



HAL
open science

Apports et limites des logiciels de simulation en formation des élèves ingénieurs : cas de l'enseignement des télécommunications

Janvier Fotsing, Theodore Njingang Mbadjoin

► To cite this version:

Janvier Fotsing, Theodore Njingang Mbadjoin. Apports et limites des logiciels de simulation en formation des élèves ingénieurs : cas de l'enseignement des télécommunications. Adjectif: analyses et recherches sur les TICE, 2022. hal-03585497

HAL Id: hal-03585497

<https://hal.science/hal-03585497v1>

Submitted on 9 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Apports et limites des logiciels de simulation en formation des
élèves ingénieurs : cas de
l'enseignement des télécommunications**

Janvier FOTSING, Laboratoire d'Electronique et de Traitement du Signal (LETS), École Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP), Université de Yaoundé I

Théodore NJINGANG MBADJOIN , Laboratoire Bien-être, Organisations, Numérique, Habitabilité, Éducation ,Universalité, Relation, Savoirs (BONHEURS) - EA 7517, CY - Cergy Paris Université, France

Date de mise en ligne : vendredi 27 mars 2020

- Etat des recherches - Didactiques, pédagogies et TICE -

Copyright © Adjectif - Tous droits réservés

Pour citer cet article :

Fotsing, Janvier et Mbadjoin Njingang, Théodore (2020). Apports et limites des logiciels de simulation dans la pratique en formation des élèves ingénieurs au Cameroun. *Revue Adjectif*, 2020T1. Mis en ligne vendredi 27 mars 2020. <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article528>

Résumé :

L'avènement du numérique en éducation est fortement influencé par l'intégration des NTIC en formation. L'environnement de formation en milieu universitaire est dominé par l'usage des ordinateurs, d'Internet, des logiciels dans le cursus d'enseignement comme d'apprentissage. Nous voulons à travers la présente recherche, répondre à la question : Quelles perceptions ont les acteurs en contexte de formation en ingénierie des apports et limites de l'utilisation des logiciels de simulation en contexte d'enseignement et/ou apprentissage des télécommunications ? Notre objectif a consisté à identifier les forces et faiblesses déclarées par les étudiants et du retour d'expérience qu'ils ont de l'utilisation des logiciels de simulation dans leur environnement d'apprentissage. Une démarche méthodologique de type exploratoire, comportant plusieurs sources de collectes de données dont un questionnaire destiné aux étudiants (n=140), ou nous accordions aux réponses des questions ouvertes une plus grande importance, des entrevues collectives semi-dirigées avec des étudiants (n = 30), a été mobilisée pour répondre à notre question de recherche. Les perceptions des étudiants sont à la fois fortement marquées par une pluralité des points de vue partant des variables de présages aux variables de produits. Les résultats liés aux variables de présages se contentent des mobiles qui ont poussé les acteurs à adopter tel ou tel autre logiciel comme outil d'enseignement ou d'apprentissage. Par contre, les résultats liés aux variables produits sont quant à eux directement en lien avec les attentes des acteurs vis-à-vis de l'objet d'étude. A ce niveau, les acteurs se prononcent davantage sur les acquis développés grâce à l'usage de tel ou tel autre logiciel. Ainsi, les apports et les limites relevés par les acteurs sont globalement influencés par les perceptions avant et après usage des logiciels dans l'environnement de formation.

Mots clés : : Logiciel, sciences pour ingénieurs, perceptions, apprentissage, étudiant

Abstract : The advent of digital in education is strongly influenced by the integration of NTIC in training. The training environment in academia is dominated by the use of computers, the Internet, software in both teaching and learning. We want through this research, to respond to the question: What perceptions have the actors in the context of engineering training of the contributions and limits of use of simulation software in the context of teaching and/or learning of telecommunications? Our objective consisted in identifying the strengths and weaknesses declared by the students and the feedback they have from the use of simulation software in their learning environment. A methodological approach of the exploratory type, comprising several sources of data collection including a questionnaire intended for students (n=140), where we gave greater importance to the answers to open questions, semi-directed collective interviews with students (n = 30), was mobilized to answer our research question. The perceptions of the students are both strongly marked by a plurality of points of view starting from the variables of omens to the variables of products. The results related to the omen variables are satisfied with the motives which have pushed the actors to adopt this or that other software as a teaching or learning tool. On the other hand, the results related to the product variables are directly related to the expectations of the actors vis-à-vis the object of study. At this level, the actors give more pronouncements on the achievements developed thanks to the use of this or that other software. Thus, the contributions and limitations noted by the actors are globally influenced by the perceptions before and after use of the software in the training environment.

Keywords: Software, science for engineers, perceptions, learning, student



1. Introduction

Les défis émergents des Nouvelles Technologies de l'Information et de Communications (NTIC) contribuent aujourd'hui à découvrir comment construire et déployer les environnements de support d'aide à l'apprentissage/l'enseignement en lien avec les compétences socioprofessionnelles exigées en milieu d'entreprise. L'ingénierie de la formation mobilise l'usage d'ordinateurs, d'Internet, des logiciels dans le cursus d'enseignement et de l'apprentissage. Une telle situation s'est traduite par l'apparition de nouvelles méthodes d'apprentissage, une évolution des rôles des enseignants et des apprenants, affectant en profondeur l'identité même des principaux acteurs des processus d'enseignement/apprentissage.

La présente recherche vise à identifier les apports et limites découlant des usages des logiciels en contexte de formation en ingénierie. Il s'agit particulièrement dans ce papier de relever les apports et limites déclarés par les acteurs eux-mêmes sur l'influence qu'exerceraient les logiciels de simulation dans leur environnement d'apprentissage et/ou d'enseignement. La présente recherche a le mérite de non seulement relever les apports et limites de l'utilisation des logiciels en contexte de formation des sciences pour élèves ingénieurs, mais une retranscription fidèle des perceptions des différents acteurs du système éducatif (administrateurs, enseignants et étudiants).

Plusieurs auteurs ont étudié les apports pédagogiques des logiciels éducatifs (Droui et El Hajjami, 2014 ~ Niedderer et al., 2002 ; Goldberg et Otero 2001 ; De Jong et al., 1998~ Fiolhais et al., 1998~ Jimoyiannis et al., 2001~ McIntyre, 1998). Droui et El Hajjami (2014), examinent dans leur recherche les apports et les limites des simulations pour l'enseignement des sciences. Selon ces mêmes auteurs, la simulation peut activer de multiples compétences chez les apprenants en science comme observer, mesurer, prédire, contrôler des variables, formuler des hypothèses et interpréter des résultats. Goldberg et Otero (2001) ont mis en exergue que les activités cognitives axées sur la conceptualisation, étaient plus intenses lors de la mise en oeuvre des simulations. Cependant que les activités expérimentales contribuaient quant à eux à la mise en relation entre modèles et expériences. Selon Fiolhais et al. (1998), les logiciels éducatifs aident à présenter l'information de manière structurée, sous forme de graphique, texte, image, animation, simulations ou vidéo-clips.

