

# La motivation à apprendre les sciences physiques chez les élèves de 3<sup>e</sup> en contexte camerounais : l'apport des simulateurs associés à un exerciceur

## Motivation in learning physical sciences among pupils of Form four in Cameroonian context: the contribution of simulators associated with an exerciser

**Yannick Stéphane Nleme Ze**

Département de Psychopédagogie et d'Andragogie, Université de Montréal, Canada.

---

### Résumé

Les simulateurs associés à un exerciceur peuvent-ils réellement motiver les élèves de 3<sup>e</sup> au lycée d'Etat à apprendre les sciences physiques ? Pour répondre à cette question, une étude multi-cas a été menée de manière interactive entre le chercheur, dix élèves de la classe de 3e dans ce lycée rural camerounais, et leur enseignante. Les dix élèves, regroupés par affinité en binômes pour former cinq cas, ont suivi des apprentissages en sciences physiques via des simulateurs associés à l'exerciseur *Hot Potatoes 6*. Partant de quarante-huit heures d'observation directe de ces élèves, de leurs discours et d'un entretien individuel avec leur enseignante, les résultats interprétés offrent une description étayée de la qualité de l'accompagnement offerte par ces applications informatiques, de l'acquisition de nouvelles connaissances via ces outils ainsi que, des comportements et attitudes inculqués aux élèves. A la lumière du modèle SOMA, référent théorique de cette recherche, la discussion nous permet d'étayer l'effectivité de l'apprentissage chez 80% des sujets. Ainsi, nous concluons que ces applications informatiques ont effectivement motivé les élèves à apprendre les sciences physiques, car, d'après Viau (2002), la motivation est une condition indispensable à l'apprentissage.

**Mots clés :** apprentissage des sciences physiques, simulation, utilisation d'exerciseur, motivation à apprendre

---

### Abstract

*Can simulators associated with an exerciser act on the motivation of "Form IV" students (francophone system) to learn physical sciences? In order to give an answer to the above mentioned question, the multi-case study on which we rely on was carried out in an interactive way between the researcher, ten pupils a "Form IV" of this high school, and their teacher. The ten pupils, grouped by affinity in pairs to form five cases, were trained in the physical sciences via simulators associated with the Hot Potatoes 6 exerciser. Starting with forty-eight hours of direct observation by these students, their declarations and an individual interview with their teacher, the interpreted results offer a well-documented description of the quality of the accompaniment offered by these computer applications, the discovery of new knowledge via these tools as well as the behaviors and attitudes inculcated to the students. In light of the SOMA model, the theoretical reference of this research, the discussion allows it to support the process leading to the effectiveness of learning in 80% of subjects. Thus, according to Viau (2002), computer applications can efficiently improve the motivation of students of "Form IV" learning physical sciences because motivation is quiet important for learning process. So learning permitted them to be motivated in the acquirement of the basics of physical sciences.*

**Keywords:** learning physical sciences, simulation, using exerciser, motivation in learning

## I. Contexte et problématique

Il est indéniable que la motivation des élèves du secondaire à l'apprentissage des sciences physiques est un challenge permanent. En effet, Dubet (2004) relève que la motivation des élèves baisse au cours de leurs études, et au secondaire, les études les intéressent de moins en moins au fil des classes. C'est particulièrement au collège que le problème de motivation se pose avec le plus d'acuité. Parlant des sciences physiques (physique et chimie), les études montrent que celles-ci suscitent les attitudes les plus négatives (Lindhal, 2003 ; Venturini, 2007). Elles sont seulement étudiées par les élèves les plus forts (Boyer et Tiberghien, 1989 ; Osborne *et al.*, 1998), les autres préfèrent s'abstenir, parce que percevant les sciences physiques comme les plus difficiles (Havard, 1996).

Selon Venturini (2007), l'enseignement des sciences physiques paraît difficile, souvent théorique et décontextualisé pour les élèves dans bon nombre des pays. (p.3). En effet, on note « *l'usage croissant des concepts abstraits et complexes dans l'enseignement secondaire* » (p.3). Pour cela donc, l'étude de la physique pour la physique y est généralement privilégiée au détriment de la compréhension de son environnement scientifique et technique et de ses impacts sociaux. Ces pratiques contribuent à dégrader l'attitude et la perception des élèves à l'égard des sciences physiques au secondaire (Porchet, 2002 ; Rutherford et Ahlgren, 1990 ; Venturini, 2007), notamment chez les filles qui les trouvent plus difficiles que les garçons et se jugent moins performantes qu'eux (Venturini, 2007). Conséquences, beaucoup d'élèves ne seraient pas très intéressés par l'apprentissage des sciences physiques (Venturini, 2007) qui font « *naître des sentiments d'anxiété et de crainte de l'échec* » (Rutherford et Ahlgren, 1990, p. 192). Seuls les meilleurs élèves choisissent de les étudier (Boyer et Tiberghien, 1989 ; Venturini, 2007). Pire, d'autres préfèrent s'abstenir (Havard, 1996).

Il apparaît dès lors un problème de méthode d'enseignement des sciences physiques (Rutherford et Ahlgren, 1990), notamment au Cameroun. En effet, d'après le rapport Bad-UNESCO (1996 ; Cité par Noupet Tatchou, 2004), l'enseignement des sciences physiques qui se veut expérimental est principalement théorique dans la majorité des lycées et collèges du pays. Ce handicap serait causé par, le manque voire l'absence d'équipement en matériel scientifique de base dans ces établissements ; l'absence de personnels qualifiés dans les laboratoires ; la formation des enseignants spécialisés en théorie ; et enfin, le mauvais financement des pratiques expérimentales. Pour le cas particulier du lycée d'Elat, les rapports des conseils d'enseignement du département de Physique, Chimie et Technologie (Lycée d'Elat, 2015, 2016) révèlent que l'enseignement exclusivement théorique des sciences physiques est la cause du taux d'échec supérieur à 70% en physique et chimie dans toutes les classes. Ces faibles performances des élèves les amènent à être moins motivés à apprendre ces matières : c'est ainsi que beaucoup d'élèves sont passifs pendant les cours et font peu leurs devoirs. Trouver un moyen de motiver l'apprentissage des élèves en sciences physiques est donc un impératif au lycée d'Elat, notamment en classe de 3<sup>e</sup> pour cultiver un amour propre pour ces matières et susciter leur orientation vers des études scientifiques et technologiques par la suite.

En réalité, même en sciences physiques, l'élève ne doit plus être considéré « *...comme un "réceptacle passif" dans lequel l'enseignant déverse des savoirs préfabriqués* » (Maarouf et Benyamna, 1997, p. 104). Il doit être confronté à des situations :

- d'apprentissages authentiques qui permettent de mieux contextualiser et comprendre le contenu enseigné (El Moussaouy, Errahmani et Abderbi, 2015) ;
- à des apprentissages qui sollicitent leur implication ;
- à des activités de discussion sur des aspects qualitatifs (Venturini, 2007, p.4).

Pour ce faire, l'usage conjoint des simulateurs et des exercices d'accompagnement semble intéressant. En effet, les simulateurs permettent la réalisation virtuelle des activités d'apprentissage de Physique et Chimie palliant ainsi au manque de laboratoires (De Vries, 2001 ; Varenne, 2003). Quant aux exercices d'accompagnement, les exercices répétitifs qu'ils proposent permettent l'entraînement des élèves via l'ordinateur (Dejean-Thircuir et Nissen, 2013 ; Souchard, 2003).

