



## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Évaluer l'impact des jeux d'évasion éducatifs sur l'apprentissage de l'informatique au premier cycle universitaire

Kabimbi Ngoy, Rudy

*Award date:*  
2022

*Awarding institution:*  
Universite de Namur

[Link to publication](#)

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**UNIVERSITÉ  
DE NAMUR**

FACULTÉ  
D'INFORMATIQUE

**Évaluer l'impact des jeux d'évasion  
éducatifs sur l'apprentissage de  
l'informatique au premier cycle  
universitaire**

*(Méthode Evscape)*

KABIMBI NGOY Rudy

# Résumé

## Abstract

There is general consensus that educational games, and specifically educational escape games do have beneficial impacts on computer science students. But as the evaluation methods are usually carried out in an ad hoc fashion and therefore lack reproducibility, but also often involve confidential samples, researchers failed to empirically demonstrate the underlying hypothesis of the premise.

Therefore, through this project, we'll go through the details of "Evscape", which is a standard method we designed with the exclusive intent to evaluate undergraduate students to Computer Science through Educational Escape Games while also being compliant with the EscapED framework (see [Clarke et al. [2017]]).

Developed within the Computer Science Faculty at Unamur, Evscape's evaluation criteria are based on motivation, user experience and learning, and should prevent EEGCS researchers from building ad hoc evaluation methods while also improving its correctness and gaining in comparability.

Eventually, the goal we fixed is to collect and compile the results of all the evaluations carried out through Evscape and therefore be able to rule empirically as to the theoretical virtues and effectiveness attributed to the EEGCS. In order to facilitate our mission, we have transposed the Evscape method into a web application we called EvscApp<sup>1</sup>. We are convinced that through Evscape and EvscApp our users will find a way to fill a need that to our knowledge, current research has not yet fulfilled.

**Keywords** : escape game, evaluation, educational game, framework

## Résumé

Il y a un consensus sur le fait que les jeux éducatifs, et dans le cas d'espèce les jeux d'évasion éducatifs, aient un impact bénéfique sur l'apprentissage des étudiants en informatique. Mais à ce stade, cette hypothèse n'est pas démontrée empiriquement car les méthodes d'évaluation utilisées par les chercheurs dans le domaine sont réalisées de manière ad hoc, manquent de reproductibilité et s'appuient sur des échantillons souvent confidentiels.

Dans ce travail, nous vous présenterons "Evscape", une méthode standard d'évaluation de jeux d'évasion éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique (JEEI) respectant le cadre de travail EscapED (voir Clarke et al., 2017]). Cette méthode se destine exclusivement aux JEEI conçus à des fins d'enseignement dispensé au premier cycle universitaire.

Evscape a été développée au sein de la faculté d'informatique de l'Unamur. Ses critères d'évaluation portent sur les aspects de motivation, d'expérience utilisateur et d'apprentissage. Grâce à cet outil, les chercheurs travaillant sur le développement de JEEI pourront se soustraire à la construction ad hoc d'une méthode d'évaluation; tout en gagnant en rigueur méthodologique et en comparabilité avec d'autres JEEI. Cette méthode s'est construite sur base de la recherche existante relative à l'évaluation des jeux éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique. Les méthodes utilisées dans le cadre de notre travail ont été sélectionnées pour leur pertinence au regard des caractéristiques propres aux JEEI et adaptées le cas échéant.

A terme, l'objectif que nous nous sommes fixés est de récolter et de compiler les résultats de toutes les évaluations réalisées par le biais d'Evscape, et ainsi pouvoir statuer empiriquement quant aux vertus théoriques prêtées aux JEEI et à leur efficacité. Afin de faciliter la mission que nous nous sommes fixée, nous avons transposé la méthode Evscape dans une application web : EvscApp<sup>2</sup>. Nous sommes convaincus que nos utilisateurs trouveront dans Evscape et EvscApp un moyen de combler un besoin auquel la recherche actuelle n'avait, à notre connaissance, pas encore répondu.

**Mots clés** : jeux d'évasion, évaluation, jeux éducatifs ,cadre de travail

---

1. [https://github.com/rkabimbi/evscape\\_flask\\_ok](https://github.com/rkabimbi/evscape_flask_ok)

2. [https://github.com/rkabimbi/evscape\\_flask\\_ok](https://github.com/rkabimbi/evscape_flask_ok)

# Préface

Il y a quatre ans, j'ai entamé ce cursus universitaire en sciences informatiques par simple curiosité, car j'étais en recherche d'un nouveau défi, après une carrière longue de 11 années dans l'expertise comptable et fiscale. Sans connaissance ni expérience préalable dans le domaine, je me suis souvent questionné sur le fait de savoir si j'étais vraiment à ma place et si je serai à la hauteur de ce challenge étant donné la charge familiale et professionnelle qui étaient les miennes durant cette période (deux enfants en bas-âge, poste de direction dans une entreprise de 80 personnes et autres). Ce furent quatre années de labeur mais aussi de joie de découvrir un nouvel univers chaque jour un peu plus.

Ce travail de recherche marque la fin d'un processus et le début d'une carrière, à partir de laquelle de nouvelles possibilités s'offriront à moi. Il a été initié et supervisé par Monsieur Gonzague YERNAUX (Assistant) et Monsieur Wim VANHOOF (Professeur et Doyen de la Faculté d'Informatique) et a pour objectif l'obtention du grade de Master en Sciences Informatiques décerné par la Faculté d'Informatique de l'Université de Namur (UNamur<sup>3</sup>).

Je profite de l'espace qui m'est offert dans cette section pour remercier l'équipe pédagogique de l'UNamur qui s'est montrée particulièrement disponible et engagée dans la volonté de fournir un enseignement de qualité. Ils m'ont ainsi permis de maintenir une motivation constante et de fournir les efforts pour arriver au bout de cette entreprise. Tous m'ont véritablement apporté quelque chose sur le plan technique, de la culture générale ou de dépassement de soi ; et je les en remercie.

J'aimerais particulièrement mettre en avant Monsieur Gonzague YERNEAUX, qui m'a encadré pendant ces quatre années et qui pour moi est une source réelle d'inspiration dans le domaine informatique (sens de la pédagogie, décomposition et analyse des problèmes, éventail des connaissances informatiques,...). Je le remercie pour le temps accordé, la patience qui le caractérise, ses encouragements et sa positivité dans les moments plus difficiles.

Je tenais également à remercier sincèrement ma famille. Non pas parce que c'est un passage obligé dans ce type d'exercice, mais parce que sans elle je n'y serai probablement jamais arrivé. Leurs encouragements, le temps qu'ils m'ont accordé à garder mes enfants quand j'en avais besoin, la fierté que je pouvais lire dans leurs yeux quand j'évoquais mon entreprise, ont été un réel moteur pour moi.

Enfin, merci à Helena RUSABANA, ma femme, qui a vu grossir sa charge familiale par mes absences mais qui su faire preuve d'abnégation. Elle m'a ainsi permis de me concentrer sur ce projet. Cette réussite est aussi la sienne et j'espère pouvoir convertir cet acquis en quelque chose de concret qui me permettra de la récompenser comme elle le mérite.

Rudy KABIMBI NGOY  
Juin 2022

---

3. Rue Grandgagnage 21 - B5000 Namur (Belgique) - [www.unamur.be](http://www.unamur.be)

# Glossaire

Abréviation	Signification
JE	Jeu(x) d'évasion (récréatif(s)).
JEA	Jeu(x) éducatif(s) et/ou d'apprentissage.
JEAI	Jeu(x) éducatif(s) destiné(s) à l'apprentissage de l'informatique.
JEE	Jeu(x) d'évasion éducatif(s).
JEEI	Jeu(x) d'évasion éducatif(s) destiné(s) à l'apprentissage de l'informatique.
MVP	Minimum Viable Product <sup>4</sup> .
QCM	Questionnaire à choix multiples.

# Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>2</b>
<b>Préface</b>	<b>3</b>
<b>Glossaire</b>	<b>4</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>7</b>
<b>2 Protocole de recherche</b>	<b>9</b>
<b>3 Apprendre l'informatique avec les jeux d'évasion éducatifs : État de l'art</b>	<b>14</b>
3.1 Les jeux d'évasion . . . . .	14
3.1.1 Contexte . . . . .	14
3.1.2 Déroulement d'une séance . . . . .	15
3.1.3 Structures et mécaniques de jeu . . . . .	15
3.2 Les jeux d'évasion éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique . . . . .	17
3.2.1 Contexte . . . . .	17
3.2.2 Tour d'horizon . . . . .	18
3.2.3 Caractéristiques . . . . .	19
3.2.4 Les cadres de travail . . . . .	21
3.2.5 Intérêt pédagogique . . . . .	23
3.2.6 Expérimentations, évaluations et résultats . . . . .	25
3.2.7 Enjeux . . . . .	26
3.3 Conclusion . . . . .	28
3.4 Problématisation . . . . .	29
<b>4 L'évaluation des jeux éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique</b>	<b>30</b>
4.1 Introduction . . . . .	30
4.2 L'apprentissage de l'informatique par le jeu . . . . .	31
4.2.1 Les jeux d'apprentissage . . . . .	31
4.2.2 La ludification . . . . .	32
4.3 L'évaluation et l'expérimentation . . . . .	33
4.3.1 La construction d'une évaluation . . . . .	33
4.3.2 Les facteurs d'évaluation . . . . .	35
4.3.3 La récolte des données . . . . .	35
4.3.4 Les phases expérimentales . . . . .	41
<b>5 La méthode Evscape</b>	<b>44</b>
5.1 Introduction . . . . .	44
5.2 Description et objectifs . . . . .	44
5.3 Contexte d'utilisation et recommandations . . . . .	45
5.4 Construction de la méthode . . . . .	45
5.5 Processus . . . . .	46
5.5.1 Étapes . . . . .	46
5.5.2 Adaptations . . . . .	48
5.6 Récolte des données . . . . .	49
5.6.1 Outils sources . . . . .	49
5.6.2 Relevé des données démographiques . . . . .	49
5.6.3 Évaluation de la motivation . . . . .	50
5.6.4 Évaluation de l'apprentissage . . . . .	50
5.6.5 Évaluation de l'expérience utilisateur . . . . .	50
5.6.6 Scoring . . . . .	57

5.7	Indicateurs clés généraux . . . . .	58
5.7.1	Indicateurs clés Q1 . . . . .	58
5.7.2	Indicateurs clés Q2 . . . . .	60
5.7.3	Indicateurs clés Q3 . . . . .	63
5.7.4	Indicateurs clés Q4 . . . . .	64
5.7.5	Données résiduelles . . . . .	66
5.8	Validation Evscape . . . . .	66
5.9	EvscApp . . . . .	67
5.9.1	Objectifs . . . . .	67
5.9.2	Cas d'utilisation . . . . .	67
5.9.3	Diagramme d'activité . . . . .	68
5.9.4	Écrans . . . . .	70
<b>6</b>	<b>Conclusions</b>	<b>75</b>
6.1	Limitations . . . . .	75
6.1.1	Limitations propres à la méthode Evscape . . . . .	75
6.1.2	Limitations propres à notre travail de recherche . . . . .	75
6.2	Conclusion . . . . .	76
6.3	Perspectives et développements futurs . . . . .	77
	<b>Bibliographie</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>Annexes</b>	<b>84</b>
7.1	Formulaire de Consentement . . . . .	84
7.2	Questionnaire SUS . . . . .	88
7.3	Questionnaire MEEGA . . . . .	89
7.4	Questionnaire IGE . . . . .	92
7.5	Questionnaire HEEG . . . . .	94
7.6	Questionnaire GUESS . . . . .	95
7.7	Questionnaire Flow Scale For Games . . . . .	101
7.8	Questionnaire E-GameFlow . . . . .	102
7.9	Questionnaires Divers . . . . .	103
7.10	Questionnaire Evscape . . . . .	111
7.11	Questionnaire UEQ . . . . .	115

# Chapitre 1

## Introduction

En Belgique, la pénurie de professionnels en informatique a été reconnue par le FOREM<sup>1</sup> dans son communiqué de presse publié le 30 juin 2021<sup>2</sup>. Le même constat a été formulé par Actiris, son pendant bruxellois<sup>3</sup>. Ce manque de profils qualifiés concerne en réalité le monde entier [Lebens et al., 2022] et n'est pas neuf. En effet, en 2001 on annonçait déjà un besoin de 1,6 millions de nouveaux entrants sur le marché de l'emploi en informatique à travers le monde et plus de la moitié manquaient à l'appel un an plus tard [Pawlowski and Datta, 2001]. Comment en est-on arrivé à cette situation ? La réputation que charrient les métiers de l'informatique n'y est probablement pas étrangère. On la caractérise régulièrement de matière difficile et peu accessible pour le commun des étudiants, ce qui implique que peu s'y aventurent par simple peur [Marín et al., 2018]. L'informatique n'a pas l'exclusivité de cette problématique. Les autres filières STEM<sup>4</sup> y sont également confrontées, ce qui pousse les chercheurs à se questionner depuis plusieurs années sur les techniques d'enseignement qui y sont appliquées en vue de les améliorer.

De tous temps, le jeu a été reconnu comme vecteur d'apprentissage efficace [Clarke et al., 2017]. Cela a d'ailleurs pu être observé dans d'autres espèces du règne animal [Lathwesen and Belova, 2021]. Il a également été observé que la "génération Y<sup>5</sup>" avait plus d'aisance avec le jeu que les concepts théoriques. Depuis, de nombreuses recherches ont alors été menées et ont conduit à la création d'un champ de recherche à part entière dédié à la conciliation entre jeux et apprentissages. Aujourd'hui, les jeux d'apprentissage (JE) occupent une place importante dans la recherche en pédagogie [Queiruga-Dios et al., 2020]. A titre d'exemple, ERIC<sup>6</sup>, une base de données de publications scientifiques spécialisées en éducation, référence pas moins de 27.797<sup>7</sup> articles contenant le mot "jeu".

Les JE regroupent un grand nombre d'outils pédagogiques différents. A l'Unamur, un jeu d'évasion éducatif destiné à l'apprentissage de l'informatique (JEEI) a été développé et jouit d'un certain enthousiasme auprès de ces concepteurs. Cependant, qu'en est-il de sa pertinence sur le plan pédagogique ? Les recherches sur les JEEI sont actuellement dans une phase exploratoire. A notre connaissance, la publication la plus ancienne présentant un JEEI date de 2017 et, à ce jour, aucune étude ne permet de conclure empiriquement à leur efficacité pédagogique réelle.

Nous avons à coeur d'apporter à l'Unamur la primeur du développement d'un sujet de recherche original. Sortant d'un processus d'apprentissage long de quatre années, nous nous sentions légitimes et motivés dans le fait d'apporter une ouverture sur les techniques d'enseignement utilisées. L'objectif de notre travail est de fournir une méthode standard d'évaluation de JEEI respectant les prescrits du cadre de travail escapEd (voir 3.2.4). Nous espérons ainsi à terme pouvoir statuer quant à l'impact réel qu'ils ont sur l'éducation et les vertus qu'on leur prête.

Dans ce travail, nous détaillerons, tout d'abord, notre protocole de recherche. Ensuite, l'état de la recherche relatif aux JEEI vous sera présenté lequel s'appuie sur les publications disponibles dans les bases de données ACM Library, SciencesDirect, IEEE et ERIC. Nous y définirons et approfondirons notamment tous les concepts utiles à la compréhension du domaine de recherche. Nous clôturerons cette section avec la présentation des différents enjeux auxquels les JEEI doivent faire face et nous vous exposerons

---

1. Le service public de l'emploi et de la formation professionnelle en Wallonie

2. [https://www.leforem.be/content/dam/leforem/fr/documents/CP\\_Forem-liste-penuries.pdf](https://www.leforem.be/content/dam/leforem/fr/documents/CP_Forem-liste-penuries.pdf)

3. <https://www.actiris.brussels/media/kypdiblg/21-100-annexe-2-fr-nl-liste-p%C3%A9nurie-mo-rbc-2021-2022-fr-h-F2D6FF17.pdf>

4. Dans la littérature anglophone, "Science, technology, engineering and mathematics" (Sciences, Technologie, Ingénierie, et Mathématiques)

5. Ensemble des personnes nées entre le début des années 1980 et la fin des années 1990 d'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9n%C3%A9ration\\_Y](https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9n%C3%A9ration_Y)

6. <https://eric.ed.gov/>

7. Eric - requête : Game - 13/04/2022.

notre problématisation.

Le champ de recherche propre au JEEI étant encore à ses balbutiements et afin de pouvoir apporter une solution à la problématique soulevée, nous compléterons nos connaissances par une recherche sur l'évaluation des jeux éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique. Ensuite, nous vous détaillerons la manière dont notre solution a été construite en faisant systématiquement référence aux aspects théoriques la soutenant.

Ce travail se terminera par une présentation de ses limites, de nos conclusions et de travaux futurs.

# Chapitre 2

## Protocole de recherche

L'objectif de notre recherche initiale était exploratoire. Nous l'avons orientée de sorte à obtenir de l'information sur la manière dont les jeux d'évasion étaient utilisés à des fins pédagogiques dans le domaine de l'informatique. A l'issue de celle-ci, nous devons impérativement avoir une vision complète et documentée de l'ensemble des concepts, des mécanismes et de la théorie pédagogique encadrant le domaine. Notre question de recherche a donc été formulée de la manière suivante : "Qu'est ce qu'un jeu d'évasion éducatif utilisé à des fins pédagogiques dans le domaine de l'informatique ?" (QR1). Précisons que par le vocable "fins pédagogiques", nous entendons que le jeu d'évasion doit poursuivre un objectif de transmission d'un savoir faisant partie d'un programme scolaire. Quant à la notion de "domaine de l'informatique", nous faisons référence aux thématiques énoncées dans la nomenclature présentée dans [Sahami et al., 2013].

Dans un premier temps, nous avons lu deux articles qui nous ont été conseillés : [Vergne et al., 2019] et [Borrego Iglesias et al., 2017]. Ils n'étaient pas exclusivement consacrés aux jeux d'évasion en lien avec l'informatique, néanmoins ils nous ont permis d'avoir un premier contact avec le domaine. Nous avons constaté que diverses appellations étaient utilisées pour désigner les jeux d'évasion. Afin de nous assurer d'une couverture suffisante du sujet dans nos recherches, nous avons alors réalisé une revue de mots clés utilisés dans les articles résultant de la première page de contenu proposée par le moteur de recherche "Google Scholar<sup>1</sup>" avec le terme "escape room<sup>2</sup>". Sur cette base, nous avons défini une requête à utiliser dans les moteurs de recherche de bases de données d'articles scientifiques (Tableau 2.1) .

"escape room" OU "escape-the-room" OU "room escape" OU "escape game" OU "escape games" OU "escape rooms" OU "rooms escape"
--

**Table 2.1 – Requête pour moteur de recherche dans les bases de données scientifiques.**

Le choix a été fait d'appliquer cette requête spécifiquement aux résumés<sup>3</sup> des articles répertoriés dans les bases de données, car nous souhaitions que le concept soit central pour l'article (pas juste une simple évocation).

Afin d'ajouter une assurance complémentaire quant au fait de pouvoir obtenir une liste de lecture pertinente, nous avons sélectionné des moteurs de recherche de publications spécialisées en informatique, ingénierie ou pédagogie. C'est ainsi que nos recherches ont été effectuées sur : ACM<sup>4</sup>, ERIC<sup>5</sup>, IEEE<sup>6</sup> et SciencesDirect<sup>7</sup>. Nous avons obtenu une préselection composée d'un total de 528 articles (Tableau 2.2).

Etant donné la masse importante d'articles répertoriés dans la préselection et le temps imparti, nous avons ensuite appliqué des critères d'inclusion et d'exclusion stricts (Tableau 2.3) .

---

1. <https://scholar.google.com/>

2. Dans la littérature anglophone, signifie "Salle d'évasion"

3. Dans la littérature anglophone : "Abstract"

4. <https://eric.ed.gov/>

5. <https://eric.ed.gov/>

6. <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

7. <https://www.sciencedirect.com/>

Base de données	Requête	Nombre d'articles
ACM	[[Abstract : "escape room"] OR [Abstract : "escape-the-room"] OR [Abstract : "room escape"] OR [Abstract : "escape game"] OR [Abstract : "escape games"] OR [Abstract : "escape rooms"] OR [Abstract : "rooms escape"]]	28
ERIC	(abstract : "escape room" OR abstract : "escape-the-room" OR abstract : "room escape" OR abstract : "escape game" OR abstract : "escape games" OR abstract : "escape rooms" OR abstract : "rooms escape")	104
IEEE	(Abstract : "escape room" OR "escape-the-room" OR "room escape" OR "escape game" OR "escape games" OR "escape rooms" OR "rooms escape")	327
SciencesDirect	Abstract : ("escape room" OR "escape-the-room" OR "room escape" OR "escape game" OR "escape games" OR "escape rooms" OR "rooms escape")	69
	Total	528

**Table 2.2 – Tableau récapitulatif des résultats de préselection.**

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Le résumé (ou la conclusion) doit faire état d'au moins 2 critères sur 3 parmi les suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>— traite de techniques d'apprentissage de l'informatique par le jeu ;</li> <li>— traite de l'utilisation de jeux d'évasion en milieu scolaire ;</li> <li>— traite de pédagogie.</li> </ul>	Est rédigé dans une autre langue que le français ou l'anglais.
L'article est une revue systématique de littérature <sup>a</sup> ou état de l'art en lien avec les jeux d'évasion éducatifs.	L'article a un nombre de pages inférieur à 50.

**Table 2.3 – Liste des critères d'inclusion et exclusion.**

a. Dans la littérature anglophone : "Systematic Literature Review (SLR)"

Au terme de l'application de ces critères, nous avons obtenu une liste de 2 articles pour ACM, 4 articles pour ERIC, 13 articles pour IEEE et 1 pour SciencesDirect, soit un total de 20 articles. Les résultats de cette recherche sont renseignés en section 3.1 et section 3.2.

Dans un second temps et afin d'adresser au mieux la problématique soulevée à l'issue des lectures relatives à la première question de recherche, nous avons conduit une revue de littérature complémentaire dans l'objectif de répondre à la question suivante : "Comment évaluer une activité pédagogique destinée à l'apprentissage de l'informatique?" (QR2). A l'instar de la question de recherche précédente, il faut comprendre par "activité pédagogique" tout type d'activité qui poursuit un objectif de transmission d'un savoir faisant partie d'un programme scolaire.

Pour répondre à cette seconde question de recherche, nous avons parcouru les références renseignées dans les articles sélectionnés lors de la première question de recherche traitant exclusivement de jeux d'évasion (indépendamment de la thématique), de théories pédagogiques générales ou d'évaluation de jeux éducatifs en informatique. Nous avons parcouru ces articles de référence en référence jusqu'à ce que plus aucun article ne réponde à ces conditions. Cela a donné lieu à la lecture de 39 publications complémentaires. Les résultats de cette recherche sont renseignés en section 4.1.

Sur base de cette méthodologie (Figure 2.1), nous avons pu d'établir une liste des lectures composée de 59 articles (Tableau 2.4).

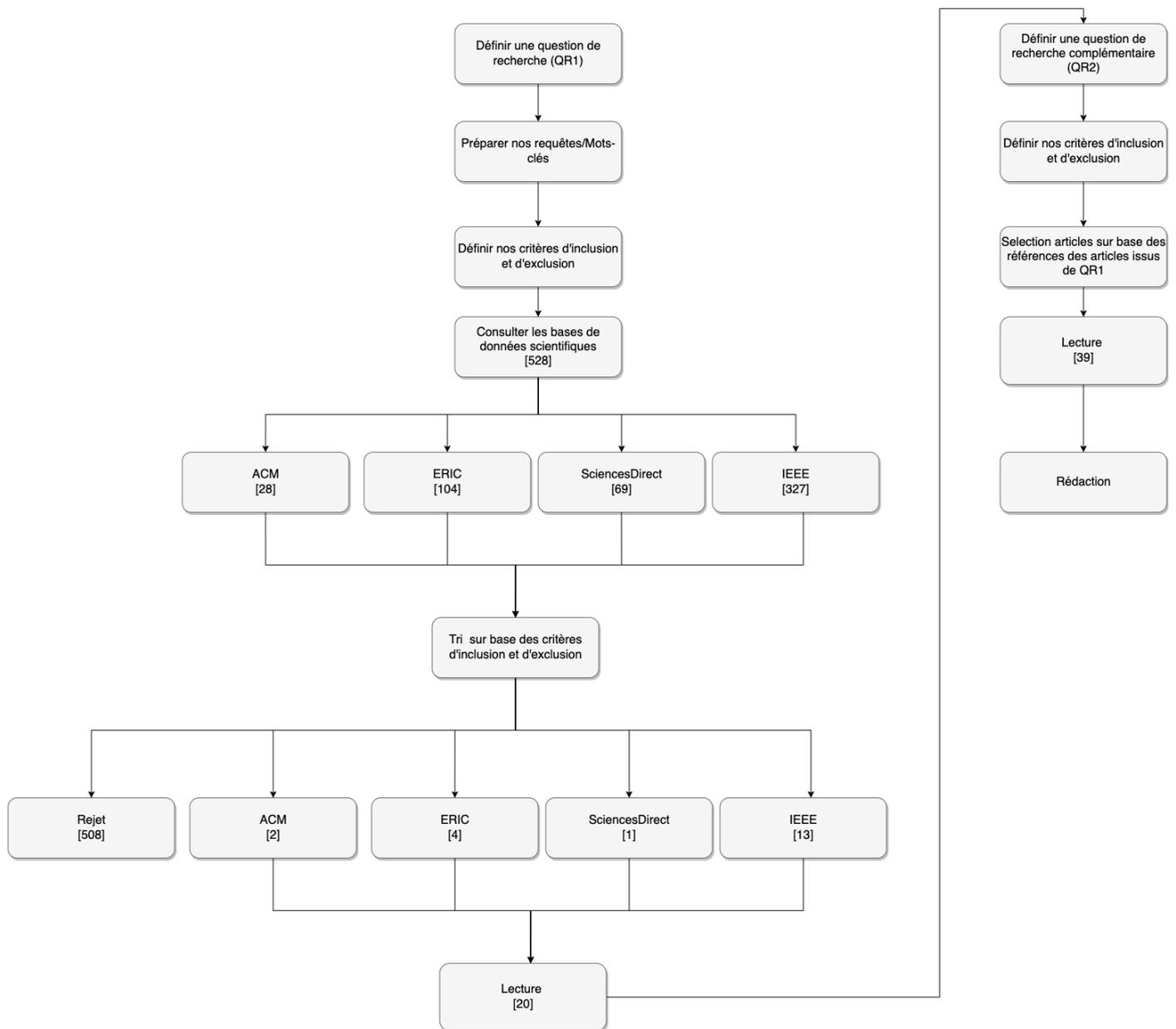


Figure 2.1 – Diagramme d’activités relatif à la méthodologie de recherche.

QR	BD	Ref.	RS	Exp.	Thème
QR1	IEEE	Seebauer et al. [2020]	NA	Oui	Cryptographie
QR1	IEEE	Oroszi [2019]	NA	Oui	Cybersécurité
QR1	IEEE	Deeb and Hickey [2019]	NA	Oui	Cryptographie
QR1	IEEE	Aranda et al. [2021]	NA	Oui	Logique propositionnelle
QR1	IEEE	Li et al. [2018]	NA	Oui	Résolution de problèmes
QR1	IEEE	Gordillo et al. [2020]	NA	Oui	Ingénierie logiciel
QR1	IEEE	López-Pernas et al. [2019a]	NA	Oui	Programmation
QR1	IEEE	Towler et al. [2020]	NA	Oui	Logique propositionnelle
QR1	IEEE	López-Pernas et al. [2019b]	NA	Oui	Programmation

QR	BD	Ref.	RS	Exp.	Thème
QR1	IEEE	Beguín et al. [2019]	NA	Oui	Cybersécurité
QR1	IEEE	Michaeli and Romeike [2021]	NA	Oui	Programmation
QR1	IEEE	Santos et al. [2021]	NA	Oui	Mathématiques appliquées
QR1	IEEE	Taladriz [2021]	NA	Oui	Cybersécurité
QR1	ACM	Pan et al. [2017a]	NA	Non	NA
QR1	ACM	Kahila et al. [2020]	NA	Oui	Pensée computationnelle
QR1	ERIC	Lathwesen and Belova [2021]	NA	Non	NA
QR1	ERIC	Ho [2018]	NA	Oui	Cryptographie
QR1	ERIC	Borrego Iglesias et al. [2017]	NA	Oui	Réseaux
QR1	ERIC	Papadopoulos and Tenta [2021]	NA	Oui	Résolution de problèmes
QR1	SciencesDirects	Veldkamp et al. [2020]	NA	Non	NA
QR2	NA	Phan et al. [2016]	Lathwesen and Belova [2021]	Non	NA
QR2	NA	Kiili [2006]	Lathwesen and Belova [2021]	Non	NA
QR2	NA	López-Pernas et al. [2019a]	Aranda et al. [2021]	Non	NA
QR2	NA	Brooke [1996]	Aranda et al. [2021]	Non	NA
QR2	NA	Bangor et al. [2009]	Gibson and Bell [2013]	Non	NA
QR2	NA	Sahami et al. [2013]	Seebauer et al. [2020]	Non	NA
QR2	NA	Wiemker et al. [2015]	Seebauer et al. [2020]	Non	NA
QR2	NA	Clarke et al. [2017]	Santos et al. [2021]	Non	NA
QR2	NA	Felder and Brent [2009]	Gordillo et al. [2020]	Non	NA
QR2	NA	Prince [2004a]	Gordillo et al. [2020]	Non	NA
QR2	NA	Chaves et al. [2015]	López-Pernas et al. [2019a]	Non	NA
QR2	NA	Ben-Ari [1998a]	López-Pernas et al. [2019a]	Non	NA
QR2	NA	Talingdan and Llanda [2019]	López-Pernas et al. [2019a]	Non	NA
QR2	NA	Marín et al. [2018]	López-Pernas et al. [2019a]	Non	NA
QR2	NA	Pfeifer et al. [2021]	.	Non	NA
QR2	NA	Nicholson [2015]	Lathwesen and Belova [2021]	Non	NA
QR2	NA	Queiruga-Dios et al. [2020]	Lathwesen and Belova [2021]	Oui	Cryptographie

QR	BD	Ref.	RS	Exp.	Thème
QR2	NA	Chang [2019]	Lathwesen and Belova [2021]	Non	NA
QR2NA		Fuentes-Cabrera et al. [2020]	Lathwesen and Belova [2021]	Non	NA
QR2	NA	Freeman et al. [2014]	Ho [2018]	Non	NA
QR2	NA	Dorge [2014]	Veldkamp et al. [2020]	Non	NA
QR2	NA	Kirriemuir and McFarlane [2004]	Deeb and Hickey [2019]	Non	NA
QR2	NA	Brooke [2013]	Brooke [1996]	Non	NA
QR2	NA	Grier et al. [2018]	Bangor et al. [2009]	Non	NA
QR2	NA	Fu et al. [2009]	Phan et al. [2016]	Non	NA
QR2	NA	Wang et al. [2011]	Tan et al. [2010]	Non	NA
QR2	NA	Tan et al. [2010]	Phan et al. [2016]	Non	NA
QR2	NA	Jennett et al. [2008]	Phan et al. [2016]	Non	NA
QR2	NA	Petri et al. [2016]	Fu et al. [2009]	Non	NA
QR2	NA	Ak [2012]	Petri et al. [2016]	Non	NA
QR2	NA	Gibson and Bell [2013]	Petri et al. [2016]	Non	NA
QR2	NA	Tahir and Wang [2017]	Ak [2012]	Non	NA
QR2	NA	Petri and Gresse von Wangenheim [2016]	Ak [2012]	Non	NA
QR2	NA	Connolly et al. [2009]	Tahir and Wang [2017]	Non	NA
QR2	NA	Rêgo and de Me-deiros [2015]	Tahir and Wang [2017]	Non	NA
QR2	NA	de Carvalho [2012]	Petri and Gresse von Wangenheim [2016]	Non	NA
QR2	NA	Connolly et al. [2008]	Connolly et al. [2009]	Non	NA
QR2	NA	Trietiak [2020]	Prince [2004a]	Non	NA
QR2	NA	Laugwitz et al. [2008]	Rêgo and de Me-deiros [2015]	Non	NA

**Table 2.4 – Liste de lectures.**

QR= question de recherche / BD = base de données / RS = références sources / Exp. = expérimente un jeu d'évasion éducatif destiné à l'apprentissage de l'informatique (booléen)/ Thème = thème du jeu d'évasion éducatif destiné à l'apprentissage de l'informatique.

# Chapitre 3

## Apprendre l'informatique avec les jeux d'évasion éducatifs : État de l'art

### 3.1 Les jeux d'évasion

#### 3.1.1 Contexte

Apparus pour la première fois au Japon en 2007, les Escape Rooms<sup>1</sup> (ou Exit-The-Rooms, Breakout Games [Michaeli and Romeike, 2021], Live Escape, Puzzle Rooms [Wiemker et al., 2015]) se définissent comme étant des jeux d'équipe au cours desquels des joueurs préalablement enfermés dans une (ou plusieurs) pièce(s) doivent tenter de s'en extraire par la récolte d'indices, l'accomplissement de tâches et la résolution d'énigmes; le tout avec une contrainte temporelle définie [López-Pernas et al., 2019a]. Depuis 2012, les salles d'évasion se répandent partout à travers le monde devenant, ainsi en 2018, l'une des activités de loisir principale [López-Pernas et al., 2019b]. Rien qu'aux Etats-Unis, en 2019, on ne comptait pas moins de 2.300 salles d'évasion [Kahila et al., 2020]. World Escape (une base de données qui recense des salles d'évasion) annonce désormais 10.000 salles d'évasion dans le monde entier [Gordillo et al., 2020].

Bien que souvent les termes se confondent dans la pratique, l'appellation "Escape game" que nous traduisons dans ce travail par "Jeu d'évasion" (JE) couvre une plus large catégorie de jeux. Ils se différencient des salles d'évasion définies précédemment par le fait qu'ils couvrent également les jeux d'équipe où les joueurs découvrent des indices, résolvent des énigmes et accomplissent des tâches, dans une ou plusieurs pièces, avec l'objectif général de découvrir un code secret ou un artefact permettant d'ouvrir un objet scellé, et ce dans le respect d'une contrainte temporelle [Lathwesen and Belova, 2021]. Il ne s'agit donc plus exclusivement de s'extirper d'une salle préalablement fermée, mais également de pouvoir ouvrir des cadenas, valises, boîtes ou autres objets. Nous pouvons dès lors considérer les salles d'évasion comme étant une spécialisation des JE. Dans le cadre de ce travail, nous ferons cette différence et traiterons de JE.

En plus de leur aspect ludique, les JE permettent d'éprouver une liste non exhaustive de compétences transversales (appelées également "softskills" ou "compétences secondaires") parmi lesquelles [Pan et al., 2017a] [Warmelink et al., 2017] :

- travail d'équipe;
- leadership;
- pensée créative;
- communication;
- pensée computationnelle<sup>2</sup>;
- gestion de conflits [Pan et al., 2017b];
- résolution de problèmes [Michaeli and Romeike, 2021].

Une série d'atouts qui ont notamment amené les ressources humaines à utiliser ce type d'outil dans leur mission de gestion du personnel et des équipes.

Les JE sont aussi utilisés dans des campagnes d'initiation à des thématiques telles que l'écologie ou le fonctionnement d'institutions [Veldkamp et al., 2020].

---

1. "Salles d'évasion" en littérature francophone.  
2. Résolution de problème à la manière d'un ordinateur.

### 3.1.2 Déroulement d'une séance

Bien qu'il n'y ait pas d'exclusive en la matière, les JE se jouent généralement en équipes de 2 à 8 joueurs auxquels sont assistés par un maître du jeu. Ce dernier est un professionnel qui connaît toutes les solutions au jeu. Son rôle est d'aider les joueurs à résoudre les énigmes lorsque le besoin se fait ressentir ou qu'il est exprimé ; et ce afin d'atteindre l'objectif final, à savoir s'échapper d'une pièce ou débloquer un artefact dans un délai déterminé (généralement deux heures) [Nicholson, 2015].

Une partie débute toujours par une mise en situation (scénario d'introduction). S'ensuit alors le jeu, à proprement parler, durant lequel les joueurs devront résoudre successivement une série d'énigmes à l'aide d'indices disséminés dans l'espace de jeu. La résolution de ces énigmes permet à l'équipe d'évoluer vers l'objectif final.

En fin de partie, un débriefing est organisé. Joueurs et maître du jeu peuvent alors échanger sur les logiques de résolutions des énigmes. Des performances de jeu peuvent être communiquées aux joueurs. Ces dernières sont fonction du temps passé pour résoudre des énigmes ou pour finir l'ensemble du jeu. Le nombre d'indices complémentaires demandés au maître du jeu pour atteindre l'objectif est également une dimension qui peut entrer négativement en ligne de compte dans le calcul des performances. Ces indices dits "complémentaires" sont donc à différencier des indices disséminés dans le jeu. Certains formats de jeu prévoient un nombre limité d'indices complémentaires. Il est possible que pour une même énigme, plusieurs indices complémentaires soient demandés par les joueurs. Il est donc important pour le maître du jeu de les donner par ordre croissant de précision [Gordillo et al., 2020].

### 3.1.3 Structures et mécaniques de jeu

À chaque étape du jeu on observe une même itération : Il y a un défi (énigme), suivi d'une solution et enfin une récompense (Figure 3.1) [Veldkamp et al., 2020] [Wiemker et al., 2015].

Figure 1. Main steps in an escape room game



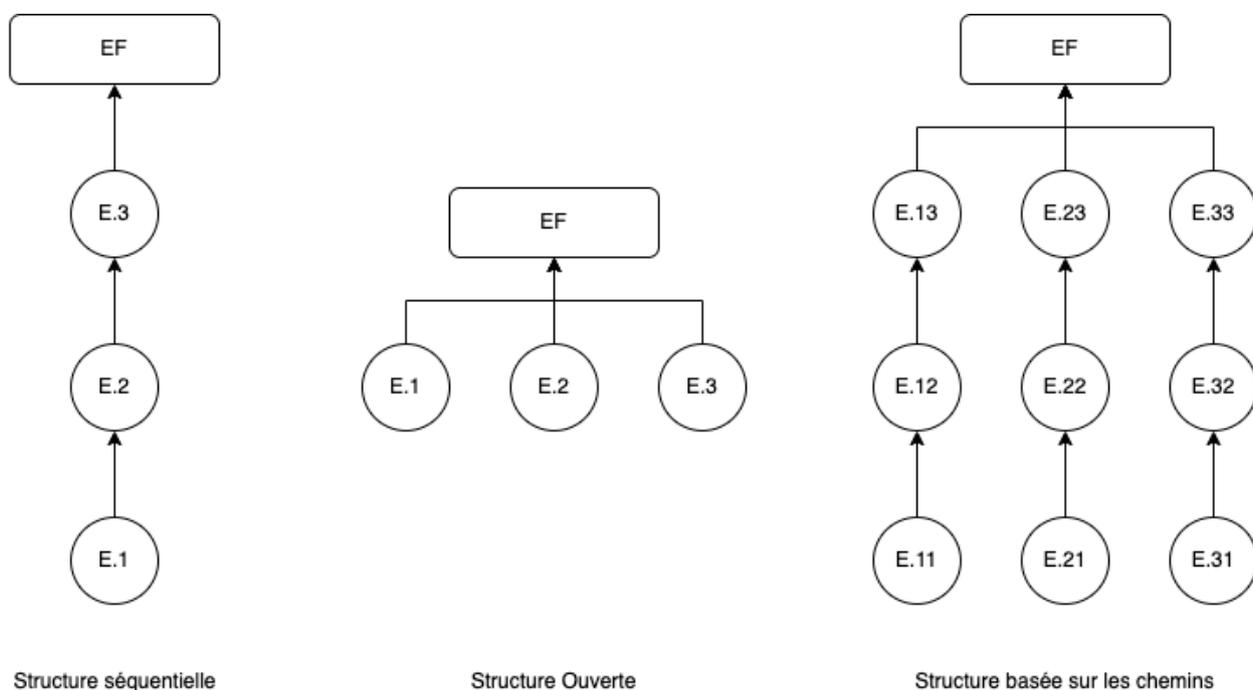
Figure 3.1 – Mécanique itérative propre aux JE (source : [Papadopoulos and Tenta, 2021]).