Des recherches ont également relevé des limites de certains types d'utilisation des TIC en enseignement (Bisdikian et Psillos, 2002~ Zacharia, 2003). Ces auteurs partent des limites des types d'utilisation, pour proposer des modalités d'intégration d'autres simulations. La démarche adoptée apparaît particulièrement productive en termes d'activité cognitive des apprenants.

Au regard de tout ce qui précède, nous tentons dans cet article de répondre à la question de recherche suivante : Quelles perceptions ont les acteurs en contexte de formation en ingénierie des apports et limites de l'utilisation des logiciels de simulation en contexte d'enseignement et/ou apprentissage des télécommunications ?

La suite de l'article s'articule comme suite : la première section est consacrée à la présentation du contexte théorique mobilisé pour appréhender les concepts fondamentaux ainsi que les travaux semblables utiles à la compréhension de notre thématique de recherche. La deuxième section récapitule la démarche méthodologique que nous avons mise en oeuvre pour collecter les données exploitées et pour répondre à notre question de recherche. La troisième section présente les différents résultats obtenus et la quatrième section marque les discussions que nous menons sur la base des résultats obtenus. Tout ce travail est encadré par une introduction et d'une conclusion.

2. Contexte théorique

Notre question principale de recherche se formule comme suit : « Quelles perceptions ont les acteurs en contexte de formation en ingénierie des apports et limites de l'utilisation des logiciels de simulation en contexte d'enseignement et/ou apprentissage des télécommunications ? »

2.1. État de question

Le contexte actuel de la formation se caractérise par l'émergence rapide du numérique à travers les NTIC dans le monde de l'éducation. Cette montée fulgurante des NTIC offre à la fois des opportunités technologiques et les défis pédagogiques. S'agissant d'opportunités technologiques, l'adoption des outils technopédagogiques concourt à changer radicalement les manières d'enseigner et d'apprendre des acteurs du système éducatif. En enseignement des sciences de l'ingénieur, les simulations à base des logiciels sont davantage utilisées dans le processus d'apprentissage de concepts physique. Les simulations dans ce contexte aident à comprendre les concepts ou les phénomènes en fixant ou en changeant les paramètres du logiciel de simulation. Or, en contexte de formation en science des ingénieurs, le seul usage des logiciels de simulation ne permet pas de s'approprier une compétence du type savoir-faire pratique exigeant davantage une compétence manipulative. Le constat qui se dégage dans le domaine des sciences appliquées est que, le savoir théorique s'accompagne systématiquement de savoir pratique, expérimental et manipulative dont la mise en accès global est plus difficile à opérer (Leproux et al., 2012).

Les cursus de formations professionnelles d'ingénieurs sont en général handicapés dans la réalisation de projet impliquant les activités professionnelles et pratiques en télémanipulation d'objet réel à travers des logiciels (Mhiri et al. 2012 ; Loisier, 2011 ; Njingang, 2015). Droui et El Hajjami (2016), examinent dans leur recherche les apports et les limites des simulations pour l'enseignement des sciences. Pour ces mêmes auteurs, la simulation peut activer de multiples compétences chez les apprenants en science comme observer, mesurer, prédire, contrôler des variables, formuler des hypothèses et interpréter des résultats. D'autres équipes de recherche à l'instar de LABENVI (Leproux et al. (2012)) et ARCADE (Guéraud et al., 1999), se sont penchés sur l'appropriation par l'usage des logiciels de simulation intégrant à la fois les composantes savoir et savoir-faire pratique, tout aussi en procédant par la mise en place des environnements virtuels de télémanipulation à distance.

Le modèle de Biggs (1994) est utilisé pour mettre en exergue les perceptions des apprenants et enseignants sur l'adoption d'un logiciel en formation. Ce modèle est présenté sous le prisme d'approche systémique et constructiviste de l'apprentissage, tout en accordant une place centrale à la perception construite par l'étudiant/l'enseignant à propos de l'artefact logiciel de simulation. Dans son modèle, l'auteur différencie trois ensembles de variables en interaction : des variables d'entrée ou de présage, des variables intermédiaires ou de processus et des variables sorties ou de produit.

La recherche conduite dans le cadre de cet article, se situe à la croisée des chemins de plusieurs autres travaux de centre d'intérêts similaires. Plusieurs auteurs ont étudié les apports pédagogiques des logiciels éducatifs en formation (Droui et El Hajjami, 2014 ; Niedderer et al., 2002 ; Goldberg et Otero 2001 ; De Jong et al., 1998 ~ Fiolhais et al., 1998 ~ Jimoyiannis et al., 2001~ McIntyre, 1998). Droui et El Hajjami (2014), part d'une revue de littérature des différentes recherches réalisées dans le domaine de l'usage des logiciels de simulation en enseignement, pour dégager quelques éléments saillants concernant leurs apports et limites en apprentissage des sciences.

Des recherches ont également relevé des limites de certains types d'utilisation des TIC en enseignement (Bisdikian et Psillos, 2002 ~ Zacharia, 2003). Ces auteurs partent des limites des types d'utilisation, pour proposer des modalités d'intégration d'autres simulations. La démarche adoptée apparaît particulièrement productive en termes d'activité cognitive des apprenants. Hebenstreit (1992) quant à lui souligne que les utilisateurs risquent de confondre un phénomène réel et sa représentation en simulation. C'est pour cela que Richoux et al. (2002) insiste sur la nécessité de clairement séparer les phénomènes réels et les théories.

2.2. Hypothèse de recherche

La présente recherche a l'originalité de non seulement relever les apports et limites de l'utilisation des logiciels en contexte de formation des sciences pour élèves ingénieurs, mais une retranscription fidèle des perceptions des différents acteurs du système éducatif (administrateurs, enseignants et étudiants). L'hypothèse principale se formule comme suit, les variables de présages et de produit gouvernent les perceptions déclarées par les étudiants/enseignants sur les usages qui sont faits à partir des logiciels en contexte d'apprentissage/enseignement des télécommunications.

3. Méthodologie

Le volet qualitatif exploité dans le cadre de cette recherche, permet d'appréhender les perceptions que les apprenants font des logiciels dans le processus d'apprentissage et même de saisir toute la complexité des modes d'usages des logiciels de simulation à des fins d'enseignement et/ou d'apprentissage. Ce volet se fonde essentiellement sur la description recourant à différentes sources de données qualitatives telles que les entrevues et les vidéos issues des pratiques observées dans le déroulement de l'activité.

