



**HAL**  
open science

## Fondements et caractérisation des jeux épistémiques numériques pervasifs

Guillaume Loup, Sébastien George, Audrey Serna

► **To cite this version:**

Guillaume Loup, Sébastien George, Audrey Serna. Fondements et caractérisation des jeux épistémiques numériques pervasifs. 7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2015), Jun 2015, Agadir, Maroc. pp.41-52. hal-01405931

**HAL Id: hal-01405931**

**<https://hal.science/hal-01405931v1>**

Submitted on 30 Nov 2016

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

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

# Fondements et caractérisation des jeux épistémiques numériques pervasifs

Guillaume Loup<sup>1</sup>, Sébastien George<sup>1</sup>, Audrey Serna<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LUNAM Université, Université du Maine, EA 4023, LIUM, 72085 Le Mans, France  
{guillaume.loup ; sebastien.george}@univ-lemans.fr

<sup>2</sup> INSA Lyon, UMR 5205, LIRIS, 69621 Villeurbanne, France  
audrey.serna@insa-lyon.fr

**Résumé.** Le projet JEN.lab a pour ambition d'associer les caractéristiques des « jeux épistémiques numériques » (en particulier, les situations d'apprentissage ludiques conduisant l'apprenant à résoudre des problèmes complexes et non déterministes) et les technologies « pervasives » comme la réalité mixte et la réalité alternée, en vue de concevoir des situations d'apprentissage authentiques. Dans ce contexte, cet article propose une définition de ce que nous appelons des « jeux épistémiques numériques pervasifs » (JENP). Dans cet article, nous synthétisons un état de l'art effectué sur les jeux épistémiques numériques et sur les jeux pervasifs, et nous énumérons les bases d'un JENP en mettant en exergue sa valeur ajoutée pour la pédagogie. Enfin, nous concluons en soulignant la nécessité de réfléchir à une méthode de conception de ces outils pédagogiques émergents.

**Mots-clés.** Jeu épistémique numérique, informatique pervasive, réalité mixte, réalité alternée

**Abstract.** The research project JEN.lab aims to combine the characteristics of "digital epistemic games" (in particular, playful learning situations leading the learner to solve complex and non-deterministic problems) and "pervasive" technologies such as mixed reality and alternate reality, in order to design authentic learning situations. In this context, this paper proposes a definition of this kind of "pervasive epistemic games". Firstly, we provide a synthesis of a state of the art on digital epistemic games and pervasive games. Secondly, we define the characteristics of a pervasive epistemic game by highlighting its added value for teaching and learning. In conclusion, we underline the importance to consider a method for designing these emerging educational tools.

**Keywords.** Digital epistemic game, pervasive computing, mixed reality, alternate reality

## 1 Introduction

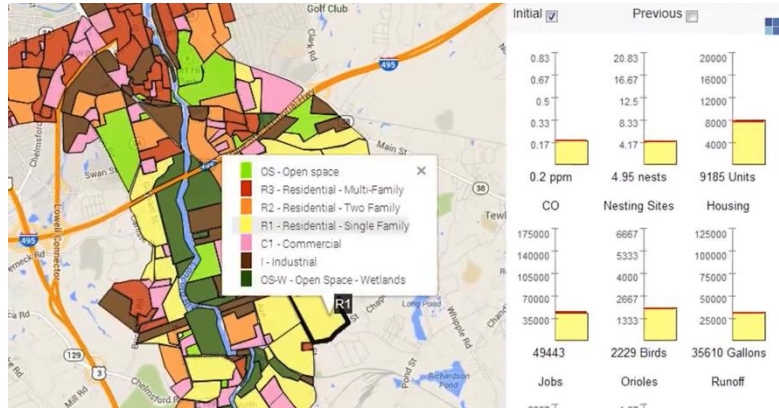
Depuis de nombreuses années, des outils pédagogiques connus sous le terme de « jeux épistémiques » ont été expérimentés. Selon Collins et Ferguson [1], l'expression « jeux épistémiques » provient d'une structure épistémique utilisée dans des jeux axés sur des connaissances. Cette structure est composée d'un modèle épistémique spécifique à une discipline ainsi que d'un jeu épistémique définissant l'ensemble des règles et des stratégies qui guident le questionnement de l'apprenant sur un domaine. Perkins utilise, quant à lui, le jeu épistémique comme un modèle de raisonnement afin de définir la caractérisation, l'explication et la justification [2]. Ces méthodes sont qualifiées d'« épistémiques » par leur dépendance directe avec un domaine d'expertise. Ainsi un physicien, un historien et un avocat peuvent être amenés à décrire, expliquer ou justifier les mêmes faits sous une forme très différente.