Toutefois, il est à noter que l'usage de ces technologies ne sera bénéfique que si elles donnent aux élèves l'occasion de mettre en œuvre des procédures utiles, cultivent en eux l'initiative et l'autonomie, et leur fournissent des éléments pour une redécouverte des sciences (Kane, 2005, p.1182). C'est donc à dessein que l'objectif principal de la présente recherche est de répondre à la question suivante : *les simulateurs associés à un exerciceur peuvent-ils réellement motiver les élèves de 3<sup>e</sup> du lycée d'Etat à apprendre les sciences physiques ?*

Suite de ce qui précède, la présente recherche est une contribution à la relève des défis du Cameroun à l'horizon 2035 : 1) augmenter la proportion d'élèves qui est actuellement de 5% dans les filières scientifiques et technologiques (MINEPAT, 2009) ; 2) améliorer la qualité de l'éducation par l'intégration pédagogique des TIC (MINEPAT, 2009 ; Tchameni Ngamo, 2007). Par ailleurs, il existe peu d'études sur les TIC et l'éducation en Afrique subsaharienne (Karsenti, 2003). C'est le cas du Cameroun où en général, très peu d'études portent sur les TIC et l'apprentissage des sciences physiques, notamment celles relatives aux effets des usages des simulateurs et exerciceurs sur la motivation des élèves à apprendre les sciences physiques. Cette étude se propose donc de documenter et d'enrichir les résultats scientifiques sur la base d'une expérience camerounaise. Elle permettra par conséquent de mieux renseigner les enseignants qui hésiteraient à intégrer des simulateurs et exerciceurs dans leurs enseignements afin d'optimiser les apprentissages des élèves. Cela permettrait dès lors aux élèves d'avoir une meilleure image des sciences physiques.

## II. Cadre théorique

Cette section étaye les concepts de simulateur et d'exerciseur puis établit le lien existant entre la motivation à apprendre et l'apprentissage des sciences physiques.

### A. Qu'est ce qu'un simulateur ? Un exerciceur ?

A l'instar de Varenne (2003), nous assimilons la simulation informatique au minimum à « *un traitement pas à pas par ordinateur soit d'un modèle mathématique sans solution analytique, soit d'un moteur d'inférence à base de règles : automates cellulaire, SMA, modélisation orientée objet* » (p.2). Les logiciels de simulation ou simulateurs, imitent ainsi une partie de la réalité et fournissent un environnement pour la découverte des lois naturelles (De Vries, 2001). À cet égard, « *la simulation informatique peut valoir comme une expérience concrète du second genre, le premier genre renvoyant à l'expérience immédiate et aux expérimentations scientifiques* » (Varenne, 2003, p. 13). En conséquence, deux points de vue théoriques sont associés à la simulation. D'une part, le constructivisme qui prône un apprentissage par la découverte et par l'action (Larochelle et Bednarz, 1994) ; d'autre part, la cognition située qui se fonde sur la croyance que les activités authentiques créent davantage d'opportunités pour construire des connaissances exploitables dans des situations futures (De Vries, 2001, p.111).

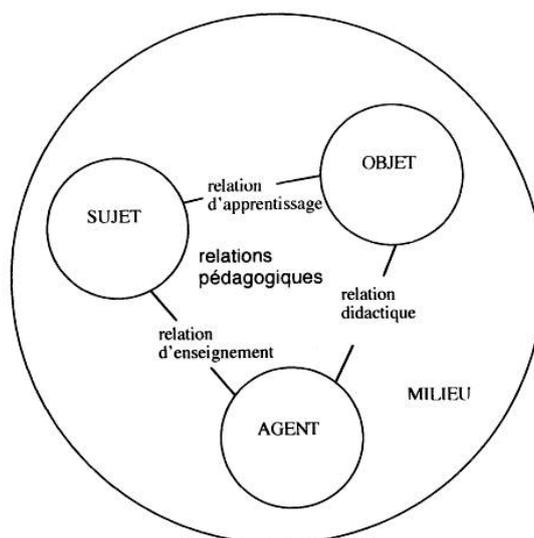
Par ailleurs, nous considérons les exerciceurs d'accompagnement scolaire qui contiennent des exercices répétitifs visant l'entraînement des élèves via l'ordinateur (Dejean-Thircuir et Nissen, 2013). De Vries (2001) précise qu'en réalité, ils génèrent des items qui sont des stimuli provoquant des réponses des élèves. Le but étant de renforcer positivement les bonnes réponses des élèves afin que celles-ci se répètent ; et de renforcer négativement les mauvaises réponses afin qu'elles ne soient plus données. Ainsi, un exerciceur d'entraînement/d'accompagnement met en relief les erreurs commises par l'élève (Pouts-Lajus, 2001). Cela permettrait donc que celui-ci prenne conscience de la nature de ses erreurs de façon à combler ses lacunes. Par conséquent, l'exerciseur est associé à deux courants pédagogiques. D'une part, le behaviorisme avec l'enseignement programmé car l'exerciseur vise l'apprentissage par la modification, la manipulation de l'environnement pour obtenir les comportements recherchés (Giordan, 1994 ; Travis et Wade, 1999). D'autre part, l'approche cognitiviste de l'apprentissage puisque l'exerciseur ambitionne de faire comprendre à l'apprenant la nature de ses erreurs de façon à combler ses lacunes (Fenouillet et al, 2001).

## B. Motivation et apprentissage des sciences physiques

Pour Kranjc (2011), si les simulations des sciences physiques attirent l'attention des élèves, c'est qu'un certain degré de motivation a été atteint. Il précise qu'en faisant et réussissant leurs propres simulations, les élèves acquièrent non seulement la connaissance au sujet du phénomène représenté par la simulation mais également, d'autres connaissances connexes (dont les rapports entre les quantités qui donnent des résultats prévus), une satisfaction des résultats réalisés, et une motivation additionnelle. En effet, selon Viau (2002), la motivation est une condition indispensable à l'apprentissage car « *pour apprendre, il faut donc pouvoir, c'est-à-dire avoir de bonnes stratégies et il faut vouloir, c'est - à- dire être motivé* » (paragr.8). C'est ainsi que dans le cadre de cette recherche, il est question de montrer que les élèves ont acquis des connaissances ou déployé de bonnes stratégies d'acquisition des connaissances en sciences physiques avec les simulateurs et l'exerciseur pour conclure qu'ils ont été motivés à apprendre avec ces outils. Pour ce faire, le modèle SOMA (Legendre, 1983) est notre référent conceptuel d'une situation d'apprentissage, notamment en sciences physique.

Elaboré par Legendre (1983), le modèle SOMA (Sujet, Objet, Milieu et Agent) permet d'étayer le concept d'apprentissage. En effet, dans ce modèle, l'Agent A désigne les « ressources d'assistance », c'est-à-dire les personnes (enseignants, tuteurs, pairs), les moyens (livres, TIC [technologies de l'information et de la télécommunication]...) et les processus (types de cours, travail individuel ou collectif) mis à la disposition de l'apprenant ou groupe d'apprenants (Sujet S) avec pour objectif de l'aider à acquérir des savoirs<sup>1</sup>, savoir-faire<sup>2</sup> et savoir-être<sup>3</sup>, c'est-à-dire l'Objet O. Ces trois composantes (Voir figure 1) interagissent dans le milieu éducatif M qui fait référence à l'environnement éducatif humain (enseignants, orienteurs, conseillers), les opérations (administratives et d'évaluation), et les moyens disponibles (locaux, équipements, matériel didactique, temps, finances).

