



## Évaluer les usages didactiques d'un *serious game* à partir de l'analyse de l'action conjointe : le cas Mecagenius®

► **Michel GALAUP, Chantal AMADE-ESCOT**, (UMR EFTS,  
MA 122, ESPE, Université Toulouse Jean Jaurès)

---

---

■ **RÉSUMÉ** • Cet article s'intéresse à la manière dont un *serious game* de génie mécanique est utilisé par des enseignants en lycée et en IUT. Il s'appuie sur une analyse ascendante de la transposition didactique et mobilise les descripteurs de l'action didactique conjointe professeur-élèves. Nous présentons le cadre théorique et la méthode mis en œuvre pour rendre compte des usages didactiques que font les enseignants de cet artefact informatique que nous exemplifions à partir de courts extraits tirés de deux études de cas. Les résultats mettent en lumière des formes contrastées d'intégration de Mecagenius® à la pratique usuelle des enseignants. La conclusion pointe les apports de cette étude dont la visée est de rendre intelligible les usages possibles des *serious games* en situation didactique ordinaire.

■ **MOTS-CLÉS** • Didactique, *Serious game*, Mecagenius®, Action conjointe en didactique, Génie mécanique.

■ **ABSTRACT** • *This article focuses on how a mechanical engineering serious game Mecagenius® is used by teachers in a high school and in a higher education institute of technology (IUT). To account of it we make a bottom-up analysis of the didactic transposition by means of analytical descriptors related to teacher and students' didactical joint action. We first present the theoretical framework and the research method, then we illustrate how Mecagenius® is used by teachers through short extracts borrowed from two case studies. The findings highlight the contrasting forms of artifact integration into teachers' usual teaching practices. The conclusion discusses the contribution of this study for understanding the potential uses of serious games in ordinary teaching.*

■ **KEYWORDS** • *Teaching, Serious game, Mecagenius®, Didactical joint action, Mechanical engineering.*

## **1. Introduction**

Cet article trouve sa source dans une thèse de doctorat en sciences de l'éducation portant sur la conception et les usages didactiques d'un *serious game* dédié au génie mécanique (Galaup, 2013). La recherche a été développée dans le cadre d'un projet de recherche pluridisciplinaire financé par le Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi<sup>1</sup>. L'originalité de la thèse réside dans l'articulation d'une double approche (descendante et ascendante) des phénomènes de transposition didactique (Amade-Escot, 2007 ; Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005). Cette double approche a permis de parcourir toute la chaîne transpositive allant de la conception du *serious game* Mecagenius® à son utilisation en classe en vue de développer l'apprentissage de savoirs du génie mécanique. Trois études emboîtées, correspondant aux trois programmes de recherche constitutifs de l'approche didactique (épistémologique, didactique, cognitif) ont été développées. Dans cet article, nous ne rendons compte que de l'étude consistant à documenter les pratiques didactiques d'enseignants utilisant Mecagenius® avec leurs élèves en lycée et en IUT. Les résultats présentés éclairent ce qui peut être considéré comme une évaluation qualitative des usages possibles d'un *serious game* en présentiel. Une seconde visée de l'article consiste à rendre compte de la méthodologie mise en œuvre à partir des descripteurs de l'action didactique conjointe (Sensevy, 2007) pour rendre compte du fonctionnement ordinaire des systèmes didactiques. À notre connaissance, aucune recherche sur les usages des *serious games* par les enseignants n'a mobilisé ces descripteurs pour rendre compte de phénomènes didactiques inhérents à l'introduction de ce type d'artéfact informatique dans les classes.

## **2. Cadre théorique**

En sciences de l'éducation, les problématiques de recherche concernant les usages des artéfacts informatiques ont été le plus souvent développées dans le cadre de la didactique professionnelle à partir d'une approche instrumentale (Rabardel, 1995). Plusieurs auteurs soulignent l'intérêt d'une telle approche que ce soit en didactique des mathématiques (Trouche, 2005) ou en pédagogie (Marquet, 2003). Dans cet article nous retravaillons la notion d'usage en considérant que l'introduction d'un *serious game* en classe modifie en profondeur l'équilibre didactique dans le sens où cet artéfact transforme les relations entre professeur et élèves au regard des savoirs visés (ici les savoirs du génie mécanique).

Par ailleurs, si la littérature sur les *serious games*<sup>2</sup> met en avant leur pertinence du point de vue des apprentissages, elle aborde la question de leurs usages en classe à partir, le plus souvent, de comparaisons expéri-

mentales. Dans ces recherches, les auteurs et/ou les concepteurs s'appuient sur les théories constructivistes ou socio-constructivistes pour avancer l'idée que les situations d'apprentissage individuel ou collaboratif permises par l'utilisation des *serious game* relèvent de processus adaptatifs (Chang et al., 2009 ; Kriz, 2010 ; Sauvé & Kaufman, 2010). Nous considérons pour notre part que même si les *serious games* sont conçus *a priori* pour favoriser la construction des connaissances par les apprenants rien ne garantit *de facto* l'effectivité de cette propriété. Pour rendre compte des usages didactiques que ces artefacts informatiques suscitent en situation de classe, nous nous intéressons, dans le cadre d'études de cas, aux pratiques des enseignants et des élèves. En effet, lorsque les enseignants utilisent un *serious game* en classe ils interagissent avec leurs élèves en poursuivant certains buts didactiques. Les élèves, pour leur part, sont impliqués dans un environnement ludique conçu pour faciliter leurs apprentissages. Comment s'articule l'activité des uns et des autres ? Nous faisons l'hypothèse que l'étude de l'action didactique conjointe des professeurs et des élèves peut permettre de rendre intelligible les modalités, voire les difficultés de cette articulation et, éventuellement, de pointer certains phénomènes didactiques assez mal connus. Nous nous intéressons plus particulièrement à la question de la dévolution (Brousseau, 1986, 1998). Comme le discutent Charlier et Peeters (1999) à propos de l'interactivité, nous conjecturons que la potentialité "dévoluante" des *serious games* ne constitue pas une caractéristique intrinsèque à ces artefacts mais relève de propriétés émergentes liées aux conditions de leurs usages *in situ*. Nous questionnons ainsi le présupposé constructiviste, souvent évoqué dans la littérature consacrée aux *serious games*, ainsi que l'existence d'une "a-didacticité" *per se* de ce type d'artefact (Sanchez, 2011).

La visée descriptive qui sous-tend cette étude, nous a amené à convoquer le cadre théorique de l'action conjointe (Amade-Escot & Leutenegger, 2013 ; Sensevy et Mercier, 2007) qui, selon nous, permet de mettre au jour les dynamiques évolutives à l'œuvre dans les systèmes didactiques intégrant l'usage d'un *serious game*. Le postulat est que les phénomènes transpositifs ne s'arrêtent pas à l'issue du processus de conception du *serious game* mais se poursuivent en situation ; ils résultent d'une co-construction entre professeur et élèves des enjeux épistémiques cristallisés dans les modules (dans Mecagenius® appelés « mini-jeux ») constitutifs de l'artefact informatique<sup>3</sup>. L'analyse de l'action conjointe en didactique, en ce qu'elle rend compte des processus interactionnels à l'origine des phénomènes contractuels implicites déterminant en partie l'évolution du système, nous semble pertinente pour interroger le caractère potentiellement "dévoluant" attribué aux *serious games*. Soulignons à ce propos qu'action con-

jointe ne veut pas dire buts communs ! C'est le cas notamment lorsque les élèves confrontés à un *serious game* poursuivent des buts qui leur sont propres face à l'environnement ludique qui leur est proposé, sans pour autant rentrer dans l'apprentissage visé par le professeur et/ou par l'artéfact.