Les énigmes sont les éléments centraux des JE. Il en existe de trois types : cognitives, physiques et celles qualifiées de "méta". Les énigmes cognitives sollicitent des compétences telles que la réflexion et la pensée logique. Découvrir des indices, les déchiffrer et faire des liens entre eux sont les processus mentaux qui permettent de résoudre ce type d'énigmes [Wiemker et al., 2015]. Les énigmes physiques, quant à elles, se résolvent par la manipulation d'objets. Ils est important que les concepteurs de JE en prévoient car elles permettent de diminuer la sollicitation cognitive, laquelle est particulièrement éprouvante pour les participants [Lathwesen and Belova, 2021]. Nous terminons ce tour d'horizon des énigmes par les méta-énigmes dont la particularité est de se résoudre par le biais de résolutions d'énigmes rencontrées préalablement au cours du jeu. Ce type d'énigme concerne dans la majeure partie des cas les énigmes

finale [Wiemker et al., 2015].

Concrètement, les mécaniques de résolution d'énigmes les plus couramment utilisées dans les JE sont : utiliser un outil de manière inhabituelle, réparer des choses cassées, écouter, traduire, modifier, identifier des "patterns", assembler des objets et manipuler des formes [López-Pernas et al., 2019b].

Le succès d'un JE dépend essentiellement de l'agencement et la succession des énigmes entre elles. On parle de "structure de jeu". Il en existe de trois types : séquentielle, basée sur les chemins<sup>3</sup> et ouverte (Figure 3.2). La structure séquentielle consiste en un enchaînement linéaire et séquentiel d'énigmes. Les joueurs sont confrontés à une énigme si ,et seulement si ,la précédente a été résolue. Les joueurs n'ont donc aucune liberté quant à la consécution dans laquelle les énigmes leurs sont proposées. La structure basée sur les chemins, quant à elle, est une forme dérivée de la précédente structure exposée. Plusieurs voies séquentielles (composées d'énigmes différentes) y sont proposées avant que le joueur ne puisse atteindre l'énigme finale. La structure "ouverte", pour sa part, amène les joueurs à récolter des indices par la résolution d'énigmes "intermédiaires", lesquelles serviront à la résolution de l'énigme finale. Dans cette structure, les joueurs ont la possibilité de choisir l'ordre de résolution des énigmes, car elles sont toutes accessibles d'entrée de jeu. Notons enfin qu'il est loisible aux concepteurs de JE de proposer des formes hybrides [Nicholson, 2015].



**Figure 3.2 – Les structures de jeu d'évasion**  
E=Énigme / EF= Énigme Finale

3. "path based", en littérature anglophone.

## 3.2 Les jeux d'évasion éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique

### 3.2.1 Contexte

Le succès commercial des JE, couplé à l'intérêt grandissant de la recherche pour les bienfaits du jeu et de la gamification<sup>4</sup> dans un processus d'apprentissage [López-Pernas et al., 2019a], ont mené les chercheurs à envisager la transposition de leurs mécanismes à des fins pédagogiques. C'est donc par cette conjoncture que nous avons assisté à l'avènement des jeux d'évasion éducatifs (JEE) dans l'enseignement primaire, secondaire et supérieur [Veldkamp et al., 2020].

Ce champ de recherche est encore dans une phase exploratoire. Le nombre d'expérimentations est grandissant, mais il y a encore peu d'articles théoriques et empiriques traitant de ce sujet [Clarke et al., 2017].

Les JEE appartiennent à la famille des "jeux sérieux"<sup>5</sup> ou "d'apprentissage par le jeu"<sup>6</sup> qui se définissent comme des activités qui transposent les mécanismes utilisés dans les jeux à des fins d'apprentissage [Lathwesen and Belova, 2021].

Les JEE sont similaires aux JE récréatifs, tels que décrits en 3.1, à la différence près qu'ils doivent toujours poursuivre un objectif d'apprentissage de type scolaire [Veldkamp et al., 2020]. Par "apprentissage de type scolaire", nous souhaitons insister sur le fait que les thèmes d'apprentissage développés par le biais des JEE doivent faire partie d'un programme d'enseignement mis en place au sein d'établissements scolaires. Dans la suite de ce document, le concept de "joueur" sera alors confondu avec celui "d'élève", et celui de "maître du jeu" avec celui "d'enseignant".

La notion "d'apprentissage" se définit comme étant *"un processus qui conduit à un changement de comportement, de mode de pensée, à la réalisation du potentiel personnel ou développement de la capacité d'opérer au sein d'une communauté particulière"* [Kirriemuir and McFarlane, 2004]. On peut également le définir comme étant une *"amélioration des connaissances et une augmentation des compétences"*. Les principaux facteurs de mesure de l'apprentissage sont : les performances, la rétention d'informations, le volume de compétences et/ou de connaissances acquises [Wang et al., 2011].

Des différences autres que cette notion "d'apprentissage" ont été constatées en pratique mais ne sont, quant à elles, pas contraignantes car relevant uniquement de l'observation. Parmi celles-ci :

- les JEE s'adressent à une cible circonscrite (les élèves) à l'inverse des JE.[Clarke et al., 2017] ;
- les JE ont l'avantage de profiter d'un lieu fixe, ce qui facilite la logistique ;
- les JEE doivent faire face à une contrainte d'espace et financière.

De par ces différences, il n'est pas possible de transposer tel quel un JE en JEE [Lathwesen and Belova, 2021].

Dans l'enseignement, les JEE peuvent être utilisés à des fins d'initiation, de complément de matière [Veldkamp et al., 2020] ou d'évaluation d'acquis pédagogiques [Musil et al., 2019].

Notons enfin que la construction d'un JEE par des élèves peut également être utilisée comme méthode d'apprentissage [Seebauer et al., 2020]. Cela peut notamment permettre aux étudiants de couvrir divers aspects de matière dans le domaine de l'ingénierie : programmation (des éléments informatiques présents dans le jeu), modélisation, gestion de projet et électricité [Beguïn et al., 2019].

Insistons enfin sur le fait que les JEE n'ont pas vocation à remplacer les cours magistraux mais en sont un complément intéressant [Deeb and Hickey, 2019].

---

4. Se définit comme *"l'utilisation d'éléments de conception de jeu dans un contexte non lié au jeu"* [López-Pernas et al., 2019a].

5. "Serious Game" dans la littérature anglophone

6. "Game-Based Learning", dans la littérature anglophone.

### 3.2.2 Tour d'horizon

Ce concept de jeux sérieux, que sont les JEE, est désormais appliqué dans de nombreuses disciplines, parmi lesquelles les soins infirmiers, la médecine, la kinésithérapie, les mathématiques et l'histoire. L'informatique n'y fait pas exception [Veldkamp et al., 2020]. Au cours de nos lectures, nous avons recensé 15 JEE (Tableau 3.1) avec un sujet scolaire en lien direct avec l'informatique, que nous appellerons JEEI dans la suite de ce travail.

Ref.	Pays	Thème	Public	Structure	#E.	Dur.	Part.	Grp
Seebauer et al. [2020]	Allemagne	Cryptographie	Baccalauréat	Séquentielle	5	60	18	5-8
Oroszi [2019]	Hongrie	Cybersecurité	Employé	NC	NC	30	320	3-5
Deeb and Hickey [2019]	NC	Cryptographie	Baccalauréat	Séquentielle	4	50	16	NC
Aranda et al. [2021]	États-Unis	Logique propositionnelle	NC	NC	NC	NC	15	NC
Gordillo et al. [2020]	Espagne	Ingénierie logicielle	Baccalauréat	Séquentielle	5	120	162	1-6
López-Pernas et al. [2019a]	Espagne	Programmation	Baccalauréat	Séquentielle	4	120	28	2
Towler et al. [2020]	NC	Logique propositionnelle	NC	NC	NC	NC	NC	NC
López-Pernas et al. [2019b]	Espagne	Programmation	Baccalauréat	Hybride (S/O <sup>7</sup> )	9	120	124	2
Beguín et al. [2019]	France	Cybersécurité	NC	Séquentielle	NC	60	36	4
Michaeli and Romeike [2021]	NC	Programmation	NC	Séquentielle	5	NC	NC	NC
Santos et al. [2021]	Portugal	Mathématiques appliquées	Baccalauréat	Séquentielle	5	∞	123	3-6
Taladriz [2021]	Espagne	Cybersécurité	Baccalauréat	NC	NC	NC	NC	NC
Queiruga-Dios et al. [2020]	Espagne	Cryptographie	Baccalauréat	Séquentielle	3	NC	86	NC
Ho [2018]	Canada	Cryptographie	Baccalauréat	Séquentielle	4	NC	NC	NC
Borrego Iglesias et al. [2017]	Espagne	Réseaux	Baccalauréat	Ouverte	5	60	NC	NC

**Table 3.1 – Tableau récapitulatif des articles lus dont le sujet concerne un jeu d'évasion destiné à l'apprentissage de l'informatique.**

Dur. : durée en minutes / Grp : nombre de joueurs par équipe / NC : non communiqué / #E. : Nombre d'énigmes / Participants : Nombre de participants à l'expérimentation / Part. : Nombre de participants à l'expérimentation.

Les recherches actuelles dans le domaine sont enthousiastes quant aux bienfaits que les JEE peuvent apporter dans un processus d'apprentissage de l'informatique dispensé en milieu scolaire. Au-delà de la thématique pouvant y être insérée, cela s'explique par le fait que les JEE proposent des mécaniques de jeu qui favorisent le développement de compétences transversales nécessaires en informatique :

- travail en équipe ;
- résolution de problèmes<sup>8</sup> ;
- pensée computationnelle .

Quand ces aspects-là, sont centraux dans les apprentissages que le JE a pour mission de transmettre, ils

7. Séquentielle/Ouverte

8. se définit comme "toute séquence d'opération cognitives orientée vers un but" [Michaeli and Romeike, 2021]

sont alors caractérisés non plus comme jeux sérieux mais comme "formations ludiques". La "formation ludique" se définit plus généralement comme étant une activité utilisant des éléments de jeu dans le but d'apprendre, tout en favorisant l'acquisition de compétences transversales de manière motivante [Waggoner et al., 2019].

La résolution de problème et la pensée computationnelle (pensée algorithmique) font partie de la liste des compétences clés nécessaires à la pratique de l'informatique (Figure 3.3) [Dorge, 2014]. Ces compétences font également partie de celles annoncées comme travaillées par le biais des JEEI (voir paragraphe précédent). Cet état de fait est un des éléments qui conforte les chercheurs dans les bienfaits des JEEI utilisés à des fins d'apprentissage de matières informatiques.

**Table 1: Key Competencies in informatics**

Points	Competencies
12	algorithmic thinking, genetic learning / historical competency, heuristic competence, problem-solving competency, software development competency, structured thinking, user skills, formal thinking
11	design competency, reflection competency
10.5	analytical thinking, assessment competency, methodological competency, model-building competency, linguistic competence (formal), systematic thinking, theoretical thinking
10	awareness of implications on society
9.5	mathematical competency, simulation competency
9	abstract thinking, general scientific competency, linguistic competence (natural)

**Figure 3.3 – Liste des compétences clés en informatique - (source : [Dorge, 2014]).**

NB : les points font référence à un protocole de notation des compétences établi par l'auteur sur base d'une liste de lecture.

Si nous nous intéressons essentiellement aux JEEI physiques dans cette étude, il est important de noter que dernièrement nous avons vu l'avènement des JEEI virtuels. Ce phénomène a notamment montré son intérêt durant la période de pandémie de covid19 (2020-2021) [Gordillo et al., 2020][Taladriz, 2021].

### 3.2.3 Caractéristiques

Dans la section 3.2.1, nous avons emprunté un raccourci en avançant qu'à l'exception de l'objectif pédagogique propre aux JEEI, ces derniers étaient similaires aux JE. En effet, il faut quelque peu nuancer ce propos et c'est ce qui fera l'objet de cette rubrique. Nous y aborderons les différents éléments constitutifs d'un JE tels que développés en section 3.1.2 et section 3.1.3, mais cette fois sous l'angle de leur application pédagogique. Nous vous y présenterons également l'ensemble des choix qui peuvent être faits par l'enseignant et les éventuelles conséquences qui peuvent en découler.

#### 3.2.3.1 Le nombre de participants

En règle générale, un JEEI se joue entre 3 à 8 personnes et toujours dans un temps limité (correspondant souvent aux créneaux horaires des cours). Il a été observé que jouer à un JEEI à deux joueurs a pour avantage de voir le rôle de leader se partager entre les participants. Cette configuration est donc propice au développement de la compétence transversale de "leadership" pour les étudiants, car chaque participant a la possibilité de l'expérimenter. Dans des groupes plus importants, le rôle reste généralement aux mains d'une même personne tout au long du déroulement de la partie [López-Pernas et al., 2019b].

Cependant, en milieu scolaire, il n'est pas évident de proposer une telle configuration de JEEI car le nombre d'élèves par classe est important dans la majeure partie des cas. Tenter l'exercice aurait pour

conséquence de laisser pour compte les élèves ne participant pas à l'activité. Il est possible de pallier ce problème en construisant des JEEI qui soient facilement reproductibles. Une autres solution envisageable serait un enseignement dispensé par plusieurs enseignants si les disponibilités et les budgets le permettent [Veldkamp et al., 2020].

Dans un autre ordre d'idées, il a été également constaté dans une expérimentation que des groupes composés de plus de 5 personnes avaient des difficultés à obtenir le consensus et que cela influençait négativement l'apprentissage [Seebauer et al., 2020].

### **3.2.3.2 La structure**

Sur un échantillon de 175 JE analysés, il a été relevé que 45% d'entre eux avaient une structure basée sur les chemins et 37% une structure séquentielle [Nicholson, 2015]. On comprend fort aisément l'attrait que les concepteurs (et joueurs) de JE ont pour la structure basée sur les chemins puisqu'elle apporte plus de diversité et de subtilité au niveau des mécaniques du jeu. Dans le cadre d'un JEEI, cet intérêt peut éventuellement s'estomper en fonction de l'objectif d'apprentissage poursuivi. En effet, les mécanismes de jeux inhérents à ce type de structure sont plus complexes à mettre en place pour l'enseignant et à comprendre pour les élèves dû aux différents chemins. Dès lors, ils peuvent entraver l'objectif d'apprentissage visé qui doit impérativement primer sur toute autre considération. À cette problématique s'ajoute celle de l'égalité des contenus dispensés aux élèves. De faite, dans l'hypothèse de l'application de cette structure dans un JEEI, tous les élèves ne seraient alors pas confrontés au même contenu et/ou même expérience de jeu [Veldkamp et al., 2020].

L'enseignement à retirer du paragraphe précédent est que le JEEI n'est qu'un support au service de l'enseignement. Tout concepteur de ce type d'activité devra toujours veiller à ce que cet équilibre ne s'inverse pas. La structure qui respecte probablement le plus cette idée est la structure séquentielle. En effet, tout d'abord elle rend le parcours d'apprentissage identique pour tous les groupes, ce qui pédagogiquement est important [López-Pernas et al., 2019b]. Ensuite, les élèves perdent moins de temps dans le décryptage et la compréhension des dynamiques de jeu. Cela a pour corollaire positif de renforcer ainsi l'immersion des élèves, qui est un facteur favorisant l'apprentissage comme nous le verrons en section 3.2.5.3. Cette structure présente également des avantages pour l'enseignant : elle facilite le suivi pédagogique et la conception dû à son chemin unique. Le seul inconvénient que présente ce type de structure sur le plan pédagogique est la "frustration" qu'elle peut engendrer du fait qu'en cas de blocage à une énigme, les élèves n'ont aucun moyen d'emprunter, seuls ,une alternative [Wiemker et al., 2015]. Dans ce type de structure, il est conseillé que la difficulté des énigmes soit évolutive afin de limiter ces situations de frustration [López-Pernas et al., 2019b].

Dans le cas où la matière à transmettre est facilitée par la collaboration entre personnes, l'éducateur s'orientera vers une structure ouverte car elle favorise les échanges entre élèves [Clarke et al., 2017]. De plus, le risque de "goulot d'étranglement", à savoir que trop d'élèves travaillent en même temps à la résolution d'un même problème, est limité car il est possible de travailler en parallèle sur diverses énigmes. Á l'instar des JEEI basés sur les chemins, il y a un risque que tous les élèves n'aient pas la même expérience de jeu, mais celui-ci sera fortement atténué par l'aspect collaboratif offert au travers de cette structure [Wiemker et al., 2015].

En pratique, il a été observé que la majeure partie des JEEI adoptaient une structure séquentielle (Tableau 3.1).

### **3.2.3.3 Le maître du jeu et indices complémentaires**

Comme dans les JE, le rôle du maître du jeu est d'aiguiller les joueurs en donnant des indices complémentaires quand il y a un blocage. Il peut le faire sur demande des joueurs ou d'initiative [Wiemker et al., 2015].

Les indices complémentaires ont été mis en place pour répondre à la frustration qui peut s'installer suite à une difficulté rencontrée lors d'une épreuve. La frustration peut faire chuter la motivation et faire sortir

l'élève de son état d'immersion, ce qui est négatif pour l'apprentissage (voir section 3.2.5.3). L'enseignant doit pouvoir observer les signes annonciateurs et proposer d'initiative la possibilité de recourir à des indices complémentaires pour tirer le meilleur profit pédagogique de la séance .

En termes de dynamique de jeu, les demandes d'indices peuvent être pénalisantes ou non au niveau du calcul des performances. C'est un choix qui sera laissé à l'appréciation du responsable pédagogique [Gordillo et al., 2020].

Pour prolonger l'apprentissage, même dans la demande d'indices complémentaires, il peut être intéressant de faire participer les élèves à un quizz sur la matière afin d'obtenir l'indice convoité [Gordillo et al., 2020].

Dans les JEEI, il est envisageable de ne pas prévoir de maître du jeu (et donc pas d'indices complémentaires) si un des objectifs transversaux à la matière enseignée est la résilience ou la résolution de problèmes. On peut tout particulièrement penser à la programmation dont le fondement de base est l'analyse et la résolution de problèmes. Dans le cas où cette configuration serait appliquée, il faudra particulièrement veiller à simplifier le déroulement du jeu au maximum, à fournir des explications très claires au démarrage et mettre à disposition des étudiants des ressources théoriques (syllabi, livres, vidéos ou autres) [Santos et al., 2021].

### 3.2.3.4 Le débriefing

Le débriefing est la dernière étape du déroulement d'un JEEI. Dans les JE, cette étape consistait à échanger essentiellement sur les résolutions d'énigmes et, bien qu'utile, n'était pas centrale dans l'expérience de jeu. Dans les JEEI, le débriefing est un élément très important qui fait partie intégrante de la dimension pédagogique du jeu. Il a d'ailleurs été constaté par Sitzmann<sup>9</sup> que les jeux éducatifs combinés à un débriefing étaient plus efficaces que les cours magistraux, la lecture, les vidéos, les devoirs et les travaux dirigés [Gibson and Bell, 2013].

Lors de cette séance de débriefing "post JEEI", il faudra consacrer un temps à chacune des étapes suivantes : tout d'abord il faudra allouer une période à la décompression (appelée "cooling period"). Les JEEI sont des activités intenses et stressantes. Il est important que les joueurs puissent évacuer ce stress. C'est le moment propice pour recueillir les réactions des joueurs. Dans un second temps, un retour sur le déroulement du jeu et la résolution des énigmes sera proposé. S'en suivra une discussion autour du contenu du cours et des connaissances théoriques nécessaires à la résolution des énigmes. Cette dernière étape permettra de consolider les acquis pédagogiques engrangés au cours du jeu.

Dans le cas où elles seraient relevées par l'enseignant, c'est également à cette étape qu'il faudra faire un retour aux étudiants quant à leurs performances de jeu. Cet élément permet à l'étudiant de prendre conscience du niveau d'apprentissage acquis et qui reste à acquérir [Lathwesen and Belova, 2021].

Enfin, les étudiants seront soumis à une réflexion collective quant à la manière de transposer les acquis pédagogiques dans le monde réel [Veldkamp et al., 2020].

## 3.2.4 Les cadres de travail

Les cadres de travail<sup>10</sup> relatifs aux JEEI sont des règles de bonnes pratiques à appliquer lors de leur conception afin qu'ils puissent offrir l'environnement d'apprentissage le plus efficace possible [Clarke et al., 2017].

Parmi les cadres existants, EscapeED s'adresse aux JEEI physiques [Clarke et al., 2017] et préconise un cycle de vie de type "waterfall" en neuf étapes (Figure 3.4) : [Seebauer et al., 2020].

1. Identifier les besoins des participants ;

---

9. [Sitzmann, 2011]

10. En littérature anglophone, "Framework".



Figure 3.4 – Cadre de Travail EscapEd (source : [Clarke et al., 2017])

2. Consolider les objectifs ;
3. Développer la thématique ;
4. Développer les énigmes ;
5. Définir les équipements nécessaires ;
6. Informer les joueurs ;
7. Jouer ;
8. Ranger le jeu ;
9. Compte-rendu avec les participants (voir 3.2.3.4).

La première étape consiste à définir les "participants cibles", à savoir ceux à qui va s'adresser le JEEI, sur le plan des besoins éducatifs et de leurs caractéristiques démographiques. En fonction de ces informations, le concepteur de JEEI veillera à proposer des mécaniques de jeu adéquates (structure, durée, difficulté...).

Lors de la seconde étape, il faudra veiller à définir les objectifs d'apprentissage et s'assurer que les mécaniques de jeu définies à l'étape précédente, sur base de la cible, permettent de favoriser l'atteinte de ces objectifs.

L'importance des deux premières étapes n'appelle pas de commentaires spécifiques complémentaires. Ayons à l'esprit que les étapes suivantes sont tout aussi importantes. En effet, la thématique permet notamment de poser une atmosphère qui facilite l'engagement émotionnel des participants et leur curiosité. C'est un véritable exhausteur de motivation et de concentration qui permet de faire en sorte que les étudiants atteignent plus facilement l'état de flux, à savoir un état d'immersion qui facilite l'apprentissage (voir section 3.2.5.3). Pour ce faire, les concepteurs de JEEI veilleront particulièrement à ce que la narration soit convaincante, qu'elle contienne un mystère général à résoudre, que chaque énigme soit intégrée dans une suite logique et que l'objectif final soit l'échappement (ou l'ouverture d'un artefact).

Les énigmes devront impérativement être en lien avec les objectifs d'apprentissage fixés préalablement. Afin de ne pas sortir les élèves de leur immersion, il faudra autant que possible éviter qu'ils s'ennuient par facilité ou qu'ils se frustrant par difficulté. Le maître du jeu aura donc un rôle clé qui consistera à observer et distiller des indices complémentaires à bon escient (ou sur demande expresse des participants).

Les équipements utilisés devront poursuivre les mêmes objectifs pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment. Pour y parvenir, il est conseillé que le lieu dans lequel se déroule le JEEI soit assez spacieux que pour permettre une circulation aisée des participants et d'être attentif aux potentiels dysfonctionnements des équipements [Clarke et al., 2017].

De manière plus générale un JEEI sera considéré comme bien construit lorsqu'(e) :

- il multiplie les possibilités d'apprentissage (énigmes, indices, support, collaboration) ;
- les mécaniques de jeux ne perturbent pas l'apprentissage ;
- il y a un scénario fort et évocateur pour la cible ;
- il offre des possibilités de reproductibilité aisée ;
- le maître de jeu n'est pas contraint à prendre le contrôle de l'apprentissage ;
- il est adaptable à d'autres thématiques ;
- le coût de développement est raisonnable [Veldkamp et al., 2020].

Sur le point de la reproductibilité, il existe un projet qui tire particulièrement son épingle du jeu : BreakOutEdu<sup>11</sup>. Il s'agit d'un site référençant de nombreux JEEI numériques ou non et qui propose des utilitaires facilitant la création et la mise en place de JEEI. Ils ont notamment développé une boîte contenant du matériel de base permettant de faciliter l'intégration JEEI dans les classes de cours. Le travail des enseignants intéressés par ce vecteur d'enseignement se voit ainsi considérablement allégé [Veldkamp et al., 2020]. Il faut néanmoins compter quarante heures pour l'implémentation d'un JEEI avec BreakOutEdu [Queiruga-Dios et al., 2020].

### 3.2.5 Intérêt pédagogique

Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, il existe peu d'éléments empiriques permettant de se positionner quant aux réels effets des JEE sur l'enseignement de l'informatique. Cependant, les chercheurs sont très enthousiastes et encourageant à leur égard [Lathwesen and Belova, 2021]. L'explication à cela trouve son ancrage dans la théorie pédagogique générale. En effet, ils reconnaissent que les mécanismes de jeu et les possibilités d'apprentissages qu'offrent les JEE appliquent des théories/-techniques dont il a été conclu qu'elles favorisaient l'apprentissage. Il s'agit des principes d'apprentissage actif, d'apprentissage collaboratif et d'expérience flux [Gordillo et al., 2020].

#### 3.2.5.1 Apprentissage Actif

L'apprentissage actif est un dérivé de la théorie du constructivisme qui prône la construction des connaissances au détriment de la transmission directe d'un enseignant vers un élève [Ben-Ari, 1998b] [Prince, 2004b].

Plus concrètement, l'apprentissage actif, peut se définir comme étant toute activité pédagogique en mesure de favoriser l'engagement de l'élève par la proposition d'actions autre que : regarder, écouter ou prendre des notes. Cela consiste notamment à poser des questions, lancer des défis ou travailler en collaboration [Felder and Brent, 2009].

Le reproche fondamental qui pouvait être formulé à l'encontre de la théorie constructiviste et qui a mené au développement de l'apprentissage actif, se résume aux problèmes qui peuvent survenir lorsque la construction du savoir se fonde sur des bases erronées [Ben-Ari, 1998b]. C'est ce qui a amené la théorie de l'apprentissage actif à se développer et à se différencier de la théorie parente sur le fait qu'elle accepte qu'une partie de l'apprentissage se fasse par le biais de méthodes classiques. Les techniques d'apprentissage actif et méthodes classiques sont ainsi vues comme complémentaires [Felder and Brent, 2009].

#### 3.2.5.2 Apprentissage Collaboratif

L'apprentissage collaboratif (ou apprentissage coopératif) est également une des mécaniques de jeu qu'offrent les JEEI. Cela consiste concrètement à faire travailler les élèves en groupe dans un objectif commun [Felder and Brent, 2009]. Plus précisément, "les étudiants travaillent ensemble pour établir des liens et découvrir de nouvelles façons de comprendre les concepts" [Laal and Ghodsi, 2012]. Ce type d'apprentissage prône le partage de l'autorité (au sens du savoir) et une acceptation de la responsabilité partagée entre les membres du groupe. Dans ce type d'apprentissage, l'enseignant peut être qualifié de

---

11. <https://www.breakoutedu.com/>

"facilitateur pédagogique". Il s'agit d'une des formes de méthodes pédagogiques constructivistes [Trietiak, 2020] telle qu'évoquée en section 3.2.5.1.

Il a été constaté que le travail collaboratif en petite équipe a un effet positif sur la réussite scolaire par rapport à l'apprentissage scolaire dirigé [Prince, 2004a].

L'importance de ce type d'apprentissage trouve une justification complémentaire dans le fait que c'est une compétence qui est fort sollicitée en dehors du monde académique [Trietiak, 2020]. Au delà de cet aspect, il a été reconnu qu'il contribuait à une réflexion "d'ordre supérieure" à l'apprentissage scolaire dirigé [Prince, 2004a] et à l'exercice de la compétence en résolution de problème [Trietiak, 2020] laquelle est clé en informatique (Figure 3.3).

Travailler en équipe signifie indubitablement que différents rôles peuvent être attribués au sein de l'équipe. Notons particulièrement que pour la question du leadership, il a été observé que des groupes de plus de trois joueurs voyaient maintenir à leur tête un leader unique tout au long de la partie. Dans le cas inverse, le leadership change. on observe alors un meilleur échange entre les joueurs et donc de meilleures performances en termes d'apprentissage [Pan et al., 2017b].

Une équipe composée de 4 élèves permet que tous restent impliqués durant tout le déroulement du jeu [Watermeier and Salzameda, 2019]. Nous pouvons néanmoins apporter de la nuance à ce propos car ce nombre est en réalité fonction du temps de jeu prévu par l'enseignant [Eukel et al., 2017].

Afin de susciter des situations de collaboration, certains concepteurs vont jusqu'à restreindre volontairement le nombre d'outils, d'indices ou autres éléments de jeu. A titre d'exemple, il a été observé qu'un JE plongé dans l'obscurité la plus totale avec pour seul outil, au départ, une lampe de poche, était un bon moyen d'initier le principe d'apprentissage collaboratif [Pan et al., 2017b].

Pour que l'expérience de collaboration soit optimale, il faut que les membres de l'équipe partagent le même modèle mental, faute de quoi cela affecte le travail collectif. Par modèle mental on entend le fait que les membres d'un groupe partagent une même représentation des équipements, des outils, des objectifs, des membres de l'équipe et des processus qui la font fonctionner [Pan et al., 2017b]. D'un autre côté, il faudra autant que possible composer des équipes aux membres ayant une expérience variées pour augmenter l'apprentissage des uns des autres [Queiruga-Dios et al., 2020].

### 3.2.5.3 Expérience de flux

L'immersion se caractérise par un manque de conscience du temps et du monde réel ainsi qu'une forte implication dans la tâche qui est réalisée. C'est un précurseur à l'état de "flux"<sup>12</sup>. Le flux est un type particulier d'expérience liée à l'immersion qui se veut être optimal, voir extrême [Jennett et al., 2008]. On le définit comme le fait d'être complètement absorbé par une tâche perçue alors comme stimulante et agréable [López-Pernas et al., 2019b]. On peut également définir cet état comme étant un engagement dans une activité menant à une absorption complète [Kiili, 2006]. Pour une séance d'apprentissage efficace, les étudiants doivent être plongés dans une immersion totale au cours de laquelle ils ne sont ni sur-sollicités ni sous-sollicités [López-Pernas et al., 2019b].

Justement, le caractère immersif prêté aux JEEI facilite l'atteinte de cet état de flux [Lathwesen and Belova, 2021], ce qui fait d'eux, en théorie, d'excellents moyens d'apprentissage. Dans les JEEI, l'immersion naît de différents éléments : le plaisir [Fu et al., 2009], le niveau de difficultés des énigmes, le scénario, les objets mis à disposition des joueurs et le décor. C'est de par le bon agencement de ces éléments que l'expérience de flux peut y être observée. Lors de la phase de conceptualisation des JEEI, il faut veiller à une cohérence entre ces éléments [Wiemker et al., 2015].

---

12. "Flow" dans la littérature anglophone

L'état de flux est influencé par neuf dimensions que l'on présente en deux catégories. Tout d'abord, les dimensions relatives aux antécédents de flux et ensuite celles relatives à l'expérience de flux. La première catégorie concerne toutes les dimensions qui permettent d'amener l'étudiant à l'expérience de flux :

- l'équilibre défi-compétence : garantir un juste équilibre entre le défi proposé et les compétences des apprenants. Une activité trop simple ou trop complexe frustre et déconcentre le participant ;
- l'objectif : Il faut un objectif clairement défini et compris ;
- la fusion action-conscience : Prévoir un jeu qui au fil de l'expérience puisse devenir spontané ;
- la rétroaction : l'élève doit être en mesure de s'apercevoir sans validation externe à l'environnement de jeu, si ses solutions sont correctes ou non ;
- le contrôle : L'étudiant doit avoir le sentiment de contrôle sur le fait qu'il puisse développer des compétences à travers l'activité et s'améliorer.

L'expérience de flux quant à elle concerne les modifications de comportement observées quand la personne est entrée dans l'état de flux :

- la concentration : L'élève est concentré sur l'activité jusqu'à être en mesure d'oublier tout ce qui est désagréable en dehors de l'activité. L'activité monopolise toutes les ressources de la personne ;
- la perte de conscience : Il n'y a plus de place mentale à l'auto-examen. La personne s'abandonne complètement ;
- la transformation du temps : L'étudiant perd toute notion du temps ;
- l'expérience autotélique : Aucun bénéfice n'est attendu de l'expérience. Le simple fait d'aller au bout de l'activité proposé suffit et est considéré comme une récompense [Kiili, 2006].

Idéalement, l'expérience de flux doit être évaluée par observation mais cela requiert des compétences spécifiques. Cependant il a été démontré que les personnes pouvaient évaluer leur propre état de flux sur base d'un questionnaire adéquatement établi [Jennett et al., 2008].

### **3.2.6 Expérimentations, évaluations et résultats**

Comme évoqué précédemment, la recherche est très enthousiaste au sujet des JEEI comme moyen d'apprentissage de l'informatique. Tous sans exception, concluent à une expérimentation positive en comparaison avec l'enseignement classique.

Si aucun article n'émet de doute sur le haut niveau de satisfaction des élèves à l'issue d'une telle activité, le propos concernant les apprentissages est un peu plus nuancé car les résultats sont moins tranchés et la pertinence quant au choix de la méthode d'évaluation peut être remise en cause.

Bien que les méthodes d'évaluation utilisées dans la littérature divergent et soient construites de manières ad hoc, tous s'accordent à évaluer les JEEI sous le prisme de trois concepts généraux qui sont : l'apprentissage, la motivation et l'expérience utilisateur.

Tous les résultats sont systématiquement présentés aux travers des éléments statistiques suivants : moyenne, médiane, écart-type et corrélation entre les différents éléments d'évaluation.

En ce qui concerne l'apprentissage, sur 16 étudiants interrogés, dans le cadre d'un JEEI virtuel relatif à la cryptographie, il a été observé une augmentation significative des connaissances après y avoir participé. Cependant, seul un groupe expérimental a été constitué si bien qu'il n'est pas possible d'évaluer l'impact du JEEI en comparaison avec à une séance de cours classique [Deeb and Hickey, 2019]. Les mêmes conclusions ont été formulées à l'égard d'un JEEI traitant de modélisation logicielle mais cette fois-ci à plus grande échelle (162 étudiants) et avec un traitement statistique plus rigoureux (Test de normalité et Calcul de l'alpha de Cronbach ) [Gordillo et al., 2020].

Nous apprenons également que des JEEI non supervisés peuvent avoir des résultats d'apprentissages équivalents à ceux qui le sont [Gordillo et al., 2020].

Enfin, il a pu être constaté une évolution positive des résultats aux examens l'année de l'application des JEEI par rapport aux années précédentes. Ce constat reste tout de même à nuancer car énormément de facteurs peuvent avoir influencé ces observations parmi lesquelles : fluctuation potentielle du niveau des questions d'évaluation par rapport aux années antérieures, fluctuation des modalités d'évaluation, fluctuation de l'expérience des étudiants interrogés, et autres. Néanmoins c'est une constatations qui vaut la peine d'être renseignée [López-Pernas et al., 2019b].

Toutes les études abordant un aspect d'évaluation d'un JEEI se rapportant à l'expérience ou la motivation concluent, sans exception, à une expérience neutre ou positive. Les résultats de l'expérimentation du JEEI "Logical Descent" lequel traite de logique propositionnelle, présentent un score moyen de 75,67 au questionnaire SUS (voir 4.3.3.1.1) avec un écart-type de 9,14 [Aranda et al., 2021]. Sur un questionnaire construit spécifiquement pour les besoins d'évaluation de leur JEEI (voir 4.3.3.1.8), 94% des 162 étudiants interrogés ont attribué une note de plus de 80% quant à l'expérience d'apprentissage, que ces derniers aient eux ou non une expérience antérieure positive avec les JE. Des pourcentages similaires ont été observés en ce qui concerne l'engagement et l'immersion. 76% de ces mêmes étudiants affirmaient préférer les JEEI à une séance en laboratoire informatique [Gordillo et al., 2020]. Les autres études faisant état d'un processus d'évaluation de JEEI sur un nombre de participants comparables ont obtenu des résultats similaires [López-Pernas et al., 2019b] [Santos et al., 2021] [Queiruga-Dios et al., 2020].

Certains chercheurs objectent à ces résultats positifs "l'effet Hawthorne". Il s'agit d'un biais qui énonce que tout individu réagira toujours positivement à toute nouvelle proposition quelque qu'en soit son mérite. Cet effet a depuis été largement discrédité mais reste fortement ancré dans la communauté scientifique [Prince, 2004a].

Aucune corrélation n'a été observée entre les résultats et le sexe du participant [Deeb and Hickey, 2019]. Il en est de même pour le contenu de la matière enseignée [Gordillo et al., 2020].

Toutes les autres études faisant partie de notre revue de littérature et traitant d'évaluation d'un JEEI particulier ne font état d'aucun chiffres probants ou méthode de récolte de données permettant de conclure ou non à l'efficacité pédagogique des JEEI, mais soulignent l'aspect positif des JEEI pour l'apprentissage sur base d'éléments de théories pédagogiques.

### **3.2.7 Enjeux**

Bien que dans la littérature, les JEEI présentent énormément d'avantages en comparaison aux techniques d'apprentissage classiques, il n'en demeure pas moins qu'il existe des éléments qui freinent son adhésion par l'ensemble du monde académique et pour lesquels il conviendrait de trouver des solutions.

#### **3.2.7.1 Validité des résultats**

Il est difficile à ce jour de définir l'impact réel des JEEI sur l'apprentissage des étudiants en informatique [López-Pernas et al., 2019a] [Lathwesen and Belova, 2021]. Cette difficulté s'explique en majeure partie par la confidentialité de la taille des échantillons des études réalisées à ce jour et le manque de reproductibilité des expériences [Petri et al., 2016].

#### **3.2.7.2 Calibrage "mécaniques de jeu - apprentissages"**

Il s'agit ici de discuter du juste équilibre entre mécaniques de jeu inhérents aux JEEI et aux apprentissages. Pour motiver les élèves, il faut que les mécaniques de jeu soient assez complexes que pour stimuler l'intérêt des apprenants par le jeu, mais pas de trop. Comme expliqué précédemment cela s'explique par l'importance lors d'une activité pédagogique que les participants atteignent un état de flux. Une deuxième raison, plus pragmatique, liée à l'essence même des JEEI est le simple fait que si les élèves ne parviennent pas à résoudre certaines énigmes à cause des mécaniques de jeu, ils risquent de ne pas pouvoir être confronté à la matière souhaitée. C'est une problématique que l'on ne rencontre pas dans les séances

académiques classiques où quoiqu'il arrive tous les points seront abordés et vus [López-Pernas et al., 2019a].

### 3.2.7.3 Le temps de développement

Le développement de JEEI demande un effort important aux enseignants en termes de temps et de ressources [Taladriz, 2021]. En effet, pour une bonne expérience de jeu et un apprentissage optimale les enseignants doivent :

- faire preuve d'imagination en intégrant de la matière dans des énigmes motivantes ;
- gérer un groupe classe important durant l'activité ;
- obtenir des locaux assez grands pendant une période suffisamment longue ;
- ajuster le niveau des mécanismes de jeu, ainsi que la difficulté de la matière et les objectifs visés [López-Pernas et al., 2019b] ;
- gérer mise en place du jeu [Deeb and Hickey, 2019].