Enfin, Shaffer a proposé d'élargir le modèle associé au jeu épistémique en ne l'associant plus à une seule discipline, telle que les mathématiques ou l'histoire, mais à un ensemble de disciplines regroupées autour d'une communauté de pratique [3]. Ainsi, le jeu épistémique suggère de susciter la réflexion à travers la vision d'un expert et en prenant en compte l'ensemble des éléments qui sont spécifiques au domaine. L'objectif de cette approche pédagogique est de bénéficier des apports des deux approches qui s'opposent depuis des dizaines d'années dans nos systèmes scolaires : l'une qui prône l'apprentissage par la pratique et l'autre qui souhaite que l'apprenant acquière un maximum de théories avant de pratiquer [4].

Plus récemment, l'ère du numérique a conduit à une évolution de ces jeux épistémiques vers des « Jeux Epistémiques Numériques » (JEN) communément définis comme étant une approche de conception de jeux de rôle éducatifs immersifs utilisant des technologies avancées, et grâce auxquels les joueurs apprennent à devenir et penser comme des professionnels [5]. Malgré des évolutions technologiques permanentes, les JEN les plus récents - comme Land Science<sup>1</sup> - se limitent généralement à l'utilisation de techniques classiques telles que le Web, l'e-mail ou de la vidéoconférence [6]. Ainsi, comme l'illustre la Figure 1 ci-après, l'interface principale de Land Science dans lequel l'apprenant incarne un urbaniste ne propose qu'une représentation schématique du quartier dans lequel il devra se projeter. De plus, les échanges avec les différents protagonistes s'effectuent par envoi de courrier électronique ou messagerie instantanée. Ces outils ont pour première intention de faciliter le travail à distance des apprenants mais cela se fait au détriment d'une représentation plus réaliste.

---

<sup>1</sup> Land Science : <http://edgaps.org/gaps/projects/land-science/>



**Fig. 1.** Interface principale de Land Science. Ce JEN propose un stage virtuel dans lequel les étudiants incarnent des stagiaires dans un cabinet de planification urbaine. Leur principale tâche est de proposer un plan de la ville qui prend en compte les attentes de plusieurs communautés pour des besoins aussi divers que l'emploi, le logement, la pollution, etc.

Pourtant, de nouvelles formes de jeux dits « pervasifs » savent exploiter pleinement des technologies plus avancées. Même si le terme de « jeux pervasifs » peut se restreindre à l'utilisation de technologies mobiles [7], nous lui donnerons ici un sens plus large à l'image de Hinske *et al.* [8] pour qui ce terme regroupe : les jeux « augmentés », les jeux en « réalité mixte » ou encore les jeux « informatiques mobiles ». Ces jeux pervasifs ont notamment donné des perspectives intéressantes dans le domaine de l'éducation et leurs effets ont d'ailleurs été étudiés sur l'enseignement et l'apprentissage. En effet, en augmentant le nombre de *stimuli* aussi bien par une expérience physique qui consolide l'ancrage dans le réel, qu'avec une expérience sociale et immersive pour augmenter la motivation et l'appropriation, il semble possible de proposer un défi mental bien plus riche que celui d'une interface classique [9]. On peut citer, par exemple, l'usage de la réalité augmentée embarquée dans les téléphones et tablettes pour donner des informations contextualisées à l'apprenant, l'usage d'objets physiques pour manipuler le monde virtuel ou encore l'utilisation de QRCode pour contextualiser un scénario d'apprentissage [10].

Par conséquent, les avancées technologiques caractérisant ces jeux pervasifs couplées aux apports des JEN permettraient d'aboutir à des « Jeux Epistémiques Numériques Pervasifs » (JENP). Ceci constitue un objet de recherche novateur et pertinent dans le domaine des environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Les JENP soulèvent, en particulier, des questions liées 1) à leur conception, à savoir quels modèles, méthodes et outils utiliser pour les concevoir et les développer, et 2) à leur usage en milieu écologique quant à leur appropriation et leurs impacts sur l'apprentissage.