Notre recherche se fonde sur une méthodologie de type exploratoire, comportant plusieurs sources de données collectées : questionnaire adressé aux étudiants (140), entretiens collectifs semi dirigés avec un groupe d'étudiants (n = 30), analyse des discours issus des séquences vidéos filmés au cours d'une séance des travaux pratiques (de durée 1h 30 min).

Pour ce qui est d'entrevues collectives semi-dirigées avec les étudiants, nous avons invité les 42 étudiants régulièrement inscrits de la promotion 2017-2018 et 2018-2019 de Master Professionnel en Télécommunications (MASTEL) de l'École Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP) de l'Université de Yaoundé I (UY I). Seulement 30 des 42 ont répondu présent le jour et à l'heure de l'entrevue. Compte tenu de la répartition géographique des étudiants, notre entrevue s'est tenue autour d'une session de tutorat programmé sur la plateforme de formation à distance de l'ENSP.

Les questions étaient postées et par ordre de prise de parole, chacun donnait son point de vue sous le contrôle vigilant du tuteur qui devait réguler les échanges. Nous procédons à l'analyse du discours des acteurs à travers les traces de contenus d'interactivité autour de l'entrevue collectives semi-dirigées avec les étudiants. La démarche par

trace d'activité nous permet de compléter notre compréhension des opinions affichées par les répondants aux questions ouvertes récoltées par questionnaire. Nous avons répertorié 140 répondants au questionnaire posté en ligne par nos soins sur la plateforme en ligne EvalGo sur en environ 220 attendus. Cette plateforme en ligne permet en effet de suivre et gérer presque toutes les étapes de l'enquête. EvalGo gère aussi quelques étapes intermédiaires comme la mise en ligne du questionnaire, mais aussi les campagnes de mails. Cette dernière permet d'adresser automatiquement aux sondés une invite (message personnalisé) à répondre à l'enquête ainsi que le lien qui pointe vers elle. Les relances sont automatiques. Il est aussi possible de suivre sur la plate-forme d'EvalGo le taux de réponses des personnes interrogées ainsi que les abandons en cours d'élaboration.

Nos séquences d'observation vidéo se sont focalisées sur ce qui se passait en situation d'apprentissage en salle des Travaux Pratiques (TP) : les échanges des élèves/enseignants, les conditions d'utilisation et d'exécution du logiciel pendant le cours ont focalisé notre attention. Tous ces extraits des discours des acteurs, ont été recueillis sur la base des unités de temps variant des secondes aux minutes d'observation des faits et gestes des étudiants et enseignant lors d'une activité des TP. Cette technique a permis de noter des échanges, de l'ambiance, les sentiments des acteurs en présence au fil du temps.

4. Résultats

Nous avons voulu savoir les mobiles qui amenaient les apprenants à avoir recours aux logiciels utilisés. Sur les 76 répondants à la question, 41 déclarent que la plupart des logiciels sont imposés par les enseignants. La fréquence des usages est arbitraire et facultative puisque c'est en fonction de chaque cours et des activités poursuivies que les apprenants optent pour un logiciel.

Les étudiants ont énuméré une liste de 22 logiciels utilisés tout au long de leur formation. L'analyse de la liste des logiciels utilisés par les apprenants durant leur apprentissage, permet de leur classer en trois catégories : les logiciels de conception, les logiciels de développement/implémentation et les logiciels de simulation didactique.

4.1. Logiciels de conception

Les usages découlant des catégories conceptuelles font appel aux logiciels de type tuteur intelligent ou hypermédia, les étudiants exploitent ces environnements pour la modélisation des processus via les architectures. Pour sa réalisation, l'étudiant a exploité les logiciels comme Visio (une composante du pack office), Windesign, AnsoftDesigner, etc., fournissant un environnement convivial d'exploitation et une base de données diversifiée d'outils couvrant plusieurs champs de spécialités.

La figure 1 présente un exemple d'architecture de télécommunication conçu avec le logiciel AnsoftDesigner. Sur cette figure, le schéma conceptuel de l'opérateur CAMTEL montre qu'il dispose de trois routeurs passerelles connectés directement à l'international à travers des câbles sous-marins (WACS, MAINONE et SAT3).

[<http://adjectif.sandbox-jp.fr/IMG/jpg/modcam-2.jpg>]

Figure 1 : Architecture du réseau IP/MPLS de l'opérateur Cameroon telecommunications (CAMTEL)

4.2. Logiciels de développement/implémentation

La catégorie implémentation fait appel aux logiciels de type micro-monde ou les apprenants à partir des algorithmes et des codes écrits en des langages spécifiques comme C, C++, Java, Matlab, PHP, VHDL, etc. fournissent des environnements pour la découverte des domaines abstraits.

La figure 2 illustre un exemple d'environnement de travail conçu par un étudiant dans le cadre d'une activité liée au cours de 'Communication numérique file d'attente pour réseau'. Les courbes qui s'y trouvent sur cette figure, testent les différents théorèmes du cours sur l'étude des systèmes stochastiques. L'étudiant a utilisé les codes C++ pour son implémentation.

[<http://adjectif.sandbox-jp.fr/IMG/png/10000000000003e9000001aa846ccc98dd58b78f.png>] **Figure 2 :**
Représentation du déplacement en fonction du pas

4.2.1 Logiciels de simulation didactique

La catégorie d'usage liée à la simulation didactique fait appel aux logiciels de type simulation ou didacticiel de simulation des concepts. Ces environnements de simulation didactique fournissent aux apprenants des possibilités liées à la découverte des lois et des concepts du cours. Ce sont les logiciels de la gamme du didacticiel de radiocommunication mobile, optisystem, Packer Tracer, GNS3/2, Network simulator NA2, etc. Cette catégorie dispense l'apprenant de toutes connaissances en programmation tout en insistant sur des fonctions pédagogiques telles que présenter l'information, dispenser les exercices, véritablement enseigner et captiver l'attention et la motivation de l'étudiant.

La figure 3 illustre un cas de simulation didactique pratiqué en enseignement des antennes et propagation. Le logiciel VOIR+ a été utilisé pour tracer les diagrammes de rayonnement d'un réseau rectiligne à 10 éléments (en noir) non adapté, (en bleu) adapté par l'Algorithme Génétique (AG), (en rouge) adapté par l'algorithme des colonies des fourmis (l'Ant Colony Optimization (ACO)) et en vert adapté par Recuit Simulé (RS). Par ces courbes l'étudiant a un moyen d'appréciation des effets des différents algorithmes d'optimisation des diagrammes de rayonnement des antennes de télécommunications.