Figure 1. Situation pédagogique « SOMA » selon Legendre (1993, p.1168)



Selon Legendre (1983), l'apprentissage ou « relation d'apprentissage » est la rencontre de l'apprenant avec le savoir, savoir-faire ou savoir-être à apprendre. Dans cette relation, l'élève acquiert, s'approprie des connaissances, construit de nouvelles compétences, modifie sa façon d'agir, de penser, etc. Ainsi, apprendre c'est « *assimiler, comprendre, modifier ses représentations,*

<sup>1</sup> Le savoir renvoie à la connaissance du cours donc connaître par exemple ce qu'est un atome (sa structure, ses charges électriques, etc.), une molécule, la mole (masse atomique, masse molaire moléculaire), la relation entre la quantité de matière et la masse molaire, ainsi que connaître les symboles des atomes.

<sup>2</sup> Le savoir-faire renvoie à l'application du cours. Il s'agit par exemple de calculer la masse molaire moléculaire d'une molécule, d'équilibrer l'équation bilan d'une réaction chimique.

<sup>3</sup> Le savoir-être renvoie à des attitudes à adopter par les élèves dont entre autres, le port systématique de la blouse, des gants et des masques lors des expérimentations en chimie (manipulations des produits chimiques).

*créer des liens pour retenir* » (Roxin, 2003, p.12). Barnier (2002) dira à ce propos que l'apprentissage est « *une modification stable et durable des savoirs, des savoir-faire ou des savoir-être d'un individu, modification attribuable à l'expérience, à l'entraînement, aux exercices pratiqués par cet individu* » (p. 2). Cependant, il est à noter que l'utilisation des TIC comme ressources d'assistance dans les activités d'apprentissage n'ont pas de pouvoir direct sur la relation d'apprentissage, et ne peuvent apprendre à la place de l'élève ni le forcer à apprendre. Les TIC ne peuvent qu'agir, de manière indirecte, soit sur la relation didactique, soit sur la relation d'enseignement pour que l'apprenant entre en relation d'apprentissage avec l'objet d'apprentissage. Comment donc agir sur ces deux relations afin de favoriser l'apprentissage des élèves en sciences physiques ?

En référence à Legendre (1983), dans la « relation didactique », les TIC en tant qu'Agents doivent planifier un contenu apte à favoriser l'apprentissage des élèves. Ces outils doivent faire percevoir les savoir, savoir-faire ou savoir-être des sciences physiques aux élèves de la meilleure des façons. Cela peut être sous forme d'une représentation, d'une organisation ou d'un fonctionnement de ces savoirs. Pour Gauthier, Garnier et Marinacci (2005), en sciences physiques, ils doivent nécessairement faire travailler les apprenants sur leur processus de pensée afin qu'ils assimilent mieux les concepts et théories et aient une meilleure perception des sciences. Giuseppin (1996) quant à lui précise que les activités expérimentales sont indispensables en sciences physiques car elles permettent aux apprenants d'accéder à un bon niveau de conceptualisation grâce à de nombreux allers-retours entre la réalité (le monde matériel) et sa modélisation. En effet, les sciences physiques, « *toute manipulation, tout protocole, toute expérience sont destinés à consolider un modèle, une loi et à éclairer le lien profond entre l'activité expérimentale et la théorie* » (Giuseppin, 1996, p.118). Utiliser des technologies qui permettent de réaliser des expériences est donc nécessaire.

Parlant de la « relation d'enseignement », c'est « *un processus de communication en vue de favoriser l'apprentissage* » (Legendre, 1983, p. 228). Il faut donc faire appel à la « pédagogie dialoguée » dans des situations d'enseignement (Bernstein, 1975 ; cité par Gauthier, Garnier et Marinacci, 2005). Ici, les TIC en tant qu'Agents enseignent les élèves. « *Enseigner revient à faire apprendre, faire étudier, guider, accompagner les élèves dans les mises en activité que l'on propose* » (Barnier, 2002, p.3). C'est aussi « *entraîner les élèves à produire les réponses attendues selon les problèmes rencontrés* » (p.2). Ainsi, pour Barnier, les TIC doivent, en tant qu'Agents, privilégier les processus d'acquisition et de construction des savoirs par l'apprenant ou privilégier les automatismes puisqu'ils lui inculquent certains comportements, réactions et attitudes. Ainsi, les simulateurs et les logiciels-exerciceurs nous semblent faire partie des TIC les plus appropriées pour favoriser l'apprentissage des sciences physiques.

### **III. Cadre méthodologique**

Cette section étaye l'approche de notre recherche qui se veut qualitative, puis soutient aussi notre choix de l'étude de cas comme méthode de recherche. Elle explicite par ailleurs les processus d'échantillonnage et de collecte des données par des observations directes et des entretiens. Les étapes de traitement et l'analyse des données clôturent cette section.

#### **A. Type et méthode de recherche**

Cette étude s'inscrit dans la continuité de celle de Banerjee et Das (2014). Ayant étudié l'impact des TIC sur la motivation des élèves du secondaire à apprendre les sciences de manière quantitative, ils suggèrent à cet effet que les recherches futures et similaires soient du type exploratoire et analysent les informations collectées à l'aide d'autres techniques telles que l'entrevue, l'observation et même un mélange des deux. C'est à dessein que notre recherche :

- vise une meilleure compréhension de l'expérience que les élèves ont vécue au cours de l'utilisation des simulateurs couplés à un exerciceur en tant qu'outils motivant l'apprentissage des sciences physiques ;

- épouse une approche qualitative/interprétative selon Bogdan et Biklen (1992) et Paillé (1996) afin d'atteindre ce but ;
- est une étude multi-cas qualitative selon les critères de Merriam (2002).

En effet, la recherche a été réalisée dans la salle d'informatique du lycée d'Élat (milieu naturel des élèves). Les élèves y ont utilisé les simulateurs et un exerciceur à des fins d'apprentissage, et les données purement qualitatives y ont été recueillies. Plusieurs méthodes de collecte de données qualitatives (observations directes, entretiens de groupe et entretiens individuels) ont été employées pour une connaissance plus approfondie du phénomène. Les résultats de la recherche proposent pour cinq groupes d'élèves (cinq cas), une description riche et détaillée de leur apprentissage via des simulateurs couplés à l'exerciseur. L'analyse des données a été faite à partir des concepts exposés dans le cadre théorique. Des liens de ressemblances et de différences ont été dégagés, ce qui favorise la généralisation, aux seuls cas étudiés, de certains aspects plutôt que la vérification d'hypothèses préétablies (Allaire, Theriault, Gagnon, et Normandeau, 2013). L'interprétation que font les élèves de leur motivation à apprendre s'est fondée sur l'analyse purement qualitative des données. Le sens attribué à la réalité était construit de manière interactive entre le chercheur, les élèves et leur enseignante.

## B. Préparation de la recherche

La préparation de la recherche a consisté à sélectionner le terrain et les sujets de recherche, ainsi qu'à choisir le dispositif d'apprentissage à utiliser.

### 1. Sélection des cas

L'échantillonnage était basé, non pas sur un modèle statistique, mais sur la signifiante des cas en fonction de l'objet de recherche (Savoie-Zajc, 1990). Il a donc été question de constituer des cas où le phénomène recherché est susceptible d'apparaître conformément aux suggestions de Stake (1995) et Yin (1989). Ainsi, les sujets de recherche (les élèves), étaient issus des classes de 3<sup>e</sup> du lycée d'Élat, établissement où s'est déroulée la recherche. Sur soixante quatre élèves au départ, c'est au final dix élèves qui ont été sélectionnés sur la base du volontariat et du consentement éclairé des parents parce qu'ils étaient tous mineurs. Par ailleurs, ces élèves devaient manifester l'intention d'utiliser les simulateurs et l'exerciseur afin d'apprendre les sciences physiques aux horaires prévues pour l'étude en classe. Après diagnostic de leur niveau en informatique, ils ont été initiés à l'usage de base de l'ordinateur pour qu'ils puissent être à l'aise avec l'outil informatique pendant les séances d'apprentissage.