Pour contribuer à ces questionnements, cet article propose un cadre théorique pour définir et caractériser ces nouveaux JENP. Pour cela, nous proposons une définition de ce qu'est un JENP à partir d'un état de la littérature sur les JEN d'une part et les jeux pervasifs d'autre part. Nous positionnons les JENP en mettant en évidence leur valeur ajoutée comparativement aux JEN. En conclusion, nous synthétisons les

principaux apports du cadre théorique proposé et nous proposons des pistes pour la conception et l'expérimentation de jeux s'appuyant sur ce cadre.

## 2 État de l'art sur les JEN et les jeux pervasifs

Cette section présente un état de l'art des JEN et des jeux pervasifs existants qui nous permettra de mettre en évidence l'intérêt des JENP et d'en identifier des caractéristiques en termes de fonctionnalités, d'interfaces, de périphériques et de technologies.

### 2.1 Jeux épistémiques numériques

Les jeux utilisés en éducation sont qualifiés de « sérieux » (ou en anglais de « *serious games* », ou bien encore « *learning games* »). De fait, les JEN étant des jeux favorisant l'apprentissage [2], ils appartiennent à cette catégorie. Si l'expression « jeux sérieux » est très souvent utilisée dans la littérature depuis ces dernières années, le terme de JEN, quant à lui, reste faiblement employé. En ce sens, on peut supposer que certains auteurs utilisent le terme de « jeu sérieux » plutôt que celui de JEN pour traiter de jeux offrant pourtant des caractéristiques « épistémiques ». Il paraît donc judicieux de définir les caractéristiques permettant d'identifier des JEN parmi ces jeux sérieux.

En s'appuyant sur les travaux de [3, 4, 11, 12, 13], nous pouvons considérer un jeu comme un JEN dans la mesure où il :

- propose la résolution de problèmes non-déterministes [11], comme dans Clim@ction<sup>2</sup>,
- concerne la résolution de problèmes complexes [4], comme dans Digital Zoo<sup>3</sup>,
- s'appuie sur des activités pluridisciplinaires [12], comme dans Urban Science<sup>4</sup>,
- suggère à l'apprenant, un contexte réaliste et authentique [11], comme dans Clim@ction,
- repose sur un « cadre épistémique » [3], c'est-à-dire lorsque l'apprenant doit mener son activité avec le savoir-faire, les méthodes, les connaissances et les valeurs du professionnel qu'il incarne [13], comme dans Science.net<sup>5</sup>.

Il est à noter que l'ensemble de ces caractéristiques sont présentes dans les jeux cités en exemple. Cependant certaines caractéristiques sont davantage mises en évidence dans certains JEN que dans d'autres.

---

<sup>2</sup> Clim@ction : <http://eductice.ens-lyon.fr/EducTice/recherche/jeux/jpael/climaction/2011-2012/>

<sup>3</sup> Digital Zoo : <http://edgaps.org/gaps/projects/digital-zoo-2/>

<sup>4</sup> Urban Science : <http://edgaps.org/gaps/projects/urban-science/>

<sup>5</sup> Science.net : <http://edgaps.org/gaps/projects/science-net/>

Au-delà de ces caractéristiques principales, certaines plus « secondaires » semblent renforcer le concept de JEN. Parmi elles, nous avons référencé le fait que :

- l'apprenant joue le rôle d'un novice/débutant afin de renforcer le réalisme de la situation de jeu ainsi que la nécessité d'apprendre [13], comme le rôle de stagiaire dans Science.net,
- l'application apporte de meilleurs résultats lorsqu'elle s'appuie sur des domaines innovants [4].

Ces caractéristiques réunies ont pour ambition d'offrir à l'apprenant un apprentissage expérientiel et théorique afin qu'il construise un maximum de connaissances et de compétences qu'il sera capable de transférer dans plusieurs situations [4]. Malgré la croissance de l'industrie du jeu dans le domaine éducatif, peu de jeux intègrent l'ensemble de ces caractéristiques principales et secondaires identifiées dans la littérature. Ce constat suggère que la conception et le développement d'un JEN demande des conditions très spécifiques par rapport aux jeux sérieux.

## 2.2 Jeux éducatifs pervasifs

D'après Hinske *et al.* [8], les jeux pervasifs existent sous deux formes principales : les jeux en réalité mixte et les jeux en réalité alternée.