[<http://adjectif.sandbox-jp.fr/IMG/png/100000000000031200000234f6afb342c3415de0.png>]

Figure 3 : Diagrammes de rayonnement d'un réseau rectiligne à 10 éléments (en noir) non adapté, (en bleu) adapté par l'AG, (en rouge) adapté par l'ACO et en vert adapté par RS réalisé à base du logiciel VOIR+.

L'observation participante des étudiants à partir des séquences vidéo, lors des séances des travaux pratiques nous a permis de confirmer ses trois catégories de logiciels utilisés pour les simulations en laboratoire. Il convient de signaler que le but du TP visait à détecter le lieu de cassure de la fibre optique et en suite procéder à sa soudure. Le protocole des activités prévoyait une simulation avec le logiciel Optisystem avant toute mise en oeuvre des prototypes physiques devant assurer la soudure. Il était question de simuler la propagation de la lumière dans la fibre optique. Pour ce faire, l'étudiant devait concevoir le circuit d'émission couplé à la photodiode laser grâce au logiciel Optisystem. L'analyse des données recueillies des enregistrements des séquences vidéo, nous a permis de mieux comprendre le processus d'apprentissage des apprenants et a montré une forte motivation et un engagement réel, tant sociocognitif que socioconstructiviste dans une dynamique d'apprentissage collective.

Dans notre enquête par questionnaire, les apprenants étaient amenés à se prononcer sur les effets qu'ont les logiciels sur leur apprentissage. Pour ce faire, dans le questionnaire les apprenants devaient nous dire si selon eux les logiciels en général modifient ou pas leur manière d'apprendre. Nous avons également prévu un champ ouvert où chaque répondant qui répondait par 'oui' devrait apporter son argumentaire. Les raisons avancées par les

apprenants sont consignées dans le tableau intégré à l'annexe du présent article. L'analyse de ce résultat permet d'observer que 56 sur les 76 qui ont répondu à la question affirment qu'effectivement l'usage des logiciels modifient leur manière d'apprendre contre 18 qui pensent plutôt l'usage des logiciels ont des effets négatifs sur leur apprentissage. En quoi précisément l'usage des logiciels modifie-t-il la manière d'apprendre des apprenants ?

L'analyse des réponses des apprenants permet de dégager quatre lots de perceptions :

Le premier lot, classe le logiciel comme un support d'aide à l'apprentissage. Dans ce lot, les apprenants déclarent entre autres que le logiciel : « Renforce la compréhension et contribue fortement à un apprentissage pratique » (QET19_Annex_Tab).

Le deuxième lot, classe les logiciels comme support d'aide aux travaux pratiques. Pour illustration, certains apprenants déclarent que, les logiciels :

« Permettent de pratiquer, plus concret et d'être moins théorique,... » (QET15_Annex_Tab).

« Permettent de mettre en pratique les connaissances acquises pendant les cours théoriques » (QET25_Annex_Tab).

Le troisième lot, classe les logiciels comme environnement permettant de réaliser un gain en ressources, en coûts et en temps de production. Pour ceux-ci, le logiciel permet :

« La gestion automatisée des tâches qui induit un gain en beaucoup de ressources (temporaire, financière...) » (QET10_Annex_Tab).

« L'expérimenter sans avoir des équipements réels » (QET34_Annex_Tab).

Enfin, le quatrième lot, classe les logiciels comme moyen de rapprochement de l'apprenant à l'environnement socioprofessionnel. Sous cet angle, certains apprenants déclarent que les logiciels les ont :

« Rapprochés de la réalité pratique qui se fait sur le terrain » (QET32_Annex_Tab).

« Rapprochés de l'entreprise, de la profession » (QET33_Annex_Tab).

« Permis de simuler les applications en entreprise » (QET44_Annex_Tab).

L'analyse des déclarations des apprenants fait donc ressortir que l'usage des logiciels dans l'apprentissage des sciences pour ingénieurs a des effets positifs sur leur manière d'apprendre.

Les entrevues collectives réalisées auprès de nos étudiants interviewés lors de notre recherche, nous ont permis de mieux comprendre les avis des étudiants pour ce qui est de l'usage des logiciels de simulation en contexte de formation en ingénierie. Certains y voient aux logiciels de type « micro-monde » un environnement favorisant une parfaite exploration et représentation des concepts abordés en cours. Un étudiant affirme :

« À travers l'environnement Simulink de MATLAB, nous pouvons à présent avoir une représentation des signaux qui sont ou peuvent être assez complexes pour une réflexion. Et il est aussi possible de gérer facilement les signaux aléatoires ». (ENTEt2)

Si l'usage des logiciels de type « micro-monde » présente des atouts indéniables, il reste qu'il exige de la part de l'apprenant des connaissances en programmation. Ces manques de prérequis entraînent aussi bien du côté des apprenants que des enseignants un désaveu des logiciels de type « micro-monde » et une ruée vers les logiciels de type simulation didactique.

« Je ne m'y connais pas en programmation, je suis perdu dans les activités, la Didactique de Télécommunication sa passe encore puisque je n'ai qu'à apprendre à m'en servir ». (ENT-Etu5)

L'analyse de leurs discours permet également de dégager plusieurs effets des logiciels de simulation sur la formation des ingénieurs.

Les logiciels de simulation aide à virtualiser les environnements numériques de travail en rapprochant l'apprenant du monde de l'entreprise

Les étudiants mentionnent que les logiciels de simulation leur permettent de créer des environnements virtuels de test des situations réelles. Comme le déclarent les étudiants (QETU50 et QETU54) :

« C'est une bonne chose surtout que la formation doit se rapprocher le plus de ce qui est utilisé en entreprise et arrivé en entreprise il est plus facile pour nous de prendre la main sur les logiciels utilisés surtout quand ils ont des similitudes avec celle de simulations lors de notre formation. » (QETU50)

« La simulation est un meilleur moyen de préparer l'apprenant au monde professionnel. Il peut alors vite s'accommoder à un environnement de production réel. » (QETU54)

L'analyse des deux discours et biens d'autres allant dans le même sens, nous permet d'observer que l'usage des logiciels de simulation est un meilleur moyen en formation à distance. Il permet également de préparer l'apprenant au monde professionnel ou plu tard il pourra facilement s'accommoder à un environnement de production réel. Le logiciel de simulation a alors un impact direct sur la prévision des résultats en environnement de test et de prospection des résultats en environnement d'entreprise.