Lors de la première séance d'apprentissage, les élèves se sont regroupés en binômes par ordinateur. Ce regroupement s'est fait par affinité afin de favoriser les interactions au sein des binômes. Chacun de ces cinq binômes formés devait être maintenu inchangé durant toutes les séances d'apprentissage via l'ordinateur, ce qui a été fait. C'est ainsi que chaque binôme constituant un cas a fait l'objet d'une étude détaillée. Il y va de la qualité de notre étude qui se veut multi-cas (Yin, 1989 ; Stake, 1995).

### 2. Dispositif d'apprentissage

Lors des apprentissages, c'est le logiciel **Hot potatoes 6**<sup>4</sup> qui a été utilisé (figure 2). Cet outil a permis de générer des exercices de physique et chimie à partir de ses composantes (JMatch, JMix, JCross, JQuiz et JCloze). Il s'agit :

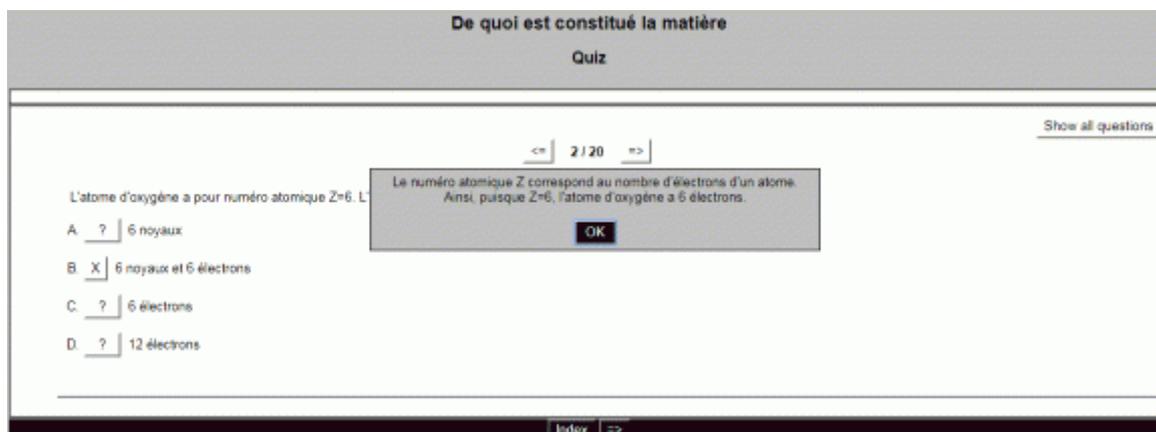
- des questionnaires à choix multiples ou un questionnaire invitant l'élève à taper une réponse ;
- des exercices invitant l'élève à mettre en ordre des segments de phrases ;
- des mots croisés (ou mots fléchés) ;

---

<sup>4</sup> <https://hotpot.uvic.ca/> - Ce logiciel a été créé par l'équipe de recherche et développement du *Humanities Computing and Media Centre*, University of Victoria.

- des exercices de mise en correspondance ou d'associations de deux éléments (exemple : une image et un texte) ;
- des exercices à trous, aussi appelés tests de *closure* ou texte lacunaires.

**Figure 2. Réalisation d'un quiz avec Hot potatoes 6**



Quant aux simulateurs sélectionnés pour l'expérimentation, le tableau I et la figure 3 en donnent les détails. Ces simulateurs, conformément au cadre théorique, sont en adéquation avec les programmes pédagogiques des classes de 3<sup>ème</sup>.

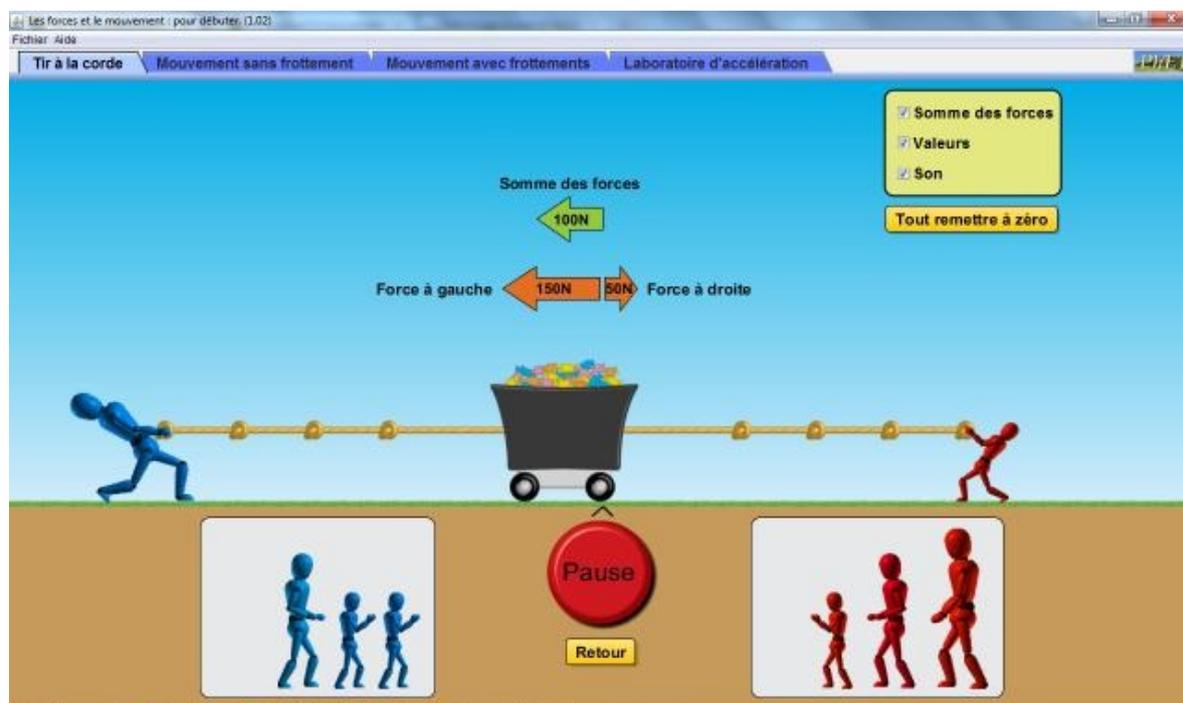
**Tableau I. Simulateurs utilisés lors des activités d'apprentissage**

Matières	Chapitres <sup>5</sup>	Simulateurs
Physique	Chapitre 1 : Le mouvement d'un objet.	<i>L'homme en mouvement</i> . Version 2.05 Site: <a href="http://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/moving-man">http://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/moving-man</a>
		Activité d'apprentissage : <a href="https://phet.colorado.edu/services/download-servlet?filename=%2Factivities%2F2829%2Fphet-contribution-2829-5460.pdf">https://phet.colorado.edu/services/download-servlet?filename=%2Factivities%2F2829%2Fphet-contribution-2829-5460.pdf</a>
		<i>Mouvement en 2D</i> . Version 1.07 Site : <a href="https://phet.colorado.edu/fr/simulation/motion-2d">https://phet.colorado.edu/fr/simulation/motion-2d</a> Activité d'apprentissage : <a href="https://phet.colorado.edu/fr/contributions/view/3595">https://phet.colorado.edu/fr/contributions/view/3595</a>
	Chapitre 2 : Les forces	<i>Les forces et le mouvement : pour débiter</i> . Version 1.02 Site : <a href="https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/forces-and-motion-basics">https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/forces-and-motion-basics</a> Activité d'apprentissage: <a href="https://phet.colorado.edu/fr/contributions/view/3647">https://phet.colorado.edu/fr/contributions/view/3647</a>
		<i>Force et mouvement</i> . Version 2.06 Site : <a href="https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/forces-and-motion">https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/forces-and-motion</a>
		<i>Tais toi et pousse ! Observation d'un mouvement rectiligne</i> . Version 1.24 Site : <a href="https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/forces-1d">https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/forces-1d</a>

<sup>5</sup> Les chapitres mentionnés ont été sélectionnés sur la base du fait qu'ils devaient être enseignés durant la période réservée à la collecte des données de la présente recherche, conformément au calendrier de recherche et à la fiche de progression des enseignements du lycée d'Elat.