La réalité mixte (RM) a été définie comme un continuum qui permet de relier l'univers du réel et du virtuel [14], et dont l'objectif est d'enrichir une situation basée sur le réel ou également d'ajouter du réalisme à un environnement virtuel. Cette mixité peut être réalisée à l'aide de nombreuses technologies telles que des écrans, des caméras, des lunettes *see-through*, des interfaces mobiles, tactiles ou tangibles.

Les analyses d'usages de la réalité mixte ont d'ores et déjà permis de mettre en évidence leur intérêt pour l'apprentissage, essentiellement pour améliorer l'ancrage des apprentissages [15] et la mise en situation du joueur au sein d'un contexte qui présente une certaine authenticité [16]. Cette authenticité est en particulier soutenue par le fait que l'apprenant/joueur peut bénéficier d'une combinaison d'informations liées au réel et d'informations apportées par la simulation ou la réalité augmentée. Quelques jeux en réalité mixte, ou *Mixed Reality Learning Games* (MRLG) ont d'ores et déjà vu le jour : Eduventure [17], Zoo Scene Investigator [18], Mad City Mystery [19], Explore ! [20]. C'est bien l'apprentissage en contexte authentique qui est la caractéristique la plus souvent mise en avant par les auteurs pour justifier leur approche. L'authenticité du contexte est souvent liée à l'authenticité des interactions qu'il permet. Cette authenticité est, pour de nombreux auteurs, un moyen d'améliorer l'application et le transfert de ces connaissances dans le réel [21]. Pourtant, malgré leur potentiel éducatif, les jeux basés sur l'usage de la RM sont encore peu nombreux et les études encore rares. Récemment, le projet SEGAREM [22] a permis le développement d'interfaces tangibles pour le MRLG Lea(r)nIT conçu pour l'apprentissage des principes du Lean Management en école d'ingénieurs. Les résultats montrent l'intérêt de la situation pour l'apprentissage. Néanmoins, les MRLG existants sont tous dédiés à des situations spécifiques et ne sont pas facilement exploitables ou transposables à d'autres situations.



**Fig. 2.** Le projet SEGAREM est un projet visant à développer des outils de réalité mixte comme support à l'apprentissage. Un des prototypes réalisés offre la possibilité à un apprenant d'utiliser un objet physique (un pistolet à colle) face à un écran qui représentera la colle virtuellement appliquée.

Les jeux en réalité alternée, ou « *Alternate Reality Games* » (ARG) en anglais, visent à proposer aux apprenants la possibilité de résoudre de façon collective et participative divers problèmes tout en les confrontant au monde réel grâce à l'échange par sms, forum, blog, appels téléphoniques et également à des déplacements physiques [23]. Contrairement à un jeu en réalité mixte qui superpose le virtuel au réel (ou l'inverse) sur une même interface, un jeu en réalité alternée permet l'alternance entre des phases de jeu dans le monde numérique et des phases de jeu demandant des actions dans le monde réel, le tout s'effectuant dans le cadre d'un scénario cohérent. D'ailleurs, le jeu en réalité alternée est parfois défini comme une forme de « *Transmedia Storytelling* », c'est-à-dire un système évolutif de messages représentant une expérience narrative qui se déroule à partir de l'utilisation de plusieurs médias en impliquant personnellement des participants qui se trouvent émotionnellement engagés dans l'histoire [24]. Même si leur utilisation est le plus souvent dédiée au divertissement ou à la publicité et que de nombreuses questions se posent encore sur leur conception, il a déjà été démontré que le jeu en réalité alternée possédait des propriétés uniques dans les milieux éducatifs. En effet, au-delà de la résolution de problèmes complexes, ces jeux peuvent apporter aux apprenants la capacité à imaginer des alternatives à la réalité et ainsi les encourager à mener des raisonnements essentiels à l'innovation [25]. Comme tout apprentissage transmédia, les ARG fournissent un cadre à partir duquel les apprenants peuvent acquérir des aptitudes de synthèse d'information au travers de flux de médias [24].

Malgré des problèmes liés à la logistique, la distraction, la charge physique et mentale, la non-maturité des technologies et leurs coûts [26], ces jeux pervasifs, utilisant la réalité mixte ou la réalité augmentée, montrent un potentiel dans le domaine éducatif. Ces jeux éducatifs proposent un large panorama d'usages, de fonctionnalités et de propriétés susceptibles de pallier certaines limites des JEN. Nous discutons de ces intérêts dans la section suivante.

