

Images numériques : simulations et vidéos. Quels apports pour l'enseignement apprentissage de la physique ?

Harinosy RATOMPOMALALA*, Judith Razafimbelo**

*Université d'Antananarivo. harinosy.ratompomalala@gmail.com

**Université d'Antananarivo. judithrazafimbelo@gmail.com

ENTREES D'INDEX

Mots clés : Simulation numérique, vidéo, jeunes, enseignement des sciences, mécanique, électricité, évaluation

Keywords: Digital simulation, videos, young, sciences teaching, mechanics, electricity, assessment.

RESUME

Les images comme outil d'enseignement-apprentissage ont été une source de controverses depuis l'Antiquité. Elles ont été considérées comme une aide, mais aussi comme un piège de facilité, qui détournerait l'enseignement de ses objectifs. Ce n'est que vers le XX^e siècle que leur importance pédagogique a été comprise et acceptée. En cette époque de l'avènement du numérique, l'enseignement des sciences physiques dans les établissements Malagasy reste confronté à une pénurie de ressources, alors que les outils numériques donnés aux établissements restent inutilisés. Ce travail de recherche montre l'évolution de l'accès au numérique par les jeunes lycéens, leur appétence pour les images, en particulier les vidéos. Il décrit aussi les expérimentations réalisées afin de comparer l'efficacité des images numériques sous forme de simulation ou de vidéo à celle des expériences réelles, dans l'apprentissage de la mécanique et de l'électricité. Des réflexions sont menées pour expliciter les résultats obtenus.

ABSTRACT

Since Antiquity, using pictures illustrations as teaching/learning tools has been a subject of controversy. They have been considered as an aid, but also as an easy option trap which diverts teaching from its goals. It was only towards the 20th century that the importance of digital pictures was understood and accepted. During that period, marked by the rise of the digital, Physical Sciences teaching has been confronted to resources shortage in Malagasy schools, while Digital tools given to those schools were not being used. This research paper shows the trends in high schoolers' access to digital medias (graphical illustrations and videos), the trends in their appétence towards them specifically towards videos. It also describes the experiments undertaken in order to compare the efficiency of using digital simulation or videos in learning Mechanics and Electricity compared to real experiments. Ideas are given to supply reflection and to explain the obtained results.

1. Introduction

La disponibilité des moyens actuels, ainsi que les preuves données par la recherche sur leur efficacité (Cox, 2012 ; Slykhuis et Krall, 2011) devraient aboutir à une utilisation importante des TIC dans les classes, en particulier pour l'enseignement des sciences.

L'enseignement apprentissage des sciences physiques à Madagascar est confronté à une pénurie de ressources expérimentales, et même les manuels à la disposition des enseignants sont rares. Le Ministère de l'Education Nationale a donc encouragé l'utilisation d'outils numériques depuis environ une dizaine d'années, pour inciter les enseignants à abandonner l'enseignement purement théorique. Cependant, actuellement encore, rares sont les enseignants à Madagascar, qui ont intégré le numérique dans leurs pratiques. Parmi les raisons évoquées par certains enseignants résolument « anti numériques » figure la crainte de perdre leur temps pour des activités qu'ils pensent inefficaces au point de vue résultats des évaluations.

Nous avons donc voulu, dans deux domaines différents de la physique, la mécanique et l'électricité, apprécier l'apport des outils numériques, sous forme de simulation et de vidéo, à travers les résultats de l'évaluation des élèves du lycée. En effet, de telles présentations multimédia combinant des textes, des images vidéo, et des sons permettent aux élèves de mieux comprendre par rapport à une simple présentation orale. Cette opinion a d'ailleurs été largement discutée (Beaufils, 1995).

Deux études contrastives ont été menées dans ce sens.

En mécanique, la même évaluation a été donnée à deux groupes d'élèves de classes différentes, en seconde, c'est-à-dire en dixième année de scolarisation (âgés de 15 ans environ). L'enseignant a traité la même leçon de statique dans les deux groupes mais en utilisant des supports différents : dans le premier il a exploité un dispositif expérimental, et dans le deuxième, une animation avec exactement le même dispositif.

En électricité, une expérimentation a été réalisée sur deux groupes d'élèves de la classe de seconde, dont le premier a bénéficié d'un enseignement classique où les outils de l'enseignant sont les craies, le tableau noir, ainsi que quelques matériels expérimentaux ; dans l'autre groupe, le même chapitre a été enseigné en utilisant des vidéos récupérées sur You Tube, puis montées et scénarisées pour les besoins de l'enseignement.

Les pourcentages de réussite aux évaluations, dont les questions ont été rapportées à la taxonomie de Bloom, ont été analysés par la suite.

2. Etat de l'art

Avant d'aller plus loin dans notre démarche, il convient de préciser le sens des termes qui seront souvent utilisés au cours de ce travail, puis de réaliser un tour d'horizon des recherches effectuées sur les utilisations pédagogiques de l'image.

2.1. DE QUELLE IMAGE PARLE-T-ON ?

A l'origine, le terme image vient du latin « imago », qui signifie masque mortuaire (Joly, 2002). De la cire était placée sur le visage des personnes décédées juste après leur mort, pour capter un dernier portrait à trois dimensions, très ressemblant. Ces masques étaient ensuite placés dans la maison ancestrale afin qu'ils ne soient pas oubliés par leurs descendants. L'image fait donc référence à la fois à une ressemblance et à une représentation ou à un souvenir.

Cependant, selon Joly (2002), le terme « image » est polysémique, et peut ramener à des significations multiples plus ou moins reliées entre elles.

Cette auteure différencie plusieurs types d'images. Les images mentales sont les interprétations de la réalité par l'homme : il s'agit de ses représentations, de ses rêves... Les images ayant une existence matérielle sont les images enregistrées, qui sont des reproductions ou des enregistrements plus ou moins fidèles de la réalité (photographies, films et vidéos) tandis que les images construites sont celles qui ont été dessinées par l'homme, mais qui peuvent aussi avoir été fabriquées à l'aide des logiciels numériques.

1.1.1. Images fixes, images animées

Si la locution « sage comme une image », ramène à une signification liée au sens commun, qui sous-entend une image fixe, qui ne bouge pas, qui ne parle pas (photographie, peinture), de leur côté les scientifiques, considèrent l'image comme la visualisation de phénomènes, qui permettent d'observer la réalité de manière plus ou moins directe, plus ou moins précise : scanner, IRM, radiographie, en sont des exemples (Ardon, 2002).

Avec l'évolution de la technologie, le terme image s'est plus tard rapproché des multimédia : la télévision, la vidéo, les films à usages plus ou moins publicitaires. Il s'agissait au début de plusieurs images analogiques différentes, projetées de manière à donner l'illusion du mouvement, qui constituèrent les premières projections filmiques.

1.1.2. Image numérique vs image construite

La technologie a rendu plus tard possible l'acquisition des images réelles sous forme binaire. Projetées à un rythme plus soutenu, avec résolution améliorée, les images numériques ainsi obtenues ont donné lieu à des vidéos de meilleure qualité, qui peuvent être traitées. Nous voulons parler de découpage, de suppression ou d'insertion de séquences, et même de modification des images. Ces images numériques peuvent être stockées sur des supports divers, du CD ROM au DVD, clé USB..., ou transmises sur Internet.

You Tube, est un des sites les plus connus permettant l'échange de vidéos. Il fut créé en 2005 par Chad Hurley, Steve Chen, et Jawed Karim, et racheté par Google en 2006 (Duvernois, 2016). Si au début, ce site fut conçu pour permettre aux adhérents d'échanger les vidéos où ils se mettaient en scène, très vite son potentiel fut reconnu, et déjà en 2006, des chaînes de télévision célèbres comme NBC ou CBS devinrent ses partenaires. Depuis 2010, toutes les vidéos de You Tube sont converties en format WebM, format ouvert et libre, autorisant leur modification et leur utilisation par tous les adhérents. Les statistiques montrent l'engouement actuel pour You Tube. En France, par exemple, 81% de la population connectée viennent sur You Tube dont 64% pour se divertir, 52% pour apprendre, et 14% pour consulter des offres (Pignol, 2017).

Un autre apport de l'avancée de la technologie fut la possibilité de créer directement des images, à partir d'une programmation informatique. Ces « images de synthèse », peuvent être animées, modifiées, programmées, et ont été utilisées pour modéliser les phénomènes courants. Cela a permis à l'observateur de devenir « expérimentateur » puisqu'il peut agir de manière interactive sur les images. Ce principe, d'abord utilisé pour les « jeux vidéo », a été repris pour la fabrication de simulations numériques, devenues courantes dans l'enseignement des sciences.