Des solutions à ce défi ont déjà émergé. Le premier exemple en la matière se décline sous forme de boites ou valises [Kahila et al.]. Un exemple notoire de ce type de JEE est BreakOutEdu (voir section 3.2.4) [Queiruga-Dios et al., 2020].

Avec la pandémie de COVID19 nous avons vu émerger un nouveau type de JEEI qui est également en mesure de pallier le problème évoqué dans cette section : les JEEI numériques [Lathwesen and Belova, 2021]. Bien qu'idéales pour adresser les problèmes énoncés ci-dessus, les JEEI numériques présentent le défaut d'offrir un moindre sentiment d'immersion par rapport aux JEEI physiques [López-Pernas et al., 2019b]. Ils perdent également en situation de collaboration et donc apprentissage collaboratif [Deeb and Hickey, 2019]. À ce propos et à titre illustratif, sur 162 étudiants interrogés, 47,5% ont répondu qu'ils préféreraient les salles d'évasion physiques, 33,3% n'avaient pas d'avis et 19,1% marquaient un intérêt franc pour les JEEI à distance, notamment pour les deux raisons évoquées précédemment [Gordillo et al., 2020].

### 3.2.7.4 La mise en pratique des acquis

Il a souvent été avancé dans les publications que l'intérêt des JEE résidait dans le fait qu'il permette de mettre en pratique dans des situations réelles les connaissances acquises. Avancer cela sans nuance, c'est négliger le fait que les mécanismes de jeux des JEE imposent ce que l'on appelle des "contraintes de conception" pour être efficace (une contrainte de temps, un scénario, un décor...). Or ces facteurs influencent la manière dont réagit le joueur et la manière dont il mobilise ses acquis. Cette idée reçue est donc à remettre en question et à étudier plus profondément [Pan et al., 2017b]. À ce sujet il est également reconnu que pour qu'un apprentissage soit optimal il doit se faire dans un lieu où il est appliqué, ce qui a l'instar de beaucoup de cours académiques classiques, n'est également pas le cas pour de nombreux JEEI. On reconnaîtra néanmoins aux JEEI le fait qu'il y a une tentative généralisée de s'en rapprocher [Veldkamp et al., 2020].

### 3.3 Conclusion

Nous avons désormais une vue générale de la recherche relative à l'apprentissage de l'informatique par le biais des JEE.

Dans ce chapitre, nous avons tout d'abord veillé à définir les concepts de JE et JEEI ainsi que les mécanismes et éléments qui les caractérisent. Nous avons ensuite discuté des cadres de travail, lesquels permettent de guider les concepteurs de JEEI dans la création de nouveaux outils. Il vous a également été présenté du contenu théorique plus général sur le thème de la pédagogie afin de contextualiser l'intérêt des JEEI. Enfin, nous vous avons présentés une synthèse des résultats des expérimentations propres aux études rencontrées et défini une liste d'enjeux futurs auxquels le domaine devra faire face dans un avenir proche.

Les JEEI sont des techniques d'apprentissage par le jeu qui ont vu le jour il y a une dizaine d'années. Ils empruntent les codes des JE récréatifs et les adaptent de sorte à pouvoir être transposés dans un processus d'apprentissage. Dans cet état de l'art nous avons notamment appris que les concepts et éléments constitutifs des JE ne pouvaient être transposés directement à une application pédagogique et qu'il convenait de les adapter pour en tirer la quintessence éducative. Nous pensons notamment au nombre de participants, le type de structure de jeu, le rôle du maître du jeu et la place du débriefing dans l'activité qui ne doivent pas être laissés au hasard.

Il y a un intérêt grandissant pour cette nouvelle technique dans différents domaines, dont l'informatique. Des branches de l'informatique aussi variées que la cybersécurité, programmation, ingénierie logicielle ou encore mathématiques appliqués ont au moins un JEEI dédié ayant fait l'objet d'une publication scientifique (voir Figure 3.1). Tous les articles sont unanimes à l'égard des JEEI : ils sont bénéfiques pour l'apprentissage car ils favorisent la concentration et l'enthousiasme des élèves, améliore les résultats d'apprentissage et entraînent des compétences transversales nécessaire à la pratique de l'informatique telle que le travail d'équipe et la résolution de problème. Cependant, ils ne doivent pas être vus comme un moyen de remplacer les techniques d'apprentissages classiques (tels que les cours magistraux) mais comme un outil permettant de mieux ancrer les connaissances acquises.

Tout cet engouement et cette positivité doit cependant être nuancée car les recherches sont récentes et il n'y a à ce jour, et à notre connaissance, encore aucune preuve empirique sérieuse quant à l'efficacité réelle de cet outil sur les aspects énoncés au paragraphe précédent. La majorité des articles dans le domaine fondent leurs conclusions par la jonction de théories pédagogiques diverses et des évaluations dont les méthodes sont divergentes et/ou dont la rigueur scientifique (ou académique) peut souvent être remise en cause. Au delà des aspects procéduraux, nous notons la taille confidentielle des échantillons propres aux études menées à ce jour et le manque de reproductibilité comme les principaux défauts des études rencontrées.

Bien que les élèves semblent marquer un intérêt plus grand pour les JEEI physiques, des JEEI virtuels ont vu le jour pour adresser les challenges liés au temps de développement et faire face à la pandémie de covid19 qui a sévit sur le monde entre 2020 et 2021.

Il existe des états de l'art relatifs aux JEE mais, à notre connaissance, aucun ne traite exclusivement de JEEI. Nous ne pouvons garantir avoir trouvé tous les articles traitant du sujet de l'apprentissage de l'informatique par le biais des JEEI, néanmoins notre protocole de recherche rigoureux et le fait qu'aucun état de l'art ne fasse mention d'autres publications que celles évoquées dans ce travail nous confèrent une grande confiance quant au fait que notre rédaction donne une vue significative du domaine. La relative nouveauté du domaine et les enjeux évoqués dans la section 3.2.7 en font un terrain de recherche ouvert. Parmi les problématiques importantes à résoudre nous avons relevé : la validation empirique de l'efficacité des JEEI, le calibrage des mécaniques de jeu par rapport à l'apprentissage et la rationalisation du temps de développement des JEEI.

### 3.4 Problématisation

Comme évoqué précédemment, le champ de recherche est relativement récent. Nous sommes donc actuellement dans une phase exploratoire du domaine. Les chercheurs se sont alors fort logiquement concentrés sur le développement de JEEI. Dès lors, les méthodes d'évaluation servant à soutenir leurs travaux ont été construites de manière ad hoc. Il en résulte, donc, que ces dernières varient fortement d'une étude à l'autre rendant impossible une quelconque tentative de conclusion objective à portée généraliste quant à leur efficacité éducative. Il n'existe donc pas, à notre connaissance, de méthode standard, empirique et systématique qui permettent d'évaluer un JEEI. Ce constat et le besoin qui en découle sont, entre autres, soutenus par [López-Pernas et al., 2019a] [Lathwesen and Belova, 2021], [López-Pernas et al., 2019b], [Kahila et al., 2020] et [Veldkamp et al., 2020].

Le contenu relayé dans la littérature et qui fait l'objet de l'état de l'art précédemment exposé nous renseigne cependant un enthousiasme certain autour des JEEI mais qui est freiné par des défis que le domaine doit adresser pour accélérer son implémentation dans le paysage éducatif informatique. Deux ont principalement retenus notre attention : la validité des résultats (laquelle se matérialise par un manque de reproductibilité des expériences et une taille d'échantillon confidentielle [Deeb and Hickey, 2019]) et le temps de développement de ces outils pédagogiques. Ces deux facteurs ont une forte corrélation et sont les principaux freins à des avancées rapides dans le domaine. En effet le manque de validité des études actuelles freinent les enseignants et chercheurs à allouer un temps conséquent et des ressources à construire ce type d'outil sans une garantie préalable de résultat. Le petit nombre de chercheurs prenant ce problème en charge à l'heure actuelle induit qu'il est compliqué de valider les résultats car moins de possibilité de reproductibilité des expérimentations et d'avoir des tailles d'échantillons importantes. C'est donc un problème "circulaire".

Nous avons décidé de proposer une méthode capable de pouvoir se positionner empiriquement et formellement quant aux impacts des JEEI sur l'apprentissage de l'informatique au premier cycle d'études supérieures et des qualités qu'on leur associe sur des bases théoriques. Nous nous intéresserons exclusivement aux apprentissages académiques que nous opposons aux apprentissages transversaux tels que cités en section 3.1.1.

Pour atteindre notre objectif nous reprendrons les éléments d'évaluation pertinents et scientifiquement rigoureux rencontrés dans notre état de l'art que nous enrichirons des méthodes d'évaluation existantes, propres aux JEEI et plus largement aux JEAI et JEA. Dans un second temps, nous transposerons le fruit de ces recherches dans une application web "EvscApp" afin que chaque chercheur s'intéressant au domaine puissent en tirer les avantages suivants :

- utiliser une méthode empirique d'évaluation standardisée et scientifiquement validée ;
- permettre la reproductibilité des expérimentations par le partage des spécifications et par la même occasion permettre des tailles d'échantillons nettement supérieures à ce qui existe aujourd'hui ;
- alléger la charge de travail des chercheurs en leur fournissant une méthode "clé en main" ;
- compiler tous les résultats disponibles et déterminer si les JEEI sont efficaces.

## Chapitre 4

# L'évaluation des jeux éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique

### 4.1 Introduction

L'intérêt de pratiquer une évaluation sur de nouveaux outils pédagogiques est de pouvoir en déterminer l'efficacité. L'efficacité dont il est question dans ce cadre se comprend comme étant le gain d'apprentissage relatif dont les apprenants bénéficient à l'issue de l'activité visée par rapport à leur situation initiale respective [Gordillo et al., 2020].

Nous l'avons vu dans les sections précédentes, les JEEI sont à leurs balbutiements. A notre connaissance, aucun article ne fait état de quelconque cadre d'évaluation formel et reconnu, spécifiquement destiné aux JEEI et permettant de conclure ou non à l'efficacité pédagogique de ces outils. En effet, toutes les conclusions issues des études existantes évoquées précédemment (voir section 3.3) s'appuient exclusivement sur des développements théoriques ou sur des évaluations ad hoc réalisées sans répétition [Tahir and Wang, 2017]. Leur illégitimité est d'ailleurs renforcée pour cause de confidentialité d'échantillon [Petri et al., 2016]. Il y a donc toujours un doute à ce jour quant au bien fondé de l'utilisation de JEEI dans un cadre académique informatique. C'est cette problématique que nous souhaitons adresser en proposant dans ce travail un cadre d'évaluation formel et empirique.

Pour ce faire, nous avons pris connaissance des publications référencées dans les articles utilisés pour la réalisation de l'état de l'art<sup>1</sup> (voir section 3) qui ont servi de base scientifique à l'élaboration de leurs évaluations ad hoc. Afin d'en avoir une compréhension profonde, nous avons élargi notre sélection précédemment définie aux références traitant :

- de la théorie de l'apprentissage par le jeu ;
- de méthodes d'évaluation des jeux éducatifs destinés à l'apprentissage de l'informatique (JEA) ;
- de la manière dont les évaluations de JEA sont construites.

Nous avons jugé opportun de débiter ce chapitre par la mise en place d'un cadre théorique général, relatif à l'apprentissage de l'informatique par le jeu. Ensuite, nous traiterons des protocoles d'évaluation dans le domaine des JEA, ainsi que les méthodes de construction de ces dernières. À l'issue de ces sections, nous aurons une vue globale de la manière dont les JEA sont évalués. Nous serons dès lors en mesure de compiler ces acquis et de les transposer au domaine des JEEI dans le but de développer une solution à la problématique soulevée.

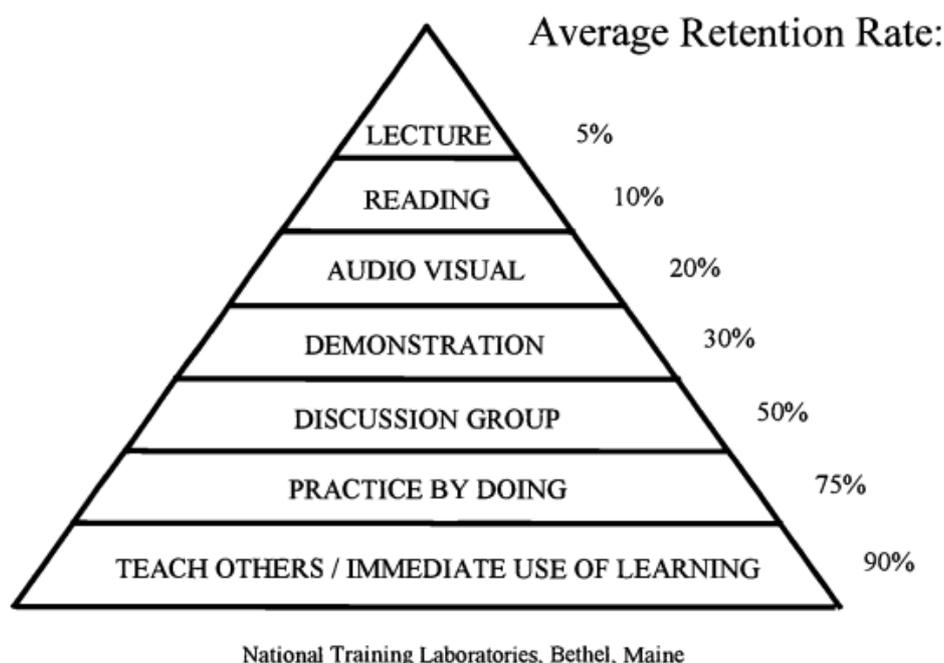
---

1. Technique dite de "snowballing" qui consiste à naviguer de publication en publication par le biais des articles cités

## 4.2 L'apprentissage de l'informatique par le jeu

### 4.2.1 Les jeux d'apprentissage

Les jeux d'apprentissage (JEA) se caractérisent comme étant des jeux (solitaires ou multijoueurs [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016]) engageants, permettant d'atteindre un (des) objectif(s) éducatif(s) [Deeb and Hickey, 2019]. Ils peuvent être définis comme étant un processus d'apprentissage qui tire avantage des mécaniques de jeu pour créer de l'amusement et de la motivation dans un environnement qui promeut l'acquis par l'expérience [Clarke et al., 2017]. Il s'agit d'un champ de recherche à part entière qui occupe une place importante dans le domaine pédagogique [Lathwesen and Belova, 2021]. On leur prête la vertu de permettre aux apprenants de mieux ancrer les apprentissages que les techniques d'apprentissage "classiques" [Seebauer et al., 2020] [Ho, 2018] en facilitant notamment un transfert aisé des connaissances vers la vie réelle [Li et al., 2018]. Ce constat est confirmé par la pyramide des apprentissages, développée par les membres d'une équipe de National Training Laboratories, dans laquelle les JEA sont catégorisés "d'activité pratique" et permettraient donc d'atteindre un niveau de rétention 15 fois supérieur aux cours magistraux, 7 fois supérieur à la lecture et 3 fois supérieur à du contenu audiovisuel (Figure 4.1) [Fu et al., 2009]. Les travaux dirigés par Stiezmann sont plus prudents quant à la différence moyenne existante entre ces types d'enseignements. Ils évoquent une augmentation de 9% de rétention, 11% de connaissances factuelles et 14% de compétences en faveur des JEA par rapport aux cours magistraux [Gibson and Bell, 2013].



#### INPUT PROCESSING IN SECOND LANGUAGE ACQUISITION

Figure 4.1 – La Pyramide des Apprentissages (source : [Gifford and Mullaney, 1997] )

Une activité sera considérée comme JEA si elle présente les caractéristiques suivantes :

- l'aspect Ludique : l'activité doit avoir un "caractère léger" ;
- la séparation : l'activité doit être circonscrite dans un espace et temps définis par avance ;
- l'incertitude : l'issue de l'activité et la tournure des événements ne peuvent être déterminées par avance ;
- les règles : l'activité doit être soumise à des conventions qui suspendent les lois ordinaires et qui sont les seules à compter pendant le jeu ;
- la simulation : les participants doivent être conscients qu'il s'agit d'une expérience fictive mais ils doivent la vivre comme si elle était réelle ;
- la pédagogie : à l'issue de l'activité le joueur doit avoir approfondi sa compréhension du sujet dont

le jeu était l'objet.

Tous les jeux ne répondent pas spécifiquement à tous les critères. Il y a une place à l'appréciation qui variera selon qu'un des éléments soit plus marqué qu'un autre [Gibson and Bell, 2013].

Concrètement les JEA :

- soutiennent l'apprentissage multisensoriel expérimental actif basé sur les problèmes ;
- favorisent l'activation des connaissances car, pour avancer dans le jeu, les joueurs doivent mobiliser leurs acquis ;
- fournissent une rétroaction immédiate (matière assimilée/non-assimilée) [Wang et al., 2011] ;
- offrent la possibilité de tester des hypothèses et donc de travailler par essais/erreurs [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016].

Il est possible d'utiliser les JEA à des fins d'enseignement ou d'approfondissement de matières théoriques, mais également d'acquisition de compétences transversales (telles que présentées en section 3.1.1) ou encore de modification du comportement de l'apprenant [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016].

Malgré ses performances pédagogiques moindres, l'enseignement magistral (classique) demeure la méthode privilégiée dans le monde académique supérieur. Les avantages de l'enseignement traditionnel sont notamment sa capacité à :

- fournir une masse importante d'enseignements en peu de temps ;
- s'adresser simultanément à un grand nombre d'étudiants ;
- s'assurer d'une transmission maîtrisée et univoque du contenu d'apprentissage.

Cet immobilisme, observé dans l'enseignement supérieur, s'explique par le fait que les enseignants sont avant tout des chercheurs avant d'être des pédagogues [Santos et al., 2021].

Un JEA sera considéré comme JEAI si la thématique d'apprentissage abordée concerne un des dix-huit domaines de connaissances informatiques mentionnés dans le "Computing Curricula" (voir [Sahami et al., 2013<sup>2</sup>] : Algorithmique et complexité, Interaction homme machine, Système d'exploitation, Ingénierie logicielle, et autres [Gibson and Bell, 2013].

Enfin, il est possible d'utiliser les JEAI avec un groupe d'élèves de deux manières. Soit par l'approche constructiviste qui est celle évoquée jusqu'à présent, à savoir que les apprenants jouent à un jeu qui leur offre un pan d'opportunités de développement de leurs connaissances. Soit l'approche dite "pédagogique" qui consiste à faire créer le JEAI par des élèves à destination d'autres [de Carvalho, 2012].

## 4.2.2 La ludification

Nous souhaitons clôturer cette section par une digression sur la ludification<sup>3</sup> afin de lever tout éventuel malentendu dans l'esprit de nos lecteurs. Bien qu'ils présentent en apparence des similitudes, les JEAI ne sont pas à confondre avec le principe de ludification car il s'agit de deux concepts bien distincts. En effet, la ludification se définit comme étant "*l'utilisation d'éléments de jeu dans des environnements non ludiques*" [Oroszi, 2019]. A l'instar des JEAI, elle permet d'augmenter l'engagement et la motivation des élèves [Ho, 2018]. A titre d'exemple, le simple fait d'intégrer un système de concours entre élèves dans une activité pédagogique magistrale suffit à la caractériser d'activité ludifiée. Le JEAI quant à lui est un jeu à part entière qui utilise les mécaniques qui leur sont propres afin de favoriser l'acquisition de connaissances. L'analyse des six caractéristiques évoquées à la section précédente permettent de faire le distinguo entre ces deux concepts de manière plus formelle.

---

2. Mise-à-jour 2020 et disponible en accès libre : <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2020.pdf>

3. "Gamification" en littérature anglophone

## 4.3 L'évaluation et l'expérimentation

Dans cette section, il sera proposé un aperçu des aspects théoriques encadrant l'évaluation et l'expérimentation de JEAI dans la littérature scientifique dédiée. Nous parlerons notamment du processus général d'évaluation, des méthodes existantes, des moyens de récolte des données et des différentes phases d'évaluation.

### 4.3.1 La construction d'une évaluation

La construction d'une évaluation peut s'articuler autour de quatre étapes principales. La première étape consiste à définir la question de recherche et ce que l'on souhaite évaluer.

Dans un second temps, il faut identifier les critères de mesures présentant un intérêt particulier pour notre étude. Dans les JAE, ces éléments seront répartis selon trois catégories comme le recommande le "Goal Question Metric(GQM)" de Basili : motivation, expérience utilisateur et apprentissage [Petri et al., 2016]. La première catégorie permettra de caractériser l'intérêt des apprenants dans le jeu proposé, ses mécaniques et la matière. L'expérience utilisateur permettra de déterminer le niveau d'amusement, de satisfaction et d'engagement. Et enfin, la catégorie "apprentissage" fera état des connaissances acquises et du niveau de rétention aux termes du JEA [Wang et al., 2011]. Ces deux premières phases constituent ce que l'on appelle le "Cadrage" [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016].

La troisième étape consistera en un examen de la littérature associée à chaque élément de mesures et des protocoles d'évaluation d'application dans le domaine [Wang et al., 2011]. On parle de phase de "Planification" [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016]. C'est donc, notamment, en compilant les meilleures pratiques en la matière qu'il est possible de réaliser un cadre d'évaluation [Connolly et al., 2008]. C'est lors de cette phase que les méthodes de récoltes des données seront construites.

Il conviendra ensuite de sélectionner une méthode d'expérimentation adéquate et de la mettre en oeuvre [Wang et al., 2011] selon la phase expérimentale dans laquelle on se situe [de Carvalho, 2012]. C'est dans cette étape dite "d'exploitation", que la récolte des données sera effectuée [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016].

Il existe deux méthodes d'évaluation pour les JEA : l'analyse et la quasi-expérience. Elles ne sont pas mutuellement exclusives et peuvent donc s'appliquer de concert au-cours d'un processus global d'évaluation.

Enfin, une analyse et interprétation de résultats au regard des objectifs fixés initialement sera à réaliser [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016].

#### 4.3.1.1 Méthode d'évaluation basée sur l'analyse (heuristiques)

Les méthodes d'évaluation basée sur les heuristiques s'appuient sur un ensemble de règles pré-établies auxquelles l'outil évalué se doit de satisfaire. Le fait de ne pas observer une des heuristiques dans l'exécution du JEA impacte négativement l'évaluation qui en est faite.

Le principal reproche qui peut être formulé à l'égard de l'utilisation des heuristiques dans le cadre d'une évaluation de JEA, c'est qu'elles nécessitent le concours d'experts pour s'assurer de leur correcte application [Rêgo and de Medeiros, 2015]. Connolly soutient ce propos en disant que *"La difficulté associée aux cadres d'évaluation développés à partir de l'évaluation par heuristiques est que sa qualité dépend des connaissances des examinateurs experts"* [Connolly et al., 2008].

L'avantage principal que présente cette méthode d'évaluation est qu'elle ne nécessite pas d'expérimentation. Cela facilite donc sa mise en place et la récolte des données d'évaluation. Autre avantage non négligeable, les heuristiques permettent de se rendre compte assez tôt dans le processus de conception des éventuels problèmes et donc de les corriger. Cela a pour effet positif de diminuer les coûts de pro-

duction de JEA [Rêgo and de Medeiros, 2015].

En informatique et plus précisément dans le domaine d'étude des Interactions Homme Machine, les heuristiques les plus connues sont "Les 10 heuristiques de Nielsen". Elles permettent de mettre en évidence les problèmes d'utilisabilité dans les applications. Notons qu'elles ne sont néanmoins pas transposables directement dans les JEA [Tan et al., 2010].

#### 4.3.1.2 Méthode d'évaluation quasi-expérimentale

Une quasi-expérience appliquée à l'enseignement consiste en une expérimentation qui constitue *"deux groupes d'étudiants différents qui réalisent tout deux une tâche similaire mais en utilisant une technique d'enseignement différente"* [Marín et al., 2018]. On parlera d'un groupe "témoin" (ou de "contrôle") pour le groupe qui effectuera la tâche selon les méthodes habituelles et de groupe "expérimental" (ou encore "cible") pour désigner celui utilisant la technique faisant l'objet de l'étude [Deeb and Hickey, 2019].

L'utilisation de groupes expérimentaux, lorsque les expérimentations sont menées durant une séance de cours obligatoire, doit questionner les chercheurs sur le plan éthique quant au fait de créer une différence de traitement entre élèves (ceux qui reçoivent un enseignement classique et ceux qui reçoivent un enseignement expérimental) [Petri et al., 2016]. En réponse à cette question, il est recommandé que l'évaluation ne soit pas appliquée en situation réelle d'apprentissage avant qu'une phase de tests de quatre semaines n'ait été réalisée. Cela permet d'obtenir un minimum de garantie et de recul nécessaire quant aux potentiels effets négatifs de l'outil testé. Les étudiants composant le groupe expérimental sont alors prémunis du risque d'un outil totalement inefficace sur le plan pédagogique [Christoph et al., 2006]. Nous verrons plus tard que le correct phasage des expérimentations tel qu'explicité en section 4.3.4 répond également à cette problématique.

Bien que cette technique d'expérimentation ne soit pas reconnue comme rigoureusement scientifique, elle est, néanmoins, fortement utilisée dans les domaines relatifs aux sciences humaines et, notamment, la pédagogie. Son utilisation trouve sa justification dans le fait qu'il est extrêmement difficile dans des expériences sociales d'appliquer le protocole propre à la méthode expérimentale, lequel nécessite de faire varier des facteurs et d'en observer des résultats qui ne soient pas impactés par des paramètres externes sur lesquels les chercheurs n'ont aucun contrôle. Longtemps discréditée par la communauté scientifique, la quasi-expérience jouit, aujourd'hui, de la reconnaissance du monde académique et sa rigueur n'est plus remise en cause. Cependant, il est primordial d'être conscient de l'influence potentielle des paramètres externes sur les résultats observés et d'en faire mention dans les hypothèses et conclusions retenues [Campbell and Stanley, 2015].

Pour que l'évaluation puisse être relevante, il est impératif que les élèves formant le groupe expérimental ne puissent communiquer avec ceux du groupe témoin [Christoph et al., 2006]. Il est également conseillé pour limiter l'introduction d'autres biais dans l'étude (tels que le fait que des étudiants révisent leur cours dans un objectif de performer) de recueillir toutes les informations dans l'intervalle de temps le plus restreint possible [Veldkamp et al., 2020].

Les expérimentations peuvent s'organiser en dehors des heures de cours obligatoires sur base purement volontaire. Etant donné le caractère alors non contraignant de la participation, deux risques, dont il faudra se prémunir autant que possible, peuvent se présenter : une participation insuffisante ou une trop grande homogénéité dans la typologie des étudiants (à titre d'exemples : n'avoir que des élèves passionnés). Pour pallier ces deux problèmes potentiels, il faudra trouver un élément de motivation commun à toutes les classes typologiques d'élèves. Octroyer des incitants tels que des points bonus [López-Pernas et al., 2019a], des bons de réduction pour des activités ou des rétributions financières [Pan et al., 2017b] sont des éléments qui peuvent concourir à cet objectif.

Quelle que soit la modalité envisagée, il est recommandé de ne pas lier les performances réalisées dans le JEEI à leurs notations de cours, afin de limiter l'envie de tricher et donc d'introduire des biais dans

l'étude. Seule la participation peut être récompensée [Gordillo et al., 2020].

### **4.3.2 Les facteurs d'évaluation**

Ce qu'il est important de comprendre à ce stade, c'est que, comme évoqué dans la section 4.3.1.2, l'évaluation d'une JEAI est influencée par des paramètres externes sur lesquels nous ne pouvons avoir une maîtrise totale. Dans ce type d'étude, on ne peut donc se contenter de répondre simplement par la positive ou négative quant à l'efficacité d'une activité pédagogique informatique. Il faut adopter une approche plus nuancée basée sur une analyse holistique, en établissant notamment des corrélations entre les caractéristiques de l'environnement, de l'activité et de l'objectif d'apprentissage [Connolly et al., 2008][de Carvalho, 2012]. C'est seulement après ce travail qu'il devient possible de déterminer, avec un degré de certitude avancé, l'impact du JEAI sur les étudiants [de Carvalho, 2012].

Dans la littérature, les activités pédagogiques informatiques sont évaluées sous le prisme de trois facteurs : la motivation, l'expérience utilisateur et l'apprentissage. Ces catégories peuvent correspondre à des appellations différentes ou être composées de diverses sous-catégories selon l'auteur [Petri and Gresse von Wangenheim, 2016]. Nous vous en donnerons un aperçu de ces dernières dans les prochaines lignes.

#### **4.3.2.1 La motivation**

La motivation peut se définir comme le niveau d'intérêt dont témoigne l'apprenant à l'idée d'apprendre par le biais du JEAI [Wang et al., 2011]. Elle peut se décomposer en sous-catégories : l'attention, la pertinence et la confiance dans ce que le JEAI peut apporter au participant [Petri et al., 2016].

Ce facteur s'apprécie avant le déroulement de l'activité.

#### **4.3.2.2 L'expérience utilisateur**

L'Expérience Utilisateur (UX) se définit comme étant la manière dont l'expérience est vécue par l'apprenant. Les principaux éléments sous-jacents à ce facteur sont : la facilité d'utilisation, le plaisir, l'engagement (tel que défini en section 3.2.5.3), l'amusement, le contexte [Wang et al., 2011], le défi, l'utilisabilité (esthétique, facilité d'apprentissage, prévention d'erreur, accessibilité) et l'interaction sociale [Petri et al., 2016].

Ce facteur s'apprécie après le déroulement de l'activité.

#### **4.3.2.3 L'apprentissage**

Pour la bonne compréhension de cette section, nous nous référerons à la définition du concept d'apprentissage reprise en section 3.2.1 et que nous pourrions synthétiser comme étant "l'amélioration des connaissances et compétences". Les principaux éléments qui sont mesurés sont : les performances dans le jeu, la rétention de l'information, les compétences et connaissances acquises [Wang et al., 2011].

Ce facteur s'apprécie après le déroulement de l'activité.

### **4.3.3 La récolte des données**

La question se pose désormais de savoir comment capturer ces différents facteurs d'évaluation. C'est ce qui fera l'objet de cette section. Nous avons relevé trois techniques de récolte de données : le questionnaire, l'Interview et le test. Pour chacune de ces techniques, nous devons faire le choix quant à l'objectif de la récolte : quantitative ou qualitative. Les études qualitatives ont pour objectif de collecter et de décrire des données qu'on ne peut caractériser ou valoriser. Les études quantitatives s'opposent donc aux précédentes en se concentrant sur les données pouvant être qualifiées par des unités de mesures (dénombrer). Ces deux types de récolte de données se complètent selon les objectifs visés et l'étape du

processus d'évaluation à laquelle l'étude s'opère.

Avant toute récolte de données, il est impératif de soumettre aux participants pour signature un formulaire de consentement [Chaves et al., 2015].

#### 4.3.3.1 Les questionnaires

Les questionnaires (ou enquêtes) sont des instruments de mesure composés de questions ouvertes ou fermées à choix multiples. Ils sont considérés comme étant la manière la plus "pratique et économique" pour quiconque de réaliser une évaluation [Fu et al., 2009].

Bien que très utilisés, ils présentent néanmoins le défaut de devoir compter sur la confiance que l'on peut placer dans ses participants. On parle d'outil de mesure subjectif qu'il conviendra autant que possible de corroborer avec des outils de mesures objectifs. Nous pouvons définir ces derniers comme étant des dispositifs pour lesquels le participant n'a pas d'arbitrage de conscience à faire [Jennett et al., 2008] ou pour lesquelles la récolte d'informations concerne des données factuelles : temps pour exécuter tâches, taux d'erreurs et autres [Phan et al., 2016]). Un autre facteur négatif à mettre à l'actif de ce type de collecte est qu'il peut poser un problème d'interprétation [Jennett et al., 2008]. Il faudra donc être vigilant dans la rédaction et la clarté des éléments qui seront soumis par ce moyen aux participants.

Dans la recherche sur les JEAI un type de questionnaire est particulièrement exploité : les échelles de Likert. Il s'agit d'une analyse dite "factorielle". En d'autres termes, cette méthode vise à récolter de l'information sur une situation complexe et soumise à nuance en la réduisant en quelques éléments généraux recouvrant l'entièreté des possibilités de réponses qui peuvent y être apportées. Il est donc plus facile d'analyser les informations qui en découlent qu'un questionnaire ouvert, car les réponses deviennent alors dénombrables [Phan et al., 2016].

La construction d'une échelle de Likert, doit théoriquement s'opérer en 8 étapes :

- définir ce qui doit être mesuré ;
- créer une liste d'éléments d'évaluation ;
- déterminer le format de mesure ;
- faire valider l'enquête par des professionnels ;
- ajouter des éléments servant de test de validation <sup>4</sup> ;
- décider de la longueur des échelles (3, 5 ou 7) ;
- tester l'enquête sur un échantillon ;
- tester la validité et de fiabilité de l'échelle[Fu et al., 2009].

Dans les lignes qui suivent, nous apporterons un commentaire complémentaire aux étapes précédemment exposées qui le nécessitent.

Nos premières observations concerneront la création de la liste d'éléments d'évaluation. Pour la construire, il est recommandé de faire usage des questions les plus pertinentes issues des questionnaires existants utilisés et appliqués dans le cadre d'évaluation de JEAI [Phan et al., 2016]. Cette liste d'éléments d'évaluation, ainsi obtenue, peut ensuite être raffinée en y soustrayant les éléments redondants ou vagues et/ou en les adaptant. Lors de cette étape, il est primordial de s'assurer autant que possible de la variété des éléments sélectionnés et de leur pertinence [Phan et al., 2016]. Cette méthode de construction de listes d'éléments d'évaluation a notamment été observée dans [Kiili, 2006]. Notons qu'au besoin, des éléments peuvent être créés de manière ad hoc. A l'issue de cette étape, nous obtenons ce que l'on appelle un questionnaire "Pilote".

Ensuite, il sera demandé d'établir un protocole de détermination du résultat (scoring). Cela n'a pas été toujours le cas, mais il est désormais admis que les statistiques inférentielles puissent être utilisées sur

---

4. introduire dans la liste d'éléments des reformulations d'éléments déjà présents afin de contrôler la cohérence des résultats

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_X^2} \right) \quad (4.1)$$

**Figure 4.2 – Formule de détermination de l'alpha de Cronbach.**

des échelles ordinales. Il faudra notamment être attentif aux scores dits "inversés" (pour les questions formulées négativement). Notons que bien qu'il y ait eu un débat à ce sujet, il semble aujourd'hui établi que lors de la rédaction d'un questionnaire d'enquête, il faille utiliser uniquement la voix positive, pour chacun des points d'évaluation [Phan et al., 2016]. En effet, alterner voix positive et négative engendre de la confusion pour les participants évalués. De plus, la voie négative est plus difficilement interprétable pour les humains [Phan et al., 2016] engendrant ainsi potentiellement un biais de compréhension dans le résultats [Brooke, 2013] qui est plus impactant que les biais d'acquiescement.

Lors de l'étape relative à la validation par des professionnels, il sera fait appel à des experts en JEAI et en construction de questionnaires. Les observations et suggestions qu'ils exposeront porteront sur les choix de formulations, la pertinence des éléments d'évaluation aux regards des objectifs de cette dernière [Phan et al., 2016], l'adéquation du nombre de dimensions choisi, l'ordre de présentation des éléments évalués et la variabilité du contenu. Suite à ce qui précède, des éléments de validation seront introduits dans le questionnaire. Ces éléments sont des reformulations d'éléments présents qui permettent de contrôler la cohérence des réponses [Fu et al., 2009].

Par la suite, le questionnaire pilote sera soumis à un panel réduit (minimum 16 personnes) représentant les différentes classes démographiques pertinentes pour notre évaluation. Il leur sera demandé de formuler à leur tour des observations à l'égard du questionnaire, et ce, exclusivement sur les aspects de formulation.

Ensuite, vient l'étape dite "d'Analyse Factorielle Exploratoire (EFA)" dont l'objectif est de soumettre à un échantillon composé d'un minimum de 300 profils cibles le questionnaire obtenu à l'issue des étapes précédentes et de s'assurer de sa pertinence, cohérence et fiabilité [Phan et al., 2016]. La fiabilité dont il est question, se définit comme étant le degré de cohérence observé entre des éléments évaluant un même facteur de qualité. Elle peut s'opérer dans le cadre d'une dimension précise ou à l'échelon globale d'une enquête. Cette mesure de fiabilité est réalisée par le biais de méthodes statistiques parmi lesquelles l'alpha de Cronbach [Petri et al., 2016]. Il s'agit d'un coefficient permettant de confirmer qu'une série d'éléments concourent bien à mesurer une même dimension et donc valider la cohérence de leur association [Gordillo et al., 2020]. Il se calcule conformément à l'Équation 4.1 où  $k$  est le nombre d'éléments d'évaluation,  $S_i^2$  est la variance de l'élément  $i$  pour  $i$  allant de 1 à  $k$  et  $S_X^2$  est la variance de tous les éléments de l'échelle [Amirrudin et al., 2021]. De manière plus concrète, l'alpha de Cronbach peut être vu comme un coefficient synthétisant la corrélation entre tous les éléments d'une même échelle ou catégorie/dimension [Fu et al., 2009]. Bien qu'initialement établi pour s'appliquer à des valeurs continues [Cesup, 2015], il est désormais accepté qu'il s'applique aux échelles factorielles [Phan et al., 2016]. On considérera qu'il y a une cohérence :

- insuffisante si l'alpha de Cronbach se situe entre 0.00 et 0.50 ;
- suffisante si l'alpha de Cronbach se situe entre 0.50 et 0.70 ;
- élevée si l'alpha de Cronbach se situe entre 0.70 et 0.99.

Notons que le fait que l'alpha de Cronbach soit inférieur à 0,5 ne conclue pas automatiquement à une incohérence du formulaire, mais peut résulter d'une incompréhension de la(les) question(s) posée(s). Il est important d'avoir à l'esprit que la taille de l'échantillon influe également sur les résultats. En dessous de 40 personnes, il peut être préférable de faire une vérification visuelle de la cohérence [Schrepp, 2015]. Sur base des résultats obtenus à cette étape, le questionnaire peut être adapté au niveau du nombre de dimension ou des éléments présents.

La dernière étape consistera en une nouvelle étude qui aura pour vocation de vérifier que les changements effectués lors de l'EFA ont amélioré la cohérence et la pertinence du questionnaire. On parle à ce stade

"d'Analyse Factorielle de Confirmation". Lors de cette étape, il sera important de s'assurer que l'échantillon est composé exclusivement de participants n'ayant pas participé à l'EFA.

Bien que reconnues, en pratique, l'ensemble des étapes présentées ne sont que très peu souvent respectées car longues et complexes [Phan et al., 2016].

Dans la suite de cette section, nous vous présentons les questionnaires que nous avons rencontrés dans notre revue de littérature pouvant s'appliquer aux JEAI (et par extension aux JEEI).

**4.3.3.1.1 SUS :** est une échelle de Likert qui a pour objectif de fournir un système de mesure de perception de l'utilisabilité d'un système en un temps réduit. Cette mesure couvre les aspects d'efficacité (capacité du système à réaliser les tâches), d'efficience (ressources consommées par rapport aux tâches réalisées) et la satisfaction (réaction subjective des utilisateurs). Il est recommandé d'utiliser SUS avant tout débriefing ou discussion [Brooke, 1996].

SUS est caractérisé par le fait qu'il est rapide à l'utilisation et que le score qu'il renseigne est facilement interprétable. Aux spécificités énoncées précédemment, s'ajoute également le fait que les questions posées soient fortement corrélées [Brooke, 2013] et qu'elles s'appliquent aussi bien aux produits qu'aux services indépendamment du type de technologie utilisée.