### 2.3 Vers des jeux épistémiques numériques pervasifs

En se limitant à l'utilisation des technologies classiques (i.e. un jeu sur ordinateur avec interactions classiques à la souris et au clavier), les JEN offrent peu de retours sensorimoteurs à l'apprenant. Or le transfert de connaissances d'une situation d'apprentissage vers une situation face à laquelle l'apprenant sera confronté dans la réalité est directement dépendant de la similitude des *stimuli* ressentis dans ces deux situations [27]. En outre, l'authenticité de la situation ressentie par l'apprenant est un facteur capital d'efficacité d'un JEN. Cette authenticité n'est souhaitée que pour la situation ainsi que les actions de l'apprenant, l'univers de jeu pouvant être plus métaphorique. Ainsi, le JEN Digital Zoo donne aux apprenants un objectif de conception de créatures imaginaires tout en sachant les confronter à de vrais problèmes de biomécaniques. L'authenticité pourrait être valorisée, par exemple, par des interfaces tangibles ou augmentées qui aident l'apprenant à construire un lien direct entre le monde virtuel et la réalité. De même, les techniques de localisation peuvent être exploitées pour contextualiser les situations de jeu par rapport à l'environnement réel. Ces nouvelles technologies offrent des interactions entre personnes mais aussi avec le système, qui renforcent le cadre épistémique.

Concernant les échanges entre apprenants ou entre apprenants et enseignant, la communication dans un JEN classique se limite, dans la plupart des cas, à des messages écrits au détriment des expressions corporelles. De leur côté, les JENP peuvent comporter de nombreux périphériques favorisant la transmission d'expressions corporelles des utilisateurs. Ainsi, alors que les JEN classiques proposent l'envoi d'email pouvant être accompagnés de documents, de nouvelles techniques offrent la possibilité de communiquer en transmettant plus d'informations sur le contexte et les émotions par des représentations et des animations d'avatars.

Pour conclure cette partie, nous pouvons affirmer qu'ajouter une dimension pervasive à un JEN ne fait pas que repousser les limites relatives aux technologies classiques. Elle offre une immersion et de nouvelles interactions qui enrichissent le JEN aussi bien sur l'authenticité de la situation, sur les outils à utiliser pour la résolution de problèmes que sur les possibilités d'échanges et d'expressions.

## 3 Bases d'un jeu épistémique numérique pervasif

Dans cette section, nous formalisons les bases de ce que nous appelons les jeux épistémiques numériques pervasifs, exploitant des interactions numériques et tangibles.

### 3.1 De nouvelles interactions pour la construction et le transfert de connaissances

Nous considérons qu'il est essentiel lors de la conception d'un JENP de déterminer les interactions les plus adaptées pour enrichir le contexte ainsi que de les répartir rigoureusement dans les différentes phases de jeu.



**Plus d'interactions pour une meilleure authenticité.** Le cadre épistémique constitue la caractéristique majeure des JEN. Les apports propres aux jeux pervasifs peuvent enrichir ces JEN en offrant à l'utilisateur un plus grand nombre d'interactions susceptibles d'offrir à l'apprenant un contexte (social et professionnel) plus authentique.

Les canaux utilisés en entrée (pour interagir avec le dispositif) et en sortie (pour présenter l'information) peuvent être visuels (*Cave Automatic Virtual Environment*, lunettes stéréoscopiques, *Head-Mounted Display*, etc.), sonores (reconnaissance vocale, son 3D spatialisé, etc.) voire haptiques (gants de données, etc.) [28].

L'apport des nouvelles technologies peut se situer à trois niveaux d'interaction :

- Les interactions avec le système (interactions tactiles, vocales, tangibles, etc.)
- Les interactions en contexte (informations contextualisées, mobilité de l'apprenant, intégration d'éléments de l'environnement dans le jeu etc.)
- Les interactions avec les autres apprenants (partage d'objets, utilisation d'espaces communs et d'espaces personnels connectés, édition collaborative de documents, etc.).

