimenez et al. (2003), ce type de simulations accroît l'intérêt des apprenants dans les cours. Citons également Padilla, Okey et Dillashaw (1983), qui soutiennent que pédagogiquement parlant les simulations informatiques peuvent aussi activer des compétences procédurales intégrées à la démarche scientifique comme : contrôler des variables, formuler des hypothèses, interpréter des données, expérimenter et formuler des modèles. Par ailleurs, Hassouny (2014), nous confirme sur ce sujet que « *la simulation sur ordinateur attire plus particulièrement l'attention des chercheurs car elle leur permet de contourner l'expérience sur les phénomènes parfois difficiles voire impossibles à réaliser* ».

En somme, les travaux des auteurs ou chercheurs mentionnés dans les précédents paragraphes de ce cadre théorique nous incite à tirer la conclusion selon laquelle l'utilisation des logiciels de simulations informatiques dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques peut être une alternative adéquate pour pallier, par exemple, au problème de l'absence des travaux pratiques ou encore de simplifier certaines expériences complexes à réaliser en classe ou en laboratoire.

MÉTHODOLOGIE

Cette étude visait tous les enseignants (n=11) des sciences physiques de l'ISTA/Kinshasa. Pour répondre à notre problématique de recherche, nous avons distribué un questionnaire à tous les professeurs de cette école. Soulignons que bien avant cette étape, nous avons réalisé un remue-méninge avec des chercheurs et des enseignants de la matière sur les bienfaits de l'usage de simulations dans l'enseignement-apprentissage des sciences physiques.

Cette recherche a été réalisée avec un échantillon composé de tous les professeurs (n=11) des sciences physiques de l'ISTA/Kinshasa. Tous disposant de plus de 10 ans d'expérience professionnelle dans leur métier.

La récolte des données a eu lieu par le biais d'un questionnaire anonyme, contenant des questions fermées (avec Échelle de Likert) sur le déroulement de l'enseignement et de l'usage des simulations et animations dans le cours de sciences physiques. Cependant, au niveau de la seconde partie dudit questionnaire, on a posé quelques questions ouvertes (Simulation et Animations pendant l'enseignement). Cette initiative visait d'offrir aux questionnés un peu de liberté sur le développement précis de leurs idées sur ledit usage.

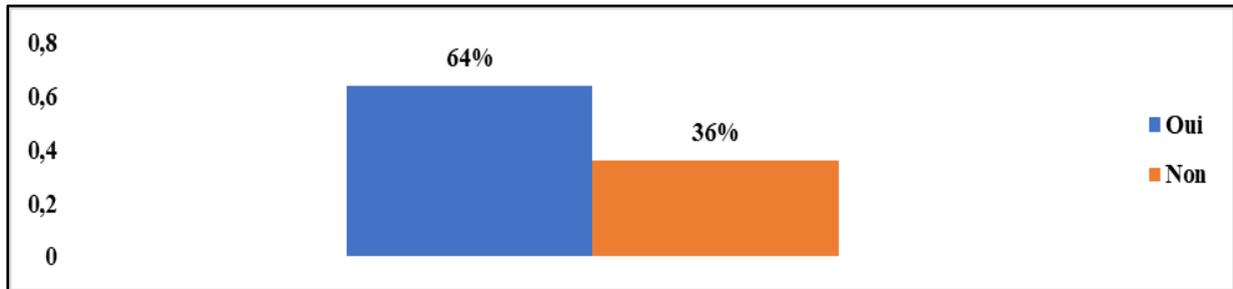
Les questionnaires ont été renseignés au cours de l'année académique 2020-2021 et les données colligées ont été toutes dépouillées et traitées à l'aide du logiciel SPSS « Statistical Package for the Social Sciences » version 26.

RÉSULTATS

Le déroulement de la séance du cours

Nos résultats montrent que 64 % des enseignants sondés ont des difficultés pour enseigner de la physique (la partie mécanique et électricité). Par contre, 36% seulement de ces derniers n'ont jamais rencontrés des problèmes à cet effet.