Le calcul du score s'établit sur base des règles suivantes :

- Pour les questions impaires : on prend la position sur l'échelle de Likert à laquelle on retranche 1 ;
- Pour les questions paires : on soustrait la position de l'échelle de Likert à la valeur 5.

On multiplie ensuite la somme des scores obtenus précédemment par 2,5 et on obtient ainsi un score sur 100. L'utilisateur a toujours l'opportunité de ne pas répondre à une question [Brooke, 1996].

C'est avant tout un outil comparatif. Il n'existe pas d'interprétation officielle des scores. Cependant, des recherches ont été effectuées afin de corréliser les scores au sentiment global des utilisateurs. Cette corrélation est exprimée au travers d'un tableau (Figure 4.3) qui se lit, à titre d'exemple, de la manière suivante : les participants à l'étude qui ont associé l'adjectif "excellent" au système avaient donné une note entre 73 et 85.

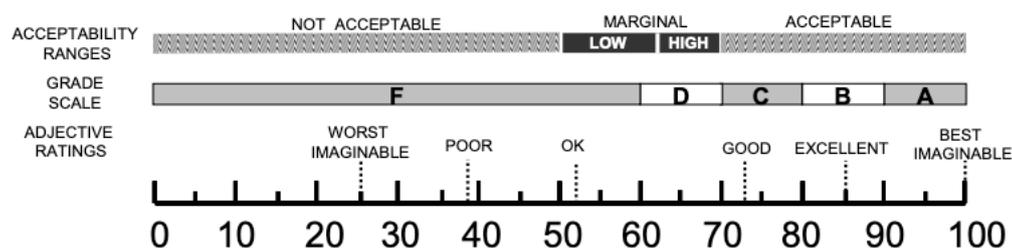


Figure 4.3 – SUS Score (source : [Bangor et al., 2009]).

Notons que l'on obtient des mesures fiables à partir de 8 à 12 utilisateurs [Tullis and Stetson, 2004] et qu'avec un score de 82 les participants ont tendance à promouvoir le produit évalué [Brooke, 1996].

Questionnaire complet : 7.2.

**4.3.3.1.2 MEEGA+ :** MEEGA est l'acronyme de "Model for the Evaluation of Educational Game<sup>5</sup>". Il s'agit d'un modèle d'évaluation systématique qui permet d'évaluer la motivation, l'expérience utilisateur et l'évolution des apprentissages qu'un jeu pédagogique peut offrir à ses utilisateurs [Petri et al., 2016].

5. Modèle pour l'évaluation de jeux pédagogiques.

MEEGA+ est une amélioration de la méthode MEEGA qui poursuit deux objectifs : premièrement, gommer les problèmes de compréhension et de mise en application de ce dernier ; deuxièmement se spécialiser dans l'évaluation des JEAI, alors que son prédécesseur s'adressait aux JEA.

Le questionnaire se compose de 3 questions ouvertes et d'une échelle de Likert à 36 éléments. Ces éléments sont répartis en différentes sous-catégories : l'attention, la pertinence, la confiance, la satisfaction qui sont regroupées sous l'appellation plus générique de "motivation" et l'immersion, l'intégration sociale, le plaisir, le défi qui sont rattachés à la notion "d'expérience utilisateur".

Une des forces de ce questionnaire, et raison de son succès, est qu'il ne nécessite pas d'expertise en pédagogie pour être manipulé [Petri et al., 2016].

Questionnaire complet : 7.3.

**4.3.3.1.3 IGE :** est l'acronyme de "Instructional Game Evaluation<sup>6</sup>". Il s'agit d'une liste de 42 heuristiques réparties en 4 dimensions : captiver l'intérêt, répondre aux besoins d'apprentissage, renforcer la confiance du joueur et évaluer la réussite. Sa conception se base sur la méthode "Gameflow" (destinée aux jeux vidéo - voir Sweetser and Wyeth, 2005]), le modèle de Keller ( voir Keller, 1987]) et les heuristiques de Nielsen. Les 42 heuristiques qui composent IGE sont principalement destinées aux jeux d'apprentissage solitaire pour enfants [Tan et al., 2010].

Liste des heuristiques : 7.4.

**4.3.3.1.4 HEEG :** est l'acronyme de "Heuristic Evaluation for Educational Games<sup>7</sup>". Il s'agit d'une liste de 36 heuristiques d'évaluation à destination des jeux pédagogiques (sans scénario) de niveau universitaire. Elles sont réparties en 4 catégories : gameplay, plaisir, utilisabilité et apprentissage. La méthode HEEG se base elle-même sur d'autres heuristiques développées préalablement, dont notamment : HEP (voir [Desurvire et al., 2004]), PLAY (voir [Desurvire and Wiberg, 2009]) et Gameflow (voir [Sweetser and Wyeth [2005]]). Ces trois évaluations basées sur les heuristiques ont un intérêt limité dans le cadre de notre étude, par le fait qu'elles ne traitent pas de l'aspect éducatif des activités. Les concepteurs de HEEG ont donc complété leur outil par les heuristiques mentionnées dans les critères de conception de jeux vidéo éducatifs de Nicola Whitton (voir [Whitton, 2007]) [Rêgo and de Medeiros, 2015].

Liste des heuristiques : 7.5

**4.3.3.1.5 GUESS :** est l'acronyme de "Game User Experience Satisfaction Scale<sup>8</sup>". Il s'agit d'une méthode d'évaluation initialement utilisée dans le monde des jeux vidéo. Cependant, elle peut servir également pour d'autres types de jeux [Phan et al., 2016].

Elle fait usage d'une échelle de Likert et présente 55 éléments d'évaluation répartis en 9 catégories : utilisabilité, narration, engagement (et expérience de flux [Lathwesen and Belova, 2021]), plaisir, liberté créatrice, expérience auditive, motivation, connectivité sociale et expérience visuelle [Phan et al., 2016].

Cette méthode s'appuie sur 13 autres questionnaires (875 éléments au total), parmi lesquels SUS (voir section 4.3.3.1.1) et E-Gameflow (voir section 4.3.3.1.7) . Le point fort de cette méthode est qu'elle a fait l'objet d'un protocole de construction solide par EFA (voir section 4.3.3.1), ce qui leur confère un haut degré de confiance [Phan et al., 2016].

Questionnaire complet : 7.6.

**4.3.3.1.6 Flow Scale For Games :** Le Flow Scale For Games<sup>9</sup> est une échelle de Likert qui permet de mesurer l'expérience de flux dans les jeux.

---

6. Evaluation de jeux pédagogiques.

7. Heuristiques d'évaluation pour les jeux pédagogiques.

8. Échelle de Satisfaction de l'Expérience Utilisateur de Jeu.

9. L'Echelle de Flux pour les Jeux

Elle s'appuie sur les 9 dimensions du "flux" (voir section 3.2.5.3) et y ajoute trois questions contextuelles, deux questions ouvertes et une de contrôle [Kiili, 2006].

Questionnaire complet : 7.7.

**4.3.3.1.7 E-Gameflow :** évalue le plaisir des utilisateurs dans les jeux d'apprentissage en ligne par le biais de huit dimensions : l'immersion, l'interaction sociale, le défi, la clarté des objectifs, la rétroaction, la concentration, le contrôle et l'amélioration des connaissances [Fu et al., 2009]. Elle se base sur la méthode Gameflow qui a été conçue afin d'évaluer des activités récréatives (voir [Sweetser and Wyeth, 2005]) [Fu et al., 2009].

Questionnaire complet : 7.8

**4.3.3.1.8 Autres :** Vous trouverez dans les annexes (voir 7.9) les questionnaires ad hoc rencontrés lors de nos lectures mais qui n'ont pas fait l'objet d'une publication spécifiquement dédiée.

### 4.3.3.2 Les entretiens

L'entretien (ou interview) est une méthode qualitative dont le but est de recueillir de l'information sur base de questions tout en laissant la liberté aux personnes interviewées d'apporter des éléments qu'ils jugent pertinents [de Carvalho, 2012]. En pratique, cette modalité de récolte d'information est utilisée pour compléter de l'information empirique récoltée et lui apporter de la nuance.

### 4.3.3.3 Le test

Le test, contrairement au questionnaire, vise toutes les techniques qui extraient de l'information d'une situation sans que les protagonistes n'aient la possibilité d'en manipuler la vision qu'en a le chercheur.

Ce type de récolte se prête parfaitement à l'évaluation des apprentissages où on parlera de pré-test et post-test. Le pré-test consiste à mesurer le niveau de connaissance des participants sur la thématique d'apprentissage développée dans l'activité évaluée et ce avant qu'elle n'ait débuté. Le post-test aura le même objectif mais se déroulera après l'activité [de Carvalho, 2012]. Deux écoles d'utilisation de ce mécanisme ont été observées dans notre revue de littérature. D'une part, celle qui préconise qu'il s'agisse de questions identiques pour les deux tests, souhaitant ainsi éviter d'introduire un biais dans l'analyse de l'évolution de l'apprentissage en ne parvenant pas à proposer aux participants deux tests d'un niveau parfaitement identique [López-Pernas et al., 2019a], [Gordillo et al., 2020]. D'autre part, une seconde école qui soutient que les tests doivent être différents afin d'éviter le phénomène de "réponses automatiques" [de Carvalho, 2012].

Pour une question de facilité de correction, les tests prennent la forme d'un questionnaire à choix multiples (QCM) en règle générale.

Notons que certaines études interrogent l'apprenant sur sa perception de l'apprentissage via un questionnaire. Cette manière d'envisager l'évaluation de l'apprentissage doit se comprendre comme l'expérience/perception d'apprentissage et non une manière d'évaluer l'apprentissage effectif. Les chercheurs utilisant cette technique seront particulièrement attentifs au fait qu'il a été démontré qu'un biais existait, à savoir que les personnes devant s'auto-évaluer répondent le plus souvent positivement dans tous les cas de figure [López-Pernas et al., 2019a]. De plus, il y a souvent un écart entre ce que l'utilisateur déclare avoir retenu et ce qu'il a réellement retenu, quand bien même il en serait conscient [Veldkamp et al., 2020]. Il pourra néanmoins être intéressant d'établir une corrélation entre cet apprentissage perçu et l'apprentissage mesuré par les pré-test et post-test afin de raffiner notre étude.

#### 4.3.4 Les phases expérimentales

Une expérimentation complète est un processus proposant différents niveaux de raffinement avant d'être appliqué au public cible dans un environnement réel. Ce processus se décompose en trois phases expérimentales : Alpha, Beta et Gamma. Les points de variation de ces étapes se situent principalement au niveau de l'objectif, du public évalué et du protocole.

Dans cette section, nous utiliserons les concepts d'évaluation "formative" et "sommative". Ces deux types d'évaluation se différencient par l'objectif qu'ils poursuivent. Le premier type a pour but d'améliorer l'outil soumis à évaluation et le second à l'apprécier. Le terme de "récolte de données" utilisé dans cette rubrique fera référence aux différentes modalités de récoltes évoquées en section 4.3.3. Leur sélection est laissée à la libre appréciation des chercheurs mais nous vous renseignerons, pour mémoire, les instruments de prédilection proposés dans la littérature dans les prochaines lignes.

La phase "Alpha" est la première étape du processus expérimental. Cette phase a un but formatif et vise à soulever des pistes d'améliorations générales sur l'apprentissage, l'interface, le gameplay et la convivialité. Elle s'opère dans le cadre strict de scénarios d'utilisation prédéfinis. Le protocole de récolte de l'information privilégié est donc de type qualitatif. Les participants à cette phase sont des membres de l'équipe qui n'ont pas été impliqués dans le développement des fonctionnalités testées.

Le processus s'articule de la manière suivante :

1. Identification des participants (min. 4 participants) ;
2. Déroulement des scénarios prédéfinis ;
3. Récolte de données relatives aux objectifs de cette phase.

Lors de cette phase, les principales informations concrètes pouvant résulter de l'étape dite de "récolte" sont :

- la confirmation de la durée estimée de l'activité ;
- la confirmation de la pertinence des activités au regard des objectifs d'apprentissage visés ;
- l'identification d'autres apprentissages ou compétences à aborder ;
- l'évaluation de l'environnement visuel et de sa convivialité [de Carvalho, 2012].

Seconde étape du processus d'expérimentation, la phase "Bêta" consiste à évaluer d'une manière plus poussée les aspects liés au gameplay et aux mécaniques de jeu, avec cette fois des membres du public cible. On obtient ainsi un premier retour des utilisateurs finaux (étudiants). Il est également envisageable de faire participer des enseignants encore à ce stade.

Dans cette phase, à l'inverse de la précédente, l'évaluation de l'activité suit le cours normal du jeu (pas de scénario préalablement défini). L'information est récoltée par le biais de questionnaires et d'entretiens semi-directifs. Le questionnaire se base généralement sur le modèle d'échelle de Likert et couvre trois dimensions de l'activité, à savoir le gameplay, le scénario et la convivialité.

La notion d'entretien "semi-directif" doit se comprendre comme étant un échange structuré dont le but est de faire répondre des personnes interrogées à un ensemble de questions prédéterminées tout en laissant la liberté aux protagonistes d'aborder des points complémentaires opportuns au regard de la tournure de l'échange.

Le processus poursuit un objectif formatif et s'articule de la manière suivante :

1. Identification des participants ;
2. Déroulement de l'activité ;
3. Récolte de données relatives aux objectifs de cette phase [de Carvalho, 2012].

Dernière étape de ce processus, la phase dite "Gamma" a pour objectif d'évaluer l'efficacité de l'activité

dans des conditions réelles d'application. Il s'agit d'une forme d'évaluation sommative.

L'évaluation devra être complète et s'opérer sur une longue période (minimum quatre semaines), avec plusieurs utilisateurs et de différents types sur le plan démographique.

Chaque session d'évaluation devra répartir les participants en deux groupes, tel que préconisé dans la méthode quasi-expérimentale (voir 4.3.1.2).

Le processus s'articule de la manière suivante pour chaque groupe (Figure 4.4) :

1. Identification des participants ;
2. Explication du protocole d'évaluation aux participants [de Carvalho, 2012] ;
3. Récolte de données démographiques ;
4. Information théorique commune sur la thématique abordée dans les activités [Wang et al., 2011] ;
5. Pré-test ;
6. Déroulement de l'activité ;
7. Post-test I ;
8. Récolte de données sur le niveau de satisfaction des participants [de Carvalho, 2012] appelée "Exit Evaluation" [Christoph et al., 2006] (Motivation et UX) ;
9. Post-test II (rétention) [Connolly et al., 2008].

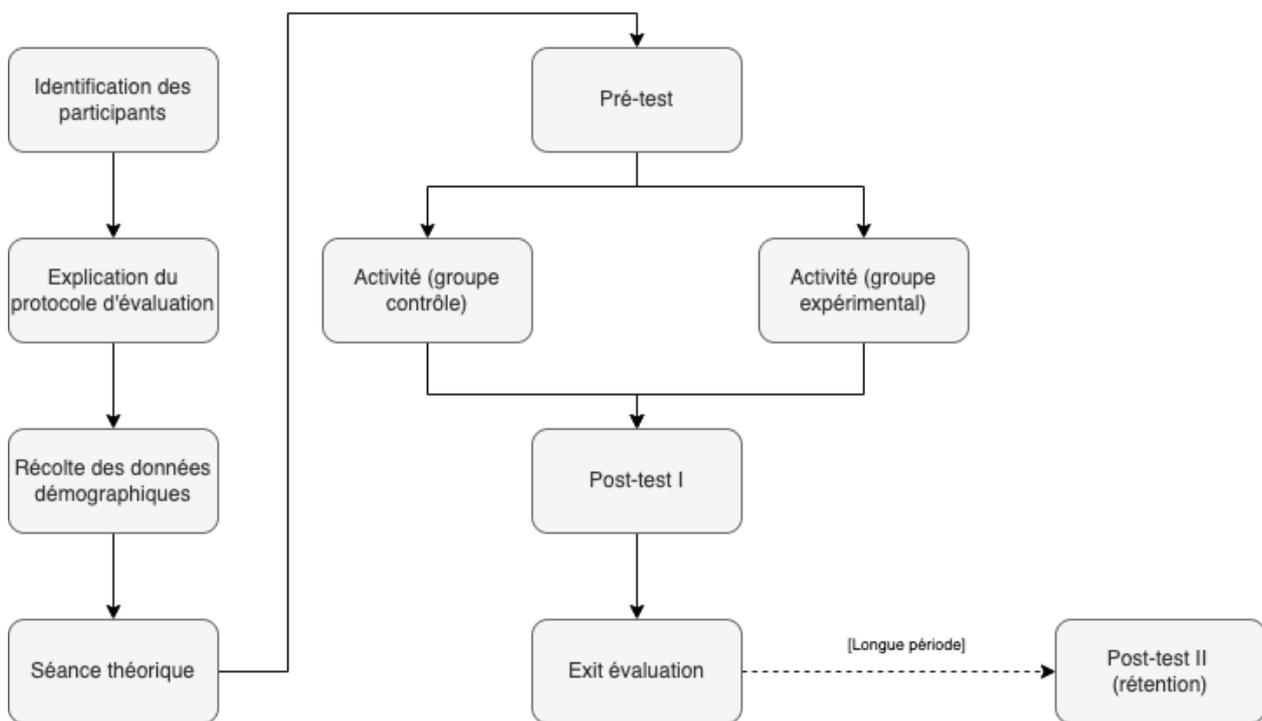


Figure 4.4 – La phase expérimentale Gamma.

Bien que ce ne soit pas toujours évident en pratique en raison du manque de moyens et de temps à disposition des chercheurs, il faudra veiller à ce que la constitution des groupes témoins et expérimentaux soit réalisée selon un processus de randomisation. Il s'agira donc de répartir de manière aléatoire les participants dans chacun des groupes (expérimentaux et témoins) tout en veillant à y garantir un certain équilibre démographique. Les groupes seront ainsi considérés comme similaires, ce qui confèrera un degré de confiance solide dans l'observation d'éventuelles différences entre ces groupes [Chaves et al., 2015].

Les récoltes d'informations prévues aux étapes 3 et 6 prendront généralement la forme d'échelles de Likert. On veillera particulièrement à ce que les étapes 5 et 7 soient réalisées respectivement au plus

proche de l'entrée et de la sortie dans l'activité évaluée afin d'éviter autant que possible l'introduction de biais [López-Pernas et al., 2019a] ,[Gordillo et al., 2020].

L'étape 9 se justifie par le fait que l'apprentissage doit s'apprécier aussi bien sur le long terme que le court terme [Petri et al., 2016]. Cette évaluation, qui a pour but de mesurer le niveau de rétention, sera alors réalisée un mois plus tard. Nous serons néanmoins prudents quant aux résultats car énormément de facteurs peuvent biaiser les résultats récoltés : échanges entre élèves, révision de la matière, modification de l'échantillon (participation moindre à l'enquête par exemple) [Lathwesen and Belova, 2021].

Précisons que le groupe témoin et le groupe expérimental seront tous les deux indifféremment soumis à toutes les étapes, à l'exception de la sixième [Chang, 2019].

Enfin, un rapport sera établi comme pour les phases précédentes et veillera à mettre en exergue la différence entre les compétences des participants pré et post-activité [Wang et al., 2011].

# Chapitre 5

## La méthode Evscape

### 5.1 Introduction

Comme nous l'avons vu précédemment, les JEAI ont été développés afin d'améliorer, de diversifier et de rendre plus attrayant le processus d'apprentissage académique dans le domaine informatique. A ce jour, aucune preuve empirique valable n'a été apportée quant à l'efficacité des JEEI. Or, il s'agit d'un prérequis indispensable avant d'envisager l'introduction de ce nouvel outil en milieu scolaire de manière généralisée, durable et sereine.

A ce jour et à notre connaissance, les chercheurs en JEEI développent exclusivement des méthodes ad hoc pour l'évaluation de leurs expérimentations (voir section 3.4) rendant ainsi la comparabilité des résultats d'études compliquées et déforçant ainsi leur pertinence. Il est donc, à ce stade, impossible de conclure empiriquement à l'efficacité réelle des JEEI, en toute généralité.

Cette section aura pour but d'exposer Evscape, la méthode d'évaluation de JEEI que nous avons développée sur base de la littérature scientifique rencontrée et détaillée dans les sections précédentes. Nous serons ainsi en mesure, dans un second temps, de conclure quant aux effets pédagogiques réels de ce type d'outil. Cette méthode sera agrémentée de conseils glanés au cours de nos lectures et qui en faciliteront l'utilisation.

Dans ce chapitre, nous décrirons Evscape ainsi que les objectifs qu'elle poursuit. Nous détaillerons ensuite la manière dont elle a été construite et les étapes qui la composent. Après quoi, une section dédiée aux outils de récolte de l'information qui ont été spécifiquement développés sera présentée ainsi que l'information qu'il est possible d'en extraire. Nous clôturerons enfin ce chapitre par une section sur la manière dont notre méthode sera évaluée et la présentation de la transposition de notre méthode dans une application : EvscApp.

### 5.2 Description et objectifs

Evscape est une méthode d'évaluation quasi-expérimentale qui a pour but de mesurer l'efficacité pédagogique des JEEI. Elle a été développée par les auteurs de ce document pour le compte de l'UNamur, de sorte à ce qu'elle puisse être utilisée par les chercheurs en JEEI quel que soit leur niveau de connaissance en évaluation d'outils pédagogiques basés sur le jeu (et plus précisément les JEEI).

Concrètement, cette méthode a pour vocation de fournir aux chercheurs dans le domaine une méthode d'évaluation standardisée et permettant une collecte rigoureuse de données empiriques à destination des JEEI respectant le cadre de conception EscapEd (voir section 3.2.4). Grâce à cette méthode, les chercheurs ont la possibilité de se soustraire à la lourde tâche de réalisation et de justification de leur protocole d'évaluation. De plus, elle offre désormais la possibilité de comparer les JEEI entre eux.

Nous précisons, d'emblée, que cette méthode n'émet pas d'interprétation ou de recommandation. En effet, l'interprétation des résultats est toujours laissée aux bons soins d'experts formés en la matière [Laugwitz et al., 2008]. Néanmoins, ces derniers trouveront en notre outil une garantie de rigueur dans la méthode de récolte des données relatives à l'évaluation des aspects de motivation des élèves, d'expérience utilisateur et d'apprentissage par le biais d'indicateurs clés.

Autre limitation assumée, Evscape ne permet pas d'évaluer objectivement l'évolution des apprentissages transversaux tels que définis en section 3.1.1. En effet cela requiert une expertise spécifique dont il est peu probable que nos utilisateurs puissent jouir aisément [Prince, 2004a] (Eye-tracking, bio-capteurs et

autres [Jennett et al., 2008] ). La seconde raison pour laquelle nous avons volontairement fait le choix de ne pas traiter cet aspect-là des apprentissages est que des études ont conclu à l'inefficacité des JEEI dans sa capacité, en une séance, à pouvoir les influencer. En effet, il a été observé que les personnes avaient des rôles sociaux et qualités et qu'il était très compliqué de les modifier dans le temps imparti alloué à la pratique des JEE. À cela s'ajoute le fait qu'il est complexe pour des personnes d'accepter un rôle social différent de celui qui leur est habituellement attribué ou dans lequel elles se projettent [Pan et al., 2017b].

Pour la réalisation de cette méthode d'évaluation, nous avons particulièrement veillé à réduire au maximum l'impact des biais auxquels sont confrontées habituellement les méthodes d'évaluation des JEAI et JEEI (voir précédentes sections). Le lecteur attentif gardera bien à l'esprit que les biais sont inhérents à la recherche pédagogique et qu'il devra toujours garder un oeil critique quant aux résultats qu'il obtiendrait par l'utilisation de cette méthode.

### 5.3 Contexte d'utilisation et recommandations

Evscape se destine à être utilisée dans la phase Gamma du processus quasi-expérimental (voir section 5.5), à savoir celle au moment de laquelle le JEEI en processus d'évaluation est confronté au public cible dans des conditions d'utilisation proches du réel.

Un JEEI en phase d'expérimentation comporte un risque sur le plan pédagogique pour les étudiants, comme expliqué en section 4.3. Pour se prémunir d'influencer négativement les élèves, nous recommandons que le processus d'évaluation du JEEI, et donc l'utilisation de cet outil, soit réalisé en dehors des périodes de cours obligatoires.

Enfin, afin de garantir un nombre de participants minimum et une certaine diversité typologique dans l'échantillon, nous recommandons également qu'un point bonus leur soit octroyé dans le cadre du cours pour lequel le JEEI a été développé, pour le simple fait de leur participation à l'expérimentation.

### 5.4 Construction de la méthode

Conformément à ce qui est décrit en section 5.5, nous avons respecté les trois étapes principales dans la construction de notre méthode à savoir :

1. Le cadrage ;
2. La planification ;
3. L'exploitation.

Comme cela a été largement explicité et justifié dans les sections précédentes, cette méthode d'évaluation a pour objectif de déterminer si les JEEI favorisent l'apprentissage de l'informatique auprès d'étudiants de premier cycle supérieur. Ceci sera analysé sous le prisme de trois facteurs, à savoir la motivation, l'expérience utilisateur et l'apprentissage tels que définis en section 4.3.2.

Grâce à cet outil nous aurons la possibilité, à terme, d'établir :

- si les JEEI permettent aux étudiants de mieux apprendre que lors de séances pratiques classiques ;
- s'il existe des prédispositions démographiques impactant l'efficacité d'apprentissage par le biais de JEEI ;
- s'il existe des spécifications de JEEI (structure, nombre de joueurs, durée...) impactant l'efficacité d'apprentissage par le biais de JEEI ;
- si les JEEI se prêtent mieux à certaines thématiques qu'à d'autres en comparaison aux séances pratiques classiques.

Nous avons ensuite examiné la littérature traitant de l'évaluation des JEEI (et par extension des JEAI) afin d'identifier les pratiques existantes à ce jour et construire notre méthode sur cette base.

## 5.5 Processus

Comme évoqué, Evscape se destine à la phase expérimentale Gamma. C'est donc logiquement que nous nous baserons sur le processus d'évaluation qui lui est lié (voir section 4.3.4) dans la construction de notre méthode (Figure 5.1).

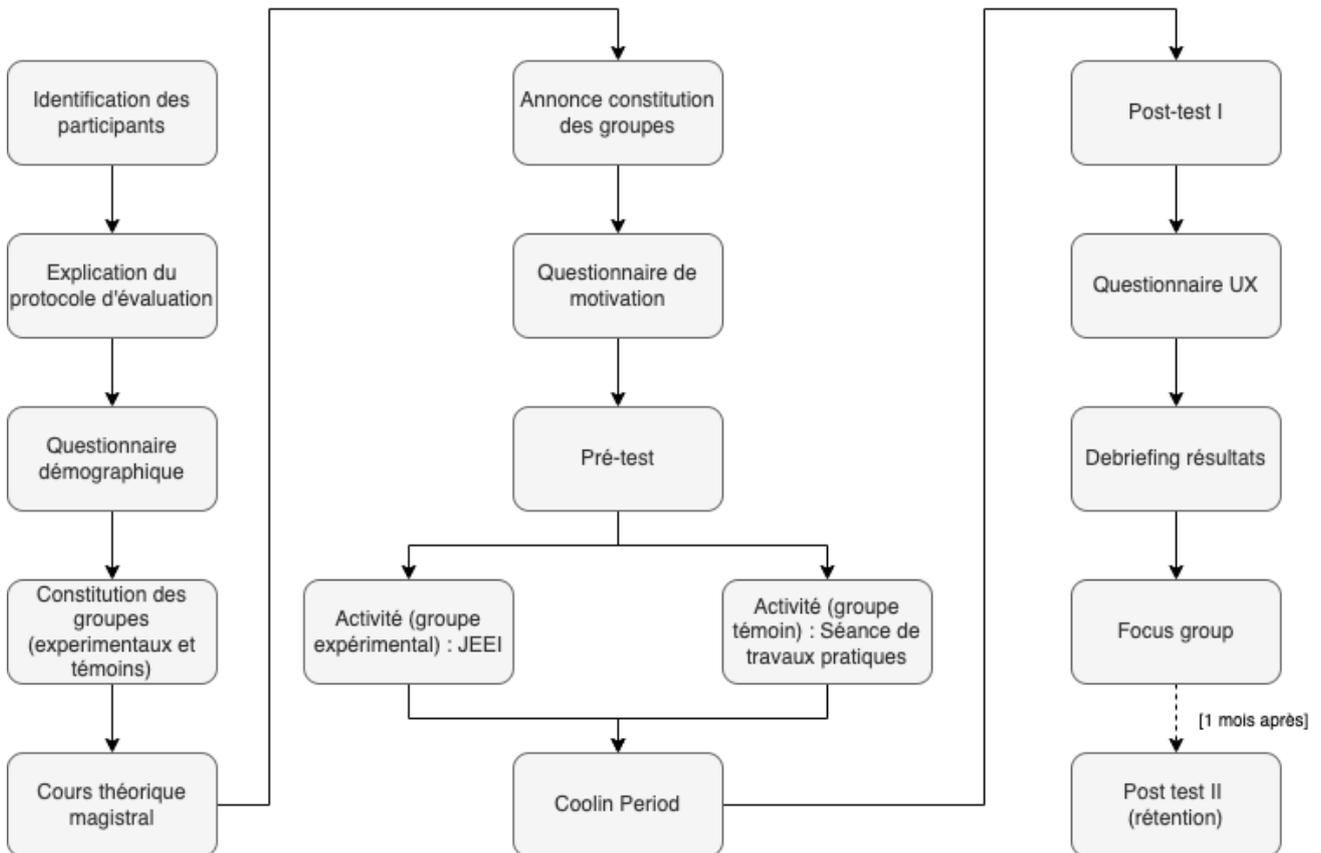


Figure 5.1 – Processus expérimental d'Evscape.

### 5.5.1 Étapes

#### 5.5.1.1 Etape 1 - Identification des participants

L'identification des participants à l'évaluation du JEEI est à réaliser avec grand soin. Il doit s'agir d'élèves représentant la cible finale et auxquels la thématique abordée dans le JEEI n'a pas encore été enseignée.

#### 5.5.1.2 Etape 2 - Explication du protocole d'évaluation aux participants

A cette étape du processus, les participants sont informés de l'objectif du protocole d'évaluation, de la durée du processus, du déroulement et de ce à quoi ils s'engagent.

Il leur est soumis un formulaire de consentement (voir modèle en annexe 7.1) [Chaves et al., 2015]. Par l'acceptation de celui-ci les participants marquent leur accord sur le fait :

- de participer à l'expérience dans son entièreté ;
- que leurs données personnelles récoltées soient utilisées à des fins de recherche, dans le respect du RGPD<sup>1</sup> ;

1. RÈGLEMENT (UE) 2016/679 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données) - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>.

- de répondre aux questionnaires, enquêtes et entretiens de manière honnête et sincère ;
- de participer aux activités de manière honnête et sincère ;
- de participer au test de rétention qui se déroule un mois après l'activité ;
- qu'ils ne divulgueront aucune information, à quelconque tiers, qui pourrait compromettre les résultats et conclusions de cette expérimentation (protocole, questions posées et autres).

### **5.5.1.3 Etape 3 - Enquête démographique**

A cette étape les étudiants remplissent un questionnaire démographique et sont ensuite assignés à un groupe (expérimental ou témoin) par le biais d'un processus de randomisation (voir section 4.3.4).

### **5.5.1.4 Etape 4 - Cours théorique magistral**

Tous les participants, indépendamment du groupe auquel ils appartiennent, participeront à une séance théorique magistrale d'une à deux heures maximum sur le sujet auquel se rapporte le JEEI. Elle aura pour vocation de donner les bases théoriques qui permettront aux étudiants de résoudre les problèmes posés lors des activités évaluées.

Le cours théorique préalable trouve sa justification dans le fait que, conformément à la théorie sur l'apprentissage actif (voir section 3.2.5.1) sur laquelle les JEEI s'appuient, nous considérons que ces derniers sont une activité de soutien complémentaire aux cours théoriques. Dans ce protocole d'évaluation, le JEEI évalué sera donc opposé à une séance classique de travaux pratiques.

### **5.5.1.5 Etape 5 - Évaluation de la motivation**

Préalablement à l'évaluation de cet aspect, l'affectation de chaque participant à un groupe est dévoilée. Procéder de la sorte nous permet de conserver autant possible de l'engouement pour l'activité théorique et de recueillir à chaud les informations liées à la motivation pour l'activité qu'ils vont réaliser. Pour ce faire, tous les participants, indépendamment du groupe auquel ils appartiennent, répondront à un questionnaire permettant d'évaluer leur niveau de motivation. Ce questionnaire est présenté dans la section 5.6.3.

### **5.5.1.6 Etape 6 - Pré-test**

Tous les participants, indépendamment du groupe auquel ils appartiennent, répondront à un questionnaire permettant d'évaluer leur niveau de connaissances dans la matière dispensée sur base du cours théorique. Ce questionnaire est présenté dans la section 5.6.4.

### **5.5.1.7 Etape 7 - Déroulement des activités**

Pour éviter le biais relatif à la différence de difficulté entre pré-test et post-test, nous avons opté pour un questionnaire similaire dans les deux cas de figure (voir 5.5.1.8). Lors du déroulement de l'activité, l'enseignant sera particulièrement vigilant au fait que les participants n'échangent pas au sujet de leurs réponses respectives données au pré-test.

Les étudiants appartenant au groupe témoin suivront une séance classique de travaux pratiques équivalente en termes de durée à celle prévue pour le JEEI. Par "séance classique", il faut entendre qu'une série d'exercices sont donnés aux élèves sur un laps de temps donné, que des questions individuelles peuvent être posées et qu'une correction collective a lieu en fin de séance. Cette séance ne doit pas proposer l'application des principes d'apprentissage collaboratif aux étudiants, sans toutefois les interdire s'ils se manifestent naturellement.

Cette séance contiendra autant d'exercices qu'il y a d'énigmes prévues dans le JEEI, afin de garantir une certaine équité entre les élèves du groupe témoin et du groupe expérimental.

Les étudiants appartenant au groupe expérimental participeront au JEEI. Un membre de l'équipe pédagogique endossera le rôle de maître du jeu (voir section 3.2.3.3). Bien que cela soit une pratique de jeu envisagée dans certains JEEI (voir section 3.2.3.3), aucune pénalité ne sera infligée aux groupes sollicitant

des indices par souci d'équité avec les élèves en séance classique qui peuvent poser autant de questions qu'ils souhaitent. Le seul objectif qui doit guider les élèves est d'arriver au bout des énigmes dans le temps imparti.

Une séance de "cooling period" de 5 minutes sera prévue après chacune des activités, sous surveillance de l'enseignant en charge de l'activité, afin de décompresser tout en s'assurant que des éléments de compréhension complémentaires ne puissent être échangés entre membres de groupes différents, biaisant ainsi les résultats. Il s'agira donc essentiellement d'un échange libre autour de l'expérience utilisateur lors duquel l'enseignant sera particulièrement attentif dans sa prise de notes.

#### **5.5.1.8 Etape 8 - Post-test I**

Tous les participants, indépendamment du groupe auquel ils appartiennent, répondront à un questionnaire permettant d'évaluer leur niveau de connaissances dans la matière dispensée sur base du cours théorique et de l'activité complémentaire d'apprentissage.

La justification de la tenue de ce test sera d'évaluer la progression en termes d'apprentissages des apprenants entre "l'avant" et "l'après" activité.

Ce questionnaire est similaire à celui prévu en section 5.5.1.6, comme expliqué en section 5.6.4.

#### **5.5.1.9 Etape 9 - Évaluation de l'expérience utilisateurs**

Tous les participants, indépendamment du groupe auquel ils appartiennent, répondront à une enquête permettant d'évaluer leur expérience utilisateur. Ce questionnaire est présenté dans la section 5.6.5.

Notons que pour capturer de la meilleure manière qui soit la satisfaction des utilisateurs, il faut que les réponses soient spontanées [Brooke, 2013]. A cette fin, les questions seront présentées les unes à la suite des autres et les étudiants auront un temps limité à 15 secondes par questions pour répondre

A l'issue de ce questionnaire, les participants recevront leurs notes engrangées lors du pré-test et post-test. Ils pourront ainsi constater l'impact de l'activité sur leur apprentissage. Ils n'auront toutefois pas accès au correctif afin d'éviter au maximum l'échange d'informations entre eux et les prochains groupes. S'ensuivra alors un focus group où les participants pourront compléter leur avis de manière semi-dirigée.

#### **5.5.1.10 Etape 10 - Post-test II**

Après un mois, tous les participants, indépendamment du groupe auquel ils appartiennent, répondront à un questionnaire permettant d'évaluer leur niveau de connaissances dans la matière dispensée. L'objectif sera d'évaluer la rétention à long terme.

Les questions proposées seront différentes de celles du post test I afin d'éviter le risque de réponses automatiques, qui cette fois-ci sera bien réel. L'objectif sera de pouvoir comparer le niveau de rétention entre les deux groupes à moyen terme.

### **5.5.2 Adaptations**

Les étapes postérieures à "l'identification des participants" se dérouleront simultanément si le nombre de membres de l'équipe encadrante le permet ; ceci afin de réduire le risque d'échanges d'informations entre élèves. Dans le cas contraire, les utilisateurs de notre méthode veilleront autant que possible à ne pas renseigner l'identité des participants aux autres et à appliquer l'entièreté du processus aux deux groupes séparément.

## 5.6 Récolte des données

Dans cette section, nous détaillerons les différents outils développés afin de collecter les informations nécessaires aux étapes 4, 5, 7, 8 mentionnées en section 5.5. L'ensemble des éléments de récolte de données évoqué doit être indifféremment applicable aux activités suivies par le groupe témoin et expérimental, ce à des fins de comparaison. Néanmoins, ces éléments seront rédigés et orientés de sorte à pouvoir se positionner spécifiquement quant aux vertus qui ont jusqu'à présent été prêtées aux JEEI sans que cela n'ait été empiriquement prouvé.

L'évaluation des JEEI portera sur 3 aspects : motivation, expérience utilisateur et apprentissage (voir section 5.5 ). Nous y avons adjoint un quatrième qui aura pour but d'identifier d'éventuels facteurs de prédisposition à l'utilisation des JEEI et/ou de pouvoir élargir les possibilités de corrélation entre les résultats obtenus, à savoir les facteurs démographiques.

Trois méthodes de récolte de données explicitées en section 4.3.3 seront utilisées afin de mesurer les aspects précédemment cités :

- les tests, car c'est le seul moyen présenté dans la littérature permettant d'évaluer objectivement les acquis pédagogiques ;
- les questionnaires, car ce sont des outils "pratiques et économiques" très régulièrement utilisés dans les évaluations de JEEI et JEAJ qui permettent de capturer raisonnablement des notions plus complexes et qui nécessiteraient l'intervention d'experts s'il fallait les observer ;
- l'interview semi-dirigée, afin de compléter, nuancer, compléter et/ou préciser les données récoltées par les deux autres méthodes.

### 5.6.1 Outils sources

Conformément à ce qui est décrit en section 4.3.3, les questionnaires et l'interview semi-dirigée ont été construits par compilation, sélection et adaptation d'outils rencontrés dans notre revue de littérature. Concrètement, dans le cadre de cette étude, nous nous sommes basés sur les outils présentés en section 4.3.3 à savoir : SUS (4.3.3.1.1), MEEGA+ (4.3.3.1.2), IGE (4.3.3.1.3), HEEG (4.3.3.1.4), GUESS(4.3.3.1.5), Flow Scale For Games (4.3.3.1.6), E-Gameflow(4.3.3.1.7), et autres questionnaires ad hoc (4.3.3.1.8). Lorsque la catégorie spécifiée dans l'article source n'était pas renseignée ou n'appartenait pas à une des catégories du GQM (voir section 5.5 ), nous l'avons reclassée selon notre propre compréhension.