**Plus d'interactions pour une meilleure construction des connaissances.** Dans le cadre des JENP, les interfaces ont pour vocation à proposer un réalisme et une complexité en adéquation avec les interactions proposées et les capacités de l'apprenant. En outre, même si certaines interfaces peuvent être choisies pour offrir plus de ludicité au jeu, il n'en demeure pas moins que l'apport pédagogique doit rester l'aspect central du JENP (i.e. la complexité des tâches doit correspondre aux objectifs pédagogiques). Ainsi, un JEN qui serait enrichi par des interactions pervasives uniquement lors des phases de jeu essentiellement ludiques ne pourrait avoir la même portée que celle d'un JENP. L'objectif du JENP est bien d'enrichir la situation et les actions pour améliorer la construction des connaissances et des compétences [9].

### 3.2 Univers persistant

Certaines technologies spécifiques aux jeux pervasifs peuvent offrir la possibilité aux apprenants de « rester » dans le jeu en dehors des heures de formation (univers persistant). Les effets de ces univers persistants ont été particulièrement étudiés pour les jeux de rôle en ligne massivement multijoueur (*Massively Multiplayer Online Role Playing Games* - MMORPG). Ainsi l'utilisateur n'a pas la possibilité de sauvegarder ou reprendre une phase de jeu et n'a donc pas la possibilité de figer son contexte de jeu durant son absence. Son univers reste actif en permanence. Les apports pédagogiques et ludiques sont de maintenir la compétition entre joueurs, de soutenir la motivation apportée par un environnement plus écologique, ainsi que de valoriser la prise de décision [29]. Cela permet aussi de faire évoluer le monde du jeu quand l'apprenant n'est pas connecté, ce qui oblige à anticiper et à faire preuve de réactivité. Cependant, il est important de trouver un équilibre lors de la conception du JENP pour éviter qu'une mauvaise décision prise en fin de séance ne frustre pas l'apprenant jusqu'à la prochaine séance sans qu'il puisse intervenir. Ainsi dans un MMORPG,

durant son absence, le personnage du joueur ne peut pas être attaqué mais le joueur peut rater des opportunités pour valoriser son personnage.

### 3.3 Suivi pédagogique du tuteur

Les JENP conçus doivent être compatibles avec le futur contexte d'utilisation. En effet, il n'est pas à négliger que ces jeux éducatifs doivent être intégrés par l'enseignant dans les activités pédagogiques qu'il met en place. Certaines interactions comme celles liées à la géolocalisation ou la réalité augmentée peuvent demander des sorties en milieu extérieur. Par ailleurs, un jeu persistant, qui se déroule en continu, peut demander un suivi en dehors des heures d'enseignement.

La méthode *Epistemic Network Analysis* (ENA), a été proposée par Shaffer dans le but d'évaluer la pertinence d'un cadre épistémique mais également afin de mesurer la progression des apprenants d'un JEN. En multipliant les dispositifs, les espaces et les temps d'apprentissage, les traces sont multiples et variées [13]. Pour que l'ensemble de ces informations puisse être interprété par le tuteur, il est indispensable que le JENP intègre dans son implémentation une adaptation de la méthode ENA. Ainsi, des indicateurs pertinents peuvent être construits pour faciliter la tâche de suivi pédagogique de l'enseignant.

### 3.4 Utilisation de périphériques déjà intégrés au contexte d'usage

Une des premières barrières de l'utilisation de la réalité mixte reste son coût financier. Cependant, la croissance du marché du jeu vidéo profite à une industrialisation de nombreuses de ces nouvelles technologies telles que les smartphones, les dispositifs tels que la Kinect ou encore des capteurs spécifiques. En parallèle, les salles de formation se voient progressivement équipées de nombreux périphériques tels que les tableaux blancs interactifs et les tablettes. Ce contexte est favorable à l'intégration de ces JENP dans les établissements d'enseignement.

### 3.5 Bilan : apports d'un JENP

Comme symbolisé dans la Figure 3 ci-après, le JEN se distingue principalement des jeux éducatifs standards par un suivi pédagogique plus conséquent, ainsi que des caractéristiques de pluridisciplinarité et de non-déterminisme plus valorisées. Le JENP, quant à lui, se représente en évolution du JEN grâce à ses principaux apports en authenticité, en persistance et par l'intégration de nombreuses interactions pervasives.