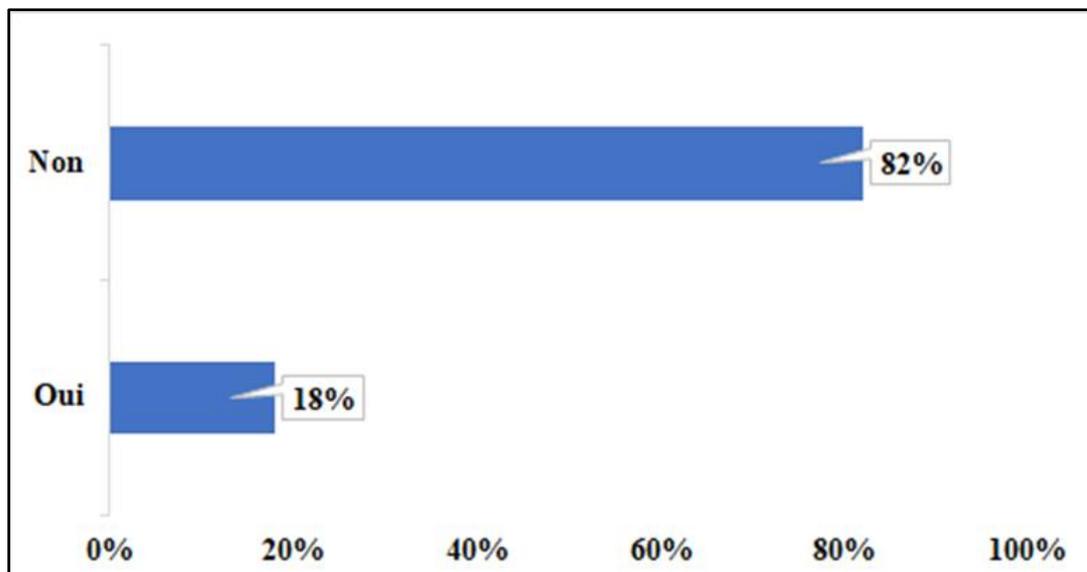
FIGURE 1



Les opinions des sondés sur leurs difficultés rencontrées dans l'enseignement de la physique (mécanique et électricité)

Nos résultats illustrent que nos enquêtés n'organisent pas des travaux pratiques avec leurs étudiants. Cela, dans une proportion de 82%. Par contre, juste un petit taux 18% de ceux-ci les réalisent dans ce contexte précis.

FIGURE 2

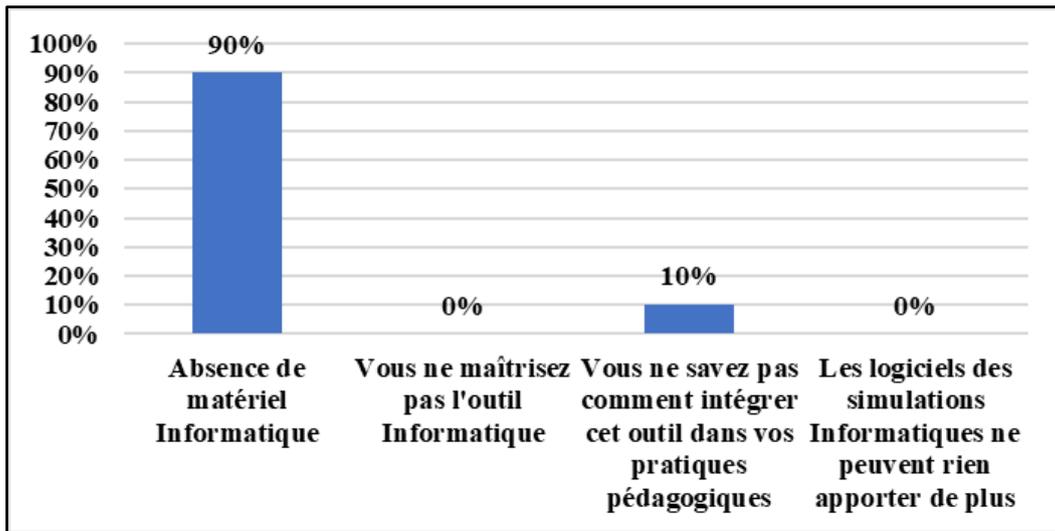


Les opinions des sondés sur la réalisation des TP dans leurs activités de la physique.