4.2.2 Les logiciels de simulation permettent de gagner en temps d'apprentissage et de production

L'usage des logiciels de simulation en contexte d'apprentissage permet d'économiser en temps, grâce à l'analyse prospective des résultats, de développer la compréhension du comportement du phénomène étudié. L'étudiant (QETU27) déclare :

« Le logiciel est un soutien certain à l'enseignement mais surtout à l'apprentissage. En ce qui concerne le didacticiel de radio communication mobile, il est à la fois la bibliothèque et le laboratoire de la formation MASTEL. La richesse du contenu, l'organisation des connaissances et le volume d'information simplifie significativement le travail de recherche et la compréhension des sujets. » (QETU27)

La figure 4 illustre un exemple de simulations avec la 'Didactique de Radiocommunications Mobile'. Elle simule le diagramme de rayonnement des antennes adaptatives à gauche et d'une antenne filaire à droite. Cette catégorie dispense l'apprenant des connaissances en programmation tout en insistant sur des fonctions pédagogiques telles que présenter l'information, dispenser les exercices, enseigner et captiver l'attention et la motivation de l'étudiant.

[<http://adjectif.sandbox-jp.fr/IMG/png/100000000000039e0000011deed5fe859ee2222a-2.png>]

Figure 4 : Exemple de simulations avec le didacticiel de Radiocommunications Mobile (« RadioCom »)

L'analyse des discours en relation avec l'apprentissage permet d'observer que l'usage des logiciels de simulation en formation en ingénierie permet un soutien des apprentissages en fonction des besoins des apprenants. Outre le gain en temps, le logiciel favorise un gain d'expérience ce qui impacte sur la production de l'apprenant à son insertion dans le monde l'entreprise.

4.2.3 Les logiciels de simulation permettent de réduire les coûts financiers d'équipements en laboratoire dans les écoles de formation en ingénierie

L'usage des logiciels de simulation en contexte de formation en ingénierie prépare l'apprenant à des situations réelles beaucoup plus complexes et parfois très coûteux à déployer en grandeur nature. L'étudiant (QETU13) déclare : « La simulation nous permet d'aller plus loin sans forcément le coût que nécessiterait une pratique grandeur nature sur les équipements réels. » (QETU13)

La figure 6 illustre un environnement réel de TP au laboratoire d'électronique. Le déploiement dudit environnement nécessite pour l'université plusieurs milliers d'euros avec un coût de maintenance élevé. Du fait du caractère coûteux du déploiement de ce laboratoire d'électronique, nous assistons à une restriction d'accès aux étudiants même de niveau 3. Pourtant plusieurs bancs d'essais expérimentaux correspondant aux activités de ce niveau d'étude pouvaient être faits dans ce laboratoire.

[<http://adjectif.sandbox-jp.fr/IMG/png/1000020100000320000001f48aba43356e698afc-2.png>]

Figure 5 : Environnement de TP d'électronique au laboratoire

La figure 6 présente un environnement virtuel de réalisation des TP basés sur l'utilisation des logiciels de conception et de simulation des circuits en 3D.

[<http://adjectif.sandbox-jp.fr/IMG/jpg/10000000000004090000027327296e87712f01f5-2.jpg>]

Figure 6 : Environnement de conception 3D et simulation des chaînes de montage électronique

Les environnements de conception et de simulation sont largement utilisés pour les enseignements d'électronique aussi bien en cycle de licence qu'en cycle de master et même de doctorat. Ici, puisque l'environnement est virtuel, chaque étudiant peut tester plusieurs circuits possibles contrairement au précédent où la manipulation des composants physiques engendre des coûts financiers pour le laboratoire. Il ressort de ce discours que grâce aux logiciels de simulations, l'apprenant peut procéder aux différents essais avant d'envisager des tests grandeur nature.

Les logiciels sont ainsi bien des outils d'aide à l'apprentissage et favorisent le développement des compétences professionnelles des apprenants. D'autres y trouvent aux logiciels des outils efficaces dont l'intérêt n'est plus à démontrer pour la formation en ingénierie en contexte de formation à distance. A titre d'illustration, nous avons les déclarations des étudiants n°3 et 10 :

« L'efficacité de tous ces outils n'est plus à démontrer. Une formation à distance ne peut se faire dans de bonnes conditions sans les TIC. » (ENT-ETU03)

« Sur une échelle de 1 à 5, l'usage des technologies occupe pour moi le niveau 5 et est d'une très grande efficacité dans mon développement des compétences » (ENT-ETU10)

Le constat global est donc que les différents usages des logiciels sont d'une efficacité certaine en formation des ingénieurs. Cependant, en contexte de formation à distance et afin de faire de leurs usages des outils complets d'aide à l'apprentissage, des mécanismes de suivis en ligne et/ou en présentiel devraient être pris en compte dans la formation des apprenants. C'est ce qui ressort de la proposition de l'étudiant n° 2 :

« Les logiciels professionnels viennent aujourd'hui faciliter la tâche aux ingénieurs. Il serait donc important que les logiciels, didacticiels et ressources Internet soient présentés, expliqués et mis à la disposition des étudiants par chaque enseignant lors des présentiels. » (ENT-ETU02)

5. Discussions des résultats

En ce qui concerne l'apport des usages des logiciels de simulation en apprentissage, 22 apprenants sur les 30 interviewés affirment qu'ils modifient profondément leur manière d'apprendre. Njingang Mbadjoin (2015) lors de l'analyse du dispositif MASTEL fait état de l'observation suivante : « [...], 229 Test d'auto évaluation, 25 Activités de simulation en pratique professionnelle, 25 activités conception (graphe et modélisation), et une absence d'opérations de télémanipulation d'objets réels. ». Il ressort également de la même recherche que : « ils sont une très faible minorité (soit moins de 3 %) à citer l'effectivité d'usage des outils de télémanipulation d'objet à distance ou de laboratoire virtuel. » (Mbadjoin, 2015 : P. 278). Ce résultat démontre et réconforte les trois catégories de logiciels précédemment citées.

En effet, grâce aux jeux de simulations, ils côtoient des réalités socioprofessionnelles proches des réalités du monde de l'entreprise. De même aussi, les logiciels permettent au développement de l'état cognitif de l'apprenant en ce sens qu'ils contribuent à leur aider à mieux assimiler les notions théoriques véhiculer pendant le cours. Globalement, grâce aux logiciels de simulation, la formation dans le domaine des sciences des ingénieurs ou ils facilitent la compréhension des notions théoriques abordées en cours par les enseignants. Les logiciels de simulation contribuent à la virtualisation des EAIH en rapprochant l'apprenant des situations réelles du monde de l'entreprise. C'est ce qui ressort de l'analyse du discours de cet étudiant qui déclare : « La simulation est un meilleur moyen de préparer l'apprenant au monde professionnel. Il peut alors vite s'accommoder à un environnement de production réel ».

Les logiciels ont permis d'améliorer les performances en améliorant les processus d'enseignement et d'apprentissage (Chekour et al., 2016 ; Droui & El Hajjami, 2014). Les raisons affectives qui se laissent transparaître de la motivation des étudiants constituent selon Biggs (1994), un élément de présage majeur de l'adoption d'un outil dans un dispositif de formation.