		Activité d'apprentissage : <a href="https://phet.colorado.edu/services/download-servlet?filename=%2Factivities%2F3135%2Fphet-contribution-3135-5031.pdf">https://phet.colorado.edu/services/download-servlet?filename=%2Factivities%2F3135%2Fphet-contribution-3135-5031.pdf</a>
Chimie	Chapitre 2 : Les réactions chimiques.	<i>Équilibrer les équations chimiques.</i> Version 1.01 Site : <a href="https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/balancing-chemical-equations">https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/balancing-chemical-equations</a>
		<i>Réactifs, Produits et Restes.</i> Version 1.05 Site : <a href="https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/reactants-products-and-leftovers">https://phet.colorado.edu/fr/simulation/legacy/reactants-products-and-leftovers</a>

Figure 3. exécution d'une simulation



Réalisé avec le simulateur « Les forces et le mouvement : pour débuter » Version 1.02

### C. Collecte, traitement et analyse des données

Parlant de la collecte des données, des observations directes (à l'aide d'une grille d'observation) ont été menées auprès des sujets de recherche au cours de huit séances d'apprentissage classique et seize séances d'apprentissage intégrant les simulateurs associés à l'exerciceur, toutes d'une durée de deux heures. Puisque le chercheur a joué un rôle existant dans la situation étudiée, notamment celui de moniteur (avec l'enseignante de la classe) aux séances d'apprentissage avec les simulateurs et l'exerciceur, l'observation a donc été participante.

En complément, cinq entretiens approfondis de groupes de deux élèves issus de cas distincts d'une durée de 20 à 30 minutes, et un entretien individuel de 25 minutes avec l'enseignante de classe, tous semi-dirigés, ont été menés. Cela a permis de collecter jusqu'à saturation, des données relatives aux effets de l'usage des simulateurs couplés à un exerciceur sur la motivation des élèves à apprendre. Toutes les entrevues ont eu lieu le même jour afin que tous les sujets de recherche se sentent impliqués et éviter que certains se sentent exclus du processus (Deliyanni et Dimitrakopoulou, 2013). Pour éviter que les sujets se sentent évalués, les interviewés et l'intervieweur étaient assis côte à côte sur des chaises confortables, différentes de leurs tables-bancs habituels, dans une salle bien aménagée à cet effet. Par ailleurs, l'analyse de ces données qualitatives s'est faite suivant l'approche de type « analyse de contenu ». C'est la démarche proposée par Baribeau (2009) et inspirée de L'Écuyer (1989) qui a été adoptée. Elle se résume en deux phases : la phase de préparation (appropriation du

contenu, transcription, choix de l'unité d'analyse, préparation des outils pour le codage) et la phase d'analyse proprement dite (codage, catégorisation, description du phénomène et interprétation des résultats). Le logiciel Welf QDA a été utilisé tout au long de ce processus.

Dans la section suivante, afin de préserver la confidentialité des sujets de recherche, ces derniers ne sont pas nommés mais plutôt désignés par les codes E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10.

#### IV. Résultats de l'analyse

Cette section met en évidence les données significatives. Il s'agit d'abord de la qualité de l'accompagnement offerte par les simulateurs et l'exerciseur. Ensuite, de l'acquisition de nouvelles connaissances par les élèves ainsi que de leurs erreurs. Et enfin, des comportements et attitudes inculqués. Un zoom est également fait sur le cas spécifique des élèves E9 et E10.

##### A. Accompagnement et acquisition des connaissances (chez les élèves E1 à E8)

Les discours et observations analysés montrent que dans l'ensemble, les élèves avaient l'impression de dialoguer avec les simulateurs et l'exerciseur. En effet, « ... *Il y a une vraie différence entre faire les exercices sur le cahier et les faire avec l'ordinateur. C'est vraiment convivial de faire les exercices sur l'ordinateur* » (E2). De plus, « *c'est plus interactif et plus attrayant* » (E8).

Aussi, avec ces applications informatiques, les élèves se sentent particulièrement guidés dans les apprentissages. Avec l'exerciseur, ils faisaient preuve d'autoévaluation puisqu'ils étaient « ...*très attentifs au score de l'exerciseur qui permettait d'être renseigné sur les réponses fausses* » (E5). Singulièrement, «... *les questions ratées permettaient de savoir quelles étaient les connaissances et notions qui n'étaient pas encore connues et sur lesquelles il fallait insister*» (E3). Par ailleurs, comme le révèle E2, cela favorisait les discussions par binômes sur «...*les connaissances complémentaires à maîtriser pour [...] trouver les réponses des questions ratées* ». Par ailleurs, les élèves ont véritablement cherché à interpréter et comprendre les phénomènes de sciences physiques avec les simulateurs.

*Même pour l'interprétation des phénomènes en physique après les simulations, [...] comme chacun avait son interprétation, il fallait d'abord comprendre l'interprétation faite par l'autre, trouver les limites de cette interprétation, et enfin, la rejeter, l'accepter ou la compléter.[...] Si on n'avait pas la réponse, au lieu de faire appel aux autres élèves, on préférerait faire appel à l'enseignante qui nous expliquait mieux. (E1).*

Quant à l'acquisition des connaissances, les élèves ont « ...*le sentiment de mieux réviser les leçons avec l'exerciseur et mieux comprendre les phénomènes de sciences physiques avec les simulateurs* » (E1). E2 dira d'ailleurs : « *Plus on était félicité par l'exerciseur, plus on sentait qu'on avait de meilleures connaissances en physique et chimie, plus on voulait continuer à faire les exercices* ». Parlant du travail avec les simulateurs, il ajoutera : « *on était plus concentré* ».

En plus de l'impression de dialoguer, d'être guidés et de véritablement apprendre, les élèves se sentaient rassurés pendant les apprentissages. E6 dira d'ailleurs : « *Puisque j'avais réussi les simulations et que l'exerciseur m'a guidé pour avoir les bonnes réponses, j'étais plus confiant* ». A sa suite, E4 apprécie la confidentialité des scores réalisés avec l'exerciseur.