L'utilisation des corps, l'électromagnétique, le magnétisme, le mouvement pendulaire, le champ de gravitation, le mouvement le plus incliné et la chute libre des corps sont les différents travaux pratiques réalisés par les enseignants qui ont donné réponse positive à cette question.

Notons qu'aucune description détaillée des logiciels de simulation utilisés par les enquêtés ayant fourni des réponses affirmatives à cette question n'a été faite.

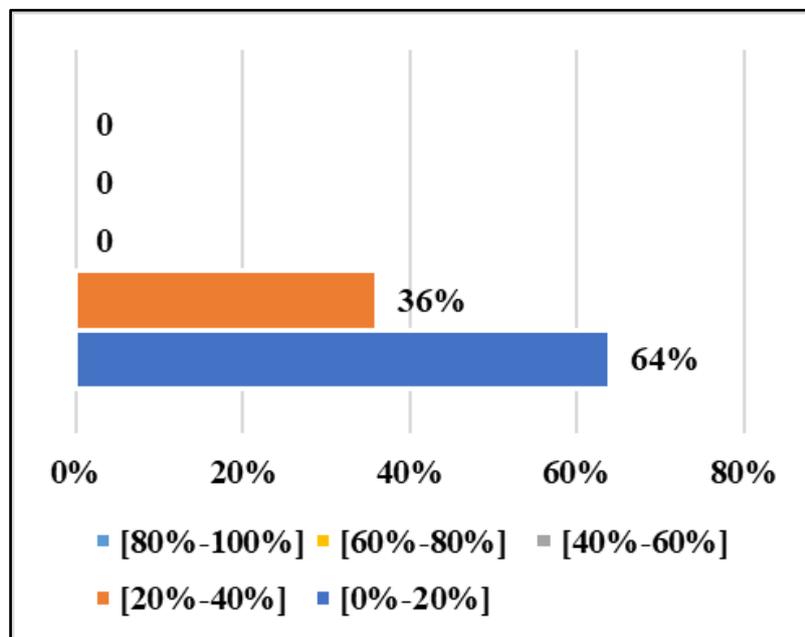
FIGURE 3



Les opinions des enquêtés sur les obstacles qui les empêchent de réaliser les travaux pratiques avec leurs étudiants

Les résultats de notre recherche montrent, par ailleurs, que (64%) de nos enseignants réalise peu de travaux pratiques en physique, soit un pourcentage de réalisation équivalent à l'intervalle allant de [0% à 20%].

FIGURE 4

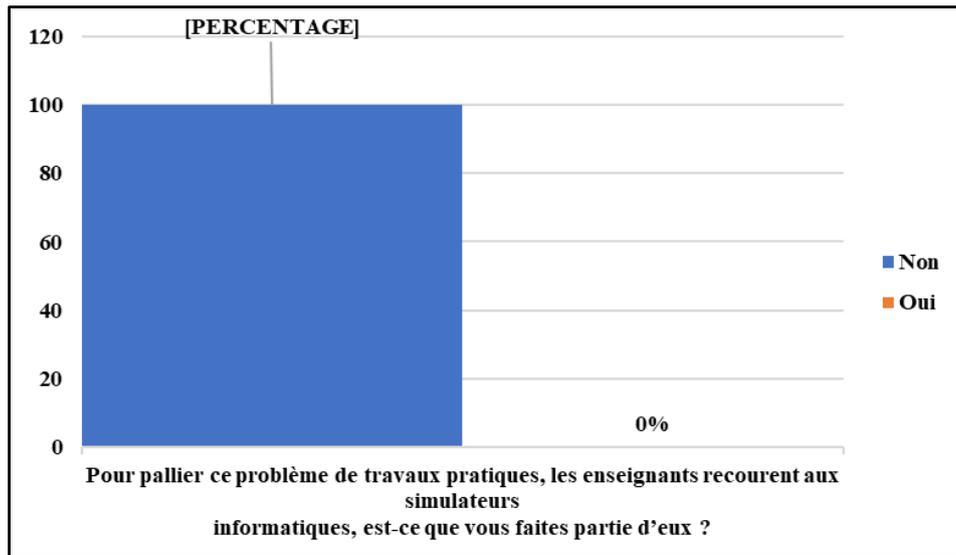


Les opinions des enseignants sur leur taux de réalisation des travaux pratiques sur les concepts expérimentaux de la physique.