Dans la suite de ce travail, nous nous intéressons aux deux formes d'images numériques matérielles : images construites (simulations numériques interactives) et images enregistrées (vidéos), utilisées dans un but d'enseignement.

2.2. STATUT DES IMAGES ET ENSEIGNEMENT

Nous consacrerons cette partie à l'image « artéfact », utilisée dans un but d'enseignement, et particulièrement pour enseigner les sciences physiques et chimiques.

Plusieurs statuts pédagogiques de l'image relevés dans les études antérieures montrent l'évolution du rapport à l'image au cours du temps. Ces statuts ne sont pas exclusifs et certains ont coexisté dans le monde de l'enseignement.

1.1.3. Le déni de l'image

A l'origine, l'image était considérée comme l'ennemie absolue de l'enseignement. Platon, dans le mythe de la caverne, la considère comme une représentation déformée de la réalité, un obstacle à la pédagogie, car afin de pouvoir conceptualiser, il faut dégager de l'esprit les illusions et apparences que produit l'image.

Des auteurs du XX^e siècle renforcent encore ce statut de l'image, en particulier des images animées. Duhamel (1930), cité sur le site Le conflit¹ (2010), affirme que le cinéma est « un passe-temps d'illettrés ». Jacquinet (1977) dénonce le paradoxe selon lequel l'avancée technique de la société d'alors, a mis à la disposition de la société une profusion d'images, qu'elle consomme à outrance, tout en la dévalorisant. Elle déclare que « *la prédominance de l'imprimé comme moyen de communication a fait de l'analyse abstraite et rationnelle la priorité pour l'éducation et la culture -notamment dans nos sociétés occidentales* ». Postman (1981) estime que la résistance à « l'invasion » de l'image dans le vécu des élèves est un des rôles prioritaires de l'école. Pour lui, l'enseignement par l'image nuit à l'acquisition des concepts ; au contraire, il faut renforcer l'écrit pour ne pas se laisser prendre dans ce piège. Une démarche inductive allant de cas multiples à une idée unique qui sera ensuite traduite en formule, est, selon lui, celle qui devrait être valorisée par les enseignants de sciences. Même si, dans certains cas inévitables, l'enseignant utilise l'image, ce sera uniquement pour rechercher ce qui peut être conceptualisé, afin que par la suite, l'apprenant n'ait plus besoin de l'image pour penser.

L'esprit positiviste et le scientisme du XIX^e siècle ont contribué à cette dévalorisation de l'image.

La Borderie (1997) considère l'image, et surtout les films et la télévision, comme une dégradation des pratiques culturelles, favorisant l'effondrement des valeurs. Mélot (2001) explique cet état d'esprit par la profusion d'images inutiles et non pertinentes mais surévaluées dans les supports multimédias, entraînant la méfiance de la plupart des intellectuels de son époque.

Cette crainte « viscérale » de l'image se retrouve encore chez beaucoup d'enseignants (Meirieu, 2003)

1.1.4. La reconnaissance pédagogique de l'image

Malgré ces considérations non reluisantes de l'image, leur importance croissante dans la société a incité les enseignants à les utiliser.

a) L'image pour illustrer

¹<http://www.leconflit.com/article-le-cinema-comme-detournement-d-attention-51038854.html>

Vers le XIX^e et le début du XX^e siècle, l'enseignement était dominé par l'écrit. Des textes longs, plus ou moins détaillés, le plus souvent rébarbatifs remplissaient livres et manuels d'enseignement. En physique et chimie, nous nous souvenons encore des fameux Cessac et Treherne de l'édition Nathan. Quelques images sont alors proposées pour faire avaler la pilule. Meirieu (2003) les qualifie de « miel sur la coupe », ou « d'enluminure ».

b) L'image icône

Très souvent, les longs textes attirent moins les élèves que les « enluminures » ; ces derniers passent alors au statut d'icône, et deviennent symbole, véhiculant une représentation. Ils revêtent une signification plutôt morale que conceptuelle. Les cartes géographiques sont citées par Meirieu comme incitant les élèves à placer les pays occidentaux dits « du nord », situés en haut, comme proches du ciel, et les pays dits du sud, conventionnellement situés en bas sur la carte, comme comparables à l'enfer.

c) L'image comme structure, au centre de l'apprentissage

Vers 1985, une tendance à mettre au même niveau l'écrit, l'oral et l'image dans l'apprentissage est née. En 1994, Bognoux et Olivier affirmaient que, d'une part, les illustrations nous abusent car l'image n'est pas la servante du texte ni l'auxiliaire indispensable de la pensée, et, d'autre part, l'image n'est pas non plus un obstacle empêchant l'esprit, de s'élever au concept ou à l'abstraction. Dans le système éducatif français, l'utilisation de l'image, au même titre qu'un texte a été préconisée dans toutes les disciplines depuis 1995. Elle est devenue incontournable.

Si des films historiques ont été introduits dans l'enseignement de l'histoire (Demougin, 1996), des vidéos ont été aussi utilisés dans l'enseignement des sciences. En effet, selon certains auteurs, face au déferlement d'images prodiguées par la télévision, le cinéma, les jeux électroniques, une partie de la communauté éducative a considéré que « pour protéger les enfants des méfaits possibles de l'information et du déferlement d'images dont elle s'alimente, mieux vaut les armer que tenter de leur en interdire l'accès » (La Borderie, 1997). Meirieu (2003) explique l'attitude d'un enfant lorsqu'on utilise des images en classe, en la comparant à celle qu'il a chez lui. L'enfant regarde la télévision dans une pièce éclairée où les gens mangent, téléphonent, lisent, se disputent ... Il y a « un machin » qui cause et l'on essaie de changer de chaîne pour trouver « un truc » intéressant. Beaucoup d'enfants rentrent dans la salle de classe comme ils rentrent dans leur salon ou leur salle à manger : l'enseignant remplace l'image « qui cause » dans la télévision ... on laisse « causer » la télévision et on fait des tas de choses à côté, et puis, de temps en temps, on se branche : « Tiens c'est pas bête ce qu'il dit, mais c'est quand même vraiment ennuyeux qu'on ne puisse pas changer de chaîne ». Il faudrait que l'école puisse faire face à ce phénomène de société.

Il est donc nécessaire de donner aux apprenants une éducation à l'image, afin de leur fournir les référents indispensables pour décrypter les images à leur disposition. L'image est une structure complexe, selon Meirieu (2003), et elle doit être analysée dans ses moindres détails, en tenant compte des conditions de prise de vue (sélection de la profondeur de champ, du point de vue ...). Il faudra que l'élève apprenne à « décortiquer » et à analyser l'image de manière aussi objective que possible. L'enseignant devra lui apprendre à rendre compte d'une image avec des mots, à mieux la percevoir, à en identifier les informations utiles, et à ne pas se laisser abuser par elle. Les jeux électroniques ou les émissions de télévision, ont tendance à amener les enfants à considérer le

monde entier comme un jouet. Il est fondamental que l'éducation à l'image permette aux élèves de résister à la toute puissance de l'imaginaire.

Cependant, une déconstruction poussée à l'extrême pourrait constituer un obstacle pour les messages éducatifs ou didactiques que l'image pourrait véhiculer. Comprendre l'image signifierait être capable de déduire les signes qu'elle renferme la signification et les messages qu'elle est capable de transmettre (Meirieu, 2003).

d) L'image comme projet

Selon Ardon (2002), « l'éducation à l'image se fait selon deux modes, celui de la réception et celui de la production ». Même si les situations de réception sont les plus fréquentes, on estime que c'est en produisant que l'on apprend à maîtriser l'image. Il ne s'agit pas de former des spécialistes, mais d'aider les élèves à devenir des utilisateurs critiques et avertis des médias, et de définir des exigences acceptables par rapport à leur niveau.

L'élève est mis dans une situation où il est l'acteur, pouvant construire ou déconstruire l'image, et en modifier les paramètres. Nous pensons aux simulations numériques interactives, utilisées dans l'enseignement des matières scientifiques, mais aussi aux enregistrements et aux exploitations de séquences vidéo. Cette perspective très formatrice a l'inconvénient d'induire la tentation sur la valorisation de la construction au bénéfice de l'apprentissage des concepts. La tâche est tellement valorisée, que l'apprenant (et quelquefois l'enseignant) oublie son objectif.