Le lecteur attentif se sera aperçu que bien que destinées aux experts [Connolly et al., 2008], nous nous sommes également inspiré d'heuristiques, car elles mettent en exergue des points d'évaluation importants dans le cadre d'un JEAJ que l'on peut transposer sous forme de questions manipulables par notre cible.

### 5.6.2 Relevé des données démographiques

Nous avons opté pour une récolte par questionnaire. Pour la réalisation de ce questionnaire, nous nous sommes basé sur les caractéristiques et questions démographiques rencontrées lors de notre revue de littérature. Nous avons compilé l'ensemble de ces éléments d'évaluation et retiré ceux qui étaient redondants ; avant de sélectionner les éléments les plus pertinents et de les reformuler le cas échéant (voir section 4.3.3.1).

Ce questionnaire servira exclusivement à des fins de corrélation avec les résultats obtenus dans les autres enquêtes exposées dans la présente section. Il sera transmis aux participants préalablement à l'activité évaluée.

Nous avons extrait 6 éléments des enquêtes démographiques rencontrées (Tableau 5.1) .

### 5.6.3 Évaluation de la motivation

Nous avons opté pour une récolte par "échelle de Likert à 5 facteurs" allant de "fortement en désaccord" à "fortement d'accord" avec l'affirmation proposée.

Comme évoqué précédemment, nous avons compilé l'ensemble de ces éléments d'évaluation et retiré ceux qui étaient redondants ; avant de sélectionner les éléments les plus pertinents et de les reformuler le cas échéant (voir section 4.3.3.1).

Le questionnaire sera transmis aux participants préalablement à l'activité évaluée. Ces derniers devront impérativement répondre à tous les éléments.

Nous avons ainsi extrait un total de 3 éléments pertinents relatifs à la motivation (Tableau 5.1) dans l'ensemble des questionnaires mentionnés en section 5.6.1.

### 5.6.4 Évaluation de l'apprentissage

L'évaluation de l'apprentissage sera définie par différence relative des résultats observés entre le pré-test et post-test I (et post-test II). Chacun de ces tests prendra la forme d'un questionnaire à choix multiples (QCM) de 10 questions à 4 choix. L'enseignant veillera à proposer 5 questions qu'il jugera comme étant d'un niveau facile et 5 d'un niveau plus ardu. Le choix du QCM permettra d'objectiver les réponses entre les élèves et facilitera la correction de l'enseignant [López-Pernas et al., 2019a]. Les questionnaires de pré-test et de post-test I seront identiques afin de limiter un biais quant à une possible différence de difficulté entre les questions. Nous estimons que n'ayant pas, à ce stade, reçu de feedback quant aux réponses, le risque que les élèves procèdent par "réponses automatiques" tel qu'évoqué en section 4.3.2.3, est faible. Les questions seront néanmoins proposées dans un ordre différent.

Les utilisateurs de notre méthode seront attentifs au facteur chance dont pourront jouir certains élèves. Néanmoins, la probabilité qu'un élève obtienne par hasard un note supérieure ou égale à 60 % est de 1,97 %<sup>2</sup>. Nous pensons que le risque d'impact de ce biais est raisonnable.

### 5.6.5 Évaluation de l'expérience utilisateur

Nous avons opté pour une récolte par "échelle de Likert à 5 facteurs" allant de "fortement en désaccord" à "fortement d'accord" avec l'affirmation proposée.

Nous avons également compilé l'ensemble de ces éléments d'évaluation et retiré ceux qui étaient redondants ; avant de sélectionner les éléments les plus pertinents et de les reformuler le cas échéant (voir section 4.3.3.1).

Nous avons ainsi extrait un total de 25 éléments pertinents relatifs à l'expérience utilisateur (Tableau 5.1) dans l'ensemble des questionnaires mentionnés en section 5.6.1

Les données récoltées par ce questionnaire seront complétées par une prise de notes de réactions obtenues lors d'un focus group. Notre choix s'est porté sur les focus groups au détriment des entretiens individuels pour une question de temps. Les informations ainsi récoltées permettront de faciliter et compléter l'interprétation future des résultats.

Nous avons appliqué le même protocole de construction de la liste des questions semi-dirigées que pour les enquêtes ; à savoir que nous nous sommes basés sur l'existant et l'avons complété le cas échéant de questions pertinentes.

---

2. Loi binomiale.

Il sera primordial que ce soit le même évaluateur qui réalise tous les focus groups afin d'obtenir une certaine continuité dans les commentaires et une même sensibilité pour une expérience donnée [Chaves et al., 2015].

La liste des questions retenue est :

- "Pensez-vous que l'activité d'apprentissage était adaptée à la thématique?" [de Carvalho, 2012] ;
- "Pensez-vous que l'activité d'apprentissage était adaptée à l'informatique?" [de Carvalho, 2012] ;
- "Citez trois forces de l'activité que vous avez suivie?" [Petri et al., 2016].

Ref.	Cat.	Source	Question source	Question Evscape	Type	Commentaire
D01	D	[Petri et al., 2016]	(Pas de question explicitement présentée mais information traitée).	Quel âge avez-vous ?	O	
D02	D	[Petri et al., 2016]	(Pas de question explicitement présentée mais information traitée).	De quel genre êtes-vous ? Choix : — Femme ; — Homme.	C	
D03	D	[Marín et al., 2018]	Quelle branche de l'ingénierie étudiez-vous ?	Quel est votre niveau d'études actuel ? Choix : — Secondaire inférieur ; — Secondaire supérieur ; — Baccalauréat ; — Master.	C	
D04	D	[de Carvalho, 2012]	(Pas de question explicitement présentée mais information traitée).	Dans quelle région du monde avez-vous vécu le plus longtemps au cours de ces 5 dernières années ? Choix : — Afrique ; — Amérique du Nord ; — Amérique du Sud ; — Asie ; — Europe ; — Océanie.	C	
D05	D	[de Carvalho, 2012]	Je pense être bon dans la matière.	Selon vous, quel est votre niveau de maîtrise de la matière abordée dans l'activité pédagogique concernée par cette évaluation ? Choix : — Néant ; — Novice ; — Confirmé ; — Expert.	C	Facteur pertinent pour évaluer l'efficacité pédagogique des JEEI selon que l'on soit dans une phase d'initiation ou de perfectionnement des apprentissages.

Ref.	Cat.	Source	Question source	Question Escape	Type	Commentaire
D06	D	[López-Pernas et al., 2019b]	A quelle fréquence jouez vous à ce type de jeu ?	A quelle fréquence jouez vous à des jeux d'évaluation ( pédagogique ou non) ? Choix : — Jamais ; — Rarement — Régulièrement.	C	
M01	M	[López-Pernas et al., 2019b]	De manière générale, aimez-vous les jeux ?	Je suis enthousiaste à l'idée de réaliser l'activité pédagogique pratique à laquelle j'ai été assigné(e).	L	
M02	M	[López-Pernas et al., 2019b]	Aimez-vous la matière enseignée ?	Je suis intéressé(e) par la matière enseignée au travers de l'activité pédagogique qui m'est proposée.	L	
M03	M	[López-Pernas et al., 2019b]	Le développement d'interface graphique est facile pour moi.	Je pense que la matière enseignée au travers de l'activité pédagogique qui m'est proposée est difficile à appréhender.	L	
U01	U	[Phan et al., 2016]	Je ne me suis pas soucié des événements qui se passaient dans le monde réel durant le jeu.	Je ne me suis pas soucié(e) des événements externes à l'activité pratique à laquelle j'ai participé.	L	Permet de déterminer l'état de flux.
U02	U	[Phan et al., 2016]	J'ai été captivé par l'histoire depuis le départ.	J'ai été captivé(e) par l'activité pratique depuis le départ.	L	Permet de déterminer l'état de flux.
U03	U	[Fu et al., 2009]	Le défi est adéquat, ni trop difficile, ni trop facile.	Je pense que le niveau de défi de l'activité pratique était adéquat (ni trop facile, ni trop difficile).	L	Permet d'évaluer l'impact des mécaniques de jeu sur l'état de flux.
U04	U	[Phan et al., 2016]	Je recommanderai ce jeu à d'autres.	Je recommanderai cette activité pratique à d'autres étudiants de premier cycle en informatique.	L	
U05	U	[Tan et al., 2010]	Voulez-vous jouer à plus de jeux ?	Je souhaite faire plus d'activités pratiques similaires dans le cadre de ma formation en informatique.	L	
U06	U	divers (retrouver la source)	La durée de jeu était adéquate.	Je pense que la durée de l'activité pratique était adéquate.	L	

Ref.	Cat.	Source	Question source	Question Escape	Type	Commentaire
U7	U	[Fu et al., 2009]	Je me sens viscéralement impliqué dans le jeu.	Je me suis senti(e) viscéralement impliqué(e) dans l'activité pratique.	L	
U8	U	[Tan et al., 2010]	Avez-vous rencontré des erreurs dans le jeu?	J'ai relevé des incohérences (ou erreurs) au cours de l'activité pratique qui m'a été présentée.	L	
U9	U	[Petri et al., 2016]	J'étais tellement impliqué dans le jeu que j'ai perdu la notion du temps.	J'étais tellement impliqué(e) dans l'activité pratique que j'ai perdu la notion du temps.	L	Permet de mettre en exergue des erreurs d'implémentation qui biaiserait l'étude
U10	U	[Petri et al., 2016]	Le jeu est une méthode d'enseignement adéquate pour ce cours.	Je pense que l'activité pratique proposée est une méthode d'enseignement adéquate pour cette matière.	L	
U11	U	[Petri et al., 2016]	La conception du jeu est attrayante (interface, graphisme, plateau...).	Je pense que la conception de l'activité pratique est attrayante.	L	
U12	U	[Rêgo and de Medeiros, 2015]	Le joueur trouve le jeu amusant, sans tâche répétitive ou ennuyante.	J'ai trouvé du plaisir dans l'activité pratique proposée.	L	
U13	U	[Rêgo and de Medeiros, 2015]	Le joueur trouve le jeu amusant, sans tâche répétitive ou ennuyante.	Je pense que les tâches proposées dans l'activité pratique étaient amusantes.	L	
U14	U	[Rêgo and de Medeiros, 2015]	Le joueur trouve le jeu amusant, sans tâche répétitive ou ennuyante.	Je pense que les tâches proposées dans l'activité pratique étaient variées.	L	
U15	U	[Rêgo and de Medeiros, 2015]	Le joueur ne doit pas être surchargé de tâches non essentielles.	Je pense que certains éléments proposés dans l'activité pratique étaient non essentiels à l'acquisition des savoirs visés.	L	Important pour l'état de flux de ne pas être encombré d'éléments inutiles.
U16	U	[Rêgo and de Medeiros, 2015]	Le jeu d'évasion était une expérience stressante.	Je pense que l'activité pratique était une expérience stressante.	L	

Ref.	Cat.	Source	Question source	Question Evscape	Type	Commentaire
U17	U	[Rêgo and de Medeiros, 2015]	Tous les participants ont été impliqués de manière équitabile dans le jeu.	Je pense que tous les participants ont été impliqués de manière équitabile dans l'activité pratique.	L	Permet d'observer si les mécaniques de jeu ne brident pas certains participants.
U18	U	[Rêgo and de Medeiros, 2015]	Je trouve le système inutilement complexe.	Je pense que l'activité pratique était inutilement complexe.	L	
U19	U	[Fu et al., 2009]	Je comprends les objectifs d'apprentissage à travers le jeu.	J'ai pu faire le lien entre la séance théorique et l'activité pratique proposée.	L	Permet de voir si les mécaniques de jeu ne perturbent pas l'apprentissage.
U20	U	[Fu et al., 2009]	Je veux en savoir plus sur la matière enseignée.	A l'issue de l'activité pratique, je souhaite en savoir plus sur la matière enseignée.	L	Permet de mesurer l'impact de l'activité sur l'envie d'apprendre.
U21	U	[Fu et al., 2009]	Je reçois directement des informations sur ma réussite ou mon échec.	Au cours de l'activité pratique, j'ai pu rapidement me rendre compte de mes erreurs ou réussites.	L	
U22	U	[Fu et al., 2009]	La coopération dans le jeu est utile à mon apprentissage.	Au cours de l'activité pratique, j'ai pu compter sur l'aide des autres participants pour augmenter mes connaissances dans la matière enseignée.	L	Permet de mesurer la propension de l'activité à favoriser l'apprentissage collaboratif.
U23	U	[Fu et al., 2009]	J'essaye d'appliquer les connaissances dans le jeu.	J'estime que l'activité pratique m'a permis de mettre en pratique mes connaissances théoriques.	L	
U24	U	[Fu et al., 2009]	J'ai mieux appris avec le jeu d'évasion qu'avec une session pratique en laboratoire.	Je pense que l'activité pratique à laquelle j'ai été assigné(e) m'a permis de mieux apprendre que si j'avais été affecté(e) à l'autre.	L	
U25	U	[Phan et al., 2016]	Je trouve que le jeu prend en charge les interactions sociales entre joueurs.	Je pense que l'activité favorise les échanges et la collaboration entre participants.	L	

Ref.	Cat.	Source	Question source	Question Evscape	Type	Commentaire
EG1	/		Quelle est votre opinion générale sur le jeu d'évasion ?	<p>Sur base de mon expérience scolaire personnelle, je qualifierais mon expérience avec l'activité pédagogique proposée comme étant :</p> <p>Choix :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Mauvaise;</li> <li>— Suffisante;</li> <li>— Bonne;</li> <li>— Excellente;</li> <li>— Exceptionnelle.</li> </ul>	C	Afin de pouvoir corréler, à terme, un niveau de satisfaction général avec les résultats obtenus via les autres éléments et ainsi créer une échelle (voir section 4.3.3.1.1).

**Table 5.1 – Liste des questions destinées à l'évaluation d'un JEEI selon la méthode Evscape.**

A = expérience d'apprentissage / EG = expérience générale / M = motivation / U = expérience utilisateur / L = questionnaire de Likert / C = questionnaire à choix multiples / N = information numérique.

$$S_{p,q}^- = \frac{\sum_{p \in P} \sum_{q \in Q} S_{(p,q)}}{\#P \times \#Q} = \text{Score P} \quad (5.1)$$

**Figure 5.2 – Moyenne des résultats obtenus relatifs à la perception générale de l'utilisateur au sein d'un groupe (Score P)**

$$S_{p,q_m}^- = \frac{\sum_{p \in P} \sum_{q_m \in Q_m} S_{(p,q_m)}}{\#P \times \#Q_m} = \text{Score P1} \quad (5.2)$$

**Figure 5.3 – Moyenne des résultats obtenus pour la motivation au sein d'un groupe (Score P1)**

### 5.6.6 Scoring

Le protocole de scoring relatif à l'évaluation des activités d'apprentissage proposées aux étudiants comportera deux volets : Le volet "Questionnaire" et le volet "Pré-Test et Post-Test". Le but sera de pouvoir attribuer un score individuel, comparable et compréhensible aux JEEI faisant l'objet d'une évaluation via Evscape.

Concernant le questionnaire créé (7.10), le protocole de scoring consistera à donner équitablement un poids à chaque élément d'évaluation le composant. Le facteur de Likert :

- "Fortement en désaccord" avec l'affirmation proposée apportera un score de 0 point sur 4 ;
- "En désaccord" avec l'affirmation proposée apportera un score de 1 point sur 4 ;
- "Neutre" avec l'affirmation proposée apportera un score de 2 points sur 4 ;
- "D'accord" avec l'affirmation proposée apportera un score de 3 points sur 4 ;
- "Fortement d'accord" avec l'affirmation proposée apportera un score de 4 points sur 4.

L'ensemble des points obtenus, pour un participant, sera alors rapporté sur un total de 112 (Questions de type U et M). Nous convertirons ce coefficient en pourcentage, lequel aura pour vocation de représenter la perception globale qu'un participant a attribué au JEEI évalué. Nous agrégerons les résultats et calculerons alors une moyenne sur l'ensemble des coefficients de perceptions obtenus, conformément à l'Équation 5.1 où  $S_{p,q}^-$  est la moyenne des scores que des participants  $p$  appartenant à l'ensemble des participants pour un groupe donné (experimental ou témoin)  $P$  ont donné à chacune des questions  $q$  appartenant à l'ensemble des Questions  $Q$  soit  $s_{(p,q)}$ . Cette moyenne sera donc présentée séparément pour le groupe cible et le groupe expérimental.

À ce score général obtenu, nous adjoindrons, les scores propres à chacune des catégories (U et M). C'est ainsi que nous évaluerons individuellement :

- la motivation selon l'Équation 5.2 où  $S_{p,q_m}^-$  est la moyenne des scores que des participants  $p$  appartenant à l'ensemble des participants pour un groupe donné (expérimental ou témoin)  $P$  ont donné à chacune des questions  $q_m$  appartenant à l'ensemble des Questions relatives à l'évaluation de la motivation  $Q_m$  soit  $s_{(p,q_m)}$  ;
- l'expérience utilisateur selon l'Équation 5.3 où  $S_{p,q_{ux}}^-$  est la moyenne des scores que des participants  $p$  appartenant à l'ensemble des participants pour un groupe donné (expérimental ou témoin)  $P$  ont donné à chacune des questions  $q_{ux}$  appartenant à l'ensemble des Questions relatives à l'évaluation de l'expérience utilisateur  $Q_{ux}$  soit  $s_{(p,q_{ux})}$ .

$$S_{p,q_{ux}}^- = \frac{\sum_{p \in P} \sum_{q_{ux} \in Q_{ux}} S_{(p,q_{ux})}}{\#P \times \#Q_{ux}} = \text{Score P2} \quad (5.3)$$

**Figure 5.4 – Moyenne des résultats obtenus pour l'expérience utilisateur au sein d'un groupe (Score P2)**

$$Evolution_{(pr,po)} = \frac{\sum_{i \in P} \frac{po_i - pr_i}{pr_i}}{\#P} = \text{Score A} \quad (5.4)$$

**Figure 5.5 – Évolution moyenne de résultats entre le pré-test et post-test pour une expérimentation donnée (Score A)**

Quant à la récolte d'informations relative à l'apprentissage celle-ci s'organisera de la manière suivante. Chaque QCM (pré-test et post-test) sera composé de dix questions. Chaque question permettra de rapporter un maximum de dix points. Dix points seront octroyés pour toute bonne réponse à une question. Par contre en cas de mauvaise réponse dix points seront retranchés au total sans que jamais le score final ne puisse être négatif. Cette règle a pour vocation de réduire le biais relatif au facteur chance et s'assurer de la correcte compréhension des concepts [López-Pernas et al., 2019a]. Une abstention n'apportera et ne retranchera aucun points à l'étudiant.

A l'issue des ces tests, nous obtiendrons deux scores (pré-test et post-test). Nous calculerons alors l'évolution relative entre la situation des connaissances avant l'activité et après l'activité [López-Pernas et al., 2019a]. Sur cet indicateur nous calculerons également une moyenne de l'évolution sur l'ensemble des participants conformément à l'Équation 5.4 où  $Evolution_{pr,po}$  est l'évolution moyenne observée entre les pré-test  $pr$  et post-test  $po$  de tous les participants  $i$  appartenant à l'ensemble des participants d'une activité  $P$

Comme précisé précédemment, ces scores ont une vocation indicative et comparative. Seuls, ils ne permettent de tirer aucune conclusion quant à l'efficacité ou non des JEEI.

## 5.7 Indicateurs clés généraux

Dans la section 5.6.6 nous avons établi un protocole de scoring permettant de donner une valeur individuelle aux JEEI. Il est donc désormais possible d'établir des comparaisons entre eux. Grâce à cela, les enseignants désireux d'appliquer à titre expérimental ce type d'outils dans le cadre de leur cours seront désormais en mesure de pouvoir faire un choix éclairé quant à leur capacité réelle à transmettre des apprentissages dans un contexte déterminé.

Le travail que nous nous efforcerons de faire dans cette section est différent, bien que s'appuyant sur les mêmes données. En effet, il vise à répondre au deuxième objectif que nous nous sommes fixés à savoir de participer à déterminer la valeur pédagogique réelle des JEEI en toute généralité. Comme explicité en section 5.4, les questions auxquelles nous souhaitons répondre sont :

- Q1 : Les JEEI permettent-ils aux étudiants de mieux apprendre que lors de séances pratiques classiques ?
- Q2 : Existe-t-il des prédispositions typologiques impactant l'efficacité d'apprentissage par le biais de JEEI ?
- Q3 : Existe-t-il des mécaniques de JEEI impactant l'efficacité d'apprentissage par le biais de JEEI ?
- Q4 : Les JEEI se prêtent-ils mieux à certaines thématiques qu'à d'autres en comparaison aux séances pratiques classiques ?

Notre démarche générale sera de compiler l'ensemble des résultats récoltés au travers de toutes les expérimentations propres aux JEEI évalués via Evscape selon les protocoles définis en section 5.6.6 et d'en extraire des indicateurs permettant de mesurer chacun des aspects précédemment énoncés (Q1, Q2, Q3 et Q4).

### 5.7.1 Indicateurs clés Q1

Les indicateurs qui seront présentés dans cette partie auront pour objectif de déterminer si les JEEI se montrent plus efficaces d'un point de vue des apprentissages que les séances de travaux pratiques classiques. C'est donc fort logiquement que nous vous présenterons les indicateurs séparément selon le

fait qu'ils concernent les participants du groupe témoin ( séance pratique classique) ou ceux du groupe expérimental (JEEI).

Le premier indicateur qui sera présenté dans ce cadre est l'évolution relative moyenne des résultats entre le pré-test et post-test par groupe. Nous aurons ainsi une idée des progrès que les étudiants ont pu réaliser en termes de connaissance à l'issue de l'activité à laquelle ils ont participé.

$Evolution\bar{AGT}_{(pr,po)}$  (Équation 5.5) est l'évolution moyenne d'apprentissages de tous les membres des groupes témoins confondus.  $PT$  est l'ensemble des participants  $t$  membres d'un groupe témoin,  $po_t$  est le résultat du post-test du participant  $t$  et  $pr_t$  est le résultat du pré-test du participant  $t$ .

$$Evolution\bar{AGT}_{(pr,po)} = \frac{\sum_{t \in PT} \frac{po_t - pr_t}{pr_t}}{\#PT} = \text{Indicateur INDQ1.1A} \quad (5.5)$$

**Figure 5.6 – Évolution moyenne de résultats entre le pré-test et post-test réalisés pour le groupe témoin (INDQ1.1A)**

$Evolution\bar{AGE}_{(pr,po)}$  (Équation 5.6) est l'évolution moyenne d'apprentissage de tous les membres des groupes expérimentaux confondus.  $PE$  est l'ensemble des participants  $e$  ayant pris part à l'évaluation d'un JEEI en tant que membre d'un groupe expérimental,  $po_e$  est le résultat du post-test du participant  $e$  et  $pr_e$  est le résultat du pré-test du participant  $e$ .

$$Evolution\bar{AGE}_{(pr,po)} = \frac{\sum_{e \in PE} \frac{po_e - pr_e}{pr_e}}{\#PE} = \text{Indicateur INDQ1.1B} \quad (5.6)$$

**Figure 5.7 – Évolution moyenne de résultats entre le pré-test et post-test réalisés pour le groupe expérimental (INDQ1.1B)**

La médiane et l'écart-type viendront compléter ces précédents indicateurs afin d'apporter un complément d'informations à la vue d'ensemble que nous fournit le calcul de la moyenne. Nous appellerons INDQ1.2A la médiane de la série d'évolutions relatives individuelles d'apprentissage des membres du groupe témoin. Son pendant pour les membres du groupe expérimental sera appelé INDQ1.2B.

$\sigma_{EvolutionAGT}$  (Équation 5.7) est l'écart-type de l'évolution d'apprentissage de tous les membres des groupes témoins confondus.  $PT$  est l'ensemble des participants  $t$  membres d'un groupe témoin,  $Ev_t$  est l'évolution d'apprentissage du participant  $t$  et  $E\bar{v}t$  est l'évolution moyenne d'apprentissage de tous les membres des groupes témoins confondus ( Équation 5.6) .

$$\sigma_{EvolutionAGT} = \sqrt{\frac{1}{\#PT} \sum_{t=1}^{\#PT} (Ev_t - E\bar{v}t)^2} = \text{Indicateur INDQ1.3A} \quad (5.7)$$

**Figure 5.8 – Écart-type de l'évolution des résultats entre le pré-test et post-test pour le groupe témoin (INDQ1.3A)**

$\sigma_{EvolutionAGE}$  (Équation 5.8) est l'écart-type de l'évolution d'apprentissage de tous les membres des groupes expérimentaux confondus.  $PE$  est l'ensemble des participants  $e$  membres d'un groupe expérimental,  $Ev_e$  est l'évolution d'apprentissage du participant  $e$  et  $E\bar{v}e$  est l'évolution moyenne d'apprentissage de tous les membres des groupes expérimentaux confondus ( Équation 5.6) .

$$\sigma_{EvolutionAGE} = \sqrt{\frac{1}{\#PE} \sum_{e=1}^{\#PE} (Ev_e - \bar{Ev})^2} = \text{Indicateur INDQ1.3B} \quad (5.8)$$

**Figure 5.9 – Écart-type de l'évolution des résultats entre le pré-test et post-test pour le groupe expérimental (INDQ1.3B)**

Enfin, nous établirons si une corrélation existe entre l'évolution des résultats dans la "transition pré/post-test" et le groupe auquel le participant appartient. En d'autres mots, nous tenterons d'établir si l'évolution observée est fonction de l'activité à laquelle l'étudiant a pris part. Étant donné que nous tentons d'établir une corrélation entre des données qualitatives et quantitatives nous appliquerons le concept de rapport de corrélation.

$\eta_{EG}$  (Équation 5.9) est le rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et celui relatif aux groupes  $G$ .  $E_p$  est l'évolution relative d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des participants  $P$  (indépendamment du groupe auquel il appartient).  $g$  est une des classe du facteur "groupe".  $\bar{E}_g$  est donc l'évolution relative d'apprentissage moyenne pour un type de groupe (expérimental ou témoin). Enfin,  $\#P_g$  est le cardinal de l'échantillon propre au groupe  $g$ .

$$\eta_{EG} = \frac{\sum_{g \in G} \#P_g (\bar{E}_g - \bar{E})^2}{\sum_{p \in P} (E_p - \bar{E})^2} = \text{Indicateur INDQ1.4} \quad (5.9)$$

**Figure 5.10 – Rapport de corrélation linéaire évolution d'apprentissage relative / groupe (INDQ1.4)**

A l'issue de la consultation de ces indicateurs, nous serons en mesure de donner une tendance générale quant à l'intérêt pédagogique que présente réellement les JEEI par rapport à une séance classique de travaux pratiques. Les indicateurs explicités dans les sections suivantes permettront d'affiner ce constat.

### 5.7.2 Indicateurs clés Q2

Les indicateurs faisant l'objet de cette section poursuivront l'objectif de déterminer si les JEEI s'adressent plus particulièrement à un certain type de public. Pour l'établissement de ces indicateurs nous nous baserons sur les données démographiques et d'apprentissage des participants appartenant exclusivement au groupe expérimental.

Les éléments démographiques retenus, sont l'âge (D01), le sexe (D02) et les connaissances préalables présumées (D05). Le facteur D05 nous semblait particulièrement pertinent dans l'objectif d'évaluer si les JEEI pouvaient se montrer plus efficaces dans une phase d'initiation ou de perfectionnement d'un sujet.

Nous présenterons l'évolution moyenne des apprentissages entre le pré-test et post-test pour chacune des classes relatives aux facteurs démographiques D02 et D05. Nous en ferons de mêmes pour le facteur D01 mais pour des questions d'interprétabilité nous veillerons préalablement à réorganiser les résultats selon les classes suivantes : 16-25 ans, 26-35 ans et 36 ans et plus. Nous accompagnerons la moyenne de la médiane et l'écart-type.

$Evolution_{D_x}(\bar{pr}, \bar{po})$  (Équation 5.10) est la formule généralisée de l'évolution moyenne d'apprentissage de tous les membres des groupes expérimentaux confondus et appartenant à la classe  $x$  du facteur démographique  $D$ .  $PD_x$  est l'ensemble des participants  $e$  membres d'un groupe expérimental appartenant à la classe  $x$  du facteur démographique  $D$ ;  $po_e$  est le résultat du post-test du participant  $e$  et  $pr_e$  est le résultat du pré-test du participant  $e$ .

Il faut comprendre  $D_x$  (Équation 5.10) comme étant une variable qui nous permet de nous soustraire à la réécriture de formules relativement similaires. L'ensemble des valeurs pouvant être prises par  $D_x$

se compose des différentes classes liées aux facteurs démographiques. Par la variabilisation des classes et facteurs démographiques, l'Equation 5.10 représente à elle seule 9 formules (Tableau 5.2 - colonne "ADx").

$$Evolution\bar{D}_x (pr,po) = \frac{\sum_{e \in PD_x} \frac{po_e - pr_e}{pr_e}}{\#PD_x} = \text{Indicateur INDQ2.ADx} \quad (5.10)$$

**Figure 5.11 – Évolution moyenne de résultats entre le pré-test et post-test pour le groupe experimental appartenant à la classe x du facteur démographique D (indicateur INDQ2.ADx)**

$\sigma_{EvolutionD_x}$  (Équation 5.11) est l'écart-type de l'évolution d'apprentissage de tous les membres des groupes expérimentaux confondus et appartenant à la classe x du facteur démographique D.  $PD_x$  est l'ensemble des participants e membres d'un groupe expérimental appartenant à la classe x du facteur démographique D ;  $Ev_e$  est l'évolution d'apprentissage du participant e et  $Ev\bar{D}_x$  est l'évolution moyenne d'apprentissage de tous les membres des groupes expérimentaux confondus appartenant à la classe x liée au facteur démographique D.

À l'instar de  $Evolution\bar{D}_x (pr,po)$ , nous avons variabilisé la formule  $\sigma_{EvolutionD_x}$ . Cela nous permet de nous soustraire à la réécriture de formules relativement similaires. L'ensemble des valeurs pouvant être prises par Dx se compose des différentes classes liées aux facteurs démographiques. Par la variabilisation des classes et facteurs démographiques, l'Equation 5.11 représente à elle seule 9 formules (Tableau 5.2 - colonne "BDx").

$$\sigma_{EvolutionD_x (pr,po)} = \sqrt{\frac{1}{\#PD_x} \sum_{e=1}^{\#PD_x} (Ev_e - Ev\bar{D}_x)^2} = \text{Indicateur INDQ2.BDx} \quad (5.11)$$

**Figure 5.12 – Écart-type de l'évolution des résultats entre le pré-test et post-test pour le groupe experimental appartenant à la classe x liée à l'élément démographique D (INDQ2.BDx)**

Facteur démographique	Ref. <sup>3</sup>	Classe	ADx	BDx
Âge	D01	16-25 ans	INDQ2.1A	INDQ2.2A
Âge	D01	26-35 ans	INDQ2.1B	INDQ2.2B
Âge	D01	26 ans et plus	INDQ2.1C	INDQ2.2C
Connaissances préalables	D02	Aucune	INDQ2.1D	INDQ2.2D
Connaissances préalables	D02	Novice	INDQ2.1E	INDQ2.2E
Connaissances préalables	D02	Confirmé	INDQ2.1F	INDQ2.2F
Connaissances préalables	D02	Expert	INDQ2.1G	INDQ2.2G
Sexe	D04	Femme	INDQ2.1H	INDQ2.2H
Sexe	D04	Homme	INDQ2.1I	INDQ2.2I

**Table 5.2 – Tableau de correspondance des classes relatives aux facteurs démographiques.**

ADx : nom de l'indicateur relatif à la moyenne pour une classe donnée / BDx : nom de l'indicateur relatif à l'écart type pour une classe donnée

Enfin, nous présenterons 3 coefficients permettant de déterminer si une corrélation existe entre les résultats d'évolution d'apprentissage et un facteur démographique spécifique :

- le coefficient de corrélation entre l'âge des participants et leur évolution relative d'apprentissage (INDQ2.3DA) ;
- le coefficient de corrélation entre le sexe des participants et leur évolution relative d'apprentissage (INDQ2.3DA) ;
- le coefficient de corrélation entre les connaissances présumées des participants et leur évolution relative d'apprentissage (INDQ2.3DA).

$S(E, DA)$  (Équation 5.12) est le coefficient de corrélation linéaire entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et l'âge des participants.  $E_p$  est l'évolution d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des membres du groupe expérimental  $PE$  ; et  $DA_p$  est l'âge d'un participant  $p$ .

$$S(E, DA) = \left| \frac{\sum_{p \in P} (E_p - \bar{E})(DA_p - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{p \in P} (E_p - \bar{E})^2} \sqrt{\sum_{p \in P} (DA_p - \bar{D})^2}} \right| = \text{Indicateur INDQ2.3DA} \quad (5.12)$$

**Figure 5.13 – Coefficient de corrélation linéaire entre échantillon de valeurs relatives à l'évolution d'apprentissage et l'âge des participants (INDQ2.3DA)**

Un coefficient de corrélation linéaire proche de -1 ou 1 nous permettra de conclure à un lien respectivement, négatif ou positif, entre l'évolution d'apprentissage et l'âge des participants. Un coefficient proche de 0, au contraire, nous amènera à conclure qu'aucune corrélation n'existe entre ces paramètres.

Les deux prochains indicateurs corréleront des valeurs quantitatives et qualitatives, c'est ainsi que nous utiliserons la notion de "rapport de corrélation" laquelle peut être utilisée à cette fin.

$\eta_{DS}$  (Équation 5.13) est le rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et le sexe des participants.  $E_p$  est l'évolution relative d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des membres du groupe expérimental  $PE$ .  $s$  est une des classe du facteur démographique "sexe".  $\bar{E}_s$  est donc l'évolution relative d'apprentissage moyenne pour un sexe particulier (voir "Classe" dans Tableau 5.2). Enfin,  $\#P_s$  est le cardinal de l'échantillon propre au sexe  $s$ .

$$\eta_{DS} = \frac{\sum_{s \in S} \#P_s (\bar{E}_s - \bar{E})^2}{\sum_{p \in PE} (E_p - \bar{E})^2} = \text{Indicateur INDQ2.3DB} \quad (5.13)$$

**Figure 5.14 – Rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatives à l'évolution d'apprentissage et au sexe des participants (INDQ2.3DB)**

$\eta_{DC}$  (Équation 5.14) est le rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et les connaissances préalables à l'expérimentation des participants.  $E_p$  est l'évolution relative d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des membres du groupe expérimental  $PE$ .  $c$  est une des classe du facteur démographique "connaissances préalables".  $\bar{E}_c$  est donc l'évolution relative d'apprentissage moyenne pour un type de connaissances préalables (voir "Classe" dans Tableau 5.2). Enfin,  $\#P_c$  est le cardinal de l'échantillon propre aux connaissances préalables  $c$ .

$$\eta_{DC} = \frac{\sum_{c \in C} \#P_c (\bar{E}_c - \bar{E})^2}{\sum_{p \in PE} (E_p - \bar{E})^2} = \text{Indicateur INDQ2.3DC} \quad (5.14)$$

**Figure 5.15 – Rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatives à l'évolution d'apprentissage et les connaissances préalables des participants (INDQ2.3DC)**

Au plus le rapport de corrélation tend vers 1, au plus il est possible de conclure à un lien entre l'évolution d'apprentissage et les facteurs démographiques qualitatifs propres à Équation 5.13 et Équation 5.14.

L'ensemble des indicateurs renseignés dans cette section permettront aux enseignants d'identifier par avance d'éventuelles prédispositions de leur groupe classe qui soient annonciatrices du niveau d'intérêt à le faire participer à un JEEI.

### 5.7.3 Indicateurs clés Q3

L'objectif des indicateurs propres à cette section est de pouvoir évaluer à quel point les caractéristiques de jeux ont un impact sur les résultats :

- Nombre de joueurs par groupe
- Durée de jeu
- Structure de jeu

C'est ainsi que nous proposerons de corrélérer l'évolution relative des résultats entre le pré-test et post-test de chaque participant à chacune des caractéristiques de jeu précitées. Pour les corrélations entre données qualitatives et quantitatives nous appliquerons le concept de rapport de corrélation. Dans le cas de données exclusivement quantitatives, c'est le coefficient de corrélation linéaire qui sera utilisé.

Au-delà de l'aspect évaluatif, ces indicateurs revêtent un intérêt particulier dans une optique d'amélioration de la manière de conceptualiser les JEEI.

$\eta_{ES}$  (Équation 5.15) est le rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et la structure de jeu d'application dans le JEEI  $S_p$ .  $E_p$  est l'évolution relative d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des membres du groupe expérimental  $PE$ .  $s$  est une des classe du facteur "structure de jeu".  $\bar{E}_s$  est donc l'évolution relative d'apprentissage moyenne pour un type de structure de jeu (Ouverte, basée sur les chemins, séquentielle). Enfin,  $\#P_s$  est le cardinal de l'échantillon propre au type de structure  $s$ .

$$\eta_{ES} = \frac{\sum_{s \in S} \#P_s (\bar{E}_s - \bar{E})^2}{\sum_{p \in PE} (E_p - \bar{E})^2} = \text{Indicateur INDQ3.1} \quad (5.15)$$

**Figure 5.16 – Rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage et celui relatif à la structure du JEEI (INDQ3.1)**

$S(E, D)$  (Équation 5.16) est le coefficient de corrélation linéaire entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et celui relatif à la durée de jeu  $D$ .  $E_p$  est l'évolution d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des membres du groupe expérimental  $PE$  et  $D_p$  est la durée du JEEI auquel un participant  $p$  a pris part.

$$S(E, D) = \left| \frac{\sum_{p \in PE} (E_p - \bar{E})(D_p - \bar{D})}{\sqrt{\sum_{p \in PE} (E_p - \bar{E})^2} \sqrt{\sum_{p \in PE} (D_p - \bar{D})^2}} \right| = \text{Indicateur INDQ3.2} \quad (5.16)$$

**Figure 5.17 – Coefficient de corrélation linéaire entre l'évolution d'apprentissage et la durée du JEEI (INDQ3.2)**

$S(E, N)$  (Équation 5.17) est le coefficient de corrélation linéaire entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et celui relatif au nombre de joueurs par équipe  $N$ .  $E_p$  est l'évolution d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des membres du groupe expérimental  $PE$  et

$N_p$  est le nombre de joueurs par équipe ayant accompagné un participant  $p$  au cours de l'expérimentation.

$$S(E, N) = \left| \frac{\sum_{p \in PE} (E_p - \bar{E})(N_p - \bar{N})}{\sqrt{\sum_{p \in P} (E_p - \bar{E})^2} \sqrt{\sum_{p \in PE} (N_p - \bar{N})^2}} \right| = \text{Indicateur INDQ3.3} \quad (5.17)$$

**Figure 5.18 – Coefficient de corrélation linéaire entre l'évolution d'apprentissage et le nombre de joueurs par équipe (INDQ3.3)**

#### 5.7.4 Indicateurs clés Q4

Les indicateurs clés Q4 ont pour objectif d'établir le degré d'évolution relatif d'apprentissage moyen par thématiques abordées, selon la modalité d'enseignement utilisée (travaux pratiques ou JEEI). Ces premiers indicateurs seront complétés du calcul de la médiane, de l'écart type et du rapport de corrélation entre l'évolution relatif des apprentissages et la thématique.