*Si je suis plus à l'aise lorsque je réponds aux questions de l'exerciseur, c'est parce que je ne me sens pas particulièrement observé. [...] C'est-à-dire que quand je dois répondre aux questions de l'exerciseur, même si j'ai des doutes, je valide quand même la réponse que je pense être la plus juste. Je n'ai pas peur que l'ordinateur me dise « faux » puisqu'il ne communique qu'avec moi et aucun camarade ne se préoccupe de mes erreurs.*

## B. Comportements et attitudes inculqués (chez les élèves E1 à E8)

Au-delà du sentiment éprouvé par les élèves, il a également été noté qu'ils consacraient suffisamment de temps pour la compréhension des concepts et erreurs ainsi qu'à la réalisation des exercices. C'est ainsi qu'en ce qui concerne l'exerciseur, E5 dira : « *pour atteindre les 20/20, nous avons dû plusieurs fois, entre deux essais, consulter notre cahier afin de comprendre pourquoi nos réponses étaient fausses* ». Parlant des simulateurs, E3 dira : « *quand on ne trouvait pas des résultats acceptables ou quand on faisait mal les simulations, on recommençait à simuler sans problème* ». Et ce, « *... sans que personne ne nous le demande* » (E4). E7 ajoutera : « *On faisait et refaisait les simulations jusqu'à ce que nous comprenions les phénomènes et notions de physique et chimie. [...] Avec les simulateurs et l'exerciseur, on pouvait passer beaucoup de temps à réfléchir sans nous fatiguer, c'était bien* ».

Contrairement aux apprentissages traditionnels, les sujets de recherche exploitaient mieux les ressources humaines et matérielles pour comprendre. « *L'enseignante était régulièrement sollicitée pour faciliter l'interprétation des phénomènes après les simulations. [...] consulter les cahiers de cours et parfois les livres étaient incontournables* » (E3). Conséquence, ils ont véritablement été « *[...] plus attentifs aux notions non assimilées* » (E3). De plus, ils n'abandonnaient pas les activités qui leur ont été confiées comme le précise E8 : « *Nous nous décourageons rarement en apprenant avec les simulateurs et l'exerciseur. Ce n'est pas le cas des apprentissages classiques qui demandent de toujours avoir le moral* ».

Aussi, les données collectées relèvent que les apprenants ont fait preuve de monitoring en apprenant avec les simulateurs et l'exerciseur. En effet, d'une part, ils évaluaient l'efficacité des stratégies d'apprentissage employées afin de les ajuster.

*Au départ, chacun travaillait à son tour avec l'exerciseur et on voyait qui avait plus de bonnes réponses. Puisqu'on a constaté que ça ne nous avantageait pas, nous avons décidé de valider les réponses ensemble. Chacun devait donc convaincre l'autre, et c'est la réponse de celui qui avait plus d'arguments qu'on validait. Ça nous permettait véritablement de comprendre pourquoi nos réponses étaient vraies. (E6).*

D'autre part, ils vérifiaient que l'interprétation erronée des phénomènes n'était pas liée à leur manque d'attention lors des simulations. « *... lorsque les données obtenues après les simulations ne permettaient pas de bien interpréter des phénomènes de physique, une vérification, étape par étape, était faite pour savoir si le protocole avait été bien suivi* » (E4). E5 prouve par ailleurs le caractère houleux de cette démarche : « *parfois, on débattait au point de nous chamailler, pour savoir si on avait bien compris les consignes pour mieux faire les simulations* ».

## C. Acquisition des connaissances et comportements du binôme E9 et E10

Les données réunies révèlent que les élèves E9 et E10 se servaient de l'ordinateur à des fins non relatives aux activités d'apprentissage. « *...ils n'ont demandé aucune aide pendant les seize séances d'apprentissages et étaient toujours assis devant l'ordinateur situé au dernier rang pour jouer aux cartes et écouter la musique au lieu de véritablement travailler avec les simulateurs et l'exerciseur* » (Marie Louise, enseignante). Pour E9, « *s'exercer avec l'exerciseur fait trop réfléchir. Il faut d'abord lire le cours avant de répondre aux questions* ». Il semble s'ennuyer avec l'exerciseur parce qu'il ne lit pas le cours de l'enseignante au préalable. C'est également le cas d'E10 avec les simulateurs. « *... je croyais que j'allais mieux comprendre avec l'ordinateur. Au contraire, j'ai l'impression que les simulations-là m'embrouillent plutôt* » dira-t-il.

Spécifiquement, même avec l'exerciseur bien apprécié par les autres sujets de recherche, le binôme E9-E10 semble ne pas avoir acquis des connaissances liées aux cours de physique et chimie. Les propos d'E9 en disent davantage :

*...avec l'exerciseur, nos résultats ne s'amélioreraient pas au fur et à mesure qu'on refaisait les exercices. [...] c'était des résultats en dents de scies. [...] Par exemple,*

*il nous est arrivé d'avoir un résultat de 11/20 avec l'exerciseur et, en refaisant le même exercice quelques minutes après, nous avons obtenu 7/20.*

Ce témoignage met donc en relief deux problèmes. Le premier est la validation des réponses de l'exerciseur par hasard, et le second est la non-actualisation des connaissances à partir des questions non trouvées.

Ce manque d'intérêt de ces deux élèves avaient déjà été observé lors des activités d'apprentissage classique. Ils ne consacraient pas déjà assez de temps à la prise de notes, au traitement d'un exercice, à la compréhension des erreurs, à l'étude des manuels, etc. L'enseignante de la classe précisera d'ailleurs que :

*Ce sont des élèves attentistes. Lorsqu'on leur donne des devoirs à faire en classe, ils font semblant de travailler et s'occupent autrement : bavardage, jeux, sommeil. [...] Ils n'attendent que la correction pour la copier dans les cahiers. [...] parfois, ils ne prennent même pas la correction. Ils ne manifestent pas le désir de faire entièrement un exercice, et ne semblent pas trop dérangés par le fait de ne pas maîtriser une notion ou un concept de physique.*

Ce désintérêt vis-à-vis activités d'apprentissage proposées semblent lié à un environnement familial défavorable, au capital scolaire des parents et au manque d'aide scolaire. Toutefois, E10 semble avoir quand même acquis des connaissances techniques nécessaires à l'usage de l'ordinateur.

*Je sais que les sciences physiques sont importantes, mais c'est compliqué pour moi parce que je n'ai personne pour m'aider à apprendre à la maison. [...] Pendant mon temps libre, je dois aussi être chauffeur de moto-taxi pour avoir un peu d'argent pour moi même. Donc j'ai beaucoup de lacunes en physique et chimie et ça m'intéresse de moins en moins [...] c'est surtout pour toucher à l'ordinateur et découvrir ses fonctionnalités que j'étais là.*

E9 précise quant à lui :

*Je préférais explorer l'ordinateur que mener les activités avec les exercices parce que je n'ai pas vraiment le temps d'apprendre à la maison. [...] La distance entre le lycée et la maison me fatigue dans l'après midi, quand je rentre chez moi. [...] en plus, une fois à la maison il faut souvent aller au champ chercher les vivres pour faire à manger. Après, [...] je mange et je dors jusqu'au lendemain matin.*

## **V. Discussion et conclusion**

Les résultats de la présente recherche révèlent que les élèves des cas n°1, 2, 3 et 4 (E1 à E8) avaient l'impression de dialoguer avec les simulateurs et l'exerciseur, et qu'ils se sentaient par ailleurs rassurés et guidés par ces outils lors des apprentissages. Ces faits montrent qu'il y a effectivement eu un processus de communication qui a favorisé l'acquisition des connaissances, c'est-à-dire, « une pédagogie dialoguée » (Bernstein, 1975 ; cité par Gauthier, Garnier et Marinacci, 2005).