Il a donc fallu plusieurs siècles pour que les éducateurs prennent conscience de l'importance de l'image dans l'enseignement. Mais certains enseignants ont gardé une méfiance à l'égard des images, alors que les actions menées par ceux qui y sont favorables sont encore le plus souvent dispersées. Les actions de formation, trop peu nombreuses, n'ont pas eu l'efficacité désirée.

2.3. LES IMAGES POUR ENSEIGNER ET APPRENDRE

Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'usage des images enregistrées et construites dans l'enseignement apprentissage. Bryan (2006), Slykhuis et Krall (2011), Cox (2012), Alev (2003), affirment que l'utilisation des TIC pour l'enseignement de la physique et de la chimie permet aux enseignants et éducateurs d'améliorer la qualité de l'enseignement/apprentissage et donc d'améliorer les compétences des étudiants dans cette matière.

1.1.5. La vidéo

Selon Caumeil (2014), l'utilisation des films pédagogiques a débuté après la première guerre mondiale.

Dès la fin du XIX^e siècle, Buisson a préconisé de nouvelles pédagogies, considérées alors comme innovantes, et basées sur les techniques d'animation d'images. Il réalisa des projections lumineuses sur du verre, utilisant le principe de la lanterne magique. Le papier et le verre étant fragiles, Phaté créa le support perforé et gélatineux de 35mm, qui fut à la base des projections de 1920 – 1930 par la firme Phatéorama. Puis en 1930, les responsables des films pédagogiques des académies françaises se regroupèrent dans la Fédération des Offices du Cinéma Educateur.

Les travaux de Meringoff *et al.* (1983) ont montré que durant la lecture de supports vidéo, les processus de mémorisation et de résolution de problème des élèves sont renforcés. Bergsma (2002) explique ce renforcement par la juxtaposition de l'émotion et de la cognition qui sont les caractéristiques du visionnement d'images animées. Karsenti *et al.* (2012) valident ces résultats pour les élèves de 10 à 17 ans. Ils confirment que les TIC et les supports vidéos et multimédia ont un effet

positif sur l'accès à l'information et aux ressources éducatives, tant pour les élèves que pour les enseignants. Ils montrent aussi à partir d'une enquête par questionnaire que les élèves sont plus motivés mais aussi plus réactifs face aux apprentissages en situation d'utilisation de ces médias (TIC et vidéos). Alava (2015) cite à ce propos les travaux effectués en psychologie cognitive conduits en situation expérimentale de réception et de mémorisation des informations par Wiman et Meierhenry (1969), montrant que les élèves mémorisent généralement 10 % de ce qu'ils lisent, 20 % de ce qu'ils entendent, 30 % de ce qu'ils voient, et 50 % de ce qu'ils voient et entendent. D'où l'intérêt de la vidéo, où les élèves regardent et écoutent.

Les travaux de Willmot *et al.* (2012) sur un groupe d'étudiants âgés de 18 à 26 ans en sciences, technologie, sciences de l'ingénieur et mathématiques (STEM) montrent encore qu'il y a un effet mesurable (corrélation) entre l'utilisation en formation de la vidéo numérique et i) l'augmentation de la motivation des élèves ii) l'amélioration de l'expérience d'apprentissage iii) l'obtention de notes plus élevées iv) l'apparition d'un potentiel de développement permettant un apprentissage plus approfondi du sujet et le développement de l'autonomie de l'apprenant.

Utiliser des supports vidéo augmente la motivation et améliore les notes des élèves faibles, selon le rapport du Programme de recherche et d'orientation pédagogique (Desparois et Lambert, 2014). Des travaux effectués dans le cadre du réseau Canopé² ont aussi montré que l'utilisation des supports vidéo dans des cas où les élèves avaient des difficultés pour lier savoir et savoir-faire a permis aux élèves d'acquérir des gestes pratiques, de réactiver leurs connaissances, et, s'ils ont la possibilité de revoir librement le support vidéo, de réviser en autonomie (Enea, 2017).

Dans l'enseignement des sciences physiques, un des avantages des supports vidéo selon Bryan (2006), est que partant de phénomènes réels au départ, ils n'excluent pas les erreurs, qui peuvent provenir de l'expérimentateur, de la qualité de la vidéo etc., comme il est souvent le cas dans les simulations. Ils sont donc plus proches de la réalité que ces derniers.

1.1.6. La simulation numérique

La simulation numérique est constituée par des images numériques construites à l'aide de calculs mathématiques et/ou d'une programmation informatique, pour reproduire ou modéliser un phénomène physique, en totalité ou en partie. Selon Pastré (2006), les simulations « de faible fidélité » peuvent être comparables à des situations didactiques dans le sens de Brousseau (1998). Elles peuvent être considérées comme des transpositions de situations où sont supprimées les fonctions annexes et superflues (exemple : interactions avec l'environnement), mais où tous les éléments de la structure conceptuelle de la situation de référence sont conservés. Elles contribuent alors à la médiation et à l'étayage des savoirs, et amènent les élèves à un degré supérieur de généralisation et d'abstraction. Mais d'autres types de simulation peuvent se rapprocher du jeu, comme la simulation « à pleine échelle » utilisée dans les études de santé³ ; et l'alternance de ces deux types de simulations contribuerait dans une large mesure à la conceptualisation de l'élève.

La simulation numérique se situe entre le modèle théorique et la réalité physique, et permet de visualiser simultanément et de relier plusieurs représentations non langagières d'un concept

² Canopé : le réseau de création et d'accompagnement pédagogique : <https://www.reseau-canope.fr/notice/tutoriels-pour-les-gestes-professionnels.html>

³ Simulation à pleine échelle : utilisation de mannequins robotisés pour simuler et reproduire les réactions du corps humain. <https://unisimes.unistra.fr/les-gestes-techniques/>

(graphiques, formules, symboles et images), ce qui, selon Cholmsky (2003, cité par Roy, 2004), favorise l'apprentissage.

Justement, une des difficultés de l'enseignement des sciences physiques se situe au niveau du transfert entre les modèles théoriques et les manifestations physiques des phénomènes étudiés. Les élèves ne sauront pas, par exemple, décrire l'aspect microscopique de l'eau ou de la glace, alors que ces corps leur sont familiers. La simulation servira d'intermédiaire entre les deux niveaux de compréhension (Richoux, Saveltat et Beauvils, 2002), microscopique et macroscopique, en montrant les molécules dans l'eau ou dans un morceau de glace.

Elle permet aussi d'explorer des systèmes complexes, que l'enseignement tend souvent à simplifier en les montrant de façon statique (exemple : photographie ou dessin du système solaire). Certaines simulations ont donc été créées pour permettre aux élèves d'aborder l'aspect dynamique de ces systèmes, et diminuer ainsi l'écart entre la réalité et le scolaire.

De plus, un simulateur peut réagir à des modifications de paramètres, ce qui permet une rétroaction instantanée, pas toujours réalisable avec les expériences réelles, pour des raisons de sécurité ou d'insuffisance de moyens. Coquidé *et al.* (2006) déclare que cette composante expérientielle de la simulation est un atout non négligeable dans les stratégies d'enseignement.

L'utilisation des simulations pour l'enseignement-apprentissage modifie donc les rôles de l'élève et de l'enseignant. L'élève est actif : il agit avec et sur l'objet d'apprentissage, et apprend plus efficacement que s'il était seulement récepteur d'informations (Roschelle *et al.*, 2000). L'organisation est plus souple, et lui permet de discuter avec ses pairs. Au lieu de faire un exposé magistral, et d'imposer à tous un même rythme d'apprentissage, l'enseignant devient un guide. Il a alors plus de temps pour accompagner et cibler les besoins précis des élèves, individuellement ou par groupe. La simulation est ainsi un outil favorisant l'individualisation de l'enseignement. Des travaux comparant l'impact de l'utilisation de la simulation par rapport à une stratégie transmissive sous forme d'exposé ont été réalisés dans plusieurs domaines depuis plusieurs années : en biologie (Rivers et Vockell, 1987), en mécanique (Rieber, Boyce et Assad, 1990), ou bien encore en électricité (Carlsen et André, 1992). D'autres recherches explorent les procédures d'enseignement ou de médiation ayant recours à de la simulation ou montrent l'importance du contexte d'enseignement ou d'apprentissage et la nécessité d'une médiation adaptée, en particulier pour les plus jeunes élèves, lors de l'enseignement par la simulation, qui, en fin de compte n'est qu'un artéfact.