D'un point de vue formel, le cadre d'analyse de l'action conjointe en didactique est structuré autour de quelques positionnements théoriques auxquels sont associés des descripteurs permettant d'analyser les corpus. Dans les lignes qui suivent, nous synthétisons brièvement ce modèle (pour un développement voir Sensevy & Mercier, 2007).

Pour ce qui est des positionnements théoriques, Amade-Escot et Leutenegger (2013) pointent une référence à l'interactionnisme social associée à une perspective « située », actionnelle et pragmatique, dont la visée est de rendre compte de configurations, de trajectoires dans l'évolution des systèmes didactiques observés, mais aussi relativement à l'agentivité des sujets de la relation didactique. Trois concepts, relevant du noyau dur théorique – au sens de Lakatos (1974) –, rendent compte de ces positionnements : celui de "transposition didactique" (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005) ; celui de "contrat didactique" (Brousseau, 1988) qui rend compte des attentes différentielles réciproques et en grande partie implicites des interactants vis-à-vis des enjeux de savoirs ; celui enfin, de "milieu didactique" (Amade-Escot & Venturini, 2009 ; Brousseau, 1988) dont certains éléments, initialement fixés dans le *serious game* lui-même, évoluent inévitablement dès lors que des interactions entre acteurs (professeur-élèves, mais aussi entre élèves) s'engagent à leur propos. Si en effet, certains de ces éléments sont implémentés dans l'artéfact informatique, rien ne garantit pour autant que le dispositif didactique ainsi conçu soit effectif. À charge pour le didacticien de montrer que ce dernier, sous la conduite du professeur, fait milieu (ou non) pour l'étude de l'élève. Le concept de milieu didactique modélise l'environnement spécifique aux enjeux de savoirs. Il joue un rôle important dans la détermination des connaissances que doit développer l'élève et peut être décrit par le système des objets matériels, sémiotiques ou symboliques orientant leurs pratiques d'étude (Amade-Escot & Venturini, 2009). Ce milieu dynamique, à géométrie variable, change au fil des actions et des interactions entre élève(s) et professeur dans le jeu. Ainsi nous considérons les mini-jeux constitutifs du *serious game* Mecagenius® comme des milieux didactiques initiaux dont nous souhaitons saisir l'évolution. Lors de l'utilisation en classe du *serious game*, l'apprenant est théoriquement placé dans un environnement informatique sous engagement tacite avec l'enseignant relativement à une visée d'acquisition de savoirs et/ou de

développement de compétences. Mais qu'en est-il réellement dans la classe ? La recherche a consisté à analyser *in situ* les modes d'utilisation de Mecagenius® ainsi que les significations données par le professeur et par les élèves aux objets de savoir visés par ce *serious game*. De ce fait, tout ce qui agit sur un sujet ou ce sur quoi le sujet agit – formellement "le milieu didactique" – prend une place importante dans notre approche. La relation actant-milieu est au cœur de l'étude des usages didactiques de Mecagenius® en classe ordinaire en considérant la manière dont le professeur, dans l'action conjointe avec ses élèves, s'appuie (ou non) sur les dimensions "dévoluantes" des mini-jeux.

Ayant brièvement rappelé les concepts centraux du cadre théorique, nous présentons maintenant les descripteurs considérés comme des outils analytiques. Leur fonction est de rendre compte de l'évolution des interactions didactiques au fil du temps. Deux types de descripteurs sont convoqués, ceux qui décrivent l'action du professeur, ceux qui rendent compte – à partir des dimensions langagières (verbales et non-verbales) – de la manière dont sont co-construits les savoirs dans l'action conjointe. Pour ce qui est des descripteurs de l'action du professeur, Sensevy (2007) distingue quatre modalités : définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser. L'action de définition renvoie aux actions permettant au professeur d'indiquer aux élèves quelles sont les règles du jeu didactique auquel ils vont prendre part. Dans cette recherche nous avons considéré que l'action de définition débute lorsque le professeur choisit tel ou tel mini-jeu, et qu'elle se poursuit dès lors qu'il indique aux élèves ce qu'il attend d'eux. L'action de dévolution consiste, pour le professeur, à amener ses élèves à assumer la responsabilité de leurs apprentissages. L'action de régulation relève des comportements du professeur en vue de faire produire aux élèves la (ou les) stratégie(s) gagnante(s) permettant de réussir. Elle est étroitement liée aux actions produites par les élèves, car sa fonction essentielle est de gérer *in situ* les incertitudes inhérentes aux situations d'appren-tissage. Enfin, l'action d'institutionnalisation désigne le processus par lequel le professeur assure le passage d'une connaissance reliée à une situation vécue individuellement – de ce fait très contextualisée – à un savoir légitime dans une institution donnée. Ce quadruplet d'actions (définir, dévoluer, réguler, institutionnaliser) est au fondement du travail du professeur en lien avec les actions des élèves engagés dans les mini-jeux constitutifs de Mecagenius®. Il ne doit cependant pas être considéré de manière isolée, il est associé avec le deuxième type de descripteurs concernant la manière dont sont co-construits et évoluent les savoirs dans l'action conjointe. Trois genèses décrivent le fonctionnement du système didactique dans son évolution. La mésogenèse est relative à la genèse du

milieu didactique c'est-à-dire l'évolution du système des objets co-construits par l'enseignant et les élèves au fil des interactions. La chronogénèse traite de l'avancement des objets de savoir au cours du temps didactique. Enfin, la topogénèse rend compte du partage des responsabilités (topos) prises en charge par le professeur et les élèves relativement aux objets de savoir (Leutenegger, 2009 ; Sensevy, 2007). Dans le cas des usages de ce *serious game* nous nous intéressons plus particulièrement aux spécifications introduites, le plus souvent par le professeur mais aussi par les élèves, au fil du déroulement du jeu.

Pour mieux saisir les usages que font les enseignants de Mecagenius® en classe et sur lesquels portent les résultats de cette étude, nous proposons dans la section suivante une description succincte et synthétique de ce *serious game*.

### **3. Éléments de description du serious game Mecagenius®**

Mecagenius® est un *serious game* au service des apprentissages en classe : il ambitionne d'aider à enseigner les concepts clés du génie mécanique et à les apprendre en s'amusant. Pour cela, un univers fictif et ludique se situant dans un futur relativement éloigné a été imaginé à partir du contexte réel d'une industrie de génie mécanique. Le scénario articule différentes missions qui conduisent le joueur à réaliser des mini-jeux lui permettant de gagner des équipements et des matériaux afin de fabriquer des pièces pour remettre en état les éléments d'un vaisseau spatial échoué sur une planète inconnue. Mecagenius® propose plus de deux cents activités scénarisées dans trois grandes salles du vaisseau spatial « crashé ». Chaque activité, d'une durée moyenne de trois minutes, couvre trois niveaux de formation (débutant, confirmé, expert) allant des techniciens d'usinage aux ingénieurs. Pour chaque niveau, les activités sont organisées selon un parcours pédagogique préétabli, paramétrable et adaptable aux différents contextes de formation.