L'usage des simulations et des animations pendant l'enseignement

La totalité des enseignants (100%) sondés ont confirmé qu'ils ne recourent pas aux logiciels de simulations informatiques pour surmonter ce problème de manque des travaux pratiques.

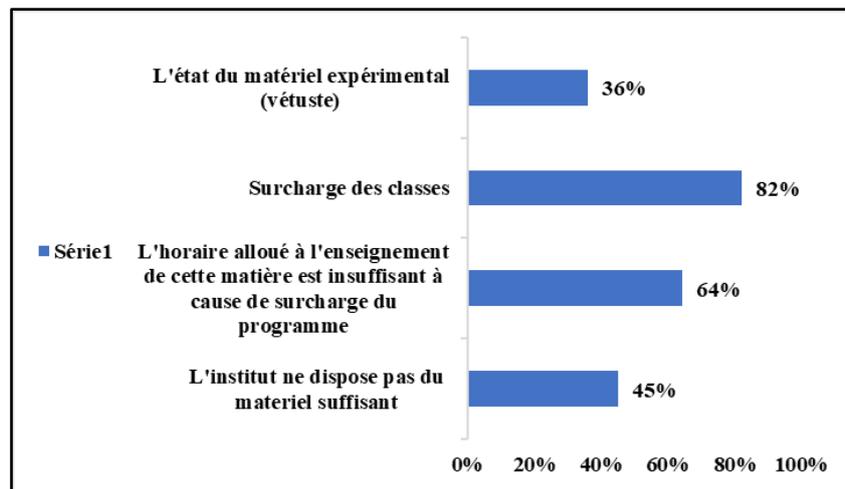
FIGURE 5



Les opinions des enseignants sur l'usage des simulations et animations durant l'enseignement de leur matière

Concernant la question relative aux contraintes liées au non-usage des simulateurs informatiques durant les activités d'enseignement de nos enquêtés, les résultats révèlent que 90% des enquêtés ne peuvent pas utiliser ce genre de logiciels puisqu'il y a un gros problème d'absence de matériel informatique au sein de notre établissement d'accueil. Soulignons que seulement 10 % de ces enseignants ne savent pas comment intégrer cet outil dans leurs pratiques pédagogiques.

FIGURE 6



Les opinions des enseignants sur les contraintes qui les empêchent à utiliser des simulateurs durant leurs activités de l'enseignement.

DISCUSSION

Après le traitement final des données récoltées, nous avons remarqué que 64 % de nos enseignants ont du mal à enseigner correctement leurs matières, en particulier, la mécanique et

l'électricité. Cela, s'explique par le fait que l'ISTA/Kinshasa ne dispose pas d'environnement d'enseignement-apprentissage convivial et adapté aux sciences physiques. L'absence de manipulations au laboratoire, le problème de méthodologie d'enseignement, la masse horaire insuffisante et le problème de logistique informatique, sont les arguments présentés par les professeurs consultés afin de justifier ledit problème.

À travers les résultats de cette étude, nous pouvons apercevoir que presque la majorité de nos répondants (82%) ne mettent pas l'accent sur l'organisation de travaux pratiques avec les étudiants. D'après les propos des enseignants consultés, cet état de chose se justifierait par le manque criard du matériel au sein de leur établissement (45%, soit 5 voix sur les 11 enquêtés) et surtout par le délabrement du matériel expérimental (36%, soit 4 voix sur les 11 enquêtés), par l'insuffisance de l'horaire alloué à l'enseignement de cette matière et à la lourdeur du programme (64%, soit 7 voix sur les 11 enquêtés), mais également par la surcharge des classes (82%, soit 9 voix sur les 11 enquêtés).

En effet, dans de telles conditions, les enseignants préfèrent enchaîner les cours magistraux tout en optant pour des activités qu'ils guideront eux-mêmes à la place des travaux pratiques recommandés. Ces résultats coïncident avec ceux des recherches réalisées par (Chekour et al., 2016; Houssaini et al., 2014).