L'utilisation des simulations est cependant soumise à plusieurs limites : il peut arriver que la facilité relative de leur utilisation par rapport aux préparations des expériences conduise les enseignants à délaisser l'étude du réel pour lui substituer le virtuel (Brezin, 2007). Apprendre avec un logiciel de simulation, c'est apprendre les règles du modèle qui permet de générer les événements simulés. Or, ce modèle élémentaire décontextualisé et simplifié pourrait amener l'apprenant à minimiser l'importance du domaine de validité du modèle étudié, et à oublier que certaines règles ne sont pas applicables à une réalité riche et complexe. L'usage de la simulation doit donc s'accompagner d'un travail de décodage car il ne suffit pas de donner à voir pour faire comprendre. Afin de favoriser la construction du savoir et éviter le dogmatisme et les interprétations erronées, il est important que la simulation fonctionne comme un « modèle outil » plutôt qu'un « modèle solution ». L'ajout de fonctions de commande dépendant du but à atteindre peut aussi constituer une différence par rapport à la situation de référence.

3. Méthodologie

L'enseignement des sciences physiques à Madagascar est caractérisé par une pénurie de supports matériels (Ratompomalala *et al.*, 2017). Cependant, depuis quelques années, un effort pour l'introduction du numérique a été réalisé, et des timides utilisations se font dans quelques établissements.

L'impossibilité matérielle actuelle à réaliser des expériences au laboratoire, ainsi que les recherches valorisant l'utilisation des images dans l'enseignement nous ont amenés à la question de recherche suivante : dans quelle mesure l'utilisation des images construites comme support didactique pourrait-elle améliorer les résultats des apprentissages en physique ?

3.1. UN RETOUR SUR LES ETUDES PRELIMINAIRES

Ce travail est en premier lieu une synthèse d'études traitant cette problématique dans le cas d'Antananarivo, réalisées par deux étudiants, l'une en 2014 (Randriananja, 2014), et l'autre en 2016 (Andrianarivony, 2016). La première s'intéresse aux images construites, sous forme de simulation numérique, et la deuxième aux images enregistrées sous forme de vidéos et récupérées sur YouTube.

Les établissements choisis sont ceux où ces étudiants avaient effectué auparavant leurs stages d'enseignement, ce qui a facilité les contacts avec l'administration. Ces établissements disposent tous d'une salle d'informatique, réservée au cours d'informatique bureautique programmé dans l'emploi du temps ; le ratio est de un à cinq élèves par ordinateur. Ils possèdent aussi une médiathèque connectée, où les élèves peuvent aller librement.

La stratégie est similaire dans les deux cas. D'abord une enquête par questionnaire a été réalisée pour déterminer l'importance de l'image pour des lycéens vivant en milieu urbain et en milieu rural. Une expérimentation a ensuite été conduite pour identifier les aspects communs et les contrastes éventuels entre les résultats de groupes d'élèves ayant bénéficié de supports didactiques différents au cours de l'enseignement de la physique. Les résultats des évaluations ont été analysés par rapport à la taxonomie de Bloom.

L'échantillonnage est non aléatoire, et basé sur le volontariat des enseignants qui ont bien voulu participer à l'expérimentation et accepté que les étudiants enseignent les élèves à leur place.

1.1.7. Les questionnaires

Les questionnaires sont globalement constitués de deux parties : la première partie s'intéresse à l'utilisation personnelle du numérique par l'élève, et la seconde à l'utilisation qu'il en fait dans l'établissement (fréquentation de la médiathèque, utilisation en classe). Ils ont été administrés à toutes les classes enseignées par les enseignants ayant accepté de participer à l'expérimentation.

En 2014, le questionnaire a été administré à trois cent vingt-neuf élèves (329) de seconde et de première de deux lycées publics situés en zone urbaine et dans la capitale.

En 2016, le questionnaire a été administré à 252 élèves dont :

- 182 proviennent d'un lycée public de la zone urbaine d'Antananarivo : 45 élèves de première scientifique, 45 élèves de première littéraire, et 92 élèves de seconde
- 24 proviennent de la classe de seconde d'un lycée privé de la zone urbaine d'Antananarivo,

- 46 proviennent de la classe de terminale scientifique d'un lycée public d'une zone rurale des environs.

Les questionnaires ont été distribués aux élèves dans leur classe à une heure où ils n'avaient pas cours. Chaque question étant suivie de sa traduction en malagasy, les élèves ont pu les compléter individuellement sur place en présence des étudiants qui les ont récupérés à la fin de l'heure.

1.1.8. Les expérimentations

Les expérimentations, effectuées à deux années d'intervalle, concernent des thèmes différents de l'enseignement de la physique : la mécanique et l'électricité.

Les démarches suivies sont comparables : l'étudiant forme deux groupes d'élèves dans un groupe, l'enseignement a été réalisé en exploitant le matériel expérimental rudimentaire disponible dans l'établissement pour une démonstration en classe entière, et dans l'autre, les supports utilisés sont des images construites (simulation en 2014) ou enregistrées (vidéo You Tube en 2016). Pour contourner les biais dus aux styles propres à chaque enseignant, c'est l'étudiant lui-même qui assure l'enseignement aux deux groupes, avec des fiches de préparation conçus pour mettre en œuvre pour chaque groupe une démarche active, favorisant le questionnement et la réflexion des élèves, et mettant en pratique le socioconstructivisme (Vygotsky, 1934). Les enseignants titulaires de classe ont observé les séances, munis de grilles qui permettent d'analyser les aspects comportementaux et relationnels liés aux supports utilisés.

Après le cours, une même évaluation est proposée aux deux groupes et les résultats de l'évaluation sont analysés conformément à la taxonomie de Boom.

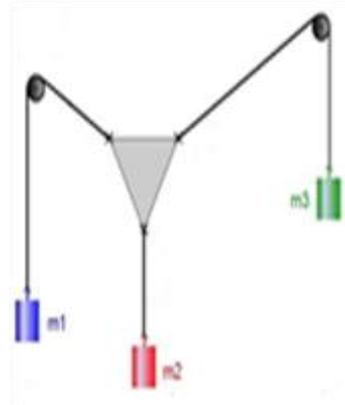
Un échange avec les enseignants titulaires de classe après l'expérimentation a permis de recueillir leurs avis sur l'efficacité relative des supports pédagogiques utilisés.

a) La simulation, des images construites

Le chapitre traité en 2014 est « l'équilibre d'un solide soumis à trois forces », l'objectif est que les élèves soient capables de retrouver et d'utiliser les conditions nécessaires d'équilibre d'un solide soumis à trois forces. Cette étude a été effectuée dans quatre classes de seconde, dont deux au lycée Andohalo et deux au lycée moderne Ampefiloha. Ces classes se composent de deux cent dix-huit élèves (environ cinquante élèves par classe), dont cent quatre-vingt-quatorze ont été effectivement présents lors des évaluations. La simulation numérique utilisée dans les deuxièmes groupes présente approximativement le même dispositif expérimental que celui utilisé dans les premiers groupes. Elle est interactive, ce qui permet à quelques élèves volontaires ou désignés par l'enseignant, d'agir sur certains paramètres et d'en observer les effets.



Support expérimental



Support numérique

Figure 1 Les supports utilisés pour les deux groupes en mécanique (Source : Randriananja, 2014)

b) La vidéo, des images enregistrées

En 2016, l'expérimentation a été réalisée pendant le cours d'électricité : une séance pour l'électrisation par frottement et une autre pour mettre en évidence la nature du courant électrique, son intensité, et la tension électrique.

L'expérimentation concerne 92 élèves répartis dans deux classes différentes du même lycée:

- Dans la classe 1 (45 élèves), l'enseignant utilise les craies et le tableau noir, et du matériel expérimental de démonstration ; c'est le groupe « expériences »
- Dans la classe 2 (47 élèves), l'enseignant utilise des vidéos récupérées sur YouTube, puis découpées, remontées et scénarisées pour être utilisées comme support pédagogique. C'est le groupe « images »

3.2. ET UN REGARD CONTRASTANT

Nous avons réalisé la synthèse des résultats des questionnaires, les résultats des grilles d'observation des comportements et attitudes observées pendant les deux expérimentations, ainsi que les résultats des évaluations pour avoir des éléments de réponse à notre question de recherche.