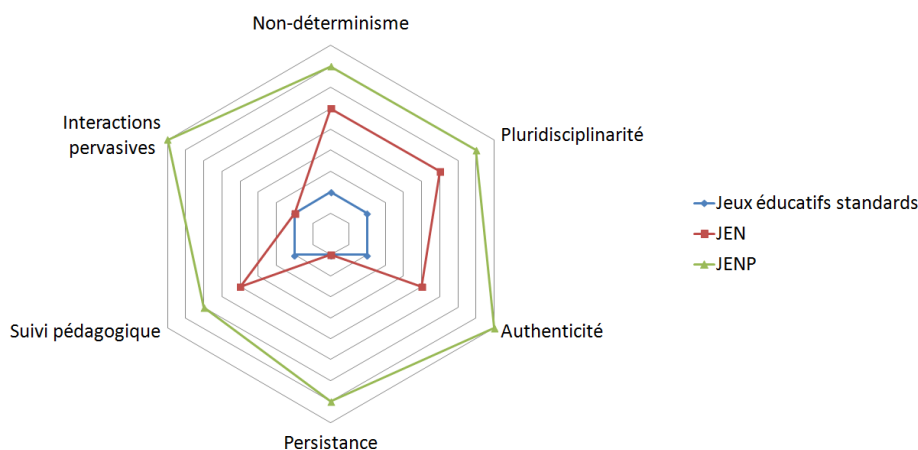


Fig. 3. Représentation graphique des principales différences entre les jeux éducatifs standards, les JEN et les JENP

#### 4. Conclusion

L'objectif de cet article a été de proposer un cadre théorique pour définir et caractériser la notion de JENP. Aussi, après avoir recherché les caractéristiques des JEN existants et identifié leurs limites technologiques, nous proposons de leur associer des technologies utilisées dans les jeux pervasifs (en particulier, la réalité mixte et la réalité alternée). Ces définitions et ces caractéristiques conceptuelles fournissent aux concepteurs des objectifs propres aux JENP. En ce sens, ce cadre théorique peut aider les concepteurs de jeux pédagogiques dans la conception de ces interactions spécifiques au service de l'apprentissage.

Toutefois, cet article ne spécifie pas les outils et les modèles informatiques à mettre en place pour implémenter les objectifs de ces JENP visant l'intégration d'interactions plus authentiques et contextualisées. C'est l'objectif de notre travail actuel qui se focalise sur la mise en œuvre d'une méthode de conception informatique, basée sur la mise en évidence de facteurs génériques et l'identification de patrons de conception.

**Remerciements.** Nous remercions l'ANR qui finance notre travail de recherche au travers du projet JEN.lab. Nous remercions également l'équipe EducTICE de l'Institut Français de l'Éducation, le laboratoire des Interactions Corpus Apprentissages Représentations, l'entreprise Symetrix ainsi que les enseignants des lycées de Saint-Nazaire et Rhône-Alpes qui contribuent à ce projet.