Par ailleurs, on peut noter que les notions comme l'utilisation des corps, l'électromagnétique, le magnétisme, le mouvement pendulaire, le champ de gravitation, le mouvement le plus incliné, la chute libre des corps, figurent sur la liste des différents travaux pratiques réalisés fréquemment par l'infime partie de nos enseignants (20%) qui ont répondu positivement à la question de l'organisation de travaux pratiques avec les étudiants.

Précisons par ailleurs que nos résultats renseignent que le pourcentage d'organisation de travaux pratiques de manière fréquente par la catégorie des enquêtés considérés est compris entre 0% et 20%. Cependant, nous présumons que l'insuffisance de matériel destiné à soutenir ce type d'activités, la surpopulation des salles des classes ainsi que la disette de temps d'enseignement de cette matière (référence figure 3) pourraient être à la base de cette triste réalité.

Cette étude par le biais de ses résultats démontre que tous les enseignants sondés n'ont pas recours aux simulateurs informatiques afin de tenter de contourner ce problème de l'absence de travaux pratiques (voir figure 6). Le comportement de nos enseignants peut se comprendre dans le sens où il existe un grand déficit infrastructurel (le manque des matériels informatiques, l'absence des logiciels de simulations informatiques, la vétusté du matériel de laboratoire, le nombre d'ordinateurs insuffisant) au sein de leur école. Mais il est aussi compréhensible en ce sens que ces professeurs n'ont pas bénéficié d'une formation techno-pédagogique. « [...] *La formation des acteurs de la chaîne de supervision pédagogique (Inspecteurs, Directeurs, Enseignants, Élèves) à l'utilisation des TIC peut améliorer la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage et influencer sur le rendement interne et externe du système éducatif [...]* » (Karsenti, 2009, p. 18).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette enquête a dévoilé clairement les tristes situations dans lesquelles travaillent les enseignants des sciences physiques de l'ISTA/Kinshasa. Sur ce, nous estimons qu'il est temps pour l'état congolais, par le canal de son ministère d'enseignement supérieur et universitaire (E.S.U) d'intervenir sur ce cas précis afin d'offrir ne serait-ce qu'aux enseignants et aux étudiants de cet institut des installations de qualité, celles qui faciliteront l'apprentissage et la meilleure diffusion des enseignements auprès de futurs ingénieurs de cette école. Ce n'est que de cette manière qu'ils seront utiles à la reconstruction d'un Congo prospère.

De plus, cette recherche a permis de relever l'importance de la formation continue des enseignants portant sur les pratiques de la pédagogie active et sur les TIC (Technologies de l'information et de la communication).

Quant au problème épineux du manque de travaux pratiques en physique, les conclusions de nos recherches actuelles en laboratoire sur cette question, tendent vers la validation de l'hypothèse selon laquelle la solution la plus efficace dans ces conditions serait l'intégration ou l'usage d'un vrai logiciel de simulation informatique de type RIP (Académie de Paris, 2009). Une telle approche permettra à la fois aux enseignants ciblés de très bien surmonter ce problème délicat et de renforcer solidement les connaissances de leurs étudiants et amplifier leur motivation pour les sciences physiques. Ceci étant, la prochaine étape de notre travail reposera sur le choix du logiciel de simulation informatique que nous aurons à proposer aux enseignants et aux étudiants de l'ISTA/Kinshasa dans le cadre de l'enseignement-apprentissage de sciences physiques.