Pour comparer les résultats des évaluations dans les groupes « expérience » et « images » d'une même expérimentation, nous avons calculé, puis contrasté, l'écart relatif de leurs pourcentages de réussite, pour chaque niveau taxonomique de Bloom. La formule utilisée est la suivante :

$$ER\%R = \frac{(\% \text{ « expériences » } - \% \text{ « images » }) \times 100}{\% \text{ « expériences »}}$$

Où

ER%R est l'écart relatif des pourcentages de réussite entre les deux groupes au cours de la même expérimentation

- % « expérience » est le pourcentage de réussite dans le groupe « expérience »
- % « images » est le pourcentage de réussite dans le groupe « images »

Nous avons considéré que l'écart relatif est significatif si sa valeur absolue est supérieure à 10%. Un écart relatif positif correspond à un meilleur résultat dans le groupe « expériences », tandis qu'un écart négatif correspond à un meilleur résultat dans le groupe « images ».

4. Résultats

Nous avons regroupé les résultats obtenus suivant deux axes : l'évolution des rapports des élèves au numérique de 2014 en 2016, et l'analyse des apports des images révélés au cours de l'enseignement et des évaluations.

4.1. RAPPORT DES ELEVES AU NUMERIQUE

L'évolution de l'accessibilité des outils numériques et de l'internet pour les élèves a pu être analysée à travers les réponses aux questionnaires administrés en 2014 et en 2016.

1.1.9. L'ordinateur chez soi

Entre 2014 et 2016, le pourcentage des élèves ayant un ordinateur à domicile est passé de 57% à 77%, soit une hausse de 20%. Cependant, ne pas posséder un ordinateur ne signifie pas être exclu du monde numérique, car, en 2016, 98% des élèves enquêtés affirment qu'il existe d'autres lieux où cet outil est disponible : au cyber (62%), dans les centres culturels ou les églises (21%), et/ou chez un ami (15%). Les élèves préfèrent aller au cyber car ils y ont accès à la fois à un ordinateur et à internet. Le pourcentage des élèves utilisant des ordinateurs en semaine reste sensiblement le même, ces outils ne sont plus utilisés pendant les weekends. Ceci provient peut-être de l'appétence croissante pour la téléphonie mobile, qui est encore interdite d'utilisation pendant les cours, et qui devient le principal instrument numérique utilisé en weekend.

1.1.10. La connexion Internet

En 2014, seuls 14% des élèves (ce qui représente le quart des élèves ayant un ordinateur chez eux) peuvent se connecter à l'internet.

En 2016, ce chiffre a énormément évolué, puisque 96% des élèves enquêtés, disent avoir accès à internet, dont 53% chez eux. Cependant, il semblerait que les élèves préfèrent fréquenter les cybercafés (79%) s'ils ont besoin de se connecter, pour échapper au contrôle de leurs parents, pour disposer d'une aide en cas de besoin. D'ailleurs, une connexion rapide au cyber (environ 20 Ariary, soit 0,005€ la minute) est moins chère qu'avec le téléphone ou avec un abonnement internet à domicile. La connexion peut aussi se faire dans les Espaces Numériques de l'église, à la médiathèque ou dans les centres culturels (20%) ou chez un ami (15%).

L'ordinateur n'est plus le terminal de connexion choisi par excellence en 2016. 72% parmi les élèves enquêtés choisissent de se connecter sur leur téléphone, 12% utilisent des tablettes, 12% utilisent alternativement le téléphone et les tablettes. En effet, les prix des téléphones performants et des tablettes sont de plus en plus abordables, et ils sont plus pratiques à utiliser car les élèves peuvent les exploiter là où ils le veulent et quand ils le veulent. Les offres des opérateurs téléphoniques en prépayés et sans abonnement leur permettent aussi de mieux gérer financièrement leurs connexions.

1.1.11. Les usages du numérique

L'évolution des usages du numérique par les élèves des lycées sont présentés par la figure ci-après.

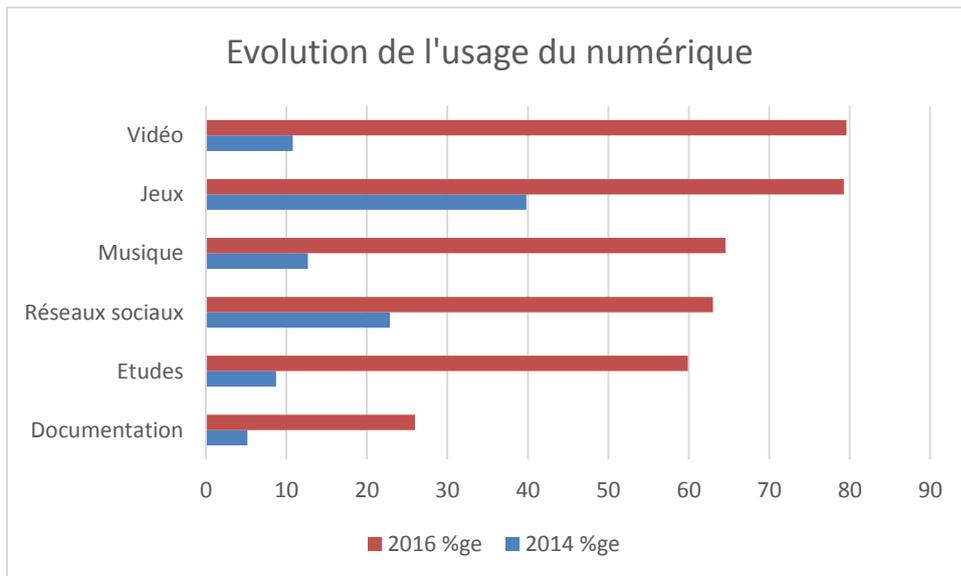


Figure 2 : Evolution de l'usage du numérique entre 2014 et 2016

Cette figure montre qu'en 2014, ce sont les jeux qui intéressent le plus les élèves des lycées. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle une simulation numérique, constituée comme les jeux, par des images numériques construites et animées, a été utilisée comme support lors de l'expérimentation. En 2016, les élèves sont intéressés à la fois par la vidéo, les images enregistrées, et par les jeux. Mais si le pourcentage des élèves qui « jouent » a doublé (respectivement 40% et 79%), le pourcentage des élèves qui apprécient la vidéo est multiplié par huit (respectivement 10% et 80%) entre 2014 et 2016.

De manière générale, en deux ans, le nombre d'élèves intéressés par les images numériques a augmenté de manière significative.

4.2. Quels APPORTS POUR L'ENSEIGNEMENT APPRENTISSAGE DE LA PHYSIQUE ?

Les analyses contrastives des deux expérimentations concernent les résultats des évaluations et les attitudes et comportements des élèves.

1.1.12. A travers les évaluations

Nous avons représenté les écarts « expériences / images » des pourcentages de réussite aux évaluations selon les niveaux de la taxonomie de Bloom dans la figure ci-après.

Aucune question ayant le niveau « évaluation » n'a été posée aux élèves en 2014.

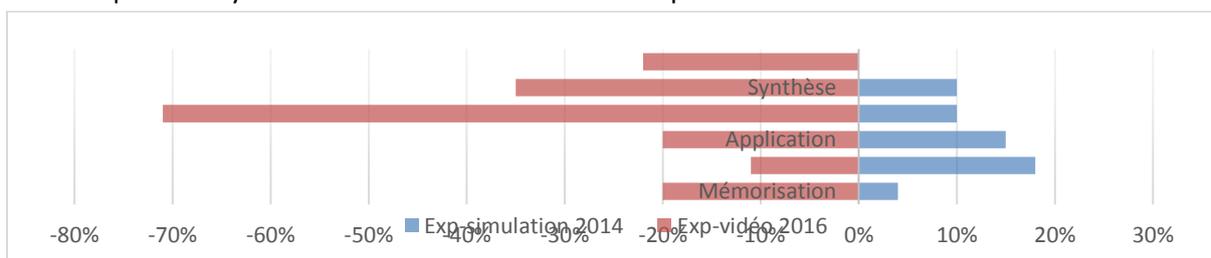


Figure 3 Ecart relatif des pourcentages de réussite

La figure montre que de manière générale, les écarts relatifs entre les pourcentages de réussite sont faibles et positifs pour l'expérimentation réalisée en 2014, mais plus importants et négatifs en 2016.