$Evolution_{T_x E_{(pr, po)}}$  (Équation 5.18) est la formule généralisée de l'évolution moyenne d'apprentissages de tous les membres des groupes expérimentaux confondus ayant participé à un JEEI sur la thématique  $T_x$ .  $PT_x$  est l'ensemble des participants  $e$  ayant pris part à un JEEI sur la thématique  $T_x$ ;  $po_e$  est le résultat du post-test du participant  $e$  et  $pr_e$  est le résultat du pré-test du participant  $e$ .

Il faut comprendre  $T_x$  (Équation 5.18) comme étant une variable qui nous permet de nous soustraire à la réécriture de formules relativement similaires. L'ensemble des valeurs pouvant être prises par  $T_x$  se compose des différentes classes liées aux thématiques. Par cette variabilisation, l'Equation 5.18 représente à elle seule 18 formules (Tableau 5.3 - colonne "TM(G)").

$$Evolution_{T_x E_{(pr, po)}} = \frac{\sum_{e \in PT_x} \frac{po_e - pr_e}{pr_e}}{\#PT_x} = \text{Indicateur INDQ4.xAE} \quad (5.18)$$

**Figure 5.19 – Évolution moyenne de résultats entre le pré-test et post-test pour l'ensemble des expérimentations propres à une thématique  $T_x$  pour le groupe expérimental  $E$  (indicateur INDQ4.xAE)**

Une formule similaire à Équation 5.18 que nous nommerons "INDQ4.xAT" (ou  $Evolution_{T_x T_{(pr, po)}}$ ) sera également proposée dans notre méthode afin d'adresser la même problématique mais cette fois pour le groupe témoin.

$\sigma_{Evolution_{T_x E}}$  (Équation 5.19) est la formule généralisée de l'écart-type relatif à l'évolution d'apprentissages de tous les membres des groupes expérimentaux confondus ayant participé à un JEEI sur une thématique  $T_x$ .  $PT_x$  est l'ensemble des participants  $e$  ayant pris part à l'évaluation d'un JEEI sur une thématique  $T_x$ ;  $Ev_e$  est l'évolution d'apprentissage du participant  $e$  et  $Ev_{\bar{T}_x}$  est l'évolution moyenne d'apprentissage de tous les membres des groupes expérimentaux confondus ayant participé à l'évaluation d'un JEEI via la méthode Evscape pour une thématique  $T_x$ .

De la même manière que précédemment, il faut comprendre  $x$  (Équation 5.19) comme étant une variable qui nous permet de nous soustraire à la réécriture de formules relativement similaires. L'ensemble des valeurs pouvant être prises par  $T_x$  se compose des différentes classes liées aux thématiques. Par cette variabilisation, l'Equation 5.19 représente à elle seule 18 indicateurs (Tableau 5.3 - colonne "TE(G)").

$$\sigma_{EvolutionT_x E_{(pr,po)}} = \sqrt{\frac{1}{\#PT_x} \sum_{e=1}^{\#PT_x} (E_{v_e} - E\bar{v}eT_x)^2} = \text{Indicateur INDQ4.xBE} \quad (5.19)$$

**Figure 5.20 – Écart-type de l'évolution des résultats entre le pré-test et post-test pour l'ensemble des expérimentations propres à une thématique  $T_x$  pour le groupe expérimental  $e$  (INDQ4.xBE)**

Une formule similaire à Équation 5.19 que nous nommerons "INDQ4.xBT" (ou  $\sigma_{EvolutionT_x T_{(pr,po)}}$ ) sera également proposée dans notre méthode afin d'adresser la même problématique mais cette fois pour le groupe témoin.

$\eta_{ET}$  (Équation 5.20) est le rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatif à l'évolution d'apprentissage  $E$  et celui relatif à la thématique d'apprentissage  $T$  pour le groupe expérimental.  $E_p$  est l'évolution d'apprentissage d'un participant  $p$  appartenant à l'ensemble des membres du groupe expérimental  $PE$ .  $t$  est une des classe du facteur "Thématique".  $\bar{E}_t$  est donc l'évolution relative d'apprentissage moyenne pour une thématique particulière (voir "Thématique" dans Tableau 5.3). Enfin,  $\#P_t$  est le cardinal de l'échantillon propre au type de thématique  $t$ .

$$\eta_{DS} = \frac{\sum_{t \in T} \#P_t (\bar{E}_t - \bar{E})^2}{\sum_{p \in PE} (E_p - \bar{E})^2} = \text{Indicateur INDQ4.19} \quad (5.20)$$

**Figure 5.21 – Rapport de corrélation entre l'échantillon de valeurs relatives à l'évolution d'apprentissage et au sexe des participants (INDQ4.19)**

Une formule similaire à Équation 5.20 que nous nommerons "INDQ4.20" (ou  $S_t(E, T)$ ) sera également proposée dans notre méthode afin d'adresser la même problématique mais cette fois pour le groupe témoin.

Thématique	TME	TEE	TMT	TET
Algorithmique et Complexité	INDQ4.1AE	INDQ4.1BE	INDQ4.1AT	INDQ4.1BT
Architecture et Organisation	INDQ4.2AE	INDQ4.2BE	INDQ4.2AT	INDQ4.2BT
Science computationnelle	INDQ4.3AE	INDQ4.3BE	INDQ4.3AT	INDQ4.3BT
Structure discrète	INDQ4.4AE	INDQ4.4BE	INDQ4.4AT	INDQ4.4BT
Graphisme et informatique visuel	INDQ4.5AE	INDQ4.5BE	INDQ4.5AT	INDQ4.5BT
Interaction Homme-Machine	INDQ4.6AE	INDQ4.6BE	INDQ4.6AT	INDQ4.6BT
Assurance et Sécurité de l'information	INDQ4.7E	INDQ4.7BE	INDQ4.7T	INDQ4.7BT
Gestion de l'information	INDQ4.8AE	INDQ4.8BE	INDQ4.8AT	INDQ4.8BT
Systèmes intelligents	INDQ4.9AE	INDQ4.9BE	INDQ4.9AT	INDQ4.9BT
Réseaux et communications	INDQ4.10AE	INDQ4.10BE	INDQ4.10AT	INDQ4.10BT
Système d'exploitation	INDQ4.11AE	INDQ4.11BE	INDQ4.11AT	INDQ4.11BT
Développement basé sur les plateformes	INDQ4.12AE	INDQ4.12BE	INDQ4.12AT	INDQ4.12BT
Parallelisme et Informatique distribué	INDQ4.13AE	INDQ4.13BE	INDQ4.13AT	INDQ4.13BT
Langage de programmation	INDQ4.14AE	INDQ4.14BE	INDQ4.14AT	INDQ4.14BT
Fondements de développement logiciel	INDQ4.15AE	INDQ4.15BE	INDQ4.15AT	INDQ4.15BT

Génie logiciel	INDQ4.16AE	INDQ4.16BE	INDQ4.16AT	INDQ4.16BT
Fondamentaux du système	INDQ4.17AE	INDQ4.17BE	INDQ4.17AT	INDQ4.17BT
Questions sociales et professionnelles	INDQ4.18AE	INDQ4.18BE	INDQ4.18AT	INDQ4.18BT

**Table 5.3 – Tableau de correspondance des classes relatives aux thématiques .**

TME = dénomination de l'indicateur de moyenne pour une thématique (groupe expérimental) / TEE = dénomination de l'indicateur d'écart-type pour une thématique(groupe expérimental) / TMT = dénomination de l'indicateur de moyenne pour une thématique (groupe témoin) / TET = dénomination de l'indicateur d'écart-type pour une thématique(groupe témoin)

### 5.7.5 Données résiduelles

Dans cette section relative aux indicateurs clés généraux, nous avons tenté d'extraire et présenter les informations les plus pertinentes qui soient pour répondre aux Q1, Q2, Q3 et Q4. Le lecteur attentif se sera aperçu que de nombreuses données issues des questionnaires n'ont fait l'objet d'aucun traitement à ce stade. Pour toutes ces données résiduelles nous proposerons une agrégation et présentation de résultats sous la forme d'une moyenne, écart-type et médiane.

## 5.8 Validation Evscape

Dans un processus d'amélioration continue dans lequel nous souhaitons inscrire Evscape, nous demanderons à chaque utilisateur nous ayant soumis leurs résultats à des fins de compilation de compléter un questionnaire UEQ (voir Annexe 7.11) quant à l'expérience vécue à l'utilisation de notre méthode. Il s'agit d'un questionnaire d'évaluation de l'expérience utilisateur. Pour ce faire, il propose des points d'évaluation sur des aspects tels que l'attractivité, la perspicacité, l'efficacité, la fiabilité, nouveauté et motivation par le biais d'une échelle à 7 dimensions[Laugwitz et al., 2008].

Cet outil est particulièrement bien adapté à notre besoin car il a notamment été réalisé pour être utilisé à des fins de comparaison entre différentes itérations d'un produit, ce qui dans notre processus d'amélioration continue se prête particulièrement bien. Il est disponible en plus de 30 langues et a un site web<sup>4</sup> de support très bien réalisé. De plus, il a pour qualité d'être particulièrement rapide et facile à compléter.

Ce questionnaire sera accompagné d'une possibilité de suggestions totalement libre afin d'essayer de capturer des informations complémentaires et plus nuancées.

Concrètement UEQ présente une série d'adjectifs négatifs et leur opposé. L'évaluateur doit alors se positionner sur l'échelle selon que son avis sur cet élément d'évaluation soit plus proche de l'adjectif négatif ou positif. Son protocole de calcul de points consiste à octroyer de -3 à 3 points par élément d'évaluation. -3 correspondant à l'opinion la plus négative par rapport à l'élément évalué et 3 à la plus positive.

Dans leur étude, les concepteurs d'UEQ ont réalisé un étalon (Figure 5.22) qui permet de caractériser l'appréciation générale que l'utilisateur donne, par ses réponses à l'enquête, à l'application web. Ainsi on observe à titre d'exemple, qu'obtenir un score minimum de 1.75 en attractivité fait de notre application une application excellente sur cet aspect là [Schrepp, 2015].

4. <https://www.ueq-online.org/>

### Web Sites and Web Services (85 product evaluations)

Category	Attractiveness	Perspicuity	Efficiency	Dependability	Stimulation	Originality
Excellent	1.75	2.07	1.70	1.70	1.56	1.12
Good	1.41	1.84	1.43	1.53	1.10	0.87
Above average	0.96	1.14	0.98	1.19	0.69	0.49
Below average	0.44	0.65	0.50	0.81	0.07	-0.22

Figure 5.22 – Etalon UEQ (Source : <https://www.ueq-online.org/> )

## 5.9 EvscApp

### 5.9.1 Objectifs

La méthode Evscape vous a été présentée dans les sections précédentes. Malgré son caractère pratique, elle comporte de nombreux éléments à récolter et à calculer pour pouvoir participer à la question de recherche principale qui est de démontrer empiriquement l'efficacité des JEEI comme le présupposent les études théoriques. L'une des principales observation que nous avons pu extraire de notre état de l'art était le manque de standardisation dans les méthodes l'évaluation des JEEI. Cela avait pour conséquence d'empêcher de répondre à la question précédemment énoncée. Nous souhaitons donc mettre à disposition des chercheurs dans le domaine une expérience d'utilisation optimale de notre méthode et un moyen de cadenciser autant que possible son utilisation. C'est la raison pour laquelle nous avons développé EvscApp qui est la transposition de notre méthode Evscape dans une application web.

Au-delà des aspects évoqués au paragraphe précédent, cette application permettra d'adresser également le problème de reproductibilité des expérimentations tel qu'évoqué en section 3.4. En effet, la spécification de chaque JEEI présent sur la plateforme sera rendue publique. Ainsi, quiconque s'intéressant aux méthodes alternatives d'enseignement aura la possibilité d'expérimenter le JEEI de son choix avec ses propres étudiants et d'en rapporter les résultats sur la plateforme. Par conséquent, les chercheurs obtiendront un score comparatif indicatif quant à leur travail et leurs itérations, qui sera mis-à-jour au fil des expérimentations réalisées via EvscApp.

Concomitamment à ce qui précède, nous collecterons et compilerons l'ensemble des données issues des JEEI évalués avec EvscApp, lesquelles permettront de réaliser une méta-analyse comme le préconise [Prince, 2004a]. Nous serons ainsi en mesure, à terme, de conclure empiriquement quant à l'efficacité réelle des JEEI.

A ce stade-ci de son développement, EvscApp est un Produit Minimum Viable (MVP). Tous nos bêta utilisateurs auront la possibilité de participer à une enquête d'expérience utilisateur et d'utilisabilité afin que l'on puisse faire progresser notre projet. Le code source de l'application est disponible via le lien suivant : [https://github.com/rkabimbi/evscape\\_flask\\_ok](https://github.com/rkabimbi/evscape_flask_ok).

### 5.9.2 Cas d'utilisation

Dans cette rubrique vous trouverez une liste des cas d'utilisation principaux proposés dans notre MVP (Tableau 5.4). A titre informatif et sous réserve des commentaires que nous fournirons nos bêta-utilisateurs, nous compléterons ces cas d'utilisation de ceux détaillés dans Tableau 5.5 lors d'une itération future.

Ref.	Cas d'utilisation	Explicatif
UC1.1	Spécifier un JEEI	Un chercheur détaille les caractéristiques du JEEI qu'il a développé (structure et mécaniques de jeu, rédaction du pré-test et post test, ...).
UC1.2	Consulter un JEEI	Un chercheur consulte la spécification d'un JEEI en particulier, préalablement spécifié sur la plateforme.
UC1.3	Faire une expérimentation	Un chercheur a sélectionné un JEEI spécifié sur la plateforme et procède à son évaluation selon la méthode Evscape.
UC1.4	Évaluer du jeu d'évasion	Un participant (étudiant) évalue le jeu d'évasion au travers des questionnaires qui lui sont proposés.
UC1.5	Participer au test	Un participant (étudiant) participe au pré-test et post-test.
UC1.6	Envoyer des invitations de participation	Un chercheur envoie des invitations de participation à une séance d'évaluation d'un JEEI.
UC1.7	Consulter les résultats d'un JEEI	Un chercheur consulte l'ensemble des données récoltées lors de l'expérimentation d'un JEEI évalué avec EvscApp.
UC1.8	Établir des groupes	Le Système génère un groupe cible et un groupe témoin de manière aléatoire.
UC1.9	Évaluer EvscApp	Un chercheur évalue notre application web EvscApp.

**Table 5.4 – Tableau explicatif des cas d'utilisation du MVP.**

Ref.	Cas d'utilisation	Explicatif
UC2.1	Trier les JEEI	Un chercheur peut classer les JEEI disponibles sur EvscApp sur base de ses notations ou date de publication.
UC2.2	Chercher par mots-clés	Un chercheur peut chercher un JEEI disponible sur EvscApp à partir de n'importe quel mot clé.
UC2.3	Modéliser un JEEI	Un chercheur modélise son JEEI par le biais de Evscape App dans le respect du cadre de travail EscapEd. Ceci renforcera la certitude que les JEEI disponibles auront bien suivi ce cadre de travail et par la même occasion renforcera l'aspect de comparabilité entre JEEI.
UC2.4	Discuter avec un Chercheur	Un Chercheur pourra entamer une discussion privée avec un autre chercheur au sujet d'un JEEI particulier à partir de l'application.
UC2.5	Randomiser les participants	Le Système crée des groupes en veillant à un équilibre démographique de part et d'autres.
UC2.6	Consulter les résultats consolidés	Un chercheur consulte l'ensemble des données récoltées lors de toutes les expérimentations réalisées avec EvscApp.
UC2.7	Prendre des notes	Un Chercheur peut compiler l'ensemble de ses observations par le biais d'un outil de prise de notes prévu à cet effet.

**Table 5.5 – Tableau explicatif des cas d'utilisation développés prochainement.**

### 5.9.3 Diagramme d'activité

Le Diagramme d'activité présenté dans cette rubrique (Figure 5.23<sup>5</sup>) représente le flux d'une évaluation de JEEI avec EvscApp (version MVP). Il s'affranchit volontairement de certaines complexités d'implémentation effectives (notamment les problématiques de création de compte utilisateur), car l'objectif que nous visons ici est de donner à nos lecteurs une vue générale sur la manière dont EvscApp transpose Evscape; et non de fournir une documentation exhaustive. A la lecture de ce diagramme on s'aperçoit très clairement que l'intervention du chercheur dans l'évaluation est désormais minimale. Vous trouverez dans Tableau 5.6 un commentaire quant aux différentes activités qui le nécessitent.

5. Une version numérique de ce diagramme vous est fournie afin de vous en permettre une lecture aisée

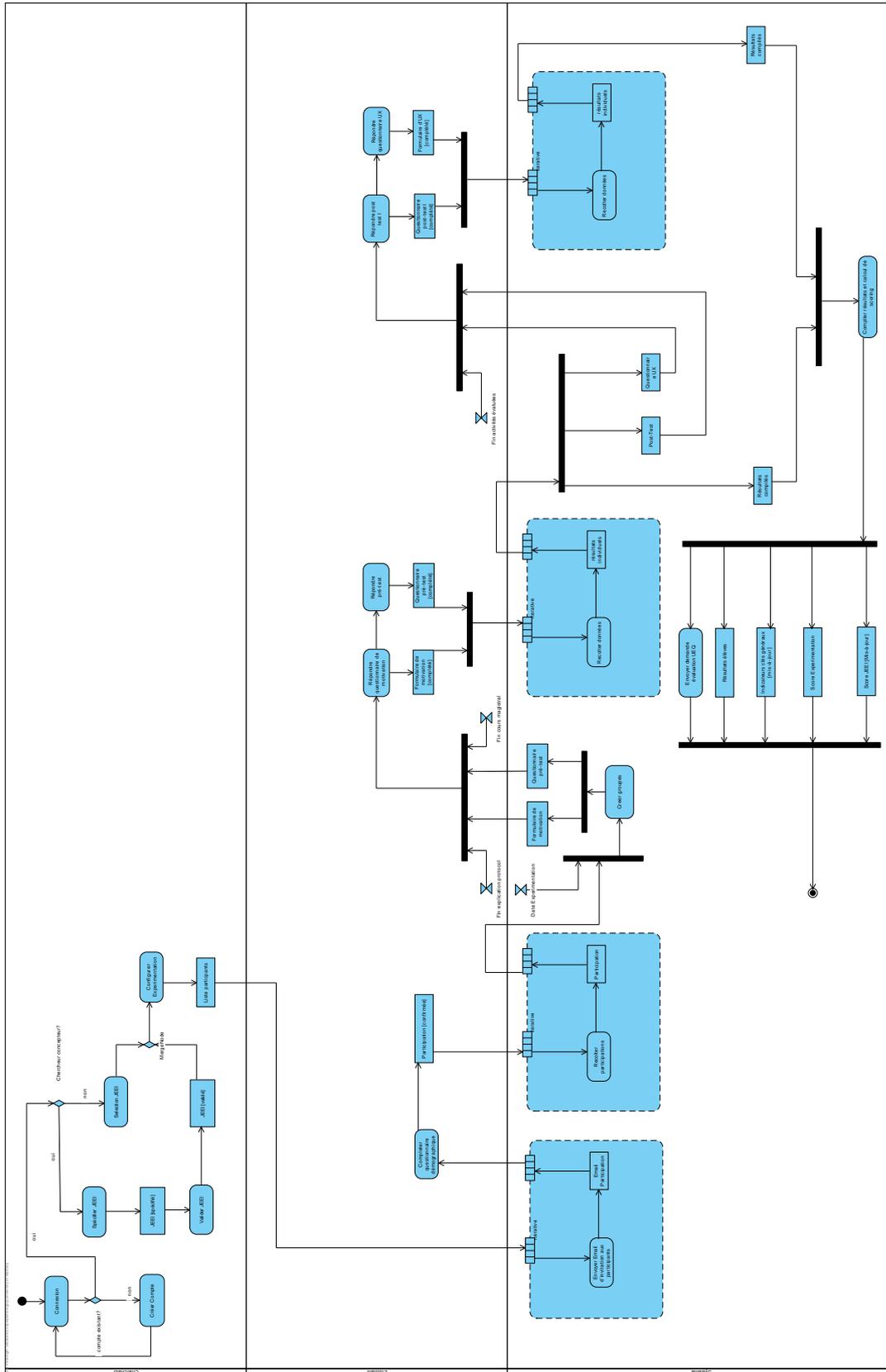


Figure 5.23 – Diagramme d'activité représentant la conduite d'une évaluation avec EvscApp

Activité	Explicatif
Spécifier JEEI	À cette étape le chercheur "concepteur" spécifie l'ensemble des caractéristiques de son JEEI, en ce compris le test.
Sélection JEEI	Dans le cas de figure où le chercheur n'est pas "concepteur" il devra sélectionner un JEEI pour lequel il souhaite réaliser une expérimentation parmi la liste disponible sur EvscApp.
Valider JEEI	C'est à partir de cette activité que le JEEI est disponible et visible aux autres utilisateurs de la plateforme.
Configurer expérimentation	Cette étape consiste à configurer une expérimentation : encoder les coordonnées des participants sélectionnés, spécifier date de l'expérimentation,...
Compléter questionnaire démographique	La représentation de cette activité s'affranchit de la partie attribution d'accès à EvscApp.
Créer groupe	A la date de l'évaluation, le système procédera à l'effacement de la participation des étudiants n'ayant pas complété le questionnaire démographique et réalisera la répartition entre groupe témoin et expérimental.

**Table 5.6 – Commentaires sur le diagramme d'activité représentant le flux d'évaluation avec EvscApp.**

#### 5.9.4 Écrans

Dans cette rubrique nous vous présenterons les écrans principaux de l'application :

- Figure 5.24 : Écran d'accueil
- Figure 5.25 : Écran listant tous les JEEI spécifiés dans EvscApp
- Figure 5.26 : Écran de spécification d'un JEEI (caractéristiques)
- Figure 5.27 : Écran de spécification d'un JEEI (liste des questions de pré-test et post-test)
- Figure 5.28 : Écran de spécification d'un JEEI (ajout de membres à l'équipe pédagogique)
- Figure 5.29 : Écran de suivi du processus expérimental
- Figure 5.30 : Écran d'évaluation de la motivation
- Figure 5.31 : Écran de présentation des indicateurs clés

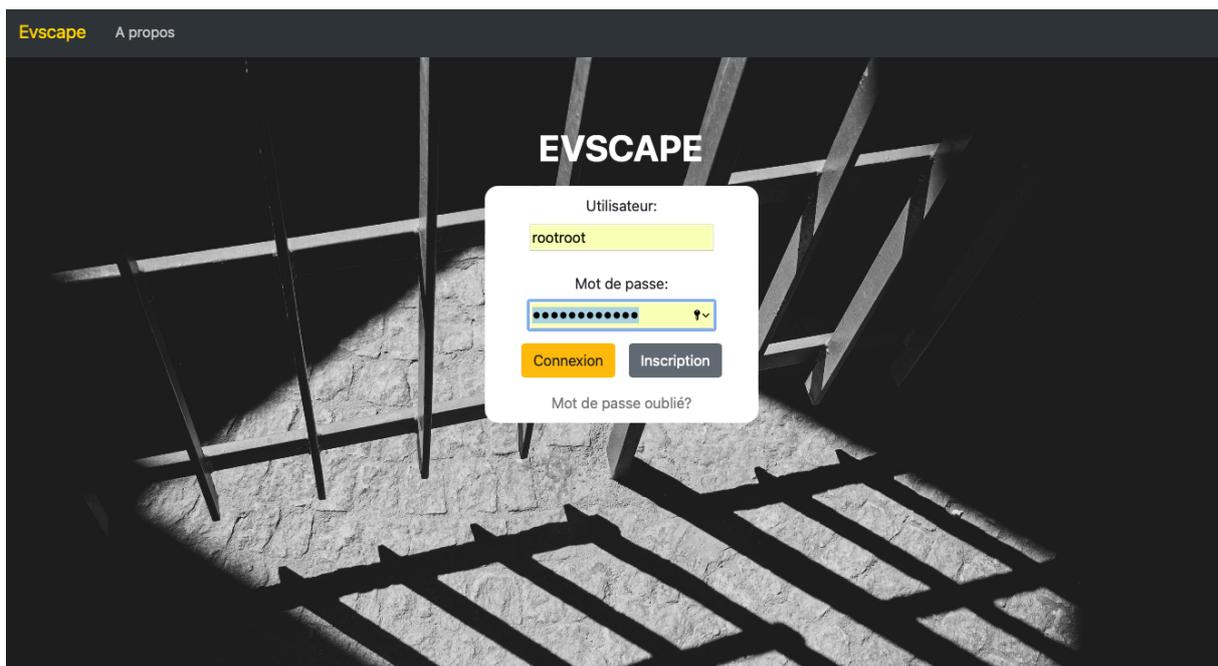


Figure 5.24 – Écran d'accueil

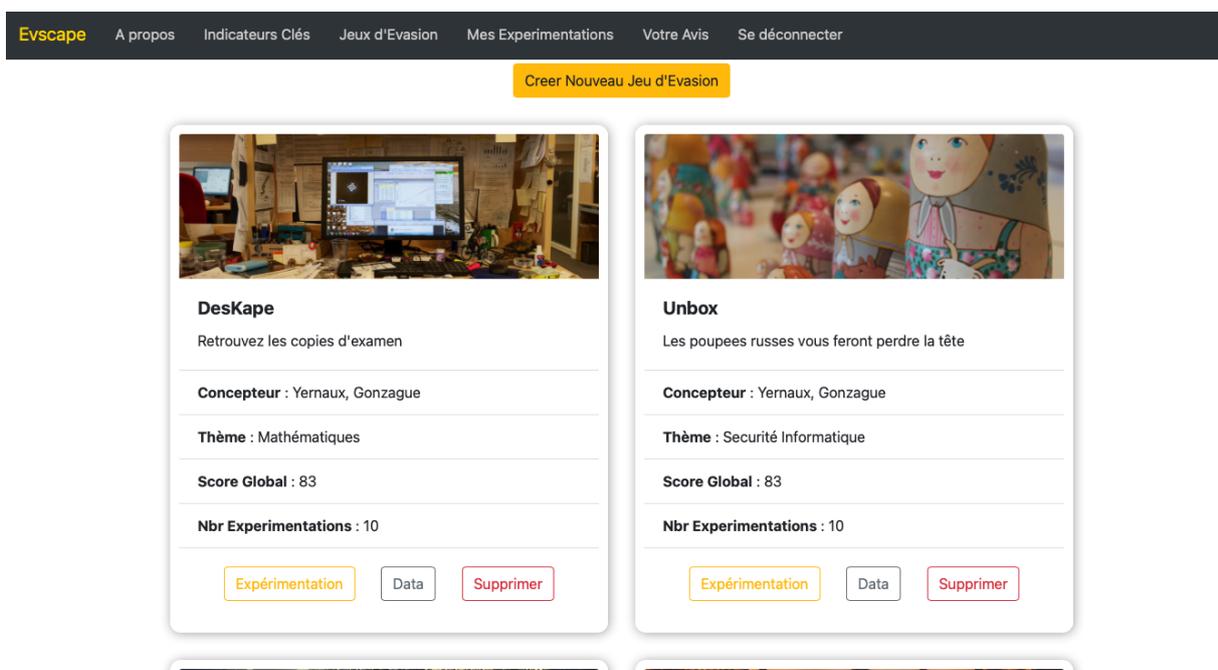


Figure 5.25 – Écran listant tous les JEEI spécifiés dans EvscApp

**Evscope** A propos Indicateurs Clés Jeux d'Evasion Mes Experimentations Votre Avis Se déconnecter

Présentation **Documentation** Test Resultats Liste Experimentations Equipe Valider

Nbr Joueurs(min)  Nbr Joueurs(max)

Budget(Eur.)  Durée(minutes)

Scenario

Public  Thème

Chapitre

Documentation  aucun fichier sélectionné

Utilisateur connecté : Rudy KABIMBI

Figure 5.26 – Écran de spécification d'un JEEI (caractéristiques)

**Evscope** A propos Indicateurs Clés Jeux d'Evasion Mes Experimentations Votre Avis Se déconnecter

Présentation Documentation **Test** Resultats Liste Experimentations Equipe Valider

**Question 1**

Question

Solution

Explicatif

Proposition 1

Proposition 2

Proposition 3

**Question 2**

Question

Figure 5.27 – Écran de spécification d'un JEEI (liste des questions de pré-test et post-test)

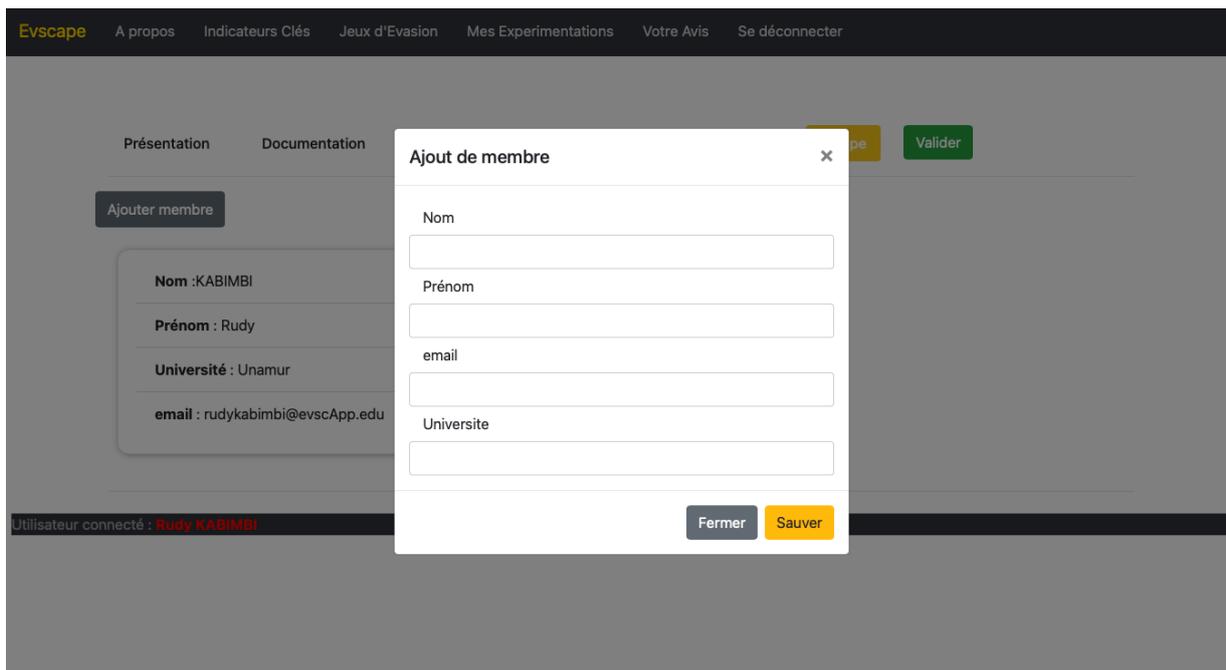


Figure 5.28 – Écran de spécification d'un JEEI (ajout de membres à l'équipe pédagogique)

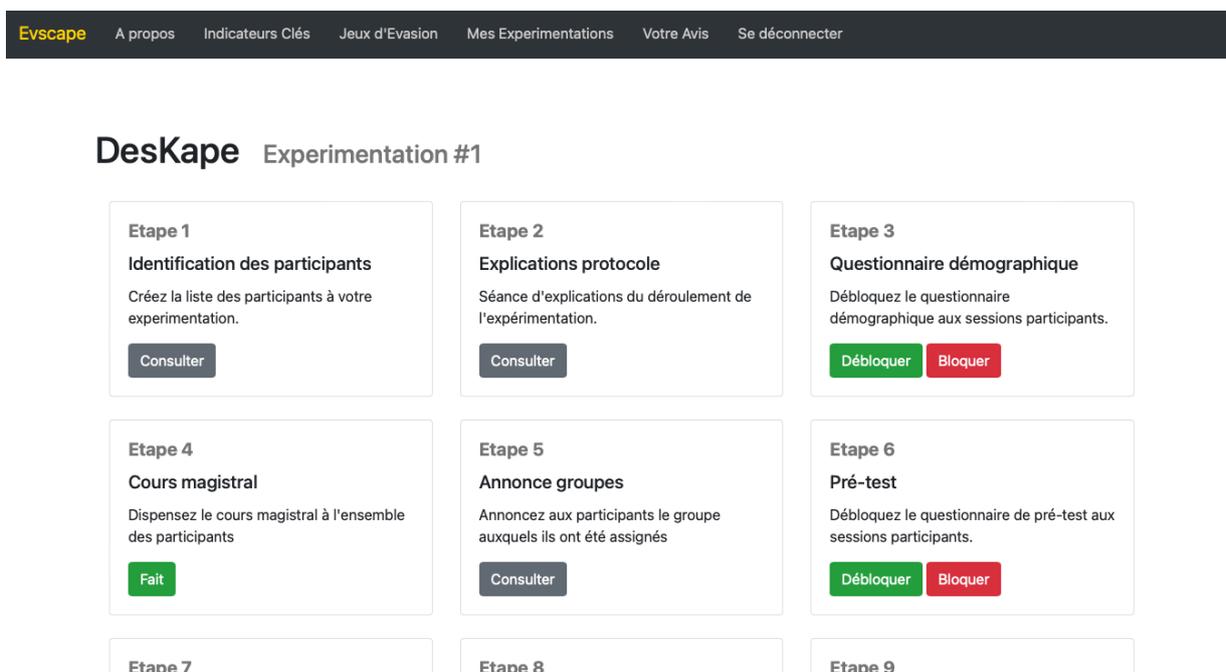


Figure 5.29 – Écran de suivi du processus experimental

## Questionnaire de motivation - Deskape

Je suis enthousiaste à l'idée de réaliser l'activité pédagogique pratique à laquelle j'ai été assigné..

Fortement en accord D'accord Neutre En désaccord Fortement en désaccord

Je suis intéressé(e) par la matière enseignée au travers de l'activité pédagogique qui m'est proposée.

Fortement en accord D'accord Neutre En désaccord Fortement en désaccord

Je pense que la matière enseignée au travers de l'activité pédagogique qui m'est proposée est difficile à appréhender..

Fortement en accord D'accord Neutre En désaccord Fortement en désaccord

Envoyer

Utilisateur connecté : LADRIERE Jean

Figure 5.30 – Écran d'évaluation de la motivation

## Indicateurs clés

**+ 0,12**

**INDQ1.1A**

Evolution relative d'apprentissage moyenne (groupe témoin) tous jeux d'évasion éducatifs confondus.

**+ 0,37**

**INDQ1.1B**

Evolution relative d'apprentissage moyenne (groupe expérimental) toutes séances de travaux pratiques classiques confondus.

#	Indicateur*	Groupe témoin	Groupe expérimental
1	INDQ1.1	+0,37	+0,12
2	INDQ1.2	0,06	0,14
3	INDQ1.3		44
4	INDQ2.1A	0,26	N/A

Figure 5.31 – Écran de présentation des indicateurs clés

# Chapitre 6

## Conclusions

### 6.1 Limitations

#### 6.1.1 Limitations propres à la méthode Evscape

Nous avons relevé deux limitations dans la construction de notre méthode, lesquelles trouvent leur principale justification dans les délais et les ressources à notre disposition pour la réalisation de ce travail.

La première limitation concerne la rédaction du questionnaire d'évaluation de motivation et d'expérience utilisateur présenté en section 5.6. Comme nous l'avons évoqué dans la partie théorique de ce travail, la rédaction d'un questionnaire nécessite l'application d'un processus de validation particulier tel que décrit en 4.3.3. Ce processus n'a pas pu être respecté. Nous avons jugé la construction du formulaire secondaire par rapport à notre objectif principal qui était de développer un protocole d'évaluation complet qui soit utilisable par nos pairs. Nous ne négligeons évidemment pas cet aspect, mais il nous a fallu prioriser les tâches qui participeraient le plus efficacement à la réalisation de notre objectif. Nous veillerons donc au cours de travaux futurs, à ce que ce travail de validation soit réalisé.

La seconde limitation n'est quant à elle pas l'apanage de notre méthode mais concerne la problématique des biais auxquels l'ensemble de la recherche en sciences humaines peut-être confrontée et sur lesquels elle n'a aucun contrôle. Pour rappel, l'objectif de notre recherche est de pouvoir fournir une méthode d'évaluation standard permettant de comparer des JEEI entre eux et de se positionner quant au potentiel éducatif réel de ces derniers en toute généralité. La méthode proposée dans ce travail adresse parfaitement ce problème mais les résultats qui en découlent sont tributaires de facteurs humains propres à chacun des enseignants et des élèves qui utiliseront notre outil. En effet, il est extrêmement compliqué de garantir que tous le manipuleront de manière adéquate. Nous avons à ce stade déjà proposé deux tentatives de normalisation. Tout d'abord en proposant une application web, avec un flux à respecter laissant moins de place à l'improvisation. Ensuite, en informant les chercheurs que seuls les JEEI ayant respecté le cadre de travail EscapEd pouvait faire l'objet d'une évaluation avec notre outil. Cela reste néanmoins un point que nous nous devons d'approfondir dans nos travaux futurs. Nous pensons que la sélection de questions de contrôle permettant de filtrer et exclure certaines expérimentations pour renforcer cette normalisation des résultats recherchés pourrait être une solution. A titre d'exemple, on pourrait imaginer rejeter systématiquement toute expérimentation dont plus de 50% des élèves on fait état d'une aversion pour la matière enseignée (M02).

#### 6.1.2 Limitations propres à notre travail de recherche

La principale limitation de notre travail réside dans le fait qu'à ce stade-ci nous n'avons pas encore expérimenté notre méthode. En effet, à ce jour, nous nous sommes principalement concentré sur la recherche théorique nous permettant de comprendre les différentes méthodologies d'évaluation existantes, d'en extraire les meilleures pratiques; ce afin de construire une méthode qui puisse être utilisée par les chercheurs intéressés par les JEEI.

L'opportunité s'est présentée à nous d'expérimenter notre outil sur un JEEI développé au sein de la faculté de l'Unamur (Deskape). Nous avons cependant fait le choix de ne pas saisir cette occasion pour le moment. Cela s'explique par le fait que nous avons préféré nous concentrer en priorité sur le développement de l'application web EvscApp, afin d'offrir aux chercheurs une meilleure expérience d'utilisation de notre méthode que dans le cas de figure où ils auraient dû appliquer nos préceptes à la main. Procéder ainsi nous a semblé opportun, surtout dans l'objectif ensuite d'étendre l'expérimentation d'Evscape à d'autres JEEI à travers le monde et d'obtenir ainsi un nombre de retours d'expérience significatif.

Nous attirons également l'attention du lecteur sur le fait que nous avons un degré d'assurance élevé quant au fait d'avoir couvert la majeure partie de la littérature relative aux JEEI. Cependant, pour des questions de délais et d'étendue du domaine, nous ne pouvons en garantir autant en ce qui concerne les techniques d'évaluations des JEAI présentée en section 4 malgré les plus de 35 publications lues sur le sujet. Nous avons certes appliqué un processus de recherche rigoureux, lequel est explicité en section 2 mais il s'est restreint, pour cette partie, aux références renseignées dans la littérature propre aux JEEI. Dans des travaux futurs nous ne manquerons de d'élargir notre recherche à ce sujet et de la compléter le cas échéant.