Sur le plan des apprentissages visés, Mecagenius® s'inscrit dans la continuité des travaux menés en didactique professionnelle par Becerril Ortega (2008) concernant le développement de compétences prenant en compte différents paramètres constitutifs des processus d'usinage. Cette recherche antérieure a donné naissance à un simulateur de Machine-Outil à Commande Numérique (MOCN). La conception de Mecagenius® poursuit ce projet en s'appuyant à la fois sur les référentiels de compétences dans les champs professionnels, scolaires et universitaires, ainsi que sur les besoins des enseignants de génie mécanique et sur leur expérience<sup>4</sup> (Galaup, 2013). Les situations d'apprentissage se veulent ludiques et interactives à partir d'une série de mini-jeux.

Les dimensions ludiques et l'ingénierie pédagogique sous-jacentes à ce *serious game*, ont été conçues sur la base de séances de *playtests* individuelles, puis collectives, et avec différents publics : étudiants expérimentés (ou non) en génie mécanique, enseignants, membres du groupe de conception. La méthodologie mise en œuvre est proche d'une ingénierie didactique (Artigue, 1990). Elle s'est appuyée sur une conception participative qui a permis de recueillir des indicateurs critiques pour la réalisation des contenus de Mecagenius®. Par ailleurs, les données tirées de ces observations (actions de jeu, comportements du joueur sur l'interface, stratégies déployées, etc.) et les paramètres de l'interface de jeu (positionnement sur l'écran, temporalité d'apparition des rétroactions, scores, etc.) ont guidé les concepteurs dans le choix et la pertinence des ressorts ludiques proposés. En complément, un système de collecte de traces informatiques sur les actions de jeu dans les *playtests* a permis de reconstruire *a posteriori* certaines stratégies de joueur au cours du temps (Galaup *et al.*, 2012). La démarche a consisté à raffiner progressivement chaque mini-jeu au regard des enjeux épistémiques visés, en formalisant certaines variables de commande (Artigue, 1990) déterminant la réussite de ce dernier<sup>5</sup>. L'ensemble de ces indicateurs a été pris en compte pour la conception de l'accompagnement pédagogique personnalisé intégré au *serious game* : les rétroactions<sup>6</sup> adaptées, le moment où elles apparaissent, leur ressort ludique, enfin, le débriefing.

Ayant présenté la manière dont a été conçu Mecagenius®, envisageons maintenant la méthodologie de recherche mise en œuvre pour rendre compte des usages qu'en font les enseignants.

#### 4. Méthode

Étudier le fonctionnement de systèmes didactiques aux prises avec Mecagenius® impose la mise en œuvre d'une observation permettant à partir d'études de cas, selon des méthodologies qualitatives, de rendre compte des interactions professeur-élèves. Plusieurs séances, menées en lycée et à l'IUT, ont été observées afin de rendre compte des modalités d'utilisation de l'artéfact par les enseignants. Dans le cadre de cet article, nous nous appuyons sur quelques extraits de données recueillies en classes relatives à deux mini-jeux ("*L'as de la Fab*" et "*Le roi de la Pref*") par deux enseignants, l'un de lycée et l'autre d'IUT. La caractéristique de ces deux mini-jeux est de mettre l'étude des savoirs critiques au regard des compétences de génie mécanique visées par le *serious game*, identifiées lors des analyses épistémologiques que nous ne pouvons développer dans le cadre de cet article (Becerril Ortega, 2008 ; Galaup, 2013).

Le protocole de recueil des données est fondé sur le travail pionnier de Brousseau (Brousseau, 1978, 1998) instituant l'observation didactique comme combinaison d'observation en classe et d'entretiens *ante* et *post* séance avec le professeur. Ce protocole, repris et développé par Leutenegger (2009) dans le cadre d'une approche "clinique/expérimentale", croise des données recueillies à partir de deux points de vue : celui du professeur (entretiens) et celui du chercheur (analyse *a priori* des situations didactiques et interprétation des faits d'observation). Dans cette recherche la composante expérimentale relève du *serious game* et des différents mini-jeux que chaque enseignant observé utilise selon les modalités qu'il souhaite. La collecte des données comporte :

- Un entretien *ante* séance avec le professeur à propos de l'enseignement qui sera filmé. Cet entretien a pour objet de préciser les "intentions didactiques" du professeur, de resituer la séance dans l'histoire didactique de la classe, d'identifier les différents mini-jeux qui seront utilisés.
- Le film de la séance avec couplage son/image et observations au vol du chercheur présent dans la salle informatique. Une caractéristique des données recueillies est que lorsque les élèves utilisent Mecagenius®, l'enseignant s'adresse parfois à la classe toute entière ou effectue des régulations plus personnalisées auprès d'un ou de plusieurs élèves à propos du mini-jeu en cours d'utilisation. Ce format, classique dans une salle informatique, n'est pas toujours favorable à la production d'interactions verbales en retour de la part des élèves occupés à jouer.
- Un entretien *post* séance, qui permet au professeur de revenir sur certains éléments.

Les données recueillies sont traitées selon les principes de l'analyse qualitative mettant en jeu la confrontation entre les possibles du dispositif donné (possibles mis en évidence par le biais de l'analyse *a priori* de chaque mini-jeu) et les effets observés du dispositif sous la conduite du professeur (analyse *a posteriori*). Compte tenu du contexte de recueil des données nous avons retenu des modalités de transcription permettant de saisir l'ensemble de la séance observée au sein de laquelle nous extrayons des événements ou des épisodes remarquables rendant compte des interactions liées aux enjeux épistémiques cristallisés dans les mini-jeux. Nous suivons en cela les préconisations de Leutenegger (2009) en utilisant le "synopsis" (du grec *sinoptikos* : qui embrasse d'un coup d'œil) comme outil de condensation des données. Nous repérons les moments où le professeur interagit avec un ou plusieurs élèves lors de l'utilisation de Mecagenius® afin d'identifier des éléments significatifs de leur action conjointe. Ce repérage correspond à des épisodes de quelques minutes ou à des micros événements qui – selon les sites d'observation – prennent un



sens particulier. Chaque synopsis présente le déroulement temporel de la séance, minute après minute à partir du découpage correspondant aux tâches mises en place et aux modalités de travail instaurées par chaque professeur. Il indique également les principales consignes données. Le discours de l'enseignant est indiqué en italique. Dans les extraits de synopsis qui suivent nous catégorisons chaque énoncé de l'enseignant au regard des descripteurs de l'action conjointe dès lors que le contenu de ce dernier est clairement en lien avec les enjeux de savoirs du génie mécanique. Les données présentées portent plus particulièrement sur le réglage d'une Machine-Outil à Commande Numérique (MOCN) dans une activité d'usinage abordée au sein de Mecagenius® lors de l'utilisation des deux mini-jeux "*Le roi de la Pref*" et "*L'as de la Fab*".