## Références

1. Collins, A., Ferguson, W.: Epistemic forms and Epistemic Games: Structures and Strategies to Guide Inquiry. *Educ. Psychol.* 28, 25–42 (1993).
2. Perkins, D.N.: Epistemic games. *Int. J. Educ. Res.* 27, 49–61 (1997).
3. Shaffer, D.W.: Epistemic frames for epistemic games. *Comput. Educ.* 46, 223–234 (2006).
4. Shaffer, D.W., Gee, J.P.: Before Every Child Is Left Behind: How Epistemic Games Can Solve the Coming Crisis in Education. WCER Working Paper No. 2005-7. Wisconsin Center for Education Research (2005).
5. Hatfield, D., Shaffer, D.W.: Press play: Designing an epistemic game engine for journalism. Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences. pp. 236–242. International Society of the Learning Sciences (2006).
6. Boots, N.K., Strobel, J.: Equipping the Designers of the Future: Best Practices of Epistemic Video Game Design. *Games Cult.* (2014).
7. Montola, M., Stenros, J., Waern, A.: *Pervasive Games: Theory and Design*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco (2009).
8. Hinske, S., Lampe, M., Magerkurth, C., Röcker, C.: Classifying pervasive games: on pervasive computing and mixed reality. *Concepts Technol. Pervasive Games- Read. Pervasive Gaming Res.* 1, 20 (2007).
9. Ardito, C., Lanzilotti, R., Raptis, D., Sintoris, C., Yiannoutsou, N., Avouris, N., Costabile, M.F.: Designing Pervasive Games for Learning. In: Marcus, A. (ed.) *Design, User Experience, and Usability. Theory, Methods, Tools and Practice*. pp. 99–108. Springer Berlin Heidelberg (2011).
10. Loiseau, M., Lavoué, E., Marty, J., George, S.: Raising awareness on Archaeology: A Multiplayer Game-Based Approach with Mixed Reality. Presented at the Proceedings of the 7th European Conference on Games Based Learning (2013).
11. Sanchez, E., Jouneau-Sion, C., Delorme, L., Young, S., Lison, C., Kramar, N.: Fostering Epistemic Interactions with a Digital Game A Case Study about Sustainable Development for Secondary Education. *International Symposium Science & Technology Education for Development, Citizenship and Social Justice* (2012).
12. Salmani Nodoushan, M.A.: The Shaffer–Gee perspective: Can epistemic games serve education? *Teach. Educ.* 25, 897–901 (2009).
13. Shaffer, D.W., Hatfield, D., Svarovsky, G.N., Nash, P., Nulty, A., Bagley, E., Frank, K., Rupp, A.A., Mislevy, R.: Epistemic Network Analysis: A Prototype for 21st-Century Assessment of Learning. *Int. J. Learn. Media.* 1, 33–53 (2009).
14. Milgram, P., Kishino, F.: A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans. Inf. Syst.* 77, 1321–1329 (1994).
15. Cook, S., Mitchell, Z., Goldin-Meadow, S.: Gesturing makes learning last. *Cognition.* 106, 1047–1058 (2008).
16. Egenfeldt-Nielsen, S.: Overview of research on the educational use of video games. *Digit. Kompet.* 1, 184–213 (2006).
17. Ferdinand, P., Muller, S., Ritschel, T., Wechselberger, U.: The Eduventure—A new approach of digital game based learning combining virtual and mobile augmented reality games episodes. Presented at the Pre-Conference Workshop «Game based Learning» of DeLFI 2005 and GMW 2005 Conference, Rostock (2005).
18. Perry, J., Klopfer, E., Norton, M., Sutch, D., Sandford, R., Facer, K.: AR Gone Wild: Two Approaches to Using Augmented Reality Learning Games in Zoos. Proceedings of the 8th International Conference on International Conference for the Learning Sciences - Volume 3. pp. 322–329. International Society of the Learning Sciences, Utrecht, The Netherlands (2008).

19. Squire, K.D., Jan, M.: Mad City Mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *J. Sci. Educ. Technol.* 5–29 (2007).
20. Ardito, C., Buono, P., Costabile, M.F., Lanzilotti, R., Pederson, T., Piccinno, A.: Experiencing the Past through the Senses: An M-Learning Game at Archaeological Parks. *IEEE Multimed.* 15, 76–81 (2008).
21. Schrier, K.: Using Augmented Reality Games to Teach 21st Century Skills. ACM SIGGRAPH 2006 Educators Program. ACM, New York (2006).
22. George, S., Michel, C., Serna, A., Bisognin, L.: Évaluation de l'impact d'un jeu sérieux en réalité mixte. *Sticf*, 21 (2014).
23. Kim, J., Lee, E., Thomas, T., Dombrowski, C.: Storytelling in new media: The case of alternate reality games, 2001–2009. *First Monday.* 14, (2009).
24. Raybourn, E.M.: A new paradigm for serious games: Transmedia learning for more effective training and education. *J. Comput. Sci.* 5, 471–481 (2014).
25. Bonsignore, E., Hansen, D., Kraus, K., Ruppel, M.: Alternate Reality Games as Platforms for Practicing 21st-Century Literacies. *Int. J. Learn. Media.* 4, 25–54 (2012).
26. Orliac, C.: Modèles et outils pour la conception de Learning Games en Réalité Mixte, Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon (2013).
27. Bossard, C., Kermarrec, G., Buche, C., Tisseau, J.: Transfer of learning in virtual environments: a new challenge? *Virtual Real.* 12, 151–161 (2008).
28. Fuchs, P., Moreau, G.: Le traité de la réalité virtuelle. Ecole des Mines de Paris, Paris (2003).
29. Papargyris, A., Poullymenakou, A.: Learning to fly in persistent digital worlds: the case of Massively Multiplayer Online Role Playing Games. *ACM SIGGROUP Bull.* 25, 41–49 (2005).