## 6.2 Conclusion

Ces dernières années deux JEEI ont été créés à la faculté d'informatique de l'Unamur. Notre idée initiale était de rédiger un article scientifique sur les bienfaits de l'un des deux après avoir réalisé une expérimentation. Nous nous étions alors fixé comme objectif préalable d'explorer le domaine des JEEI afin de les comprendre en profondeur. A l'issue de cette revue de littérature, nous avons alors identifié que les JEEI avaient des défis importants à relever pour s'imposer comme technique d'apprentissage reconnue. Parmi ces défis, deux ont particulièrement retenu notre attention car en raison avec notre objectif initial, à savoir qu'à ce jour il n'existait pas de méthode d'évaluation reconnue propre au JEEI et que leur efficacité pédagogique n'avaient pas encore été démontrée empiriquement. Au-delà d'un manque de comparabilité entre elles causée par le fait qu'il n'existait pas de méthode standard, les défauts principaux des expérimentations réalisées jusqu'ici relevaient d'un manque de reproductibilité et d'échantillons confidentiels. Les JEEI étant dans une phase exploratoire, nous avons élargi notre champ de recherche aux techniques d'évaluation qui s'appliquaient plus généralement aux JEAI lesquels jouissent d'un nombre de publications bien plus important en la matière.

Notre travail a alors été de développer une méthode d'évaluation (Evscape) basée, d'une part, sur les différentes techniques ad hoc utilisées par d'autres chercheurs-concepteurs de JEEI et, d'autres part, sur les méthodes d'évaluations appliquées aux JEAI. Grâce à cette méthode, les chercheurs peuvent désormais se soustraire à la lourde tâche de documentation nécessaire à la construction de leur méthode ad hoc. De plus, Evscape ayant pour vocation d'être appliquée de manière standard à tous les JEEI, les chercheurs auront désormais la possibilité de les comparer entre eux.

Nous ne nous sommes pas arrêtés à l'évaluation ponctuelle des JEEI. Nous avons également développé une application web EvscApp, laquelle est disponible à l'adresse suivante [https://github.com/rkabimbi/evscape\\_flask\\_ok](https://github.com/rkabimbi/evscape_flask_ok). L'objectif de cette application est de faciliter la mise en pratique de notre méthode. Nos pairs trouveront dans EvscApp tous les outils nécessaires à l'évaluation des JEEI selon la méthode Evscape à savoir : la spécification des JEEI, la possibilité de reproduire des expérimentations, l'évaluation de leur propre JEEI, la gestion des questionnaires et tests; et enfin la compilation de l'ensemble des données relatives à tous les JEEI utilisant notre méthode. Grâce à cette dernière fonctionnalité, il nous sera possible, à terme, de se positionner en toute généralité quant à l'efficacité réelle des JEEI sur le plan pédagogique.

Intéressé de longue date par l'enseignement et la transmission des savoirs de manière plus large, ce mémoire nous a permis d'approfondir nos connaissances en la matière mais également de nous aguerrir dans nos compétences en termes de recherche scientifique. En effet, il nous a fallu explorer un domaine, en comprendre les défis et proposer à l'ensemble de la communauté scientifique informatique une solution numérique qui permettra de faire avancer la transmission du savoir. Bien qu'encore à ses débuts, nous croyons fermement en la singularité de notre projet, l'ampleur de ses ramifications potentielles et son intérêt dans un contexte de pénurie de praticien de l'informatique pour laquelle il faudra trouver de nouvelles voies de transmission pour s'ouvrir au plus grand nombre. Les JEEI se positionnent comme une solution potentielle à cette problématique et notre travail permettra de statuer définitivement à ce sujet.

### 6.3 Perspectives et développements futurs

Dans la section 6.1 nous avons pu identifier des limitations. Ces dernières ont donné lieu à une série de développements futurs :

- valider notre questionnaire de motivation et expérience utilisateur ;
- expérimenter notre méthode ;
- approfondir notre recherche sur les méthodes d'évaluation de JEAI.

Nous compléterons cette liste par le développement d'un étalon permettant de faciliter l'interprétation des résultats fournis par Evscape pour les aspects d'expérience utilisateur. Pour ce faire, nous nous référerons à l'élément EG1 du questionnaire que nous avons développé et tenterons d'identifier une corrélation avec les résultats du questionnaires de perception. Si cette corrélation est confirmée et démontrée à grande échelle, le score numérique proposé selon le protocole défini dans notre méthode sera alors remplacé par les facteurs énoncés à l'élément EG1.

Enfin, comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises dans ce travail, notre outil ne permet pas d'interpréter les résultats qu'il fournit par le biais des indicateurs Q1, Q2, Q3 et Q4. Aussitôt que notre outil aura été mis en production et qu'il aura récolté un nombre significatif d'expérimentations, nous associerons nos connaissances à celles d'un expert en sciences éducatives afin de répondre à la question principale qui a motivé notre travail, à savoir : "Les JEEI sont efficaces sur le plan pédagogique ?" Dans le cas de figure où nous y répondrions par la positive, nous étendrons les travaux que nous avons réalisés aux JEEI virtuels et aux JEAI. De cette manière nous espérons pouvoir augmenter considérablement l'impact de nos recherches et contribuer davantage à la démocratisation de l'informatique.

# Bibliographie

- Samantha Clarke, Daryl Peel, Sylvester Arnab, Luca Morini, Helen Keegan, and Oliver Wood. Escaped : A framework for creating educational escape rooms and interactive games to for higher/further education. International Journal of Serious Games, 4, 09 2017. doi : 10.17083/ijsg.v4i3.180.
- Mary Lebens, Roger J Finnegan, Steven C Sorsen, and Jinal Shah. Rise of the citizen developer. Muma Business Review, 5 :101–111, 2022.
- Suzanne Pawlowski and Pratim Datta. Organizational responses to the shortage of it professionals : A resource dependence theory framework. 2001.
- B. Marín, J. Frez, J. Cruz-Lemus, and M. Genero. An empirical investigation on the benefits of gamification in programming courses. ACM Trans. Comput. Educ., 19(1), nov 2018. doi : 10.1145/3231709. URL <https://doi.org/10.1145/3231709>.
- Chantal Lathwesen and Nadja Belova. Escape rooms in stem teaching and learning—prospective field or declining trend? a literature review. Education Sciences, 11 :308, 06 2021. doi : 10.3390/educsci11060308.
- Araceli Queiruga-Dios, María Santos, Marián Dios, Víctor Gayoso Martínez, and Ascensión Encinas. A virus infected your laptop. let's play an escape game. Mathematics, 8 :166, 01 2020. doi : 10.3390/math8020166.
- Mehran Sahami, Steve Roach, Ernesto Cuadros-Vargas, and Richard LeBlanc. Acm/ieee-cs computer science curriculum 2013 : Reviewing the ironman report. In Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE '13, pages 13–14, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery. ISBN 9781450318686. doi : 10.1145/2445196.2445206. URL <https://doi.org/10.1145/2445196.2445206>.
- Matthew J. Vergne, Joshua D. Simmons, and Ryan S. Bowen. Escape the lab : An interactive escape-room game as a laboratory experiment. Journal of Chemical Education, 96(5) :985–991, 2019. doi : 10.1021/acs.jchemed.8b01023.
- Carlos Borrego Iglesias, Cristina Fernández-Córdoba, Ian Blanes, and S. Robles. Room escape at class : Escape games activities to facilitate the motivation and learning in computer science. Journal of Technology and Science Education, 7 :162, 06 2017. doi : 10.3926/jotse.247.
- Stefan Seebauer, Sabrina Jahn, and Jürgen Mottok. Learning from escape rooms ? a study design concept measuring the effect of a cryptography educational escape room. In 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pages 1684–1685, 2020. doi : 10.1109/EDUCON45650.2020.9125333.
- Eszter Diána Oroszi. Security awareness escape room - a possible new method in improving security awareness of users. In 2019 International Conference on Cyber Situational Awareness, Data Analytics And Assessment (Cyber SA), pages 1–4, 2019. doi : 10.1109/CyberSA.2019.8899715.
- Fatima Abu Deeb and Timothy J Hickey. Teaching introductory cryptography using a 3d escape-the-room game. In 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pages 1–6, 2019. doi : 10.1109/FIE43999.2019.9028549.
- Daniel Aranda, Alden Towler, Ramyaa Ramyaa, and Rita Kuo. The usability of using educational game for teaching foundational concept in propositional logic. In 2021 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), pages 236–237, 2021. doi : 10.1109/ICALT52272.2021.00077.
- Ping-Yeh Li, Ya-Kuan Chou, Yun-Ju Chen, and Ruey-Sen Chiu. Problem-based learning (pbl) in interactive design : A case study of escape the room puzzle design. In 2018 1st IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII), pages 250–253, 2018. doi : 10.1109/ICKII.2018.8569131.

- Aldo Gordillo, Daniel López-Fernández, Sonsoles López-Pernas, and Juan Quemada. Evaluating an educational escape room conducted remotely for teaching software engineering. *IEEE Access*, 8 :225032–225051, 2020. doi : 10.1109/ACCESS.2020.3044380.
- Sonsoles López-Pernas, Aldo Gordillo, Enrique Barra, and Juan Quemada. Analyzing learning effectiveness and students' perceptions of an educational escape room in a programming course in higher education. *IEEE Access*, 7 :184221–184234, 2019a. doi : 10.1109/ACCESS.2019.2960312.
- Alden Towler, Daniel Aranda, Ramyaa Ramyaa, and Rita Kuo. Using educational game for engaging students in learning foundational concepts of propositional logic. In *2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, pages 208–209, 2020. doi : 10.1109/ICALT49669.2020.00067.
- Sonsoles López-Pernas, Aldo Gordillo, Enrique Barra, and Juan Quemada. Examining the use of an educational escape room for teaching programming in a higher education setting. *IEEE Access*, 7 : 31723–31737, 2019b. doi : 10.1109/ACCESS.2019.2902976.
- Erwan Beguin, Solal Besnard, Adrien Cros, Barbara Joannes, Ombeline Leclerc-Istria, Alexa Noel, Nicolas Roels, Faical Taleb, Jean Thongphan, Eric Alata, and Vincent Nicomette. Computer-security-oriented escape room. *IEEE Security and Privacy*, 17 :78–83, 07 2019. doi : 10.1109/MSEC.2019.2912700.
- Tilman Michaeli and Ralf Romeike. Developing a real world escape room for assessing preexisting debugging experience of k12 students. In *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 521–529, 2021. doi : 10.1109/EDUCON46332.2021.9453972.
- Ana Moura Santos, Sofia Sá, Luis Felipe C. Costa, and Luísa Coheur. Setting up educational escape games : Lessons learned in a higher education setting. In *2021 4th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)*, pages 1–8, 2021. doi : 10.1109/CISPEE47794.2021.9507215.
- Cesar Caceres Taladriz. Flipped mastery and gamification to teach computer networks in a cybersecurity engineering degree during covid-19. In *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 1624–1629, 2021. doi : 10.1109/EDUCON46332.2021.9453885.
- Rui Pan, Henry Lo, and Carman Neustaedter. Collaboration, awareness, and communication in real-life escape rooms. pages 1353–1364, 06 2017a. doi : 10.1145/3064663.3064767.
- Juho Kahila, Tuomo Parkki, Anssi Gröhn, Atte Karvinen, Elmeri Telimaa, Pekka Riikonen, Riku Tiitta, Pasi Haantio, Anssi Keinänen, Tero Kerkkänen, Ilkka Jormanainen, Silja Penttinen, and Matti Tedre. Escape room game for ct learning activities in the primary school. In *Koli Calling '20 : Proceedings of the 20th Koli Calling International Conference on Computing Education Research, Koli Calling '20, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. ISBN 9781450389211. doi : 10.1145/3428029.3428063. URL <https://doi.org/10.1145/3428029.3428063>*.
- Anne Ho. Unlocking ideas : Using escape room puzzles in a cryptography classroom. *PRIMUS*, 28, 06 2018. doi : 10.1080/10511970.2018.1453568.
- Ioannis Papadopoulos and Eirini Tenta. Escape rooms as a collaborative problem-solving environment. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 11(4) :57–71, 2021.
- Alice Veldkamp, Liesbeth van de Grint, Marie-Christine P.J. Knippels, and Wouter R. van Joolingen. Escape education : A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31 :100364, 2020. ISSN 1747-938X. doi : <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X20300531>.
- Mikki H Phan, Joseph R Keebler, and Barbara S Chaparro. The development and validation of the game user experience satisfaction scale (guess). *Human factors*, 58(8) :1217–1247, 2016.
- Kristian Kiili. Evaluations of an experiential gaming model. *Human Technology : An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2, 10 2006. doi : 10.17011/ht/urn.2006518.

- John Brooke. Sus : a "quick and dirty" usability. Usability evaluation in industry, 189(3), 1996.
- Aaron Bangor, Philip Kortum, and James Miller. Determining what individual sus scores mean : Adding an adjective rating scale. J. Usability Studies, 4(3) :114–123, may 2009. ISSN 1931-3357.
- Ben Gibson and Tim Bell. Evaluation of games for teaching computer science. In Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, WiPSE '13, pages 51–60, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery. ISBN 9781450324557. doi : 10.1145/2532748.2532751. URL <https://doi.org/10.1145/2532748.2532751>.
- Markus Wiemker, Adam Elumir, and Clare. Escape Room Games : Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one? 11 2015.
- Richard Felder and Rebecca Brent. Active learning : An introduction. ASQ Higher Education Brief, 2, 01 2009.
- Michael Prince. Does active learning work ? a review of the research. Journal of Engineering Education, 93 :223–231, 07 2004a. doi : 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- Rafael Oliveira Chaves, Christiane Gresse von Wangenheim, Julio Cezar Costa Furtado, Sandro Ronaldo Bezerra Oliveira, Alex Santos, and Eloi Luiz Favero. Experimental evaluation of a serious game for teaching software process modeling. IEEE Transactions on Education, 58(4) :289–296, 2015.
- Mordechai Ben-Ari. Constructivism in computer science education. SIGCSE Bull., 30(1) :257–261, mar 1998a. ISSN 0097-8418. doi : 10.1145/274790.274308. URL <https://doi.org/10.1145/274790.274308>.
- JA Talingdan and CR Llanda. Assessment of the effectiveness of learning theories using gamified android app in teaching c programming. In IOP Conference Series : Materials Science and Engineering, volume 482, page 012030. IOP Publishing, 2019.
- Marc Pfeifer, Benjamin Völker, Sebastian Böttcher, Sven Köhler, and Philipp M Scholl. Teaching embedded systems by constructing an escape room. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education, pages 1103–1109, 2021.
- Scott Nicholson. Peeking behind the locked door : A survey of escape room facilities. 2015.
- Ho-Ying Helena Chang. Escaping the gap : Escape rooms as an environmental education tool. University of California, 2019.
- Arturo Fuentes-Cabrera, María Elena Parra-González, Jesús López-Belmonte, and Adrián Segura-Robles. Learning mathematics with emerging methodologies—the escape room as a case study. Mathematics, 8(9) :1586, 2020.
- Scott Freeman, Sarah L Eddy, Miles McDonough, Michelle K Smith, Nnadozie Okoroafor, Hannah Jordt, and Mary Pat Wenderoth. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the national academy of sciences, 111(23) :8410–8415, 2014.
- Christina Dorge. A methodological approach to key competencies in informatics. In Proceedings of the 2014 Conference on Innovation Technology in Computer Science Education, ITiCSE '14, pages 201–206, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery. ISBN 9781450328333. doi : 10.1145/2591708.2591742. URL <https://doi.org/10.1145/2591708.2591742>.
- John Kirriemuir and Angela McFarlane. Literature review in games and learning. 2004.
- John Brooke. Sus : a retrospective. Journal of usability studies, 8(2) :29–40, 2013.
- Rebecca A Grier, Katie Allanson, Aaron Bangor, Philip Kortum, Claudia Ziegler Acemyan, and Frederick L Oswald. Using the sus : Lessons learned & forward looking research. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, volume 62, pages 2037–2040. SAGE Publications Sage CA : Los Angeles, CA, 2018.

- Fong-Ling Fu, Rong-Chang Su, and Sheng-Chin Yu. Egameflow : A scale to measure learners' enjoyment of e-learning games. Computers & Education, 52 :101–112, 01 2009. doi : 10.1016/j.compedu.2008.07.004.
- Yun-Qian Wang, Xiaoqin Liu, Xia Lin, and Guoxiong Xiang. An evaluation framework for game-based learning. 05 2011.
- Jean Tan, Dion Goh, Rebecca Ang, and Vivien Huan. Usability and playability heuristics for evaluation of an instructional game. 10 2010. ISBN 978-1-880094-83-9.
- Charlene Jennett, Anna L. Cox, Paul Cairns, Samira Dhoparee, Andrew Epps, Tim Tjts, and Alison Walton. Measuring and defining the experience of immersion in games. International Journal of Human-Computer Studies, 66(9) :641–661, 2008. ISSN 1071-5819. doi : <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581908000499>.
- Giani Petri, Christiane Gresse von Wangenheim, and Adriano Borgatto. Meega+ : An evolution of a model for the evaluation of educational games. 07 2016.
- Oguz Ak. A game scale to evaluate educational computer games. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 46 :2477–2481, 2012. ISSN 1877-0428. doi : <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.506>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812016357>. 4th WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL SCIENCES (WCES-2012) 02-05 February 2012 Barcelona, Spain.
- Rabail Tahir and Alf Wang. State of the art in game based learning : Dimensions for evaluating educational games. 12 2017.
- Giani Petri and Christiane Gresse von Wangenheim. How to evaluate educational games : a systematic literature review. Journal of Universal Computer Science, 22 :992, 07 2016.
- Thomas Connolly, Mark Stansfield, and Thomas Hailey. Towards the development of a games-based learning evaluation framework. In Games-based learning advancements for multi-sensory human computer interfaces : Techniques and effective practices, pages 251–273. IGI Global, 2009.
- MBBAB Rêgo and Igor de Medeiros. Heeg : Heuristic evaluation for educational games. Proceedings of SBGames, 2015.
- Carlos Vaz de Carvalho. Is game-based learning suitable for engineering education? In Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pages 1–8, 2012. doi : 10.1109/EDUCON.2012.6201140.
- Thomas Connolly, Mark H Stansfield, and Thomas Hailey. Development of a general framework for evaluating games-based learning. In Proceedings of the 2nd European conference on games-based learning, pages 105–114. Universitat Oberta de Catalunya, 2008.
- Amy Trietiak. Online collaborative learning in higher education : A review of the literature, May 2020. URL <https://edspace.american.edu/amytrietiak/2020/05/07/online-collaborative-learning-in-higher-education>.
- Bettina Laugwitz, Theo Held, and Martin Schrepp. Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In Symposium of the Austrian HCI and usability engineering group, pages 63–76. Springer, 2008.
- Harald Warmelink, Igor Mayer, Jessika Weber-Sabil, Bram Heijligers, Mata Haggis-Burridge, Erwin Peters, and Max Louwerse. Amelio : Evaluating the team-building potential of a mixed reality escape room game. pages 111–123, 10 2017. doi : 10.1145/3130859.3131436.
- Rui Pan, Henry Lo, and Carman Neustaedter. Collaboration, awareness, and communication in real-life escape rooms. pages 1353–1364, 06 2017b. doi : 10.1145/3064663.3064767.

- Bojan Musil, Smiljana Gartner, Igor Pesek, and Marjan Krašna. Ict competences assessment through ict escape room. In 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), pages 622–626, 2019. doi : 10.23919/MIPRO.2019.8757043.
- Dilon R. Waggoner, Samantha J. Martin, Jeff L. Eads, and R. Dean Branson. 'using an escape room as gameful training with students, Feb 2019. URL <https://www.naceweb.org/career-readiness/competencies/using-an-escape-room-as-gameful-training-with-students/>.
- Traci Sitzmann. A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. Personnel Psychology, 64 :489 – 528, 05 2011. doi : 10.1111/j.1744-6570.2011.01190.x.
- Mordechai Ben-Ari. Constructivism in computer science education. In Proceedings of the Twenty-Ninth SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE '98, pages 257–261, New York, NY, USA, 1998b. Association for Computing Machinery. ISBN 0897919947. doi : 10.1145/273133.274308. URL <https://doi.org/10.1145/273133.274308>.
- Michael Prince. Does active learning work ? a review of the research. Journal of Engineering Education, 93 :223–231, 07 2004b. doi : 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x.
- Marjan Laal and Seyed Mohammad Ghodsi. Benefits of collaborative learning. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 31 :486–490, 2012. ISSN 1877-0428. doi : <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.091>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811030205>. World Conference on Learning, Teaching & Administration - 2011.
- David Watermeier and Bridget Salzameda. Escaping boredom in first semester general chemistry. Journal of Chemical Education, 96(5) :961–964, 2019. doi : 10.1021/acs.jchemed.8b00831.
- Heidi N Eukel, Jeanne E. Frenzel, and Dan Cernusca. Educational gaming for pharmacy students – design and evaluation of a diabetes-themed escape room. American Journal of Pharmaceutical Education, 81, 2017.
- Charlotte E Gifford and Jeanne P Mullaney. From rhetoric to reality : Applying the communication standards to the classroom. 1997.
- Leonore Hildegonde Christoph et al. The role of metacognitive skills in learning to solve problems. SIKS, 2006.
- Donald T Campbell and Julian C Stanley. Experimental and quasi-experimental designs for research. Ravenio books, 2015.
- Muhammad Amirrudin, Khoirunnisa Nasution, and Supahar Supahar. Effect of variability on cronbach alpha reliability in research practice. Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi, 17(2) :223–230, 2021.
- Cesup. L'alpha de cronbach, May 2015. URL <https://cescup.ulb.be/lalpha-de-cronbach/>.
- Martin Schrepp. User experience questionnaire handbook. All you need to know to apply the UEQ successfully in your project, 2015.
- Thomas S Tullis and Jacqueline N Stetson. A comparison of questionnaires for assessing website usability. In Usability professional association conference, volume 1, pages 1–12. Minneapolis, USA, 2004.
- Penelope Sweetser and Peta Wyeth. Gameflow : A model for evaluating player enjoyment in games. Comput. Entertain., 3(3) :3, jul 2005. doi : 10.1145/1077246.1077253. URL <https://doi.org/10.1145/1077246.1077253>.
- John M Keller. Development and use of the arcs model of instructional design. Journal of instructional development, 10(3) :2–10, 1987.

Heather Desurvire, Martin Caplan, and Jozsef A. Toth. Using heuristics to evaluate the playability of games. In CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '04, pages 1509–1512, New York, NY, USA, 2004. Association for Computing Machinery. ISBN 1581137036. doi : 10.1145/985921.986102. URL <https://doi.org/10.1145/985921.986102>.

Heather Desurvire and Charlotte Wiberg. Game usability heuristics (play) for evaluating and designing better games : The next iteration. In International conference on online communities and social computing, pages 557–566. Springer, 2009.

Nicola Jane Whitton. An investigation into the potential of collaborative computer gamebased learning in higher education. PhD thesis, Edinburgh Napier University Edinburgh, 2007.

# Chapitre 7

## Annexes

### 7.1 Formulaire de Consentement

1/4

Évaluer l'impact des jeux d'évasion éducatifs sur l'apprentissage de l'informatique au premier cycle universitaire
[Nom Superviseur - Nom Chercheur]

#### Introduction

Vous êtes invité à participer à un projet de recherche dans le cadre d'un travail de recherche sur le thème de la pédagogie en informatique de [Nom Chercheur] sous la supervision (Nom Superviseur) en faculté d'informatique de l'Unamur.

Ce projet de recherche est destiné à évaluer l'impact des jeux d'évasion éducatifs sur l'apprentissage de l'informatique.

Avant que vous acceptiez de participer à cette étude, vous devez connaître l'organisation mise en place pour votre participation ainsi que les éventuels inconvénients et avantages liés à votre participation afin de pouvoir prendre une décision informée. C'est ce que l'on appelle donner un « consentement éclairé ».

Veillez lire attentivement ces quelques pages d'information et poser toutes les questions que vous souhaitez à l'investigateur ou à la personne qui le représente.

Si vous participez à cette recherche, vous devez savoir que :

- Cette recherche est mise en œuvre après évaluation par le comité d'éthique [Université].
- Votre participation est volontaire et nécessite la signature d'un consentement. Même après l'avoir signé, vous pouvez mettre un terme à votre participation en informant les investigateurs. Votre décision de ne pas ou de ne plus participer à l'étude n'aura aucun impact sur vos relations avec les investigateurs.
- Aucun frais ne vous sera facturé pour l'utilisation des outils mis à votre disposition spécifiquement à cette étude.
- Les données recueillies à cette occasion sont confidentielles et votre anonymat est garanti lors de la publication des résultats.
- Une assurance a été souscrite au cas où vous subiriez un dommage lié à votre participation à cette recherche.
- Vous pouvez toujours contacter les investigateurs si vous avez besoin d'informations complémentaires.
- La durée totale de l'expérimentation est de 6h30. Elle se prolongera un mois plus tard pour une durée de 30 minutes.
- La participation complète à cette étude vous apportera un point bonus dans le cadre du cours dont la dénomination est [intitulé du cours].

**Ces points sont détaillés en annexe** sous la rubrique « Droits et protection du participant à une recherche clinique ».

Si vous participez à cette recherche, nous vous demandons :

- de collaborer pleinement au bon déroulement de cette recherche;
- de ne rien cacher comme information au sujet de vos avis et ressentis;
- de ne divulguer aucune information, à quelconque tiers, qui pourrait compromettre les résultats et conclusions de cette expérimentation (protocole, questions posées et autres).

Formulaire de consentement - Évaluer l'impact des jeux d'évasion éducatifs sur l'apprentissage de l'informatique au premier cycle universitaire

**Figure 7.1 – Questionnaire de consentement - (source : [https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele\\_dic\\_tfe\\_etude\\_interventionnelle\\_201701.docx](https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele_dic_tfe_etude_interventionnelle_201701.docx))**  
Texte de couleur = variable

### Description du protocole de l'étude

Cette étude se justifie par le fait que le marché de l'emploi vit actuellement une pénurie de profils informatiques qualifiés. Il est primordial de rendre les études d'informatique plus attrayantes afin d'attirer de nouveaux profils et ainsi répondre aux demandes du marché de l'emploi.

6 étudiants de premier cycle universitaire en informatique participeront à cette expérimentation.

Vous serez assigné aléatoirement au travers de deux groupes. Les membres de groupe contrôle participeront à une activité de travaux pratiques classique. Les membres du groupe expérimental quant à eux participeront à un jeu d'évasion éducatif spécifiquement conçu pour l'apprentissage de l'informatique.

Nous récolterons des données par rapport à votre motivation, votre expérience utilisateur, vos caractéristiques démographiques et votre évolution d'apprentissage entre la situation pré et post activité.

L'expérimentation se déroulera de la manière suivante:

1. Questionnaire démographique [10 minutes]
2. Cours magistral [120 minutes]
3. Repos [15 min]
4. Annonce des groupes [5min]
5. Questionnaire de motivation [15 min]
6. Test de vos connaissances [30 min]
7. Activité (varie selon le groupe auquel vous êtes assigné)[120 min]
8. Repos [15 min]
9. Test de vos connaissances [30 min]
10. Questionnaire d'expérience utilisateur [15 min]
11. Débriefing et discussion de groupe [15 min]

[1 mois plus tard]

12. Test de vos connaissances [30 min]

*Formulaire de consentement - Évaluer l'impact des jeux d'évasion éducatifs sur l'apprentissage de l'informatique au premier cycle universitaire*

**Figure 7.2 – Questionnaire de consentement - (source : [https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele\\_dic\\_tfe\\_etude\\_interventionnelle\\_201701.docx](https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele_dic_tfe_etude_interventionnelle_201701.docx))**

**Texte de couleur = variable**

**Consentement éclairé**

Je déclare que j'ai été informé sur la nature de l'étude, son but, sa durée, les inconvénients éventuels liés à la participation à l'étude et ce que l'on attend de moi.

J'ai eu suffisamment de temps pour y réfléchir et en parler avec une personne de mon choix.

J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions qui me sont venues à l'esprit et j'ai obtenu une réponse satisfaisante à mes questions.

J'ai compris que ma participation à cette étude est volontaire et que je suis libre de mettre fin à ma participation à cette étude sans que cela ne modifie mes relations avec les investigateurs.

J'ai compris que des données me concernant seront récoltées pendant toute ma participation à cette étude et que les investigateurs se portent garant de la confidentialité de ces données (cfr rubrique « Garanties de confidentialité » dans l'annexe « Droits et protection du participant »).

J'ai reçu une copie de l'information au participant et du consentement éclairé.

[Nom, Prénom, date et signature du volontaire].

Je soussigné, [Nom et prénom Chercheur], investigateur, confirme avoir fourni oralement les informations nécessaires sur l'étude et avoir fourni un exemplaire du document d'information au participant.

Je confirme qu'aucune pression n'a été exercée pour que le volontaire accepte de participer à l'étude et que je suis prêt à répondre à toutes les questions supplémentaires, le cas échéant.

[Nom, prénom, date et signature de l'investigateur ]

**Figure 7.3 – Questionnaire de consentement - (source : [https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele\\_dic\\_tfe\\_etude\\_interventionnelle\\_201701.docx](https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele_dic_tfe_etude_interventionnelle_201701.docx))**

**Texte de couleur = variable**

## Droits et protection du participant

### Participation volontaire

Avant de signer, n'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugez utiles. Prenez le temps d'en parler à une personne de confiance si vous le souhaitez. Votre participation à l'étude est volontaire : ceci signifie que vous avez le droit de ne pas y participer ou de vous retirer sans justification même si vous aviez accepté préalablement d'y participer. Votre décision ne modifiera en rien vos relations avec les investigateurs.

Si vous acceptez de participer à cette étude, vous signerez le formulaire de consentement éclairé. Un des investigateurs signera également ce formulaire et confirmera ainsi qu'il vous a fourni les informations nécessaires sur l'étude. Vous recevrez l'exemplaire qui vous est destiné.

Aucun dédommagement pour le temps consacré à votre participation ou les inconforts liés aux examens de l'étude n'est prévu à l'exception d'un point bonus dans le cours mentionné précédemment.

### Garantie de confidentialité

Votre participation à l'étude signifie que vous acceptez que les investigateurs recueillent des données vous concernant et les utilisent dans un objectif de recherche.

Vous avez le droit de demander aux investigateurs quelles sont les données collectées à votre sujet et quelle est leur utilité dans le cadre de l'étude. Vous disposez d'un droit de regard sur ces données et le droit d'y apporter des rectifications au cas où elles seraient incorrectes.

Les investigateurs ont un devoir de confidentialité vis-à-vis des données collectées. Ceci veut dire qu'ils s'engagent non seulement à ne jamais divulguer votre nom dans le cadre d'une publication ou d'un exposé mais aussi qu'ils prendront toutes les mesures indispensables à la protection de vos données (protection des documents sources, code d'identification, protection par mot de passe des bases de données créées). Les données personnelles collectées ne contiendront pas d'association d'éléments qui puissent permettre de malgré tout vous identifier.

Quand l'étude sera terminée (après validation des résultats et publication éventuelle), les investigateurs s'engagent à détruire la base de données qui contient votre code d'identification, vos nom, prénom, de sorte qu'il ne sera plus possible de faire le lien entre les données recueillies pendant l'étude et votre identité.

### Assurance

Nous ne pouvons exclure aucun risque, si minime soit-il. Le promoteur assume, même sans faute, la responsabilité du dommage causé au participant (ou à ses ayants droit) et lié de manière directe ou indirecte aux expériences réalisées. Dans cette optique, le promoteur a souscrit un contrat d'assurance.

### Contact

Si vous avez besoin d'informations complémentaires, mais aussi en cas de problème ou d'inquiétude, vous pouvez contacter l'investigateur suivant : **[Nom, Prénom, numéro de téléphone, email]**.

Formulaire de consentement - Évaluer l'impact des jeux d'évasion éducatifs sur l'apprentissage de l'informatique au premier cycle universitaire

**Figure 7.4 – Questionnaire de consentement - (source : [https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele\\_dic\\_tfe\\_etude\\_interventionnelle\\_201701.docx](https://www.erasme.ulb.ac.be/sites/default/files/files/articles/2017/modele_dic_tfe_etude_interventionnelle_201701.docx))**

**Texte de couleur = variable**

## 7.2 Questionnaire SUS

	<b>Strongly Disagree</b>					<b>Strongly Agree</b>
1. I think that I would like to use this product frequently.	1	2	3	4	5	
2. I found the product unnecessarily complex.	1	2	3	4	5	
3. I thought the product was easy to use.	1	2	3	4	5	
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this product.	1	2	3	4	5	
5. I found the various functions in the product were well integrated.	1	2	3	4	5	
6. I thought there was too much inconsistency in this product.	1	2	3	4	5	
7. I imagine that most people would learn to use this product very quickly.	1	2	3	4	5	
8. I found the product very awkward to use.	1	2	3	4	5	
9. I felt very confident using the product.	1	2	3	4	5	
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this product.	1	2	3	4	5	

Figure 7.5 – Questionnaire SUS - (source : [Bangor et al., 2009] )

### 7.3 Questionnaire MEEGA

Demographic Information	
Institution	
Course/degree	
Subject	
Age group	<input type="checkbox"/> Under 18 years <input type="checkbox"/> 18 to 28 years <input type="checkbox"/> 29 to 39 years <input type="checkbox"/> 40 to 50 years <input type="checkbox"/> Over 50 years
Gender	<input type="checkbox"/> Male <input type="checkbox"/> Female
How often do you play digital games?	<input type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Rarely: from time to time <input type="checkbox"/> Monthly: at least once a month <input type="checkbox"/> Weekly: at least once a week <input type="checkbox"/> Daily: every day.
How often do you play non-digital games (card or board games, etc.)?	<input type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Rarely: from time to time <input type="checkbox"/> Monthly: at least once a month <input type="checkbox"/> Weekly: at least once a week <input type="checkbox"/> Daily: every day

No.	Dimension	Sub-dimension	Item Description
<b>Quality factor: Player Experience</b>			
1	Focused Attention		There was something interesting at the beginning of the game that captured my attention
2			I was so involved in my gaming task that I lost track of time
3			I forgot about my immediate surroundings while playing this game
4	Fun		I had fun with the game
5			Something happened during the game (game elements, competition, etc.) which made me smile
6	Challenge		This game is appropriately challenging for me
7			The game provides new challenges (offers new obstacles, situations or variations) at an appropriate pace
8			The game does not become monotonous as it progresses (repetitive or boring tasks)
9	Social Interaction		I was able to interact with other players during the game
10			The game promotes cooperation and/or competi-

Figure 7.6 – Questionnaire MEEGA (partie 1) - (source : [Petri et al., 2016] )

			tion among the players	
11			I felt good interacting with other players during the game	
12	Confidence		When I first looked at the game, I had the impression that it would be easy for me	
13			The contents and structure helped me to become confident that I would learn with this game	
14	Relevance		The game contents are relevant to my interests	
15			It is clear to me how the contents of the game are related to the course	
16			This game is an adequate teaching method for this course	
17			I prefer learning with this game to learning through other ways (e.g. other teaching methods)	
18	Satisfaction		Completing the game tasks gave me a satisfying feeling of accomplishment	
19			It is due to my personal effort that I managed to advance in the game	
20			I feel satisfied with the things that I learned from the game	
21			I would recommend this game to my colleagues	
22	Usability	Aesthetics	The game design is attractive (interface, graphics, board, cards, etc.)	
23				The text font and colors are well blended and consistent
24		Learnability		I needed to learn a few things before I could play the game
25				Learning to play this game was easy for me
26				I think that most people would learn to play this game very quickly
27		Operability		I think that the game is easy to play
28				The game rules are clear and easy to understand
29		Accessibility		The fonts (size and style) used in the game are easy to read
30				The colors used in the game are meaningful
31				(Digital games) The game allows customizing the appearance (font and/or color) according to my preferences
32				(Digital games) – The game prevents me from making mistakes
33		Error prevention and recovery (Digital games)		(Digital games) - When I make a mistake it is easy to recover from it quickly
<b>Quality factor: Perceived Learning</b>				
34	Shor-term learning		The game contributed to my learning in this course	

Figure 7.7 – Questionnaire MEEGA (partie 2) - (source : [Petri et al., 2016] )

35		The game allowed for efficient learning compared with other activities in the course
36 ...	Learning goals	<p>This statement is repeated for each goal of the game.</p> <p>The game contributed to &lt;verb as level of the learning goal (cognitive, psychomotor, affective)&gt; &lt;goal/concept&gt;.</p> <p>An example in accordance with the learning goals of SCRUMIA (Gresse von Wangenheim et al., 2013):</p> <p>The game contributed to <i>recall</i> the concepts from <i>Sprint Planning</i>.</p>

Please list three strong aspects of the game:

---



---



---

Please give three suggestions to improve the game:

---



---



---

Any further comment?

---



---



---

Figure 7.8 – Questionnaire MEEGA (partie 3) - (source : [Petri et al., 2016] )

## 7.4 Questionnaire IGE

Dimension	Gagne's Events of Instruction	ARCS Model	Playability/ Usability Heuristics	Question
Captive Interest	Gain attention Capture the attention of the learner	1.Attention  Capturing the interest of learners; stimulating the curiosity to learn  How can I make this learning experience stimulating and interesting?	Playability Heuristic-Concentration	1. Do you have total concentration while playing the game?
			Playability Heuristics-Immersion	2. Does the storyline relate to your life experiences and grabs your interest? 3. Does the game stimulate your curiosity and make you want to explore? 4. Are the visuals, animation and music able to capture your interest? 5. Are there variations that are able to maintain your attention?
			Usability Heuristic -Aesthetic and minimalist design	6. Do you find the on-screen interface clutter-free and intuitive to navigate? 7. Do the font types and sizes used allow for easy reading?
Meet Learning Needs	2. Inform learners of objectives	2.Relevance  Meeting the personal needs/ goals of the learner to effect a positive attitude  In what ways will this learning experience be valuable for my students?	Playability Heuristic-Clear Goals	8. Are the learning objectives of the game clear to you?
	3. Stimulate recall of prior learning Relevant to the context of the target group characteristics and prerequisites		Playability Heuristic-Clear Goals	9. Does the game help you to associate new knowledge and skills with your prior knowledge and skills?
	4. Present the content Well-defined instructions and exposures to new knowledge and skills		Usability Heuristic-Recognition rather than recall	10. Are instructions visible and or easily retrievable so that you do not have to memorize them?
			Usability Heuristic - Match between system and the real world	11. Are the words and phrases of the games easy to understand? 12. Does role-playing as the avatar help you associate the life problems presented in the game with your problems?
Build Player's Confidence	5. Provide "learning guidance" -Ability to learn is developed by increasing levels of difficulty and availability of different choices.	3.Confidence/ Challenge  Helping the learners believe/ feel that they will succeed and control their success How can I via instruction help the students succeed and allow them to control their success?	Playability Heuristic-Challenge	15. Does the game provide a challenge at an appropriate difficulty level? 16. Do you feel confident playing the game even if you have only the online help as a reference? 17. When playing the game, did you experience the level of challenge that matches your skill level?
			Usability Heuristic – Help and documentation	18. Can you easily get help during your game play and find this “help” useful for you to achieve the goals and learning objectives?
			Usability Heuristic – Error prevention	19. Do you encounter errors? 20. Are there warning messages and cues and do you find them useful and help you make less mistakes?