## **5. Résultats : analyses d'extraits de corpus.**

Toute analyse didactique impose une analyse épistémologique des enjeux de savoirs mis à l'étude. Dans la section qui suit nous synthétisons quelques éléments de l'analyse *a priori* des deux mini-jeux nommés "*Le roi de la Pref*" et "*L'as de la Fab*" sur lesquels portent les extraits retenus. Nous resituons ces analyses par rapport aux compétences visées par ce *serious game*, notamment les compétences critiques de génie mécanique, en pointant quelques éléments des ressorts ludiques afférents à ces mini-jeux.

### **5.1. Quelques éléments de l'analyse *a priori***

Le choix par les enseignants de l'un ou l'autre des mini-jeux n'est pas anodin. Il est dicté par des enjeux de savoir de génie mécanique denses au regard de l'utilisation de la MOCN<sup>7</sup>. Rappelons aussi que ce sont des mini-jeux proches de situations de simulation offrant une reproduction assez fidèle de la situation de travail ainsi que de l'activité de l'opérateur et tentant de répondre à des difficultés rencontrées lors des manipulations des MOCN. Pour autant, les situations proposées dans ces mini-jeux se distinguent d'un simulateur en ce qu'elles ont été repensées dans le scénario narratif global de Mecagenius® en intégrant des ressorts ludiques.

#### **5.1.1. Le mini-jeu "*Le roi de la Pref*"**

Le mini-jeu "*Le roi de la Pref*" met à l'étude des savoirs de génie mécanique constitutifs de la compétence de réglage de la MOCN préalable à l'usinage d'une pièce. Il s'agit de palper la face avant de la pièce en un minimum de coups et cela le plus rapidement possible. La situation proposée dans ce jeu est une opération de réglage au micron près, qui consiste à accoster avec précision le palpeur d'outil à la pièce. La compression admissible sur le palpeur est de 8/10<sup>ème</sup>. Ce point est décisif et constitue un indicateur du repérage par les élèves du savoir à manipuler. Ce mini-

Le jeu permet de repérer les combinaisons pertinentes des paramètres de réglage pour développer la connaissance des éléments de commande. Le ressort ludique porte ici sur le défi temporel associé au nombre de coups pour palper la face avant de la pièce. Pour réussir ce mini-jeu, le joueur doit déplacer la tourelle de la MOCN jusqu'à la pièce à usiner en utilisant les diverses commandes. Le déplacement de la tourelle nécessite la connaissance du pupitre de commande de la MOCN {axes de déplacement (X ; Z) – sens (- ; +) – incréments}. Il s'agit de critères centraux dans l'acquisition de la compétence d'usinage car les erreurs de réglage peuvent provoquer des incidents et des casses de la MOCN. Une rétroaction apparaît en « *warning* » sur tout l'écran dès lors que la machine est en passe de casser, ce qui oblige à reprendre le jeu à son départ. Au-delà, il est également demandé dans ce mini-jeu d'effectuer un calcul vectoriel relatif à "la prise de référence" appelé "Pref".



**Figure 1 • Le mini-jeu "L'as de la Fab"**

### **5.1.1. Le mini-jeu "L'as de la Fab"**

Les savoirs cristallisés dans ce mini-jeu sont constitutifs de la compétence liée au choix des conditions de coupe pour l'usinage d'une pièce en ébauche et en finition. Ici aussi, le ressort ludique consiste à réaliser un maximum de pièces dans un temps imparti<sup>8</sup>. Les enjeux épistémiques de "L'as de la Fab" sont liés au choix de quatre valeurs pertinentes (profondeur de passe "Ap" – vitesse d'avance "f" – vitesse de coupe "Vc" – rayon de bec "R bec") pour réussir l'opération d'ébauche puis de finition (figure 1). Le joueur doit agir sur ces quatre paramètres dont la combinaison constitue la variable de commande du mini-jeu puisqu'elle en détermine sa réussite. Comme le mini-jeu "Le roi de la Pref", ces paramètres caractérisent les compétences critiques qui sont ici liées à la qualité de la pièce et à la productivité.

### 5.1.2. En quoi ces savoirs renvoient à des compétences décisives ?

Comme évoqué dans la section décrivant Mecagenius®, l'étude des situations professionnelles de l'activité d'un opérateur expert a permis de comprendre les aspects liés à l'organisation sociale du travail et de construire la structure conceptuelle de la situation d'usinage, plus exactement de conduite des MOCN (Becerril Ortega, 2008). L'identification des classes de situations et des indicateurs utiles à l'opérateur pour s'adapter aux différentes situations, a rendu possible l'extraction de savoirs pratiques (savoirs issus de la production industrielle) qui sont décisifs pour les professionnels. Ce sont ces savoirs et compétences relatifs à l'usinage qui ont été implémentés dans les deux mini-jeux tout en maintenant un lien avec le scénario global du *serious game* et en intégrant des ressorts ludiques liés au score (ici la récupération de « capsules d'énergie », cf. figure 1).

### 5.2. Mises en évidence de quelques usages didactiques contrastés

Nous présentons dans la section qui suit trois extraits d'évènements remarquables relatifs, pour le lycée, aux mini-jeux "*Le roi de la Pref*" et "*L'as de la Fab*"; pour l'IUT à "*L'as de la Fab*". Pour ce faire, nous extrayons des synopsis de séances certains épisodes significatifs des usages didactiques opérés par les enseignants observés. Pour faciliter la lecture, les éléments d'interprétation sont indiqués en gras, immédiatement suivis des données langagières ou actionnelles à partir desquelles ils ont été élaborés en référence aux descripteurs de l'action conjointe en didactique.

#### 5.2.1. E1-Lycée, séance 3 : Mini-Jeu "*L'as de la Fab*"

En classe entière, et avant même de commencer la manipulation de Mecagenius®, l'enseignant E1 définit les objets de savoir que les élèves doivent rencontrer dans l'utilisation du mini-jeu "*L'as de la Fab*" (min 1 à min 15). Il institutionnalise très tôt les valeurs de vitesse de coupe que les élèves doivent mobiliser : « ... *Donc les critères qu'on va utiliser c'est profondeur de passe maximale, cette profondeur de passe je vous rappelle qu'on l'appelle Ap, donc profondeur de passe maximale. Vitesses de coupe maxi et donc le petit "f" la vitesse d'avance par tour maxi ...* ». Puis il lance les élèves sur ce mini-jeu. Nous retenons l'épisode suivant pour rendre compte de l'action didactique de cet enseignant.

Cet épisode met en évidence une gestion assez paradoxale du *serious game*. L'enseignant place les élèves en autonomie (min 16, cf. tableau 1) puis passe de postes en postes. Il effectue deux types de régulations : rappel de consignes à toute la classe et/ou accent sur l'erreur effectuée par le joueur. L'enseignant insiste sur les stratégies gagnantes et sur les enjeux de savoir correspondant. Il énonce les solutions afin de faire avancer le

savoir rapidement : « *Il faut que ça soit le plus grand possible, il faut prendre une vitesse de coupe la plus élevée* », ce que Brousseau (1996) désigne comme un contrat de reproduction formelle, faiblement didactique. Plusieurs régulations concernent le rappel des consignes. E1 invite les élèves à lire les données affichées à l'écran. Il en pointe les traits pertinents : « *lis ce qui est écrit* » ; « *Et bien tu lis, en particulier là, il y a un commentaire en rouge* » (indices Topaze débouchant sur contrat d'ostension). L'analyse vidéo montre plusieurs élèves ayant décroché. L'enseignant E1 ne quitte quasiment jamais un "topos surplombant" (Sensevy, 2007) c'est-à-dire qu'il prend en charge la responsabilité d'énoncer ce qu'il y a faire pour réussir la tâche. La récurrence de ces formes d'intervention suggère une assimilation de l'artéfact à des routines transmissives. On note une faible intégration du *serious game* dans ses dimensions ludiques qui visent à ce que les joueurs tirent profit des rétroactions du jeu pour maîtriser les paramètres de coupe en ébauche et en finition.