Aussi, les Agents (Simulateurs et exerciseur) ont amené ces élèves à systématiquement explorer les cahiers et livres tout en leur permettant d'être plus attentifs aux connaissances non maîtrisées (pour comprendre leurs erreurs), à partager les connaissances en aidant leurs pairs en difficultés, à pleinement participer aux conflits sociocognitifs de manière constructive. Ainsi, d'après Barnier (2002), les simulateurs et l'exerciseur ont privilégié les processus d'acquisition et de construction des savoirs par les apprenants et favorisé les automatismes puisque ces outils leur ont inculqué certains comportements, réactions, et attitudes. En d'autres termes, ces Agents ont fait apprendre les élèves, les ont guidés et accompagnés dans les activités proposées (p.3) et les ont entraînés à produire les réponses attendues selon les problèmes rencontrés (p.2). Suite de ce qui précède, il y a donc eu

effectivement, d'après Legendre (1983), une « relation d'enseignement » qui a lié les Agents (Simulateurs et exerciceur) aux apprenants.

Par ailleurs, les élèves E1 à E8 avouent explicitement avoir acquis de nouvelles connaissances et mieux compris les concepts de physique et chimie ainsi que leurs erreurs. Il y a donc eu planification par les Agents des contenus aptes à favoriser l'apprentissage, et par conséquent, la « relation didactique » a été établie entre les Agents et ces apprenants d'après Legendre (1983). En somme, en regard des travaux de Legendre, l'apprentissage des sciences physiques a véritablement été favorisé par les simulateurs et l'exerciceur puisqu'il y a effectivement eu « relation didactique » et « relation d'enseignement ». En somme, puisque les apprenants E1 à E8 ont acquis des connaissances et développé de bonnes stratégies d'apprentissage avec ces applications informatiques, alors d'après Viau (2002), ils ont été motivés à apprendre la physique et la chimie.

Cependant, les résultats de la recherche révèlent que E9 et E10 se servaient de l'ordinateur à des fins non relatives aux activités d'apprentissage telles qu'écouter la musique et jouer. Cela se produisait pendant que l'enseignant faisait des démonstrations à l'attention des apprenants et aussi au moment de travailler avec les simulateurs et l'exerciceur. Cela pose donc le problème de vigilance des enseignants sur l'usage positif de l'ordinateur pendant les apprentissages (Matchinda, 2008). Aussi, un environnement familial défavorable, un faible capital scolaire des parents, le manque d'aide scolaire des élèves à la maison et une faible sensibilisation de ces derniers à l'importance de l'école n'encouragent pas à apprendre. Pallier ces difficultés, principales sources de démotivation d'E9 et E10, permettra effectivement aux élèves de tirer pleinement profit des TIC dans leurs apprentissages.

Il est à noter que la réalisation de ces activités d'apprentissage a confronté l'enseignant à une difficulté majeure : celle de l'encadrement individuel des apprenants. En effet, les élèves d'un binôme débattent permanemment et ont des raisonnements dont certains sont pertinents et d'autres non. L'enseignant qui gère l'ensemble de la classe ne peut pas individuellement les aider à distinguer le raisonnement qui est pertinent de celui qui ne l'est pas. Les enseignants qui mèneront les activités d'apprentissage avec les simulateurs et l'exerciceur devront donc se faire assister.

Pour les futures recherches, il serait pertinent de mettre en évidence l'état de « Flow » des élèves (Csikszentmihalyi, 1990 ; Heutte et Fenouillet, 2010) lors des apprentissages des sciences physiques avec les simulateurs et l'exerciceur. Cet état mental est caractérisé par un sentiment d'absorption cognitive<sup>6</sup>, d'immersion et la perception altérée du temps<sup>7</sup>, de dilatation de soi<sup>8</sup>, et enfin de bien être procuré par l'activité en elle-même ou expérience autotélique<sup>9</sup> (Heutte et Fenouillet, 2010; Heutte, Fenouillet, Martin-Krumm, Boniwell et Csikszentmihalyi, 2016). Il est provoqué par l'engagement de l'apprenant et constitue l'une des sources principales de la persistance (Molinari et al., 2016). Ces recherches sur l'état de « Flow » des élèves permettront de savoir, entre autres, si les activités d'apprentissage avec ces applications informatiques sont motivantes de façon intrinsèque (Barré, J., Buisine, S., Guegan, J., Mantelet, F., et Aoussat, 2014, p.25).

## Références

Allaire, S., Theriault, P., Gagnon, V., et Normandeau, L. (2013). *Étude de cas multiples sur le développement de l'écriture dans des classes du secondaire utilisant le blogue*. [En ligne] <http://constellation.uqac.ca/2450/1/Rapport-Blogue-Sec-v8.pdf>.

Banerjee, N. & Das., A. (2014). Impact of Ict on Science Learning To Enhance Motivation of Secondary Level Students: An Analytical Study. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)*, 19 (7), 19-23.

<sup>6</sup> L'élève sait que l'activité est faisable et sait qu'il a les compétences pour réaliser l'activité, il n'est ni anxieux ni ennuyé.

<sup>7</sup> L'élève perd la notion du temps et ne se rend pas compte du temps qui passe lors des apprentissages.

<sup>8</sup> L'élève ne se soucie plus de lui-même pendant l'apprentissage, il a le sentiment d'avoir transcendé l'ego à tel point qu'on ne croyait pas cela possible.

<sup>9</sup> L'élève a un sentiment d'extase, il est en dehors de la réalité quotidienne.

- Barré, J., Buisine, S., Guegan, J., Mantelet, F., et Aoussat, A. (2014). Le caractère ludique comme levier de performance pour l'anticipation des besoins utilisateurs. *Actes du colloque francophone sur l'Ergonomie et l'Informatique Avancée -ErgoIA 2014* (pp. 25-32). Bidart-Biarritz, France. [En ligne] <http://stephanie.buisine.free.fr/publis/ErgoIA14a.pdf>
- Baribeau, C. (2009). Analyse des données des entretiens de groupe. *Recherches qualitatives*, 28(1), 133-148.
- Barnier, G. (2002). *Théories de l'apprentissage et pratiques d'enseignement*. [En ligne] [http://www.ac-nice.fr/iencagnes/file/peda/general/Theories\\_apprentissage.pdf](http://www.ac-nice.fr/iencagnes/file/peda/general/Theories_apprentissage.pdf)
- Bogdan, R.C. et Biklen, S.K. (1992). *Qualitative research for education*. Boston: Allyn and Bacon.
- Boyer, R. et Tiberghien, A. (1989). Opinion de professeurs et d'élèves sur l'enseignement des sciences physiques au lycée. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 712, 305-321.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper and Row.
- de Vries, E. (2001). Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail ? *Revue française de pédagogie*, 137, 105-116. [En ligne] <https://doi.org/10.3406/rfp.2001.2851>
- Dejean-Thircuir, C. et Nissen, E. (2013). Évolutions technologiques, évolutions didactiques. *Le Français dans le monde, Recherches et applications*, 54, 28-40.
- Deliyanni, E. et Dimitrakopoulou, D. (2013). *L'application de nouveaux médias en classe. Emploi d'un blog scolaire à des fins de projection et de diffusion de modèles médiatiques et culturels alternatifs*. [En ligne] <http://python.espe-bretagne.fr/blog-tice-56/wp-content/uploads/Application-des-nouveaux-m%C3%A9dias-en-classe.pdf>
- el Moussaouy, A., Errahmani A. et Abderbi, J. (2015). Situations contextuelles dans l'enseignement de physique au lycée. *Review Of Science, Mathematics And ICT Education*, 9 (2), 65-78. [En ligne] <http://mgdlt.lis.upatras.gr/index.php/review/article/view/2220/2505>
- Fenouillet, F. et al. (2001, septembre). *Etudes de stratégies d'élèves lors d'une tâche de résolution de problèmes dans un environnement informatique*. Communication présentée au 4<sup>e</sup> colloque international AECSE, Lille, France.
- Gauthier, D., Garnier, C., et Marianacci, L. (2005). Les représentations sociales de l'enseignement et de l'apprentissage de la science et de la technologie d'élèves et d'enseignants du secondaire. *Journal International sur les Représentations Sociales*, 2 (1), 20-32. [En ligne] [http://www.geirso.uqam.ca/jirso/Vol2\\_Aout05/20Gauthier.pdf](http://www.geirso.uqam.ca/jirso/Vol2_Aout05/20Gauthier.pdf)
- Giordan, A. (1994). *Le modèle allostérique et les théories contemporaines sur l'apprentissage. Conceptions et connaissances*. Bern : Peter Lang.
- Giuseppin, M. (1996). Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques. *Didaskalia*, 9, 107-118. [En ligne] <https://doi.org/10.4267/2042/23789>
- Havard, N. (1996). Student attitudes to studying A-Level sciences. *Public Understanding of Science*, 5 (4), 321-330.
- Heutte, J. et Fenouillet, F. (2010). *Propositions pour une mesure de l'expérience optimale (état de Flow) en contexte éducatif*. Communication présentée au 26<sup>e</sup> congrès international d'actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF), septembre 2010, Genève, Suisse.
- Heutte, J., Fenouillet, F., Martin-Krumm, C., Boniwell, I., et Csikszentmihalyi, M. (2016). *Proposal for a conceptual evolution of the flow in education (EduFlow) model*. Communication présentée à la 8<sup>th</sup> European Conference on Positive Psychology (ECP), juin 2016, Angers, France.
- Kane, S. (2005). Former des enseignants à l'élargissement des enjeux d'apprentissage en travaux pratiques de physique et chimie : deux axes à articuler. *Didactique*, 99, 1181-1192. [En ligne] [http://196.1.95.56/articles/saliou/article1\\_former.pdf](http://196.1.95.56/articles/saliou/article1_former.pdf)