Figure 7.9 – Questionnaire IGE (partie 1) - (source : [Tan et al., 2010] )

			Usability Heuristic -Help users recognize, diagnose, and recover from errors	21. Does the game help you to diagnose your own error?
	6. Elicit performance		Playability Heuristic- Challenge	22. Do you achieve the learning objectives?
	Opportunity to practice		Playability Heuristic- Control	23. Do you feel a sense of control of the playing actions you take and the strategies that you use?
			Usability Heuristic- Flexibility and efficiency of use	24. Do you find the game controls and on-screen interface features simple and easy to navigate in the game environment?
			Usability Heuristic -User control and feedback	25. Does the game allow you to initiate and control actions?
			Usability Heuristic -Consistency and standards	26. Do you find consistency in the game i.e. commands and words are consistent? 27. Do you find the user interface ( e.g. controls, color, graphics and dialogue design) consistent? 28. Once you learn a function, do you find it applicable throughout the entire game without the need to relearn?
Assess Achievement	7. Provide feedback Opportunity to self-assess learning	4.Satisfaction /Success  Reinforcing accomplishment with rewards  What can I do to help the students feel good about their experience and desire to continue learning	Playability Heuristics- Feedback	29. When playing the game, do you receive immediate feedback on your actions? 30. Can you gauge your overall progress at each stage of your game? 31. Do the game rules assign a final score to the end of each session? 32. Does the game have a structure that gives you a sense of where you are in the overall experience
	8. Assess performance Provision of Incentives and Rewards		Usability Heuristic- Visibility of system status	33. Does the game keep you informed about what goes on? 34. Does it provide you with feedback for your action?
	9. Enhance retention and transfer of skills Reflection to help reinforcement of skills .		Playability Heuristics-Clear Goals	35. Does the game reward you appropriately for your effort and skill development? 36. Do you experience satisfaction and success after playing the game? 37. Are there clear intermediate goals presented at appropriate times? 38. Are the overall goals of the game clearly defined and presented early?
			Playability Heuristics-Clear Goals	39. Does the game allow you to do reflection on your learning? 40. Does the feedback and online help reinforce your understanding? 41. Will you to be able to apply the newly acquired knowledge? 42. Do you want to play more of the game?

Figure 7.10 – Questionnaire IGE (partie 2) - (source : [Tan et al., 2010] )

## 7.5 Questionnaire HEEG

Category	Heuristic	Criteria	Source
Game Play	Enduring Play	The players find the game fun, with no repetitive or boring tasks.	PLAY
		Player should not experience being penalized repetitively for the same failure.	HEP
	Challenge, Strategy and Pace	Player's fatigue is minimized by varying activities and pacing during game play.	HEP
Goals		The game goals are clear. The game provides clear goals, presents overriding goals early as well as short term goals throughout game play.	PLAY
Enjoyment	Immersion	Game should react in a consistent, challenging, and exciting way to the player's actions (e.g., appropriate music with music with the action).	HEP
		The game utilizes visceral, audio and visual content to further the players' immersion in the game.	PLAY
	Concentration	Games should provide a lot of stimuli from different sources.	GameFlow
		Games must provide stimuli that are worth attending to.	GameFlow
		Games should quickly grab the players' attention and maintain their focus throughout the game.	GameFlow
		Players shouldn't be burdened with tasks that don't feel important.	GameFlow
	Players should not be distracted from tasks that they want or need to concentrate on.	GameFlow	
Usability & Game Mechanics	Documentation/ Tutorial	Player does not need to read the manual, tutorial, or documentation to play.	HEP
		Player is given controls that are basic enough to learn quickly, yet expandable as player attain for new goals and challenges.	HEP/ Play
		Learning the game should not be boring, but be part of the fun.	GameFlow
	Game Provides Feedback	A player should always be able to identify their score/status and goal in the game.	HEP
		Game provides feedback and reacts in a consistent, immediate, challenging and exciting way to the players' actions. Providing appropriate audio/visual/visceral feedback (music, sound effects).	PLAY
	Screen Layout	Screen layout is visually pleasing (in controller, color, typographic, dialogue and user interface design).	HEP
		Player experiences the user interface as consistent, efficient and integrated (menu as a part of the game).	PLAY
	Navigation	Player experiences the user interface/HUD navigation as logical and minimalist.	PLAY
	Error Prevention	Player error is avoided.	PLAY
		Upon turning on the game, the player has enough information to begin.	PLAY
Players should be given context sensitive help while playing so that they are not stuck and need to rely on a manual for help.		PLAY	
All levels of players are able to play and get involved quickly and easily with tutorials, and/or progressive or adjustable difficulty levels.		PLAY	
Control	Players should feel a sense of control over the game interface and input devices.	GameFlow	
	Game controls are consistent within the game and follow standard conventions.	PLAY	
Educational Design	Supports active learning	Encourages exploration, problem solving, and enquiry.	N J Whitton
		Game goals align with learning goals.	N J Whitton
	Engenders engagement	Stimulates curiosity.	N J Whitton
		Appropriate challenge.	N J Whitton
	Appropriateness	Provides control over the learning environment.	N J Whitton
		Fits with curriculum and assessment.	N J Whitton
	Supports reflection	Personally relevant for students.	N J Whitton
		Opportunities for reflection and debriefing on learning.	N J Whitton
Provides equitable experience	Highlights process of learning.	N J Whitton	
	Accounts for differing prior knowledge.	N J Whitton	
	Provides equal opportunities to participate.	N J Whitton	

Figure 7.11 – Questionnaire HEEG - (source : [Rêgo and de Medeiros, 2015] )

## 7.6 Questionnaire GUESS

**TABLE 2:** Demographics of Participants in the EFA ( $N = 629$ ) and CFA ( $N = 771$ ) Studies

Variable	EFA Value	CFA Value
Age in years ( $M \pm SD$ )	24.61 $\pm$ 7.18	25.87 $\pm$ 7.97
Age range in years	18–61	18–60
Gender (%)		
Male	58.0	62.6
Female	42.0	37.4
Ethnicity (%)		
American Indian/Alaskan Native	1.4	2.7
Asian/Pacific Islander	13.5	11.5
Black/African American	5.6	3.2
Hispanic/Latino	8.7	5.8
White (not of Hispanic origin)	63.4	70.6
Biracial/multiracial/mixed	4.9	2.9
I do not wish to answer	2.4	3.2
Education level (%)		
Some high school	3.2	2.1
High school graduate or GED	14.0	10.0
Some college	49.1	46.2
College graduate (2- and 4-year degree)	27.0	33.9
Postgraduate degree (MA, PhD, law, or medical)	6.7	7.9
Type of video game player (%)		
Newbie/novice	6.5	5.8
Casual	39.9	36.3
Midcore/core	38.3	38.9
Hardcore/expert	15.3	18.9
Mean hours spent playing game per week (%)		
Less than 1 hr	6.7	6.0
1–4 hr	22.3	22.6
5–9 hr	24.0	23.7
10–19 hr	23.4	23.9
20–29 hr	14.8	14.8
30–39 hr	2.9	3.6
More than 40 hr	6.0	5.4

Note. EFA = exploratory factor analysis; CFA = confirmatory factor analysis.

Figure 7.12 – Questionnaire GUESS (partie 1) - (source : [Phan et al., 2016] )

**TABLE 3:** Overview of the Games Evaluated in the EFA (*N* = 629) and CFA (*N* = 771) Studies

Variable	EFA (%)	CFA (%)
Last time played		
Today	25.4	25.7
Yesterday	25.9	31.6
Last week	30.0	27.4
Last month	14.3	11.7
About 2–3 months ago	4.3	3.6
Total time spent playing		
10–19 hr	14.8	13.2
20–39 hr	21.0	20.0
40–79 hr	20.8	19.1
80–120 hr	12.1	10.9
More than 120 hr	31.3	36.8
Gaming device used		
Computer device (e.g., laptop, desktop)	36.6	42.5
Console device (e.g., Xbox 360, Nintendo Wii)	48.5	41.1
Handheld gaming device (e.g., Game Boy Advance)	5.1	4.0
Mobile device (e.g., smartphone, tablet)	9.4	12.3
Other (e.g., arcade)	0.5	0.0
Overall satisfaction level		
Extremely dissatisfied	0.5	0.3
Dissatisfied	0.3	0.4
Somewhat dissatisfied	0.8	0.3
Neither satisfied nor dissatisfied	1.3	1.0
Somewhat satisfied	6.2	4.7
Satisfied	43.6	44.9
Extremely satisfied	47.4	48.5

Note. EFA = exploratory factor analysis; CFA = confirmatory factor analysis.

Figure 7.13 – Questionnaire GUESS (partie 2) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	M	SD	Factor Loadings		h <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I think it is easy to learn how to play the game.	5.68	1.50	.77	.64	.51
I find the controls of the game to be straightforward.	6.13	1.12	.69	.67	.48
I always know how to achieve my goals/objectives in the game.	5.67	1.28	.66	.61	.40
I find the game's interface to be easy to navigate.	5.93	1.09	.64	.67	.48
I do not need to go through a lengthy tutorial or read a manual to play the game.	5.76	1.49	.56	.48	.28
I find the game's menus to be user friendly.	5.83	1.15	.53	.58	.36
I feel the game trains me well in all of the controls.	5.60	1.32	.52	.55	.34
I always know my next goal when I finish an event in the game.	5.46	1.40	.47	.48	.30
I feel the game provides me the necessary information to accomplish a goal within the game.	5.68	1.18	.47	.59	.40
I think the information provided in the game (e.g., onscreen messages, help) is clear.	5.88	1.05	.43	.56	.38
I feel very confident while playing the game.	5.56	1.18	.41	.54	.42

Figure 7.14 – Questionnaire GUESS (partie 3)- (source : [Phan et al., 2016] )

Item	M	SD	Factor Loadings		h <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I think the characters in the game are well developed.	5.17	1.61	.84	.76	.60
I am captivated by the game's story from the beginning.	5.14	1.62	.84	.85	.73
I enjoy the fantasy or story provided by the game.	5.79	1.28	.61	.75	.63
I can identify with the characters in the game.	4.55	1.72	.60	.56	.37
I am emotionally moved by the events in the game.	4.15	1.82	.58	.65	.50
I am very interested in seeing how the events in the game will progress.	5.88	1.25	.51	.70	.57
I can clearly understand the game's story.	5.91	1.22	.48	.48	.31

Figure 7.15 – Questionnaire GUESS (partie 4) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	M	SD	Factor Loadings		h <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I feel detached from the outside world while playing the game.	4.27	1.80	.76	.67	.48
I do not care to check events that are happening in the real world during the game.	4.07	1.82	.75	.61	.44
I cannot tell that I am getting tired while playing the game.	4.22	1.91	.67	.62	.40
Sometimes I lose track of time while playing the game.	5.67	1.46	.61	.68	.51
I temporarily forget about my everyday worries while playing the game.	5.32	1.47	.56	.64	.43
I tend to spend more time playing the game than I have planned.	5.28	1.60	.52	.58	.38
I can block out most other distractions when playing the game.	5.49	1.34	.49	.59	.40
Whenever I stopped playing the game I cannot wait to start playing it again.	4.78	1.50	.49	.64	.46

Figure 7.16 – Questionnaire GUESS (partie 5) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	M	SD	Factor Loadings		h <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I think the game is fun.	6.50	0.81	.88	.86	.75
I enjoy playing the game.	6.51	0.76	.86	.85	.73
I feel bored while playing the game.	2.45	1.46	-.58	-.55	.32
I am likely to recommend this game to others.	6.27	1.06	.58	.70	.52
If given the chance, I want to play this game again.	6.31	1.02	.55	.68	.54

Figure 7.17 – Questionnaire GUESS (partie 6) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	M	SD	Factor Loadings		h <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I feel the game allows me to be imaginative.	5.38	1.54	.90	.76	.61
I feel creative while playing the game.	4.91	1.60	.86	.76	.60
I feel the game gives me enough freedom to act how I want.	5.51	1.46	.62	.61	.42
I feel the game allows me to express myself.	4.62	1.64	.61	.68	.52
I feel I can explore things in the game.	5.66	1.47	.44	.61	.44
I feel my curiosity is stimulated as the result of playing the game.	5.42	1.41	.43	.67	.54
I think the game is unique or original.	5.60	1.51	.43	.57	.42

Figure 7.18 – Questionnaire GUESS (partie 7) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	M	SD	Factor Loadings		h <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I enjoy the sound effects in the game.	5.88	1.29	.87	.89	.80
I enjoy the music in the game.	5.68	1.53	.76	.80	.66
I feel the game's audio (e.g., sound effects, music) enhances my gaming experience.	5.92	1.43	.76	.78	.63
I think the game's audio fits the mood or style of the game.	6.17	1.04	.63	.73	.58

Figure 7.19 – Questionnaire GUESS (partie 8) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	M	SD	Factor Loadings		h <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I am in suspense about whether I will succeed in the game.	5.06	1.73	.70	.60	.42
I feel successful when I overcome the obstacles in the game.	6.19	0.92	.66	.68	.48
I want to do as well as possible during the game.	6.20	1.02	.62	.63	.45
I am very focused on my own performance while playing the game.	5.83	1.18	.57	.61	.43
I feel the game constantly motivates me to proceed further to the next stage or level.	5.81	1.24	.57	.67	.51
I find my skills gradually improve through the course of overcoming the challenges in the game.	6.23	1.00	.48	.55	.36

Figure 7.20 – Questionnaire GUESS (partie 9) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	<i>M</i>	<i>SD</i>	Factor Loadings		<i>h</i> <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I find the game supports social interaction (e.g., chat) between players.	4.78	1.93	.84	.83	.72
I like to play this game with other players.	5.28	1.97	.75	.76	.63
I am able to play the game with other players if I choose.	5.61	1.89	.71	.72	.54
I enjoy the social interaction within the game.	4.86	1.58	.64	.65	.54

Figure 7.21 – Questionnaire GUESS (partie 10) - (source : [Phan et al., 2016] )

Item	<i>M</i>	<i>SD</i>	Factor Loadings		<i>h</i> <sup>2</sup>
			Pattern	Structure	
I enjoy the game's graphics.	6.19	1.00	.64	.70	.53
I think the graphics of the game fit the mood or style of the game.	6.27	0.89	.63	.68	.51
I think the game is visually appealing.	6.25	1.03	.59	.61	.40

Figure 7.22 – Questionnaire GUESS (partie 11) - (source : [Phan et al., 2016] )

## 7.7 Questionnaire Flow Scale For Games

		Agree			Disagree	
1	I was challenged, but I believed my skills would allow me to meet the challenge.	5	4	3	2	1
2	I could use the user interface of the game spontaneously and automatically without having to think.	5	4	3	2	1
3	I knew clearly what I wanted to do and achieve.	5	4	3	2	1
4	I was aware how I was performing in the game.	5	4	3	2	1
5	My attention was focused entirely on playing the game.	5	4	3	2	1
6	I felt in total control of my playing actions.	5	4	3	2	1
7	I was not concerned with what others may have been thinking about my playing performance.	5	4	3	2	1
8	My sense of time altered (either speeded up or slowed down).	5	4	3	2	1
9	I really enjoyed the playing experience.	5	4	3	2	1
10	The challenge that the game provided and my skills were at an equally high level.	5	4	3	2	1
11	The use of the user interface was easy to acquire.	5	4	3	2	1
12	The goals of the game were clearly defined.	5	4	3	2	1
13	I could tell by the way I was performing how well I was doing.	5	4	3	2	1
14	It was no effort to keep my mind on game events.	5	4	3	2	1
15	I had a feeling of control of my actions.	5	4	3	2	1
16	I was not worried about my performance during playing.	5	4	3	2	1
17	The way time passed seemed to be different from normal.	5	4	3	2	1
18	I loved the feeling of playing and want to capture it again.	5	4	3	2	1
19	I had total concentration while playing the game.	5	4	3	2	1
20	The playing experience left me feeling great.	5	4	3	2	1
21	I was totally immersed in playing the game.	5	4	3	2	1
22	I found the experience extremely rewarding.	5	4	3	2	1
23	Read the description of flow experience and answer to the following statement: I experienced a clear flow experience during playing.	5	4	3	2	1
	<b>Description of flow:</b> The word flow is used to describe a state of mind sometimes experienced by people who are deeply involved in some activity. For example, a football player may experience flow when nothing else matters but the game itself and it is going very well. Activity that induces flow totally captivates a person for some period of time, in which case time seems to distort and nothing else but the activity seems to matter. Flow may not last for a long time on any particular occasion, but it may come and go over time. Flow has been described as being an intrinsically enjoyable experience.					
24	If you experienced flow, what factors in the game contributed to flow experience?					
25	If you did not experience flow, what factors in the game disturbed achieving a flow experience?					

Figure 7.23 – Questionnaire FSFG - (source : [Phan et al., 2016] )

## 7.8 Questionnaire E-GameFlow

Factor	Item no.	Content
Concentration	C1	<i>The game grabs my attention<sup>a</sup></i>
	C2	<i>The game provides content that stimulates my attention<sup>a</sup></i>
	C3	Most of the gaming activities are related to the learning task
	C4	No distraction from the task is highlighted
	C5	Generally speaking, I can remain concentrated in the game
	C6	I am not distracted from tasks that the player should concentrate on
	C7	I am not burdened with tasks that seem unrelated
	C8	Workload in the game is adequate
Goal Clarity	G1	Overall game goals were presented in the beginning of the game
	G2	Overall game goals were presented clearly
	G3	Intermediate goals were presented in the beginning of each scene
	G4	Intermediate goals were presented clearly
	G5	<i>I understand the learning goals through the game<sup>a</sup></i>
Feedback	F1	I receive feedback on my progress in the game
	F2	I receive immediate feedback on my actions
	F3	I am notified of new tasks immediately
	F4	I am notified of new events immediately
	F5	I receive information on my success (or failure) of intermediate goals immediately
	F6	<i>I receive information on my status, such as score or level<sup>a</sup></i>
Challenge	H1	<i>I enjoy the game without feeling bored or anxious<sup>a</sup></i>
	H2	<i>The challenge is adequate, neither too difficult nor too easy<sup>a</sup></i>
	H3	The game provides "hints" in text that help me overcome the challenges
	H4	The game provides "online support" that helps me overcome the challenges
	H5	The game provides video or audio auxiliaries that help me overcome the challenges
	H6	<i>My skill gradually improves through the course of overcoming the challenges<sup>a</sup></i>
	H7	<i>I am encouraged by the improvement of my skills<sup>a</sup></i>
	H8	The difficulty of challenges increase as my skills improved.
	H9	The game provides new challenges with an appropriate pacing
	H10	The game provides different levels of challenges that tailor to different players
Autonomy	A1	<i>I feel a sense of control the menu (such as start, stop, save, etc.)<sup>a</sup></i>
	A2	<i>I feel a sense of control over actions of roles or objects<sup>a</sup></i>
	A3	<i>I feel a sense of control over interactions between roles or objects<sup>a</sup></i>
	A4	<i>The game does not allow players to make errors to a degree that they cannot progress in the game<sup>a</sup></i>
	A5	<i>The game supports my recovery from errors<sup>a</sup></i>
	A6	<i>I feel that I can use strategies freely<sup>a</sup></i>
	A7	I feel a sense of control and impact over the game
	A8	I know next step in the game
	A9	I feel a sense of control over the game
Immersion	I1	I forget about time passing while playing the game
	I2	I become unaware of my surroundings while playing the game
	I3	I temporarily forget worries about everyday life while playing the game
	I4	I experience an altered sense of time
	I5	I can become involved in the game
	I6	I feel emotionally involved in the game
	I7	I feel viscerally involved in the game
Social Interaction	S1	I feel cooperative toward other classmates
	S2	I strongly collaborate with other classmates
	S3	The cooperation in the game is helpful to the learning
	S4	The game supports social interaction between players (chat, etc)
	S5	The game supports communities within the game
	S6	The game supports communities outside the game
Knowledge Improvement	K1	The game increases my knowledge
	K2	I catch the basic ideas of the knowledge taught
	K3	I try to apply the knowledge in the game
	K4	The game motivates the player to integrate the knowledge taught
	K5	I want to know more about the knowledge taught

Figure 7.24 – Questionnaire E-GameFlow - [Fu et al., 2009]

## 7.9 Questionnaires Divers

**TABLE 3. Results of the student survey (N = 28).**

Question	M	MED	SD
What is your general opinion on the escape room? (1 Poor - 5 Very Good)	4.6	5.0	0.6
Please, state your level of agreement with the following statements (1 Strongly disagree - 5 Strongly agree):			
The escape room allowed me to improve my knowledge of the course materials	4.1	4.0	0.8
I learned more with the escape room than I would have with a computer lab session	4.0	4.0	0.8
I liked the escape room better than a computer lab session	4.7	5.0	0.7
The escape room was fun for me	4.4	4.5	0.6
The escape room was an immersive experience	4.3	4.0	0.7
The escape room was a stressful experience	2.0	2.0	1.1
The escape room was too hard	2.6	3.0	1.1
The difficulty of the escape room lies in mastering the course materials	3.8	4.0	0.9
I think I was prepared enough to succeed in the escape room	3.4	3.5	1.3
The escape room was well-organized	4.5	5.0	0.6
The duration of the escape room (2h) was adequate	4.1	4.0	1.1
The hint approach was adequate	3.7	4.0	1.3
I wish I received more help during the escape room	2.5	2.0	1.3
The initial guidance provided was enough	4.0	4.0	0.9
The supervision of the activity was adequate	4.5	5.0	0.6
I liked the fact that the escape room combined physical and digital puzzles	4.8	5.0	0.4
I liked the physical puzzles better than the digital ones	3.0	3.0	1.1
I liked participating in the escape room with a classmate	4.6	5.0	0.7
I would rather have participated on my own	1.4	1.0	1.0
I would rather have been part of a larger team	2.1	1.5	1.2
All the members of the team were equally involved in solving the different puzzles	4.0	4.0	1.1
	Yes	No	
Would you like other courses to include activities like this (even if it was not for a grade)?	100%	0%	
Would you recommend other students to participate in the escape room (even if it was not for a grade)?	100%	0%	

Figure 7.25 – Questionnaire divers 1 - ( source : [López-Pernas et al., 2019a] )

**Appendix A. Immersion questionnaire used in Experiments 1 and 2**

Your personal experience of the game

Please rate how far you would agree with the statements below just before you were interrupted.

SD = strongly disagree; D = disagree; N = neutral; A = agree; SA = strongly agree.

I felt that I really empathised/felt for with the game.

SD D N A SA

I did not feel any emotional attachment to the game.

SD D N A SA

I was interested in seeing how the game's events would progress.

SD D N A SA

It did not interest me to know what would happen next in the game.

SD D N A SA

I was in suspense about whether I would win or lose the game.

SD D N A SA

I was not concerned about whether I would win or lose the game.

SD D N A SA

I sometimes found myself to become so involved with the game that I wanted to speak to the game directly.

SD D N A SA

I did not find myself to become so caught up with the game that I wanted to speak to directly to the game.

SD D N A SA

I enjoyed the graphics and imagery of the game.

SD D N A SA

I did not like the graphics and imagery of the game.

SD D N A SA

I enjoyed playing the game.

SD D N A SA

Playing the game was not fun.

SD D N A SA

The controls were not easy to pick up.

SD D N A SA

Figure 7.26 – Questionnaire divers 2 (partie 1) - ( source : [Jennett et al., 2008] )

There were not any particularly frustrating aspects of the controls to get the hang of.

SD D N A SA

I became unaware that I was even using any controls.

SD D N A SA

The controls were not invisible to me.

SD D N A SA

I felt myself to be directly travelling through the game according to my own volition.

SD D N A SA

I did not feel as if I was moving through the game according to my own will.

SD D N A SA

It was as if I could interact with the world of the game as if I was in the real world.

SD D N A SA

Interacting with the world of the game did not feel as real to me as it would be in the real world.

SD D N A SA

I was unaware of what was happening around me.

SD D N A SA

I was aware of surroundings.

SD D N A SA

I felt detached from the outside world.

SD D N A SA

I still felt attached to the real world.

SD D N A SA

At the time the game was my only concern.

SD D N A SA

Everyday thoughts and concerns were still very much on my mind.

SD D N A SA

I did not feel the urge at any point to stop playing and see what was going on around me.

SD D N A SA

I was interested to know what might be happening around me.

SD D N A SA

I did not feel like I was in the real world but the game world.

SD D N A SA

I still felt as if I was in the real world whilst playing.

SD D N A SA

To me it felt like only a very short amount of time had passed.

SD D N A SA

When playing the game time appeared to go by very slowly.

SD D N A SA

Figure 7.27 – Questionnaire divers 2 (partie 2) - ( source : [Jennett et al., 2008] )

How immersed did you feel? (10 = very immersed; 0 = not at all immersed)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

### Appendix B. Immersion questionnaire used in Experiment 3

Your experience of the game

Please answer the following questions by circling the relevant number. In particular, remember that these questions are asking you about how you felt at the end of the game.

To what extent did the game hold your attention?

Not at all 1 2 3 4 5 A lot

To what extent did you feel you were focused on the game?

Not at all 1 2 3 4 5 A lot

How much effort did you put into playing the game?

Very little 1 2 3 4 5 A lot

Did you feel that you were trying your best?

Not at all 1 2 3 4 5 Very much so

To what extent did you lose track of time?

Not at all 1 2 3 4 5 A lot

To what extent did you feel consciously aware of being in the real world whilst playing?

Not at all 1 2 3 4 5 Very much so

To what extent did you forget about your everyday concerns?

Not at all 1 2 3 4 5 A lot

To what extent were you aware of yourself in your surroundings?

Not at all 1 2 3 4 5 Very aware

To what extent did you notice events taking place around you?

Not at all 1 2 3 4 5 A lot

Did you feel the urge at any point to stop playing and see what was happening around you?

Not at all 1 2 3 4 5 Very much so

To what extent did you feel that you were interacting with the game environment?

Not at all 1 2 3 4 5 Very much so

To what extent did you feel as though you were separated from your real-world environment?

Not at all 1 2 3 4 5 Very much so

To what extent did you feel that the game was something you were experiencing, rather than something you were just doing?

Not at all 1 2 3 4 5 Very much so

To what extent was your sense of being in the game environment stronger than your sense of being in the real world?

Not at all 1 2 3 4 5 Very much so

Figure 7.28 – Questionnaire divers 2 (partie 3) - ( source : [Jennett et al., 2008] )

At any point did you find yourself become so involved that you were unaware you were even using controls?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

To what extent did you feel as though you were moving through the game according to you own will?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

To what extent did you find the game challenging?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very difficult

Were there any times during the game in which you just wanted to give up?  
 Not at all      1   2   3   4   5   A lot

To what extent did you feel motivated while playing?  
 Not at all      1   2   3   4   5   A lot

To what extent did you find the game easy?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

To what extent did you feel like you were making progress towards the end of the game?  
 Not at all      1   2   3   4   5   A lot

How well do you think you performed in the game?  
 Very poor      1   2   3   4   5   Very well

To what extent did you feel emotionally attached to the game?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

To what extent were you interested in seeing how the game's events would progress?  
 Not at all      1   2   3   4   5   A lot

How much did you want to "win" the game?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

Were you in suspense about whether or not you would win or lose the game?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

At any point did you find yourself become so involved that you wanted to speak to the game directly?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

To what extent did you enjoy the graphics and the imagery?  
 Not at all      1   2   3   4   5   A lot

How much would you say you enjoyed playing the game?  
 Not at all      1   2   3   4   5   A lot

When interrupted, were you disappointed that the game was over?  
 Not at all      1   2   3   4   5   Very much so

Would you like to play the game again?  
 Definitely not   1   2   3   4   5   Definitely yes

Figure 7.29 – Questionnaire divers 2 (partie 4) - ( source : [Jennett et al., 2008] )

Question	M	MED	SD
What is your overall opinion on the escape room? (1 Poor – 5 Very Good)	4.6	5.0	0.6
What is your overall opinion on the Escapp platform? (1 Poor – 5 Very Good)	4.2	4.0	0.9
<b>Please, state your level of agreement with the following statements (1 Strongly disagree – 5 Strongly agree):</b>			
The escape room allowed me to improve my knowledge on software modeling	3.9	4.0	0.9
I learned more with the escape room than I would have with a practical computer lab session	3.3	3.0	1.2
I liked the escape room more than a practical computer lab session	4.2	5.0	1.0
The escape room was fun	4.6	5.0	0.7
The narrative of the escape room was attractive	4.7	5.0	0.6
The leaderboard was motivating	4.3	5.0	0.9
The escape room was an immersive experience	4.4	5.0	0.8
The escape room was a stressful experience	2.5	2.0	1.2
The escape room was too difficult	2.7	3.0	1.0
The main difficulty of solving the escape room puzzles lied in mastering the course materials	3.0	3.0	1.0
The main difficulty of solving the escape room puzzles lied in the game mechanics	3.5	4.0	0.9
I think I was prepared enough to succeed in the escape room	4.2	4.0	0.8
The escape room was well organized	4.3	5.0	0.9
The initial guidance provided was enough	4.1	4.0	0.9
The supervision of the activity was adequate	4.4	5.0	0.7
The duration of the escape room (2 hours) was adequate	4.3	5.0	1.0
I agree that the escape room must be a graded activity	4.2	5.0	1.1
The hint approach was adequate	4.1	4.0	1.0
The obtained hints were useful to progress in the escape room (N=124)*	3.9	4.0	1.2
I wish I received more help during the escape room	2.2	2.0	1.2
I liked participating in the escape room in a team (N=159)**	4.8	5.0	0.6
I would rather have participated on my own instead of in a team (N=159)**	1.6	1.0	1.0
I would rather have been part of a larger team (N=159)**	2.0	2.0	1.1
All the members of the team were equally involved in solving the different puzzles (N=159)**	4.2	4.0	0.8
The fact that the escape room was conducted remotely caused communication or collaboration problems with my team (N=159)**	1.9	2.0	1.1
I would have preferred that the escape room had been conducted face-to-face instead of remotely	3.4	3.0	1.2
I liked the fact that the escape room used digital puzzles	4.6	5.0	0.6
I would have liked the remote educational escape room to incorporate puzzles requiring interaction with physical objects (provided through printable documents or courier packages)	3.0	3.0	1.4
	<b>Yes (%)</b>	<b>No (%)</b>	
Would you recommend other students to participate in the escape room (even if it was not for a grade)?	98.8	1.2	
Would you like other courses to include activities like the escape room conducted (even if it was not for a grade)?	96.9	3.1	

\* These questions were answered only by those students who obtained at least one hint.

\*\* These questions were answered only by those students who participated in the escape room in a team.

Figure 7.30 – Questionnaire divers 3 - ( source : [Gordillo et al., 2020] )

Question	N	M	SD
What is your general opinion on the escape room? (1 Poor - 5 Very Good)	84	4.3	0.8
Please, state your level of agreement with the following statements (1 Strongly disagree - 5 Strongly agree):			
In general, I like to play games (video games, board games, etc.)	83	4.2	0.9
The front-end development part of the course has been easy for me	83	3.0	1.0
The escape room allowed me to improve my knowledge of the course materials	82	3.4	1.2
The escape room was fun for me	84	4.2	1.1
The escape room was too difficult	82	3.4	0.9
The escape room was well organised	83	3.9	1.0
I liked the escape room better than a computer lab session	82	4.5	0.9
I learned more with the escape room than I would have with a computer lab session	79	3.7	1.3
		Yes	No
Would you recommend other students to participate in the escape room (even if it was not for a grade)?	84	76 90.5%	8 9.5%
Would you like other courses to include activities like this (even if it was not for a grade)?	84	80 95.2%	4 4.8%

Figure 7.31 – Questionnaire divers 4 - ( source : [López-Pernas et al., 2019b] )

students become aware of the actual objectives of the testing and focus their game usage in the aspects that are being assessed. Test questions must be very closely related to the expected learning/skills outcomes.

*b) Motivation Questionnaire (students)*

This questionnaire establishes, beforehand, the motivation of the student to the topic but also to the use of games.

For each of the following statements, please indicate how true it is for you, using the following scale:

1	2	3	4	5	6	7
not at all			somewhat			very

**Competence**

- I think I am good at \_\_\_\_\_
- I think I do pretty well at \_\_\_\_\_, compared to others
- I am satisfied with my performance at \_\_\_\_\_
- I am pretty skilled at \_\_\_\_\_
- I think I am pretty good at \_\_\_\_\_

**Interest**

- I think \_\_\_\_\_ is quite enjoyable
- I think \_\_\_\_\_ is very interesting
- I think \_\_\_\_\_ is fun
- At \_\_\_\_\_ I often think about how much I enjoy it
- I think \_\_\_\_\_ is boring

**Motivation for Computer Games**

- Playing computer games is fun.
- I play computer games often.
- I can easily obtain knowledge through computer game play.
- I can usually relate to the main character while playing computer games.

not at all                      somewhat                      very

**Interest/Enjoyment**

- I enjoyed playing this game very much
- This game was fun to play.
- I thought this was a boring game.
- This game did not hold my attention at all.
- I would describe this game as very interesting.
- I thought this game was quite enjoyable.
- While I was playing this game, I was thinking about how much I enjoyed it.

**Perceived Competence**

- I think I am pretty good at this game.
- I think I did pretty well at this game, compared to other students.
- After working at this game for a while, I felt pretty competent.
- I am satisfied with my performance at this task.
- I was pretty skilled at this game.

**User Experience**

- I enjoyed learning through the game
- I could identify myself with the main character.
- After playing the game I can better imagine the era presented in the game.
- When I started playing the game I got enough information to start playing it.
- It took me some time to figure out how to play the game.
- There was enough feedback to know what I did wrong during the game and was able to do it correctly afterwards.

Figure 7.32 – Questionnaire divers 5 - ( source : [de Carvalho, 2012] )

## 7.10 Questionnaire Evscape

Questionnaire démographique Evscape	
Quel âge avez-vous ?	
De quel genre êtes vous ?	Femme Homme
Quel est votre niveau d'études actuel ?	Secondaire inférieur Secondaire supérieur Baccalauréat Master
Dans quelle région du monde avez vous vécu le plus longtemps au cours de ces 5 dernières années ?	Afrique Amérique du Nord Amérique du Sud Asie Europe Océanie
Selon vous, quel est votre niveau de maîtrise de la matière abordée dans l'activité pédagogique concernée par cette évaluation ?	Néant Novice Confirmé Expert
A quelle fréquence jouez vous à des jeux d'évasion (pédagogique ou non) ?	Jamais Rarement Régulièrement

Figure 7.33 – Questionnaire Evscape : questionnaire démographique

Questionnaire de motivation Evscape					
	Fortement en désaccord	En désaccord	Neutre	D'accord	Fortement d'accord
Je suis enthousiaste à l'idée de réaliser l'activité pédagogique pratique à laquelle j'ai été assigné.	<input type="checkbox"/>				
Je suis intéressé(e) par la matière enseignée au travers de l'activité pédagogique qui m'est proposée.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que la matière enseignée au travers de l'activité pédagogique qui m'est proposée est difficile à appréhender.	<input type="checkbox"/>				

Figure 7.34 – Questionnaire Evscape : questionnaire de motivation

Questionnaire d'expérience utilisateur Evscape					
	Fortement en désaccord	En désaccord	Neutre	D'accord	Fortement d'accord
Je ne me suis pas soulié(e) des événements externes à l'activité pratique à laquelle j'ai participé	<input type="checkbox"/>				
J'ai été captivé(e) par l'activité pratique depuis le départ.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que le niveau de défi de l'activité pratique était adéquat (ni trop facile, ni trop difficile).	<input type="checkbox"/>				
Je recommanderai cette activité pratique à d'autres étudiants de premier cycle en informatique.	<input type="checkbox"/>				
Je souhaite faire plus d'activités pratiques similaires dans le cadre de ma formation en informatique.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que la durée de l'activité pratique était adéquate.	<input type="checkbox"/>				
Je me suis senti(e) viscéralement impliqué(e) dans l'activité pratique.	<input type="checkbox"/>				
Je me suis senti(e) viscéralement impliqué(e) dans l'activité pratique.	<input type="checkbox"/>				
J'ai relevé des incohérences (ou erreurs) au cours de l'activité pratique qui m'a été présentée	<input type="checkbox"/>				
J'étais tellement impliqué(e) dans l'activité pratique que j'ai perdu la notion du temps.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que l'activité pratique proposée est une méthode d'enseignement adéquate pour cette matière.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que la conception de l'activité pratique est attrayante.	<input type="checkbox"/>				
J'ai trouvé du plaisir dans l'activité pratique proposée.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que les tâches proposées dans l'activité pratique étaient amusantes.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que les tâches proposées dans l'activité pratique étaient variées.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que certains éléments proposés dans l'activité pratique étaient non essentiels à l'acquisition des savoirs visés.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que l'activité pratique était une expérience stressante.	<input type="checkbox"/>				
Je pense que tous les participants ont été impliqués de manière équitable dans l'activité pratique.	<input type="checkbox"/>				

Figure 7.35 – Questionnaire Evscape : questionnaire d'expérience utilisateur

Questionnaire d'expérience utilisateur Evscape					
Je pense que l'activité pratique était inutilement complexe.	<input type="checkbox"/>				
J'ai pu faire le lien entre la séance théorique et l'activité pratique proposée.	<input type="checkbox"/>				
A l'issue de l'activité pratique, je souhaite en savoir plus sur la matière enseignée.	<input type="checkbox"/>				
Au cours de l'activité pratique, j'ai pu rapidement me rendre compte de mes erreurs ou réussites.	<input type="checkbox"/>				
Au cours de l'activité pratique, j'ai pu compter sur l'aide des autres participants pour augmenter mes connaissances dans la matière enseignée.	<input type="checkbox"/>				
J'estime que l'activité pratique m'a permis de mettre en pratique mes connaissances théoriques.	<input type="checkbox"/>				
e pense que l'activité pratique à laquelle j'ai été assigné(e) m' a permis de mieux apprendre que si j'avais été affecté(e) à l'autre.	<input type="checkbox"/>				
Je trouve que le jeu prend en charge les interactions sociales entre joueurs.	<input type="checkbox"/>				

<p>Sur base de mon expérience scolaire personnelle , je qualifierai mon expérience avec l'activité pédagogique proposée comme étant :</p>	<input type="checkbox"/> Mauvaise <input type="checkbox"/> Suffisante <input type="checkbox"/> Bonne <input type="checkbox"/> Excellente <input type="checkbox"/> Exceptionnelle
---	--

Figure 7.36 – Questionnaire Evscape : questionnaire d'expérience utilisateur (suite)

## 7.11 Questionnaire UEQ

Dites-nous maintenant ce que vous pensez de notre produit (une seule réponse possible par qualité/défaut).

	1	2	3	4	5	6	7		
Agaçant	<input type="radio"/>	Agréable	1						
Incompréhensible	<input type="radio"/>	Compréhensible	2						
Moderne	<input type="radio"/>	Sans fantaisie	3						
Appropriation simple	<input type="radio"/>	Appropriation compliquée	4						
Apporte de la valeur	<input type="radio"/>	Peu de valeur ajoutée	5						
Ennuyeux	<input type="radio"/>	Captivant	6						
Inintéressant	<input type="radio"/>	Intéressant	7						
Imprévisible	<input type="radio"/>	Prévisible	8						
Rapide	<input type="radio"/>	Lent	9						
Original	<input type="radio"/>	Conventionnel	10						
Rigide	<input type="radio"/>	Facilitant	11						
Bien	<input type="radio"/>	Médiocre	12						
Compliqué	<input type="radio"/>	Simple	13						
Repoussant	<input type="radio"/>	Attractif	14						
Habituel	<input type="radio"/>	Avant-gardiste	15						
Désagréable	<input type="radio"/>	Agréable	16						
Sécurisant	<input type="radio"/>	Insécurisant	17						
Stimulant	<input type="radio"/>	Soporifique	18						
Répond aux attentes	<input type="radio"/>	Ne répond pas aux attentes	19						
Inefficace	<input type="radio"/>	Efficace	20						
Clair	<input type="radio"/>	Déroutant	21						
Non pragmatique	<input type="radio"/>	Pragmatique	22						
Sobre	<input type="radio"/>	Surchargé	23						
Attrayant	<input type="radio"/>	Rébarbatif	24						
Sympathique	<input type="radio"/>	Inamical	25						
Conservateur	<input type="radio"/>	Innovant	26						

UEQ\_French questionnaire\_v3.doc

Figure 7.37 – Questionnaire UEQ - ( source : <https://www.ueq-online.org/>)