**Tableau 1 • Extraits du synopsis, E1-Lycée, séance 3**

Extrait du synopsis	Énoncés du professeur
min 16 à min 45 "L'as de la Fab"	Régulation : « <i>Donc regardez bien toutes les informations que vous avez à l'écran. Compte tenu de ces critères-là, vous essayez différents choix avec une orientation de vos choix par rapport à ce que je viens de dire.</i> » Institutionnalisation : « <i>Il faut que ça soit le plus grand possible, il faut prendre une vitesse de coupe la plus élevée. Dans la limite à ce que de toutes façons elle est délimitée par la puissance de la machine</i> » Régulation à la classe : « <i>Donc regardez bien, lisez bien toutes les informations qui sont à l'écran. Et vous savez qu'il faut faire les opérations d'ébauche et de finition pour que ça marche.</i> » Consignes et traits pertinents : « <i>Allez M il faut que tu lises toutes les informations que tu as et que tu essaies de comprendre les paramètres qu'il faut changer.</i> » Rappel des consignes : « <i>Il faut que tu fasses ébauche et finition</i> » Effet Topaze : « <i>Tu as vu le Ra qu'il fallait obtenir ? Il faut quand même que tu te plonges dans la page, lis ce qui est écrit. Tu vois que ça, ça ne peut pas marcher.</i> » Elève : « <i>Je ne sais pas ce qu'il faut faire</i> » Effet Topaze : « <i>Et bien tu lis, en particulier là, il y a un commentaire en rouge</i> ».

### **5.2.2. E1-Lycée, séance 3 : Mini-jeu "Le roi de la Pref"**

Lors de l'utilisation du mini-jeu "Le roi de la Pref", l'intervention de l'enseignant s'oriente selon deux registres. Le premier concerne la défini-

tion des objets de savoirs représentatifs du mini-jeu *“Le roi de la Pref”*. L’enseignant E1 reprend la consigne de ce mini-jeu en rappelant tous les paramètres dont il faudra tenir compte : *« Alors l’objet donc du jeu “Le roi de la Pref” c’est de tangenter une pièce de longueur connue par rapport à l’origine porte-pièces de façon à définir les pref... »*. Lors de cette définition, E1 va jusqu’à nommer et désigner aux élèves tous les paramètres dont ils devront tenir compte pour jouer “le bon jeu” : *« en tenant compte des dimensions de la pièce sur laquelle on tangente, de la longueur de la pinnule<sup>9</sup> et de la position de la pinnule au moment où vous tangentez... »*. C’est donc avec un topos surplombant que E1 conduit sa séance. Nous pointons là encore que les effets de cette intervention transforment le milieu dans le sens de la réduction de l’a-didacticité potentielle de ce mini-jeu (Sanchez, 2011). Mais cette intervention va aussi se traduire par des modifications du contrat didactique. En effet, certains élèves vont potentiellement effectuer moins d’erreurs donc, au regard des objets de savoir, ils ne partageront pas avec l’enseignant les mêmes responsabilités (topogenèse) ce qui entraînera un avancement différent du savoir dans le temps (chronogenèse) selon les élèves. Nous pointons ici l’aspect différentiel de la dynamique évolutive du contrat didactique au sein des hétérogénéités de la classe.

Le deuxième registre d’intervention de cet enseignant concerne les aides apportées pour réussir le mini-jeu. Les régulations de E1 visent à faire produire aux élèves la réponse escomptée : *« Donc la calculatrice je répète vous permet de faire le calcul du "pref" que vous rentrez dans la fenêtre saisie de la prise de références et ce calcul vous devez l’effectuer à partir de ce qu’on pourrait appeler la jauge de la pinnule, la jauge du porte-outils de la longueur de la pièce, de la position du point de référence c’est-à-dire du point courant »*. L’activité des élèves est ici extrêmement guidée. L’enseignant prend à sa charge de faire parvenir aux élèves un certain message (ce qui ne veut pas dire qu’ils le comprennent). Ce type de pratique relève selon Brousseau (1996) d’un contrat de communication non didactique ou faiblement didactique. En effet, E1 précise succinctement où se situe la calculatrice, sa fonction et les données qu’il faut lui soumettre, il dirige donc les élèves dans le mini-jeu au regard de ce qu’il veut obtenir d’eux. De même lors de la régulation suivante (cf. tableau 2) E1 indique aux élèves la réponse à produire : *« Il faut calculer donc la position de l’origine porte-pièce ou ici l’origine programme, par calcul tenant compte de la longueur de la pièce, de la longueur de la pinnule et de la position du point de référence »*. Ces régulations successives vont les guider vers le savoir de référence visé afin qu’ils puissent réussir *“Le roi de la Pref”*. Mais, est-ce à dire que les élèves ont construit les savoirs visés ? Font-ils l’expérience des stratégies gagnantes dans le mini-jeu ? Nous considérons que ces régulations réduisent

les incertitudes sur ce qu'il y a à faire pour gagner au jeu. Du coup, la dimension ludique disparaît complètement alors qu'elle est l'essence même du *serious game*. Régulations et institutionnalisations partielles s'enchaînent rapidement dans les propos de l'enseignant, elles ont pour ambition selon nous, de construire une référence commune au sein du collectif classe très fortement conduite par l'enseignant.

**Tableau 2 • Extraits du discours de l'enseignant de lycée E1 pour le mini-jeu "Le roi de la Pref"**

Extrait du synopsis	Énoncés du professeur
<p>min 18 à min 24 "Le roi de la Pref"</p>	<p>Définition : « Alors l'objet donc du jeu "Le roi de la Pref" c'est de tangenter une pièce de longueur connue par rapport à l'origine porte-pièce de façon à définir les pref en tenant compte des dimensions de la pièce sur laquelle on tangente, de la longueur de la pinnule et de la position de la pinnule au moment où vous tangentez. Autrement dit, il faut à la fois tangenter en pratique et aussi calculer ce qu'on va appeler le « pref ». Vous avez une petite calculatrice qui vous permet de calculer ce pref et vous rentrez la valeur dans la fenêtre adéquate et vos réglages de la machine. »</p> <p>Régulation : « Donc la calculatrice je répète vous permet de faire le calcul du pref que vous rentrez dans la fenêtre saisie de la prise de références et ce calcul vous devez l'effectuer à partir de ce qu'on pourrait appeler la jauge de la pinnule, la jauge du porte-outils de la longueur de la pièce, de la position du point de référence c'est-à-dire du point courant. On a toujours parlé du point courant, ici ça s'appelle le point de référence. »</p> <p>Régulation : « donc effectivement c'est un calcul vectoriel, faites attention de bien rentrer le signe de la coordonnée. Donc, aidez-vous de la calculatrice pour faire le calcul et relevez bien les coordonnées du point courant qui change à chaque essai. Ce qui change c'est la position du point courant. C'est le point PT, le point de référence, oui mais la coordonnée change, la valeur numérique change, de la position du point courant Z, Z PT va toujours changer. »</p> <p>Régulation : « il faut calculer donc la position de l'origine porte-pièce ou ici l'origine programme, par calcul tenant compte de la longueur de la pièce, de la longueur de la pinnule et de la position du point de référence »</p>

Enfin, E1 se réfère à un moment du passé didactique de la classe afin de faire avancer le savoir en effectuant une comparaison avec des références similaires que connaissent les élèves : « On a toujours parlé du point courant, ici ça s'appelle le point de référence ». Tout comme l'intervention précédente, cette régulation agit sur le milieu Mecagenius® et l'effet de cette action didactique de E1 va modifier le contrat didactique. En effet, la part de responsabilité laissée aux élèves quant au savoir reste très limitée. On observe que les élèves ne sont pas toujours très attentifs ou concentrés

sur ce que dit E1 dans cette séance comme le montrent les enregistrements vidéo.