- Kranjc, T. (2011). Simulations as a complement and a Motivation element in the teaching of Physics. *Metodicki obzori*, 6(12), 175-187. [En ligne] <http://hrcak.srce.hr/71293>
- L'Écuyer, R. (1989). L'analyse développementale du contenu. *Revue de l'Association pour la Recherche Qualitative*, 1, 51-80.
- Legendre, R. (1983). *L'éducation totale*. Paris : Nathan.
- Legendre, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation, 2e édition*. Montréal : Guérin ; Paris : Eska.
- Lycée d'Elat. (2015). *Conseil d'enseignement Bilan de l'année scolaire 2014-2015*. Compte rendu de réunion du département de Physique Chimie et Technologie. Elat, Cameroun.
- Lycée d'Elat. (2016). *Conseil d'enseignement Bilan de l'année scolaire 2015-2016*. Compte rendu de réunion du département de Physique Chimie et Technologie. Elat, Cameroun.
- Maarouf, A. et Benyamna, S. (1997). La construction des sciences physiques par les représentations et les erreurs : cas des phénomènes magnétiques. *Didaskalia*, 11, 103-120.
- Matchinda, B. (2008). Les TIC, l'apprentissage et la motivation des filles et des garçons au secondaire au Cameroun. Dans K. Toure, T.M.S. Tchombe, et T. Karsenti (dir.), *ICT and Changing Mindsets in Education*. Bamenda, Cameroon : Langaa ; Bamako, Mali : ERNWACA / ROCARE.
- Merriam, S. B. (2002). *Qualitative research in practice: Examples for discussion and analysis*. Chicago: Jossey-Bass Inc Pub.
- MIMEPAT (Ministère de L'Économie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire). (2009). *Cameroun Vision 2035*. [En ligne] [http://www.minepat.gov.cm/index.php/fr/modules-menu/doc\\_download/106-vision-2035-du-cameroun](http://www.minepat.gov.cm/index.php/fr/modules-menu/doc_download/106-vision-2035-du-cameroun)
- Molinari, G., Poellhuber, B., Heutte, J., Lavoué, E., Sutter Widmer, D. et Caron, P.-A. (2016). L'engagement et la persistance dans les dispositifs de formation en ligne : regards croisés. *Distances et médiations des savoirs*. 13, 1-23.
- Noupet Tatchou, G. (2004). *Conceptions d'élèves du secondaire sur le rôle de l'expérience en sciences physiques: cas de quelques expériences de cours en électrocinétique*. (Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences de l'Education, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal). [En ligne] [www.fastef-portedu.ucad.sn/cese/cuse/tatchou.pdf](http://www.fastef-portedu.ucad.sn/cese/cuse/tatchou.pdf)
- Paille, P. (1996). Recherche qualitative. Dans A. Mucchielli (Éd.), *Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines et sociales* (pp. 196-198). Paris : Armand Colin.
- Pouts-Lajus, L. (2001). *Usages pédagogiques des exercices multimédias : Analyses issues de l'observation de terrain*. [En ligne] <https://halshs.archives-ouvertes.fr/edutice-00000107/document>
- Porchet, M. (2002). *Les jeunes et les études scientifiques : les raisons de la « désaffection »*. Un plan d'action. [En ligne] <http://media.education.gouv.fr/file/91/8/5918.pdf>
- Roxin, I. (2003). *Multimédia et Web sémantique au service de l'apprentissage* (Habilitation à diriger des recherches, Université de Franche-Comté, France). [En ligne] <http://xavier.petiaux.free.fr/supportpsm/multiweb.pdf>
- Rutherford, F. J. et Ahlgren, A. (1990). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
- Savoie-Zajc, L. (1990). Les critères de rigueur de la recherche qualitative. Dans P. Angenot, R. Claux, J.-P. Deslauriers, A. Dolbec, et L. Savoie-Zajc (Éds), *La pratique de la recherche qualitative : un plaisir ?* (pp. 49-66). Rouyn-Noranda : Soréat.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd.
- Souchard, L. (2003, juin). *Analyse des ressources de logiciels tutoriels fermés dans l'enseignement pré-algébrique*. Communication présentée au congrès ITEM, Reims, France. [En ligne] <https://halshs.archives-ouvertes.fr/edutice-00001363/document>

Tchameni Ngamo, S. (2007). *Stratégies organisationnelles d'intégration des TIC dans l'enseignement secondaire au Cameroun: Étude d'écoles pionnières*. (Thèse de doctorat, Université de Montréal, Canada). [En ligne] <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/17687>

Tavris, C., et Wade, C. (1999). *Introduction à la psychologie: les grandes perspectives*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.

Varenne, F. (2003, janvier). *La simulation conçue comme expérience concrète*. Communication présenté aux 10<sup>e</sup> journées de rencontres interdisciplinaires sur les sur les systèmes complexes naturels et artificiels. [En ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00004269/document>

Venturini, P. (2007). L'implication des élèves à apprendre la physique. *Actes des 55<sup>e</sup> journées nationales de l'UdPPC* (pp.1-10). [En ligne] [http://paris2007.udppc.asso.fr/docactes/2007/113\\_12032008020006.pdf](http://paris2007.udppc.asso.fr/docactes/2007/113_12032008020006.pdf)

Viau, R. (2002, avril). *La motivation des élèves en difficulté d'apprentissage: une problématique particulière pour des modes d'intervention adaptés*. Communication présenté dans le cadre du Cycle de conférences « Difficulté d'apprendre, Difficulté d'enseigner ». Luxembourg, Grand duché du Luxembourg. [En ligne] <http://sites.estvideo.net/gfritsch/doc/rezo-cfa-408.htm>

Yin, R.K. (1989, Édition). *Case study research: Design and methods*. Newbury Park (CA): Sage.