a) Expérience vs images construites en mécanique

Il semble que pour l'apprentissage de la mécanique, l'utilisation d'une expérience réelle comme support donne à peu près les mêmes résultats que l'utilisation d'une simulation numérique, quel que soit le niveau taxonomique considéré. En effet, les écarts relatifs entre les pourcentages de réussite sont faibles, surtout pour les questions se rapportant à la mémorisation, à l'analyse et à la synthèse. Les résultats presque identiques des deux groupes montrent que, les expériences, comme la simulation favorise l'étalement des connaissances et permet d'aborder de nouvelles situations (Coquidé, 2006). L'écart relatif le plus important entre les groupes est de 15%, et concerne les questions portant sur la compréhension et l'application. Les pourcentages de réussite pour chaque niveau taxonomique figurent sur le graphique ci-après

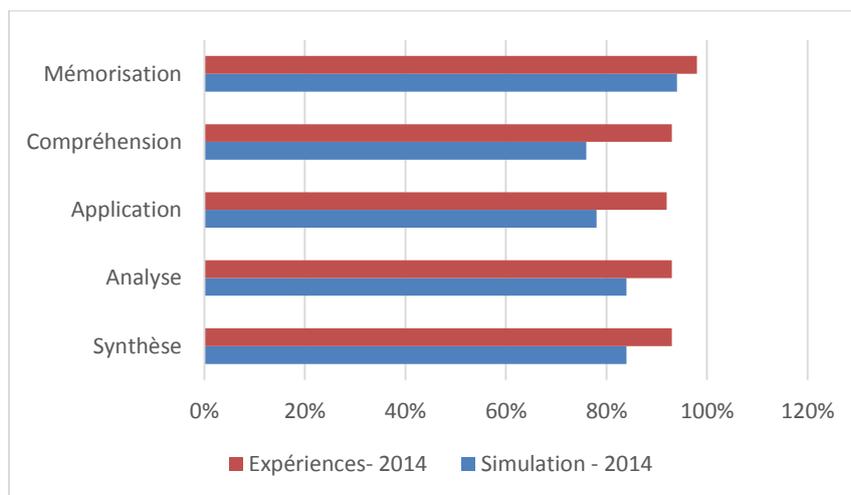


Figure 4. Expérience vs Images construites en mécanique

La figure 4 montre que les scores les plus bas obtenus par le groupe simulation correspondent à la compréhension et à l'application. Ceci pourrait être expliqué par le fait que seulement 40% des élèves sont habitués aux images construites sous forme de jeux en 2014. Ils n'ont donc pas l'habitude de faire correspondre le virtuel (à 2 dimensions) avec le réel (à 3 dimensions). Mais l'écart relativement faible entre les deux groupes confirme la déclaration de Hebenstreit (1992), selon laquelle les risques de confusion entre le virtuel et le réel sont compensés par la facilité avec laquelle le simulateur répond aux modifications de paramètre, sans qu'il soit besoin de procédures complexes.

Cependant, quel que soit le niveau taxonomique considéré, en mécanique, le pourcentage de réussite dépasse 90%, pour les groupes où des expériences ont été réalisées, et 75% pour ceux où l'enseignant a utilisé la simulation. L'utilisation d'une simulation pourrait donc donner en mécanique de bons résultats, proches mais légèrement inférieurs aux résultats que l'on pourrait obtenir avec des supports expérimentaux.

b) Expérience vs image enregistrées en électricité

En électricité, l'usage de la vidéo a donné un meilleur pourcentage de réussite, quel que soit le niveau taxonomique de la question. Les écarts relatifs sont plus importants que ceux de l'expérimentation précédente. La réussite aux questions de compréhension est comparable pour les

deux groupes (écart relatif de -10%). Mais l'usage de la vidéo semble avoir permis d'améliorer de façon conséquente les résultats des évaluations en électricité, surtout pour les niveaux taxonomiques supérieurs : analyse (-71%), synthèse (-35%) et évaluation (-22%), ce qui confirme les travaux de Meringoff *et al.* (1983) concernant les apports de la vidéo dans la résolution de problèmes.

Les pourcentages de réussite correspondant à chaque niveau taxonomique sont présentés ci-après.

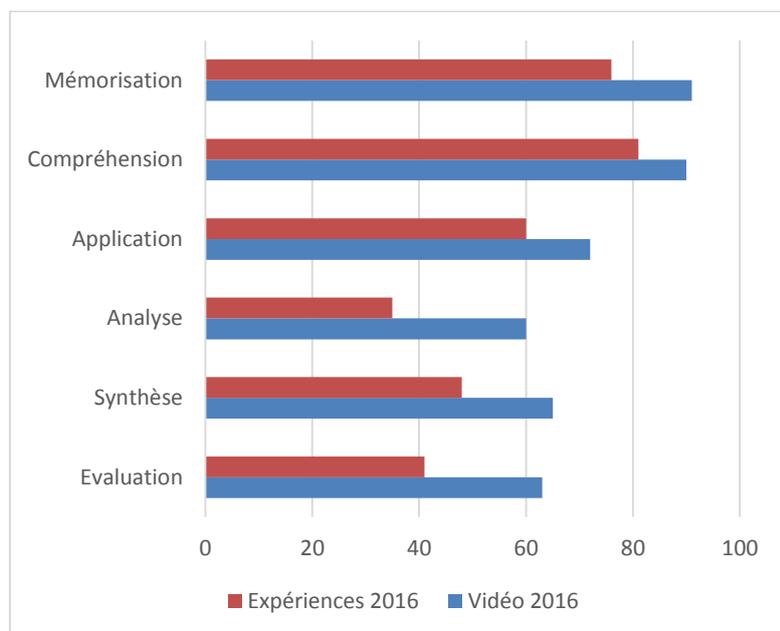


Figure 5 Expérience vs images enregistrées en électricité

Cette figure montre que dans l'ensemble, les élèves n'ont pas réussi l'évaluation d'électricité aussi bien que pour la mécanique. Cependant les résultats sont en faveur de l'utilisation de la vidéo pour l'enseignement-apprentissage de l'électricité.

Les questions portant sur l'analyse semblent être les plus difficiles pour le groupe « expériences » (35%), mais il est nettement amélioré pour le groupe « vidéo » (60%). Cela confirme les résultats de Desparois et Lambert (2014) concernant les apports de l'utilisation de la vidéo pour les élèves.

1.1.13. Les comportements en classe

Dans les deux expérimentations, l'analyse des entretiens et des grilles d'observations montrent que l'utilisation des images numériques (construites ou enregistrées) permettent d'obtenir des effets positifs sur

- La gestion des séquences, puisque les procédures expérimentales fastidieuses et chronophages sont évitées,
- L'intérêt et l'attention des élèves, qui se concentrent mieux en classe,
- La motivation : les élèves participent activement, bien que ceux qui avaient travaillé sur la simulation n'aient osé intervenir qu'après un temps d'adaptation au logiciel, confirmant ainsi les travaux de Karsenti *et al.* (2012).

Les enseignants affirment que la simulation permet une meilleure gestion du temps d'enseignement, tandis que l'expérience réelle permet de mieux clarifier le contenu.

5. Analyse et discussion

Quelques points de contraste nous ont amenés à réfléchir concernant l'usage d'images construites ou enregistrées pour l'enseignement :

- Les conditions de travail en classe
- Le rapport du chapitre au quotidien des élèves
- La culture numérique des élèves et des enseignants

5.1. LES CONDITIONS DE TRAVAIL EN CLASSE

Il nous semble que la **visibilité** des expériences faites en classe a influé sur la réussite des apprentissages, lors des expérimentations. Si on considère les dimensions des matériels utilisés, il est évident que la visibilité de l'expérience sur l'électrisation par frottement laisse à désirer ; il en est de même pour les dispositifs expérimentaux utilisés, qui ont été déposés sur la table horizontale devant la classe. Mais une fois projetée avec un vidéoprojecteur, un film de court métrage mettant en valeur tout ce qui doit être observé, et scénarisé avec soin, a été plus efficace pour l'apprentissage.

Ce problème ne semble pas se poser en mécanique, car le matériel utilisé est assez grand pour être vu par la majorité des élèves de la classe, ce qui pourrait aussi expliquer les résultats très proches obtenus entre expérience et simulation.