L'analyse des discours en relation avec l'apprentissage permet d'observer que l'usage des logiciels de simulation en formation des ingénieurs permet une compréhension rapide et l'étudiant apprend plus vite. Outre le gain en temps, le logiciel favorise un gain d'expérience ce qui impacte sur la production de l'apprenant et à son insertion dans le monde de l'entreprise. Ainsi, nous pouvons affirmer que l'usage des logiciels de simulation en contexte de formation en ingénierie prépare l'apprenant à des situations réelles beaucoup plus complexes et parfois très coûteux à déployer en grandeur nature. Dans cet ordre d'idée, un étudiant interviewé déclare : « la simulation nous permet d'aller plus loin sans forcément le coût que nécessiterait une pratique grandeur nature. » De ce fait, l'usage des logiciels de simulation en contexte d'apprentissage permet d'économiser en temps et en coût, grâce à l'analyse prospective des résultats de développer une compétence compréhensive du comportement du phénomène étudié.

Il ressort de la population des enquêtés que 78 répondants n'y croient pas du tout d'une telle éventualité ou seulement les logiciels seraient utilisés pour la réalisation de toutes les activités pratiques en formation dans le domaine des sciences pour ingénieurs. Un des étudiants interviewés déclare : « Tous les TPs concernant la sécurité des Systèmes d'Information (SI) peuvent se faire exclusivement avec des logiciels mais les TPs des télécommunications nécessitent de la manipulation ».

Nous remarquons que les travaux pratiques en sécurité des systèmes d'information au niveau logiciel peuvent faire recours aux connaissances d'ordre procédurales alors que les travaux pratiques au niveau des télécommunications font appel en plus des connaissances d'ordre procédurales des savoir-faire d'ordre manipulateur d'objets réels. Il faut toujours des cas de figure ou l'apprenant doit être en face d'un équipement physique pour analyser et comprendre le comportement réel d'un équipement suite à une commande par exemple. Un autre étudiant de déclarer :

« Les logiciels de simulation en formation en ingénierie ne peuvent remplacer les TPs pratiqués parce que ceux-ci assistent pour la plupart l'ingénieur dans la conception et ne prévoient pas tous les obstacles qu'il pourrait rencontrer sur le terrain ou pendant les TPs. » et un autre de renchérir : « Les TPs sont l'occasion de mieux cerner des choses qu'on ne peut apprendre par simulation ».

Certains enseignants affirment que l'usage des logiciels en formation des élèves ingénieurs est inefficace. Dans cet ordre d'idée nous avons la justification avancée par un enseignant : « [...] car je suis encore de ceux-là qui pensent que la formation par des logiciels reste encore beaucoup plus théorique et non opérationnelle dans les pratiques professionnelles, pour que les étudiants acquièrent totalement les compétences pour réellement être compétitif. [...] ».

La perception au vu de la compétence manipulatoire définie ce que Biggs (1994) qualifie de produit de formation. Les limites déclarées des usages des logiciels en formation dans le domaine de l'ingénierie sont donc fortement ancrées sur l'aptitude de l'apprenant à pouvoir en dehors, du logiciel être capable de manipuler manuellement des instruments physiques.

Nous avons observé lors des travaux pratiques que les étudiants étaient enthousiastes d'avoir appris à travers les logiciels, alors que lors de la phase 2 portant sur le déploiement, ils étaient confrontés aux problèmes de reconnaissance des équipements et des composants, des raccordements lorsqu'il s'agissait de souder un brin de fibre optique cassée ainsi que des difficultés d'ordre manipulatoire de certains équipements.

Cela nous laisse à croire que la connaissance acquise grâce aux logiciels était restée plus savoir que savoir-faire. Et se faisant, l'usage des logiciels de simulation se situerait alors comme état intermédiaire intéressant pour faciliter le passage entre réalité et théories. Les simulations peuvent donc contribuer à l'omission de certains facteurs avec pour conséquence que l'apprenant ne prenne pas en compte ces réalités annexes dans l'activité réelle.

Cela correspond à la remarque de Thomas et Hooper (1991) que dans certaines situations, l'apport des simulations est incertain, voire nul. Ceci prend corps dans le fait que lorsque l'apprenant n'a pas réussi son activité, il ne peut savoir quels aspects de son modèle du système sont inappropriés.

Toutefois, force est de constater que comprendre les représentations ne consiste pas simplement à savoir ce que les différents acteurs concernés pensent de la technologie, mais c'est également accéder aux fonctions que remplissent ces représentations. C'est une question à laquelle les auteurs comme Tonyé al. (2010) se sont intéressés depuis longtemps. Dans le cadre d'un projet qui a abouti au développement d'un didacticiel de radiocommunication mobile 'RadioCom', ces auteurs ont proposé un simulateur des concepts de télécommunications intégrant cours et activités corrigés couvrant une large gamme d'application dans le secteur des télécommunications. Le didacticiel qui a été conçu selon une approche socio-constructiviste comportant des activités de collaboration, favoriserait le conflit cognitif, le changement conceptuel et la compréhension des modèles largement utilisés en télécommunications. Mais alors, est-ce que ce didacticiel a donc permis aux apprenants d'être des ingénieurs accomplis ?

Les résultats des entrevues, l'analyse des données recueillies des enregistrements des séquences vidéo, des questionnaires et des traces récupérées ont permis de mieux comprendre le processus d'apprentissage des apprenants et ont montré une forte motivation et un engagement réel, tant cognitif que social dans le processus d'apprentissage. L'analyse de l'activité a dévoilé que les apprenants se sont montrés, d'emblée et jusqu'au bout, motivés et impliqués dans le processus d'apprentissage, témoignant d'un réel engagement cognitif.

La prise en compte par le didacticiel de 'RadioCom' du scénario de contrôle pédagogique a permis de jauger le bien-fondé de l'interactivité offerte à chacun des apprenants par le simulateur a été appréciée, en particulier pour visualiser les phénomènes de propagation des ondes et de rayonnement des ondes électromagnétiques par les antennes. Le côté ludique du didacticiel 'RadioCom' a également été de plus souligné. En fait, dans le questionnaire, les apprenants ont témoigné leur intérêt pour ce mode d'apprentissage et les avantages de l'usage de ce simulateur en apprentissage des télécommunications en général.

Dans le même ordre d'idée, les auteurs Droui et El Hajjami (2014) soulignent que « *la possibilité donnée au sujet de visualiser et de manipuler ces objets l'aide à surmonter certaines difficultés de compréhension liées aux dimensions conceptuelles, spatiales ou temporelles* » (P.9).