Pour conclure, apparaît ici un usage très "transmissif" dont nous pouvons penser qu'il va à l'encontre du potentiel a-didactique du mini-jeu. Ces usages de l'artéfact Mecagenius® suggèrent que l'enseignant E1 incorpore le *serious game* à des pratiques didactiques antérieures très monstratives et qu'il ne semble pas envisager les dimensions "dévoluantes" sous-jacentes au *serious game*.

**Tableau 3 • Extraits du synopsis, E2-IUT, séance 2**

Extraits du synopsis	Enoncés du professeur
min 12 à min 18 "L'as de la Fab"	Indice de dévolution : « <i>Est-ce que vous avez identifié deux phases ou dans ce jeu, deux phases distinctes ?... Qu'est-ce vous a permis de faire ce jeu ?...</i> »
	Elève1 : <i>Une simulation d'usage</i>
	Institutionnalisation (relance) : « <i>Une simulation d'usage, qu'est-ce qu'on a simulé finalement ?</i> »
	Elève2 : <i>On a simulé une production de pièces</i>
	Indice de dévolution : « <i>Oui, en agissant sur quoi ?</i> »
	Elève1 : <i>En agissant sur le rayon de bec et la vitesse de coupe, paramètres de coupe</i>
	Institutionnalisation : « <i>Le rayon de bec,</i> »
	Elève3 : <i>Et la vitesse de coupe,</i>
	Institutionnalisation : « <i>Vitesse de coupe,</i> »
	Elève1 : <i>Et le couple</i>
	Institutionnalisation puis relance : « <i>On continue, le couple, l'avance, la puissance. Donc, vous avez agit sur le couple et cette puissance, c'est ça ? Vous avez dit je veux travailler à telle puissance et ça me donne ça ? ...</i> »
	Elève3 : <i>Le plus gros rayon de bec et puis</i>
	Institutionnalisation : « <i>Le plus gros rayon de bec et puis ?</i> »
	Elève3 : <i>La plus petite vitesse de coupe</i>
Institutionnalisation : « <i>La plus petite vitesse de coupe et ça, ça suffit pour choisir vos conditions de coupe ?</i> »	
Elève4 : <i>Non, la puissance...</i>	
Institutionnalisation : « <i>Alors, ce que vous pouvez retenir, dans tout ce que vous avez dit, c'est qu'effectivement en finition on doit tenir un état de surface ...</i> »	

### 5.2.1. E2-IUT, séance 2 : Mini-jeu "L'as de la Fab"

L'enseignant E2-IUT utilise Mecagenius® selon des modalités d'intervention moins directives que E1-lycée. Il commence à laisser jouer les

étudiants, puis propose un temps de discussion. L'épisode ci-après est significatif d'un usage du mini-jeu comme prétexte de formulation au sens de Brousseau (Brousseau, 1986, 1998).

Conduite selon un contrat de « maïeutique socratique » (Brousseau, 1996), cette phase de formulation s'appuie sur l'expérience vécue par les étudiants dans le jeu. L'enseignant prend en compte les références apportées dans l'action conjointe par les étudiants en alternant relances : « *en agissant sur quoi ?* » et institutionnalisations : « *Alors, ce que vous pouvez retenir, dans tout ce que vous avez dit, c'est qu'effectivement en finition on doit tenir un état de surface* ». L'analyse vidéo met en évidence de nombreuses interactions entre l'enseignant et les étudiants. La fonction didactique de cette situation de formulation est de faire émerger les savoirs. Au fil des échanges se crée un collectif de pensée fécond conduisant à la production d'un savoir légitime en lien avec le vécu dans le mini-jeu. On note une autre forme d'incorporation de l'artéfact aux pratiques d'E2-IUT : « *je veux voir un peu comment eux réagissent et si ça vient d'eux. Voilà, je ne veux pas leur souffler tout de suite, en tout cas, d'utiliser ça avec les autres étudiants de la classe* » (entretien *ante* séance). Mais nous soulignons aussi que l'expertise de cet enseignant d'IUT et son épistémologie professionnelle a facilité ce que nous pouvons appeler une genèse instrumentale de l'artéfact (Rabardel, 1995), ici à des fins didactiques.

## **6. Discussion sur les usages didactiques de Mecagenius®**

Les épisodes analysés dans cet article rendent compte des pratiques didactiques de deux enseignants utilisant Mecagenius®, un *serious game* dédié au génie mécanique pensé au niveau de sa conception, comme un milieu a-didactique au sens de Brousseau (1988). L'analyse *in situ* de leurs interactions langagières avec les élèves permet de mettre évidence quelques usages didactiques de ce *serious game* en présentiel en raison du grain d'analyse retenu qui s'attache à rendre compte, dans le détail, des modalités selon lesquelles les enjeux épistémiques sont négociés à un niveau très fin. Une des conclusions de la recherche invite à nuancer le caractère "dévoluant" attribué aux *serious games*. En effet, les résultats suggèrent des formes contrastées d'intégration de l'artéfact à la pratique usuelle des enseignants, allant d'une incorporation sous forme d'usages didactiques très monstatifs jusqu'au développement d'un rapport instrumental avec l'artéfact (Marquet, 2003). Ces modes variés d'intégration du *serious game* mettent en évidence des usages plus ou moins en adéquation avec les choix didactiques ayant présidé à sa conception. Contrairement aux propriétés couramment attribuées aux *serious games*, la potentialité "dévoluante" ne doit pas être considérée comme une caractéristique intrinsèque de ces artéfacts, elle relève plutôt, comme nous le conjecturons, d'une