L'**interactivité** a été citée par plusieurs auteurs comme porteuse d'amélioration pour l'apprentissage en physique (Coquidé, 2006). Cette interactivité a été plus présente lors de l'utilisation de la simulation, que pour celle de la vidéo. En effet, avec la simulation, il a été possible de demander aux élèves de prévoir les changements apportés par la modification d'une des masses par exemple, puis de tester leurs hypothèses. Cela a apporté un aspect ludique et une touche humaniste qui a favorisé l'apprentissage. Au cours de la deuxième expérimentation, même si l'étudiant a demandé aux élèves de prévoir les changements provoqués par la modification d'une variable, la projection de vidéo pour vérifier leur hypothèse se rapproche d'un « modèle-solution ». Ils ont simplement regardé les images enregistrées sans réaliser eux-mêmes l'activité. Les meilleurs résultats en simulation confirment donc à notre avis l'importance de l'interactivité. Pour la cinquantaine d'élèves en classe entière, les quelques élèves parmi les plus dynamiques qui ont pu manipuler effectivement ont apporté une différence palpable au niveau des résultats de l'apprentissage.

5.2. LE RAPPORT DE L'APPRENTISSAGE A LA VIE QUOTIDIENNE

L'équilibre des forces est un phénomène courant, que les élèves vivent quotidiennement, à travers quelques variantes comme un sac en bandoulière, par exemple. Il leur est plus facile d'élaborer un concept à partir de ce matériel, que de passer par le modèle qu'offre la simulation. Ceci explique le léger écart des notes des évaluations en faveur des expériences, surtout concernant la compréhension.

Mais pour l'électrisation, qui n'est pas aussi courant dans leur vécu, les images numériques ont été plus efficaces pour l'apprentissage, car la vidéo leur a permis de découvrir et d'observer le

phénomène sous des angles variés. Il serait cependant regrettable que l'usage de la simulation soit un obstacle pour le développement des aptitudes et des savoir-faire (sécurité en électricité, savoir installer un dispositif en mécanique, etc.).

5.3. LA CULTURE NUMÉRIQUE DES ÉLÈVES

Les élèves en 2014 n'avaient pas encore beaucoup de contact avec les ordinateurs, puisque seulement 14% en possédaient. La modélisation d'un phénomène à travers la simulation est pour eux une chose nouvelle, d'autant plus que certains détails qui pourraient servir de repères aux élèves ont été omis, simplifiés, ou modifiés. Par exemple, les couleurs des masses marquées simulées, ne se rapprochent en rien aux masses marquées réelles. A notre avis, ce genre de détail peut perturber les élèves, qui ont dû établir une correspondance mentale entre l'objet numérique et l'objet réel. C'est pourquoi, les élèves du groupe « simulation » n'ont participé qu'après un laps de temps destiné à établir cette correspondance mentale.

Il faudrait donc tenir compte d'un temps d'adaptation des élèves dans l'utilisation des modèles visuels pour l'apprentissage ; ils accommodent leur perception et intègrent l'objet modélisé avant de pouvoir l'exploiter comme il se doit.

Il en est de même pour l'outil numérique, qui doit encore être intégré à son vécu quotidien. A titre d'exemple, pendant le cours avec simulation, l'enseignant a eu quelques problèmes avec le vidéoprojecteur : des élèves (25%) en ont déduit que les outils numériques sont sophistiqués et fragiles, ont une fâcheuse tendance à tomber en panne. Et la crainte d'abîmer cet outil précieux a freiné leur envie de participer en classe.

5.4. NIVEAU D'EXPERTISE DIDACTIQUE ET NUMERIQUE DES ENSEIGNANTS

Outre le rapport des élèves au numérique, il ne faudrait pas négliger l'importance de la culture numérique des enseignants. Les étudiants qui ont réalisé l'expérimentation ont passé beaucoup de temps à rechercher la simulation qui correspondrait exactement avec le matériel expérimental, ou les vidéos comportant des extraits utilisables pour l'apprentissage.

Après la recherche des supports, il a aussi fallu des compétences certaines en didactique, pour pouvoir scénariser la séquence pédagogique de manière à intéresser les élèves, et à réaliser un apprentissage socioconstructiviste.

Il faudra donc que l'enseignant soit à l'aise avec le numérique, possède le matériel et les connexions nécessaires, pour qu'il puisse mener à bien son projet de scénarisation. Ce travail nécessite à la fois des compétences en numérique (découpage, montage de films) et en didactique (scénarisation), mais surtout une motivation qui pousse à s'investir dans la recherche de meilleures stratégies d'enseignement-apprentissage, étant donné que plusieurs essais préliminaires ont été nécessaires au cours de la préparation de la leçon.

6. Conclusion

« Au commencement, il y avait l'image. De quelque côté qu'on se tourne, il y a de l'image... » (Joly, 2002). L'usage de l'image pour l'enseignement et l'apprentissage des sciences a été une source de controverses depuis l'Antiquité. Imitatrice, elle trompe pour Platon, éduque pour Aristote, détourne de la vérité ou au contraire conduit à la connaissance,

séduit les parties les plus faibles de notre âme pour le premier, est efficace par le plaisir même qu'on y prend pour le second.

Quoi qu'il en soit, il est indéniable que le pouvoir des images numériques est réel, surtout pour les jeunes d'aujourd'hui, séduits par cette facilité d'appréhension apparente de tout ce qui leur est offert par les médias et la connexion internet.

Le travail réalisé montre que la culture numérique des jeunes lycéens d'Antananarivo progresse à grands pas, et que la majorité d'entre eux (95%) y ont actuellement accès. L'utilisation de l'image numérique sous forme de vidéo au cours des expérimentations citées dans ce travail a permis d'améliorer significativement les résultats des évaluations en électricité. En mécanique, les résultats des évaluations restent comparables entre le groupe ayant travaillé avec une simulation numérique et celui où une expérience a été réalisée en classe.

Si les images construites (simulation) ne permettent pas aux élèves de maîtriser les gestes techniques et les techniques de sécurité, les images enregistrées (la vidéo) seront une aide complémentaire pour l'acquisition des compétences pratiques. Même si les images numériques ont été conçues pour compléter les expériences et non les remplacer (Hebenstreit, 1992), nous osons affirmer que l'utilisation des images numériques sous forme de simulation ou de vidéo peut contribuer à améliorer de façon notable la réussite des apprentissages en physique dans le contexte malagasy où le matériel est rare, le financement des équipements de laboratoire incertain.

Il est vrai que des limites existent, parmi lesquelles l'insuffisance de la culture numérique et de niveau d'expertise des élèves et *des enseignants, ainsi que la faiblesse des conditions matérielles existant dans les divers établissements.*

De plus, la taille des échantillons où les expérimentations ont été réalisées exhorte à la prudence, en ce qui concerne une généralisation des résultats obtenus.

On pourrait aussi discuter l'utilisation de la taxonomie des objectifs cognitifs de Bloom pour cadrer ce travail, alors que d'autres objectifs portant sur les savoirs faire par exemple, auraient pu être évalués en sciences physiques. Notre choix se justifie par le fait que seul l'aspect cognitif de l'apprentissage est actuellement évalué dans le système éducatif malgache.

Il aurait été intéressant de confronter les échantillons de notre étude, à un autre, correspondant à la situation classique actuelle dans les lycées, où l'élève ne dispose d'aucune ressource, à part l'enseignant. Cela aurait contribué à faire apparaître le caractère indispensable des images construites (simulations), d'autant plus que des tablettes sont aujourd'hui disponibles dans les lycées malgaches, et que les smartphones à bas prix facilitent actuellement l'accès des élèves Malagasy au numérique, rendant ainsi l'usage de la simulation souhaitable et réaliste pour l'enseignement des sciences.

Dans ce sens, nous estimons que ce travail pourra être affiné par la suite. *Et* comme le fait remarquer Pierre Gréco, lui-même cité par Jacquinot (1985), plutôt que de s'éternuer en vaines discussions sur les méfaits et les bienfaits de l'image, les enseignants feraient mieux d'aménager leur pédagogie pour exploiter l'influence qu'elles exercent.