Cela d'autant plus que la visualisation des graphiques permet au sujet d'analyser les données et développe davantage son esprit critique (Roschelle et al., 2000). Dans le déroulé de la formation des ingénieurs à l'ENSP, le

didacticiel ' RadioCom' constitue certes un atout majeur pour l'enseignement des télécommunications aussi bien en présentiel qu'à distance. Également, en plus des travaux pratiques en salle, dans le schéma organisationnel, l'étudiant a obligation de passer un stage de 3 à 6 mois en entreprise, à la sortie duquel il rédige un mémoire de fin d'étude sous la direction d'un encadrant académique d'une part et un encadrant professionnel d'autre part.

Un responsable des programmes pour expliquer le caractère complémentaire (insiste sur le développement méta-cognitif grâce à l'usage des logiciels d'une part, et développement des compétences manipulateur grâce aux travaux pratiques d'autre part) en contexte de formation à distance.

Il observe ainsi que « les programmes dans leur déroulé comportent deux phases majeures, une phase en présentiel et une autre à distance, mais il ne faut pas oublier qu'il y a une autre phase aussi importante que les deux autres, la phase stage ». D'après lui, l'apprenant doit s'immerger totalement en milieu d'entreprise « ou il va se familiariser avec le monde socioprofessionnel et au sorti duquel un mémoire doit être défendu devant un jury » et de renchérir « Nous sommes là en plein coeur de la virtualisation de ce qui se passe en formation initiale à l'ENSP ».

6. Conclusion

Nous avons observé tout au long de ce développement que l'intégration du numérique en éducation a révélé des atouts et des faiblesses en contexte d'ingénierie de la formation. L'objet de cet article visait à identifier les apports et limites déclarés par les acteurs en particulier les apprenants eux-mêmes sur l'influence qu'exerceraient les logiciels de simulation dans leur environnement d'apprentissage. Sur une base méthodologique et objective, nous avons à base de plusieurs sources de données collectées des différents acteurs de la formation, identifié les différents atouts et limites de l'usage des logiciels en contexte de formation en ingénierie. Les perceptions des acteurs sont à la fois fortement marquées par une pluralité des points de vue partant des variables de présages aux variables de produits.

Les résultats liés aux variables de présage se contentent des mobiles qui ont poussé les acteurs à adopter tel ou tel autre logiciel comme outil d'enseignement ou d'apprentissage. Par contre, les résultats liés aux variables produits sont quant à eux directement en lien avec les attentes des acteurs vis-à-vis de l'objet d'étude.

A ce niveau, les acteurs se prononcent davantage sur les acquis développés grâce à l'usage de tel ou tel autre logiciel. Ainsi, les apports et les limites relevés par les acteurs sont globalement influencés par les perceptions avant et après usage des logiciels dans l'environnement de formation. Les limites déclarées des usages des logiciels en formation dans le domaine de l'ingénierie sont donc fortement ancrées sur l'aptitude de l'apprenant à pouvoir en dehors, du logiciel être capable de manipuler manuellement des instruments physiques.

Remerciements : Je tiens à adresser mes sincères remerciements à l'ensemble de l'équipe de la Chaire UNESCO CY Cergy Paris Université, et plus particulièrement au responsable Professeur **Alain Jaillet** pour le sens élevé d'encadrement, à mon directeur de thèse Professeur **Pierre Fonkoua** pour ses conseils avisés. Un clin d'oeil tout particulier au Professeur **Georges-Louis Baron**, pour qui ses critiques et conseils avisés, nous ont permis d'avoir une orientation nouvelle à notre recherche.]]

7. Références bibliographiques

Bétrancourt, M. (2003). Outil cognitif ou gadget ? *Psychoscope* 8/2003 vol 24. Journal Suisse des psychologues FPS.

Biggs, J. (1994). *Student Learning Research and Theory - where do we currently stand ?* in Gibbs, G. (ed.) *Improving Student Learning - Theory and Practice*. Oxford : Oxford Centre for Staff Development. Consulté le 29/03/2018 <http://www.londonmet.ac.uk/deliberations/ocslpublications/isltp-biggs.cfm>

Bisdikian, G. et Psillos, D. (2002). Enhancing the linking of theoretical knowledge to physical phenomena by real-time graphing. In D. Psillos et H. Niedderer (Eds) *Teaching and learning in the science laboratory* (Dordrecht : Kluwer), p.193-204.

Chekour Mohammed, Mohammed Laafou, Rachid Janati-Idrissi (2016). Vers l'introduction du simulateur Pspice dans l'enseignement de l'électricité : Cas du Tronc commun Sciences. <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1505e.htm> (consulté le 16 octobre 2019).

De Jong, T. et Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, p.179-201.

Droui, M. EL Hajjami, A (2014). Simulations informatiques en enseignement des sciences : apports et limites. *Revue EpiNet*, n 164, avril 2014. <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1404e.html> , dernière consultation juin 2016.

Fiolhais, C. et Trindade, J. A. (1998). Use of Computers in Physics Education, in : *Proceedings of the Euroconference'98-New Technologies of Higher Education*. Aveiro, Portugal.

Goldberg, F. et Otero, V. (2001). The roles of laboratory and computer simulator experiments in helping students develop a conceptual model of static electricity. In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, G. Bisdikian, G. Fassoulopoulos, E. Hatzikraniotis et M. Kallery (Eds) *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society* (Thessaloniki : Art of Text) p.2931.

Guéraud V., J-P. Pernin, J-M. Cagnat, G. Cortés (1999). Environnements d'apprentissage basés sur la simulation : propositions d'outils auteur et expérimentations. *Sciences et techniques éducatives*, 1999, p.1-54.

Hebenstreit, J (1992). Une rencontre du troisième type : simulation et pédagogie. In G.-L. Baron et J. Baudé (Eds), *Actes du Colloque L'intégration de l'informatique dans l'enseignement et la formation des enseignants* (p. 80-87). Paris : EPI-INRP. <http://epi.asso.fr/revue/dossiers/d12p080.htm>

Jimoyiannis, A. and V. Komis. (2001). Computer Simulations in Physics and Learning : A Case Study on Students' Understanding of Trajectory Motion. *Computers and Education*, 36, p.183-204.

Leproux Philippe, Barataud Denis, Bailly Serge, el Nieto Rapha (2012). LABENVI (laboratoire d'enseignement virtuel). Présentation et analyse des nouveaux usages pour la conduite de travaux pratiques à distance. *Interfaces numériques*, Lavoisier, 2012, VOL 2/3, pp.453-467.

Loisier, J. (2011). Mémoire. *Les nouveaux outils d'apprentissage encouragent-ils réellement la performance et la réussite des étudiants en FAD ?* Document produit par le REFAD (Réseau d'Enseignement Francophone à Distance) : Canada. (Ré http://www.refad.ca/recherche/TIC/TIC_et_reussite_des_etudiants.pdf (consulté le 06 juin

2018).