propriété émergente liée aux conditions de leur utilisation *in situ* – au même titre que leur propriété d’interactivité – comme l’ont discuté Charlier et Peeters (1999). Cette assertion, au-delà des extraits présentés dans cet article, s’appuie sur les données récurrentes des analyses menées dans des classes de lycée et à l’IUT. Elles mettent en évidence que les enseignants endossent, le plus souvent, une posture surplombante par des guidages serrés, au plus près des comportements attendus de la part des élèves, ne leur laissant au final que peu de responsabilités quant à la production du savoir. On pourrait considérer que cette faible a-didacticité pourrait être liée au fait que ces deux mini-jeux ont une proximité avec des ressources informatiques de type simulateur. Rappelons tout d’abord que les simulateurs sont en général destinés à l’entraînement ou à la formation d’experts dans un domaine. Par ailleurs, même si ces artefacts aident à une meilleure compréhension des concepts théoriques, certains auteurs considèrent qu’ils ne sont pas attrayants et nécessitent beaucoup d’améliorations pour les rendre performants, conviviaux, capables d’améliorer la qualité de la formation (Cohen *et al.*, 2008). La dimension ludique étant totalement absente, l’utilisation de simulateurs a aussi pour possible conséquence un manque d’intérêt des élèves. Or, si Mecagenius® vise, comme un simulateur, des objectifs d’appren-tissage clairement établis, il met en scène les enjeux épistémiques dans le cadre d’un scénario narratif global impliquant des ressorts ludiques dont la littérature a montré l’intérêt en terme de motivation, de persévérance et d’effets sur les apprentissages (Sauvé & Kaufman, 2010). Fort de ces constats, le cœur même de la conception de Mecagenius® a consisté, comme nous l’avons évoqué dans une précédente section, à maintenir un environnement d’apprentissage présentant une certaine fidélité technique et fonctionnelle par rapport aux situations professionnelles tout en intégrant certains ressorts ludiques, en particulier pour les deux mini-jeux “*Le roi de la Pref*” et “*L’as de la Fab*”. L’hypothèse était que grâce à cette alliance, les élèves seraient immergés dans un environnement propice à l’apprentissage grâce aux caractéristiques de divertissement et de contenus éducatifs parfaitement intégrés. Pour autant, notre étude met en évidence que malgré toute l’attention apportée à la conception du *serious game*, subsistent des difficultés liées à son usage en classe. D’une certaine manière, ces constats corroborent des travaux antérieurs. La question de la dévolution ne peut être totalement prise en charge par les ressources didactiques aussi performantes soient-elles. Cela vaut pour la reproductibilité des situations didactiques comme l’avait montré Artigue (1986) comme pour tout dispositif didactique utilisé par les professeurs, comme l’ont mis en évidence les nombreuses recherches s’intéressant aux phénomènes de transposition

didactique à partir d'analyses des interactions en classe. Quelles perspectives tirer de ces constats ?

## **7. Conclusion**

Dans ce qui suit nous mettons en perspective quelques pistes de réflexion sur les dispositifs de formation qui pourraient aider les enseignants à mieux tirer profit du potentiel de Mecagenius®, puis nous revenons sur l'intérêt et les limites d'une analyse didactique de l'action conjointe pour rendre compte des usages des *serious games* dans l'enseignement.

### **7.1. En terme de formation**

Le regard porté sur les utilisations de ce *serious game* en classe accrédite l'idée que, dans une perspective présentielle, l'enseignant joue un rôle déterminant si l'on veut optimiser l'impact de Mecagenius® sur le développement des compétences de génie mécanique des élèves. Nous avons montré que les guidages "serrés" des enseignants vont à l'encontre de la conception initiale du *serious game* qui prévoit par exemple, que les élèves puissent effectuer des essais-erreurs, tâtonner, explorer diverses possibilités de réponses aux problèmes posés par les mini-jeux. Les études de cas montrent que les mécanismes de rétroactions instantanées ajustés aux actions des joueurs, telles que prévues par les concepteurs du *serious game* pour favoriser les apprentissages ou pour orienter l'action des élèves sont sous-utilisés, voire ignorés par les enseignants, alors même que de nombreux travaux ont souligné toute leur pertinence (Sauvé & Kaufman, 2010). D'une manière générale, il ressort de l'étude que les régulations et les interventions des professeurs réduisent les dimensions ludique et dévoluante sous-jacentes aux différents mini-jeux constituant ce *serious game* avec pour possible conséquence un manque d'intérêt des élèves. L'analyse didactique des interactions en classe met en évidence que ces dimensions devraient être prises en considération et gagneraient à être (re)pensées en lien avec la nécessaire question de la formation des enseignants à leurs usages. Elle fait émerger l'importance des modalités de travail à mettre en œuvre pour favoriser les effets potentiels de Mecagenius®. Or, la question des usages de ces nouvelles ressources didactiques semble insuffisamment prise en considération dans les formations, alors qu'elle apparaît indispensable si l'on souhaite amener les enseignants à mettre en relation Mecagenius® et les contenus de connaissance (les enjeux épistémiques) à exploiter avec leurs élèves. Nous considérons que l'ajustement de la scénarisation pédagogique (Henri *et al.*, 2007) doit se faire tout en gardant une certaine clairvoyance sur le fonctionnement du système didactique. À ce propos, nous souhaitons souligner l'intérêt des outils mé-

thodologiques mobilisés pour rendre compte de la diversité des usages en classe de Mecagenius®. Les constats établis nous ont incité à poursuivre ces recherches et à explorer de nouvelles pistes ce qui a donné naissance à une expérimentation actuellement en cours dans les régions Île de France et Midi Pyrénées. L'objectif est de mettre en place une innovation participative basée sur l'intégration de Mecagenius® dans différentes formations. Sa particularité est de réunir au sein d'un même projet les concepteurs de Mecagenius®, des chercheurs en didactique et des enseignants. Cette collaboration a pour finalité l'élaboration d'outils pour les enseignants permettant de prendre en compte le potentiel du *serious game* ainsi que la diversité des utilisations possibles. Les résultats de cette expérimentation ont aussi pour visée de fournir des pistes d'amélioration de Mecagenius® avec pour horizon une conception de l'artefact plus pertinente et une intégration plus réussie des activités d'apprentissage qu'elle propose au regard des besoins des enseignants.

## **7.2. À propos de l'intérêt d'une analyse de l'action conjointe pour rendre compte des usages d'un *serious game* en classe**

Dans cet article nous nous sommes centrés sur l'utilisation d'un *serious game* en classe, non dans le but d'en évaluer la pertinence, mais pour rendre compte des modalités de son intégration à la pratique. Les épisodes examinés soulignent l'intérêt que peut constituer une analyse ascendante de la transposition didactique (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005) pour rendre compte des usages (ou des mésusages) des *serious games* en situation ordinaire, c'est-à-dire non pilotée par une démarche de recherche visant à valider la conception didactique sous-jacente. L'analyse de l'action didactique conjointe permet de décrire et de comprendre l'évolution des systèmes observés et de mettre au jour des phénomènes didactiques rarement identifiés par les méthodologies d'évaluation habituelles dans le domaine. Basée sur une démarche qualitative permettant de saisir la dynamique des processus plutôt que sur l'évaluation des résultats d'apprentissage, cette méthode d'analyse, importée des travaux comparatistes en didactique, prend un caractère singulier du fait des contextes d'observation d'utilisation en classe d'un *serious game*. Notamment nous avons été amenés à spécifier certaines des modalités de transcriptions des interactions en raison des modalités d'actions très diversifiées des élèves. Il reste que, bien qu'étant placés en autonomie (parfois toute relative) ces derniers demeurent impliqués, tissés dans le contrat didactique, ce qui selon nous, autorise ce type d'analyse. Enfin rappelons que, comme pour toute étude de cas, les conclusions tirées sont difficilement généralisables. Elles suggèrent toutefois la nécessité de développer des travaux d'orientation qualitative dans le champ des *serious games* pour rendre in-

telligible leurs usages en mettant en perspective un programme de recherche sur l'évaluation des impacts de ces artefacts sur les pratiques enseignantes.