Références

- Alev, N. (2003). *Integrating information and communications technology (ICT) into pre-service science teacher education: The challenges of change in a Turkish faculty of education* (PhD Thesis, School of Education University of Leicester, Royaume Uni). Récupéré de <https://lra.le.ac.uk/bitstream/2381/4668/1/nedimalevtez.pdf>
- Alava, S. (2015). *Les usages vidéo des jeunes. Quels intérêts pédagogiques ?* Canopé, l'agence des usages. Récupéré de <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/les-usages-video-des-jeunes-quels-interets-pedagogiques.html>
- Andrianarivony, M. (2016). *L'utilisation des vidéos : cas de l'apprentissage de l'électricité en classe de seconde* (Mémoire de fin d'études non publié pour l'obtention du Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale (C.A.P.E.N)). Université d'Antananarivo, Madagascar.
- Ardon, S. (2002). *L'image et la pédagogie dans l'enseignement secondaire*. Annexes du rapport d'étude de l'Ennsib. Université Jean Moulin, Lyon 3. Récupéré de <http://enssib.enssib.fr/bibliotheque/documents/dessid/rrbardon.pdf>
- Beaufils, D. (1995). Apports, limites et conditions d'utilisation des images numériques dans l'enseignement de la science. *Sur les Images numériques dans l'enseignement des sciences*. Journées d'étude Institut National de Recherches Pédagogiques (INRP)/CNAM du 15-16 juin 1995. Récupéré de <http://www.inrp.fr/Tecne/Rencontre/Jet95.htm#RESSOURCES%20DISPONIBLES>.
- Bergsma L. (2002). *Media literacy and prevention: Going beyond 'Just Say No'*. Center for Media Literacy (CML). Récupéré de: http://www.medialit.org/sites/default/files/549_CICML-Bergsma.pdf
- Bougnoux, D. et Olivier, A. (1994). Comment faire avec l'image. Dans *Autre temps. Cahiers d'éthique sociale*, 44. Récupéré de https://www.persee.fr/doc/chris_0753-2776_1994_num_44_1_1714
- Brezin, E. (2007, 4 décembre). Installer un enseignement qui fasse place à l'observation. *Le Monde*.
- Brousseau G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield (Eds). Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Bryan, J. (2006). Technology for physics instruction. Dans *CITE journal - Science -Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* [Online serial], 6(2),230-245.
- Carlsen D. et Andre T. (1992). Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome students' preconceptions about electric circuits. Dans *Journal of Computer-Based Instruction*, 19.
- Caumeil, J.-G. (2014). L'image qui fait apprendre comme artéfact. Théorie instrumentale et enseignement par l'image. Dans *Le film fixe, objet de recherches et d'études en éducation*. Tréma, 41, 1-17. Récupéré de <http://trema.revues.org/3152> ; DOI : 10.4000/trema.3152
- Cholmsky, P. (2003). Why Gizmos work. *Empirical Evidence for the Instructional Effectiveness Of Explore Learning's Interactive Content*. Récupéré de <https://www.explorelearning.com/View/downloads/WhyGizmosWork.pdf>
- Coquidé, M. et Le Maréchal, J.-F. (2006). Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique. Quels impacts ? Dans *Aster*, 43, 7-16.
- Cox, M.J. (2012). Informatique et apprentissage des sciences : tendances, dilemmes et conséquences pour l'avenir. Dans *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 6, 23-52. Récupéré de : <https://doi.10.4000/rdst.revues.org/84>
- Demougin, F. (1996). *Adaptations cinématographiques d'œuvres littéraires*. Toulouse : CRDP Midi-Pyrénées.
- Desparois, A. et Lambert, C. (2014). La vidéo au service des apprentissages. Impact sur la motivation et la réussite des étudiants. *Recherche subventionnée par l'Association des collèges privés du Québec (ACPQ) dans le cadre du Programme de recherche et d'expérimentation pédagogique (PREP)*. Récupéré de <https://disciplines.ac-toulouse.fr/physique-chimie/tester-l-utilite-d-une-capsule-video>
- Duvernois, C. (2016). La naissance de Youtube : un exemple de sérendipité. *Histoire d'entreprises*. Récupéré de <https://fr.linkedin.com/pulse/la-naissance-de-youtube-un-exemple-s%C3%A9rendipit%C3%A9-cl%C3%A9mence-duvernois>
- Enea, M. (2017). Tutoriels pour les gestes professionnels. *Réseau Canopé-2017*. Récupéré de <https://www.reseau-canope.fr/notice/tutoriels-pour-les-gestes-professionnels.html>
- Hebenstreit, T. (1992). Une rencontre de troisième type : simulation et pédagogie. *L'intégration de l'informatique dans l'enseignement et la formation des enseignants*, actes du colloque des 28-29-30 janvier 1992 au CREPS de Châtenay-Malabry. G.-L. Baron et J. Baudé (Eds.). Paris : INRP-EPI, 1992.
- Jacquiot, G. (1977). *Image et pédagogie : analyse sémiologique du film à intention didactique*. Paris : Presses Universitaires de France.

- Joly, M. (2002). *L'image et son interprétation*. Paris : Nathan
- Karsenti, T., Collin, S., Dupuis, A., Villeneuve, S., Dumouchel, G. et Robin, J.-P. (2012). *Avantages et défis inhérents à l'usage des ordinateurs au primaire et au secondaire : 2^e Enquête auprès de la Commission scolaire Eastern Townships. Faits saillants des principaux résultats de l'enquête réalisée*. Montréal, QC : CRIFPE
- La Borderie, R. (1997). *Education à l'image et aux médias*. Paris : Nathan pédagogie.
- Le conflit (2010, 25 mai). *Le cinéma comme détournement d'attention*. [Billet de blogue]. Récupéré de <http://www.leconflit.com/article-le-cinema-comme-detournement-d-attention-51038854.html>
- Meirieu, P. (2003.) L'évolution du statut de l'image dans les pratiques pédagogiques. *Place et rôle de l'image dans l'éducation*. Actes de la 2^e rencontre internationale de la liste du Centre de Documentation et Internet dans l'établissement scolaire pour les enseignants DOCUMENTALISTES (CDIDOC). Récupéré de <https://www.meirieu.com/ARTICLES/educationalimage.pdf>
- Mélot, M. (2001). Le temps des images. Dans *Bulletin des Bibliothèques de France*, 2001 (5), 15-21. Récupéré de <http://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2001-05-0015-001>.
- Meringoff, L., Vibbext, M., Char, C., Femie, D., Banker, G. et Gardner, H. (1983). How is children's learning from television distinctive? Exploiting the medium methodologically. Dans J. Bryant & D.R. Anderson (Eds.), *Children's understanding of television: Research on attention and comprehension*. New York : Academic Press.
- Pastré, P. (2006), Que devient la didactisation dans l'apprentissage des savoirs professionnels ? *Savoirs professionnels et curriculum de formation*. Y., Lenoir et M.-H, Bouillier-Oudof (Eds.). Laval : Presses Université Laval.
- Pignol, J. (2017, 10 octobre). Chiffres You Tube 2017. *Le blog du modérateur (BDM)*. Récupéré de <https://www.blogdumoderateur.com/chiffres-youtube/>
- Postman, N. (1981). - *Enseigner c'est résister*. Traduit de l'américain par J. Chambert et D.-J. Piveteau. Paris : le Centurion.
- Randrianianja, R. (2014). *Les apports de la simulation dans l'enseignement des sciences physiques au lycée* (Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'École Normale (C.A.P.E.N), Université d'Antananarivo, Madagascar).
- Ratompomalala, H., Roux Goupille, C. et Kummer Hannoun, P. (2017). *Ressources pour l'enseignement des sciences au lycée à Madagascar, quid du numérique ?* Récupéré de Adjectif.net. <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article450>
- Richoux B., Salvétat C. et Beauvils D. (2002). Simulation numérique dans l'enseignement de la physique : enjeux, conditions. Dans *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 842, 497-522.
- Rieber, L.P., Boyce M. et Assad C. (1990). The effects of computer animation on adult learning and retrieval tasks. Dans *Journal of Computer-Based Instruction*, 17(2), 46-52.
- Rivers, R.H. et Vockell, E. (1987). Computer simulations to stimulate scientific problem solving. Dans *Journal of Research in Science Teaching*, 24(5),403-415
- Roschelle, J., Pea, R., Hoadley, C., Gordin, D. et Means, B. (2000). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. Dans *The Future of Children*, 10(2), 76-101.
- Roy, M-H. (2004). Le potentiel de l'utilisation des simulations pour l'apprentissage des mathématiques et des sciences au secondaire : revue de littérature. *Telelearning professional development school*. Récupéré de <https://www.telelearning-pds.org/copains/publications/revuedelitteraturefinale.doc>
- Slykhuis, D. et Krall, R. (2011). Teaching Science with Technology: A decade of research. Dans M. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Proceedings of SITE 2011--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (4142-4151). Nashville, Tennessee, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Récupéré de <https://www.learntechlib.org/primary/p/36982/>.
- Vygotsky, L. (1934). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute.
- Willmot, P., Bramhall, M. et Radley, K. (2012) *Using digital video reporting to inspire and engage students*. Récupéré de http://www.raeng.org.uk/education/hestem/heip/pdf/Using_digital_video_reporting.pdf