McIntyre, T. (1998). *A study of Internet use in undergraduate Physics teaching at the University of Queensland*, ED500 Report, Dept. Physics, Univ. of Queensland.

Mhiri, R., Nerguizian, V., Saliah-Hassane, H., Saad, M., Kane, H., Deschênes, J-S. (2012) Les TIC et les nouvelles perspectives pour des travaux de laboratoire à distance et en mode « lab@home ». In T. Karsenti et S. Collins (dir) Les TIC en éducation : bilan, enjeux et perspectives futures. *Colloques scientifiques 2012* : Montréal, Canada.

Niedderer, H., Aufschnaiter, S., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F. et Fischer, H. (2002). Talking physics in labwork contexts-A category based analysis of videotapes. In D. Psillos et H. Niedderer (Eds) *Teaching and learning in the science laboratory* (Dordrecht : Kluwer), p.31-40.

Njingang Mbadjoin, T. (2015). *Le changement par les technologies numériques en école d'ingénieurs : Étude d'impact*. Thèse de doctorat, Science de l'éducation, Université Cergy Pontoise, France, 342 pages.

Rebetez, C. (2004). *Sous quelles conditions l'animation améliore-t-elle l'apprentissage ?* Mémoire de DESS. TECFA, Faculté de Psychologie et Sciences de l'Éducation, Unige.

Richoux B., Salvetat C. et Beaufiles D. (2002). Simulation numérique dans l'enseignement de la physique : enjeux, conditions, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n°842, p.497522.

Roschelle, J., Pea, R., Hoadley, C., Gordin, D. et Means, B. (2000). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. *The Future of Children*, 10(2), p. 76-101.

Thomas, R., et Hooper, E. (1991). Simulations : An opportunity we are missing. *Journal of Research on Computing in Education*, 23, p.497-513.

Tonye E., (2010). Modélisation d'un dispositif pour la formation ouverte et à distance dans les pays africains subsahariens. *frantice.net*, N°2, p 72-85, décembre 2010, www.frantice.net. (Consulté en juin 2018).

Zacharia, Z. (2003). Beliefs, attitudes and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), p.792-823.

Annexe

Tableau 1 : Justificatifs des apprenants sur le fait que les logiciels modifient leur manière d'apprendre

Étudiant	Argument du oui
1	Maîtrise des apprentissages
2	Apprentissage par application
3	Meilleure compréhension des notions théoriques

4	Pratique
5	Cas pratiques
6	Il facilite la compréhension
7	cela rend la formation plus pratique
8	Facilite la compréhension du cours par son aspect pratique
9	par exemple le didacticiel de radiocom avait beaucoup d'informations que nous recherchions sans plus fournir trop d'effort sur internet
10	gestion automatisée des tâches qui induit un gain en beaucoup de ressources (temporaire, financière...)
11	Application pratique des cours théoriques
12	plus pratique
13	on assimile mieux et on retient et comprend vite les aspects techniques
14	Cela influence la phase pratique au vu de l'environnement de travail quotidien d'un apprenant. Moins c'est récent, plus il y a difficulté à mettre en oeuvre (pour certains cas
15	cela permet de pratiquer, plus concret et d'être moins théorique. un avantage pour nous qui sommes quand même déjà en entreprise
16	Fait vivre la réalité
17	En améliorant la pratique
18	Cela facilite l'apprentissage
19	renforce la compréhension et contribue fortement à un apprentissage pratique
20	C'est une véritable de 'Learning by doing'
21	Mise en oeuvre par simulation des cours théorique
22	Permet d'avoir une vision plus clarifiée des différents concepts
23	Car nous pouvons assimiler la théorie à la pratique
24	Le logiciel permet de virtualiser l'apprentissage. Les documents sont numérique, On n'a pas besoins de tous les transporter physiquement. Et c'est bien vu leur grand nombre. Mais il faut s'y faire, et ce n'est pas évident pour la première fois, de tout lire à l'écran et assis tout le temps. (de façon classique, on peut aller sous un lampadaire, lire debout et ainsi alterner les positions assise et debout et la lecture en marche, ce qui qui est moins fatigant)
25	Ils permettent de mettre en pratique les connaissances acquises pendant les cours théoriques
26	permet parfois de simuler certaines théories
27	permet parfois de simuler certaines théories et les rend plus compréhensibles
28	Permet de mieux mettre en pratique les cours
29	Aide l'étudiant

30	On fait la pratique et cela facilite l'assimilation de la théorie
31	Permet de mettre en pratique les enseignements reçus
32	cela nous a rapprochés de la réalité pratique qui se fait sur le terrain
33	Nous rapproche de l'entreprise, de la profession.
34	expérimenter sans avoir des équipements réels
35	ils permettent de faire de simulations et autres travaux
36	Dans la méthodologie de travail
37	Simulation, conception et interaction
38	Mise en pratique (cas pratique)
39	expérience pratique
40	Les logiciels nous permettent de mettre en pratique les cours
41	Améliore la formation de l'étudiant lui facilitant les tâches pour la présentation de son Savoir et la compréhension de ses idées
42	cela te permet de faire des simulations comme en temps réel
43	Permettent de mettre en application les items étudiés
44	Ils permettent de simuler les applications en entreprise
45	Ils permettent d'immédiatement mettre en pratique et l'on s'habitue à l'environnement au cas où c'est un nouveau logiciel à apprendre

Post-scriptum :

Abstract

The advent of digital education is strongly influenced by the integration of NICTs in training. The training environment in universities is dominated by the use of computers, the Internet, and software in both teaching and learning. Through this research, we want to answer the question : What perceptions actors in the context of engineering training have of the contributions and limitations of the use of simulation software in the domain of teaching and/or learning telecommunications ? Our objective was to identify the strengths and weaknesses reported by the students and the feedback they have from the use of simulation software in their learning environment.

A methodological approach of an exploratory type, involving several sources of data collection, including a questionnaire intended for students (n = 140), where we gave greater importance to the answers to open-ended questions, and semi-structured collective interviews with students (n = 30), was used to answer our research question. Student perceptions are both strongly marked by a plurality of perspectives ranging from predictors to product variables.

The results related to the omen variables are satisfied with the motives that led the actors to adopt such or such other software as a teaching or learning tool. On the other hand, the results related to the product variables are directly related to the expectations of the actors with regard to the object of study. At this level, the stakeholders have a greater say in the learning outcomes developed thanks to the use of this or that software.

Thus, the contributions and limitations noted by the stakeholders are globally influenced by the perceptions before and after use of the software in the training environment.

Keywords : Software, Engineering Sciences, Perception, Learning, Student