RÉFÉRENCES

- Académie de Paris. (2009). *Logiciels reconnus d'intérêt pédagogique*. Retrieved from https://www.ac-paris.fr/portail/jcms/p1_141691/logiciels-reconnus-d-interet-pedagogique.
- Ahaji, K., El Hajjami, A., Ajana, L., El Mokri, A., & Chikhaoui, A. (2008). Analyse de l'effet d'intégration d'un logiciel d'optique géométrique sur l'apprentissage d'élèves de niveau baccalauréat sciences expérimentales. *EpiNet : la revue électronique de l'EPI*. Retrieved from <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0801a.htm>.
- Chekour, M., Laafou, M., & Janati-Idrissi, R. (2016). Les activités expérimentales d'électricité dans les lycées marocains : entre les attentes et les réalisations. *EpiNet : la revue électronique de l'EPI*. Retrieved from <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1604b.htm>.
- Droui, M., & El Hajjami, A. (2014). Simulations informatiques en enseignement des sciences : apports et limites *Revue EpiNet*. Retrieved from <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1404e.htm>.
- Ethan, L (s. d.). *Différence entre simulation et animation*. Retrieved from https://fr.differbetween.com/article/difference_between_simulation_and_animation.
- Greca, I. M., Seoane, E., & Arriasecq, I. (2014). Problèmes épistémologiques concernant les simulations informatiques en sciences et leurs implications pour l'enseignement des sciences. *Science & Education*, 23, 897-921.
- Hassouny, E. (2014). *Les TICEs en classe de sciences physiques : Enjeux et étude d'impact*. Thèse de doctorat, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des sciences doctorales sciences et technologique, Maroc.
- Houssaini, W. I., Hassouni, T., Echalfi, F., & Ziali, F. (2014). Importance des expériences dans l'enseignement et l'apprentissage du système nerveux au collège : Étude de cas. *European Scientific Journal*, 10(28), 155-168.
- Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T., & Ravanis, K. (2000). Students' performance towards computer simulations on Kinematics. *Themes in Education*, 1(4), 357-372.
- Kabila, K. (2014). *Discours du président de la République lors de la présentation du projet de société Kingakati-Buene*. Retrieved from <https://www.radiookapi.net/sites/default/files/discours-de-joseph-kabila-du-14-septembre-2011-a-kingakati.pdf>.
- Kanyegere, P. (2019). *L'ONGisation de la recherche scientifique*. Retrieved from <https://www.gicnetwork.be/longisation-de-la-recherche-scientifique/#:~:text=En%20RDC%2>

C%20la%20recherche%20scientifique,recherches%20pour%20appuyer%20leurs%20activit%
C3%A9s.

Karsenti, T. (Dir.). (2009). *Intégration pédagogique des TIC : Stratégies d'action et pistes de réflexion*. Ottawa : CRDI.

Knoerr, H. (2005). TIC et motivation en apprentissage/enseignement des langues. Une perspective canadienne. *Cahiers de l'APLIUT*, XXIV(2), 53-73.

Landriscina, F. (2013). *Simulation and learning. A Model-Centered approach*. New York, NY: Springer.

M'batika, A. (2015). République Démocratique du Congo : Système éducatif. *Revue Universitaire des Sciences de l'Éducation*, 5, 177-202.

Mahdi, K., Sofi, A., Laafou, M., Janati-Idrissi, R. et Madrane, M. (2017). *Impact des simulateurs informatiques dans l'enseignement de sciences physiques*. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01451108/document>.

Martinez-Jimenez, P., Pontes-Pedrajas, A., Polo, J., & Climent-Bellido, M. S. (2003). Learning in Chemistry with Virtual Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 80(3), 346-352.

Meloua Benzaba, N. (2016). Comment apprendre la physique avec les simulations multimédias? *Insaniyat*, 71, 37-62.

Muyembe-Tamfum, J. (2013). La science d'aujourd'hui pour le développement de la République Démocratique du Congo demain. *Revue de la Faculté de Médecine de l'Université de Kinshasa*, 6(4). Retrieved from <https://anafrimed.net/download/996/>.

Padilla, M. J., Okey, J. R., & Dillashaw, F. G. (1983). The relationship between science process skill and formal thinking abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 239-246.

Perreault, N. (2005). *Rôle et impact des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage au collégial-II*. Retrieved from https://cdc.qc.ca/ped_coll/pdf/perreault_typologie_TIC_partie2_ped_coll_16_4_mars_2003.pdf.

Trundle, K. C., & Bell, R. L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 54(4), 1078-1088.

UNESCO (2019). *L'éducation transforme la vie*. Retrieved from <https://en.unesco.org/themes/right-to-education>.

Verhaegen, B. (1978). *L'enseignement universitaire au zaire de louvanium à l'UNAZA (1958-1978)*. Paris: L'Harmattan.