- 
- 1 Contrat Mecagenius® obtenu dans le cadre du plan de relance numérique pour la réalisation d'outils logiciels pour les entreprises recourant à des techniques issues du jeu vidéo.
  - 2 Pour une revue sur le potentiel éducatif des jeux vidéo et sérieux voir Galaup *et al.*, (2013).
  - 3 Nous synthétisons en section 3 quelques éléments nodaux présidant à la conception du *serious game* Mecagenius®.
  - 4 Dans le cadre de cet article nous n'avons pas la place de développer les différentes étapes qui ont contribué à la conception des scénarios ludiques et pédagogiques constitutifs de Mecagenius®.
  - 5 Voir à ce sujet, pour les deux mini-jeux exploités dans cet article les éléments de l'analyse *a priori* présentés en section 5.1.
  - 6 Nous exemplifierons une de ces rétroactions dans un des extraits des résultats.
  - 7 Les MOCN sont des outils fragiles et onéreux, le risque de détérioration est très présent chez les enseignants.
  - 8 Mecagenius® fait appel à différents types de ressorts ludiques. Certains, comme dans ces deux mini-jeux, relèvent de défis en lien avec le scénario narratif du *serious game* imposant la réparation la plus rapide possible d'une fusée écrasée sur une planète pour pouvoir ramener à bon port les ingénieurs ; d'autres renvoient à des rétroactions assez semblables à celles des jeux vidéo, comme par exemple l'expérience de pilotage d'une voiture de Formule 1.
  - 9 Une pinnule est un palpeur mécanique de métrologie utilisé sur les MOCN pour relever des positions.

## **BIBLIOGRAPHIE**

AMADE-ESCOT C. (2007). *Le didactique*. Paris, Éditions Revue E.P.S, Collection « Pour l'action ».

AMADE-ESCOT C., VENTURINI P. (2009). Le milieu didactique : d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Éducation & Didactique*, Vol. 3 n° 1, 7-43.

AMADE-ESCOT C., LEUTENEGGER F. (2013). Actualité de la théorie de l'action conjointe en didactique : questions théoriques et méthodologiques. *Conférence d'ouverture à la journée des jeunes chercheurs, 3<sup>ème</sup> Colloque de l'ARCD*, Marseille, France, 9-12 janvier.

ARTIGUE M. (1986). Étude de la dynamique d'une situation de classe : une approche de la reproductibilité. *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol. 7 n° 1, 5-62.

ARTIGUE M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol. 9 n° 3, 281-308.

BECERRIL ORTEGA R. (2008). *Contexte professionnel, contexte de la formation supérieure technologique, approche didactique. Les cas des formations utilisant des*

*simulateurs informatiques*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, Université Toulouse 3 -Paul Sabatier.

BROUSSEAU G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue Française de Pédagogie*, n° 45, 130-139.

BROUSSEAU G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 7 n° 2, 33-115.

BROUSSEAU G. (1988). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 9 n° 3, 309-336.

BROUSSEAU G. (1996). L'enseignant dans la théorie des situations didactiques. In R. Noirfalise et M-J. Perrin-Glorian (Eds.), *Actes de la VIIIème école d'été de didactique des mathématiques*, Clermont Ferrand, IREM, p. 3-46.

BROUSSEAU G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble, la pensée sauvage.

CHANG V., GUTL C., KOPEINIK S., WILLIAMS R. (2009). Evaluation of Collaborative Learning Settings in 3D Virtual Worlds'. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, Vol. 4 n° 3, 6-17.

CHARLIER P., PEETERS H. (1999). Contribution à une théorie du dispositif. *Hermès*, n° 25, 15-24.

COHEN G., BECERRIL R., REDONNET J.M., LAGARRIGUE P., FRAYSSE B., BOUCHARESSAS V. (2007). Mise en place d'un simulateur de machine outil en formation universitaire. *Colloque « Innovations en conception des produits et des systèmes de production »*, La Plagne, France, 18 – 20 avril.

GALAUP M. (2013). *De la conception à l'usage d'un jeu sérieux de génie mécanique : phénomènes de transposition didactique dans l'enseignement secondaire et universitaire. Le cas de Mecagenius®*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation, Université Toulouse 2 -Le Mirail. Disponible sur internet : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00843418/>

GALAUP M., AMADE-ESCOT C., MONTAUT T., VIALLET F. (2012). Mecagenius, a serious game for mechanical engineering in higher education: A trace driven analysis of knowledge and learning. Paper presented in network ICT in Education and Training. *European Conference on Educational Research (ECER)*, Association: EERA. Cadix, Spain, 17-21 September.

GALAUP M., VIALLET F., AMADE-ESCOT C. (2013). A propos du potentiel éducatif des jeux vidéo et sérieux ; une revue de littérature. *Scientific Annals of the 'Alexandru Ioan Cuza' University of Iasi: Educational Sciences Series*, Vol. 17, p. 23-50.

HENRI F., COMPTE C., CHARLIER B. (2007). La scénarisation pédagogique dans tous ses débats... *Revue Internationale des Technologies en Pédagogie Universitaire*, Vol. 4, n° 2, 4-24.

Debriefing of Simulations and Games. *Simulation and Gaming: An International Journal*, Vol. 41, 663-680.

LAKATOS I. (1974). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos and A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Cambridge university press, p. 91-196.

LEUTENEGGER F. (2009). *Le temps d'instruire. Approche clinique et expérimentale du didactique ordinaire en mathématique*. Berne, Peter Lang.

MARQUET P. (2003). *L'impact des TIC dans l'enseignement et la formation : mesures, modèles et méthodes ; contribution à l'évolution du paradigme comparatiste des usages de l'informatique en pédagogie*. Habilitation à Diriger des Recherches en Sciences de l'éducation, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

RABARDEL P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin.

SANCHEZ E. (2011). Usage d'un jeu sérieux dans l'enseignement secondaire : modélisation comportementale et épistémique de l'apprenant. Jeux sérieux, révolution pédagogique ou effet de mode ? *Revue d'Intelligence Artificielle*, numéro spécial Serious Game, Vol. 25, n° 2, 203-222.

SAUVÉ L., KAUFMAN D. (2010). *Jeux et simulations éducatifs : Etudes de cas et leçons apprises*. Canada, Presse de l'Université du Québec.

SCHUBAUER-LEONI M.L., LEUTENEGGER F. (2005). Une relecture des phénomènes transpositifs à la lumière de la didactique comparée. *Revue Suisse des sciences de l'éducation*, Vol. 27, n° 3, 407-429.

SENSEVY G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy, et A. Mercier, (Eds.), *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, Rennes, Presses Universitaires, p. 13-49.

SENSEVY G., MERCIER A. (2007). *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes, Presses Universitaires.

TROUCHE L. (2005). Des artéfacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques. *Actes de l'Université d'été de Saint-Flour. Le calcul sous toutes ses formes*. Disponible sur internet : [http://www3.ac-clermont.fr/pedago/math/s/ pages/site\\_math\\_universite/CD-UE/Texte\\_16.doc](http://www3.ac-clermont.fr/pedago/math/s/ pages/site_math_universite/CD-UE/Texte_16.doc).