

# Un escape game en mathématiques pour augmenter la motivation des étudiants à s'entraîner à la récupération en mémoire

VALENTINE DURU

Institut Villebon-Georges Charpak, Orsay, France

[valentine.duru@universite-paris-saclay.fr](mailto:valentine.duru@universite-paris-saclay.fr)

MARINE MOYON

Institut Villebon - Georges Charpak, Orsay, France

Chaire de recherche-action sur l'innovation pédagogique, UPSaclay, Orsay, France

Équipe de Recherche en éducation scientifique et technologique, UQAM, Montréal, Canada

[marine.moyon@universite-paris-saclay.fr](mailto:marine.moyon@universite-paris-saclay.fr)

TONY FEVRIER

Institut Villebon - Georges Charpak, Orsay, France

[tony.fevrier@villebon-charpak.fr](mailto:tony.fevrier@villebon-charpak.fr)

JEANNE PARMENTIER

Institut Villebon - Georges Charpak, Orsay, France

[jeanne.parmontier@universite-paris-saclay.fr](mailto:jeanne.parmontier@universite-paris-saclay.fr)

## TYPE DE SOUMISSION

Analyse de dispositif

## RESUME

L'entraînement à la récupération en mémoire est l'une des stratégies d'apprentissage les plus efficaces, conduisant à une réorganisation neuronale significative et durable. Malheureusement, force est de constater que c'est une stratégie délaissée par les étudiants. Dans le cadre d'un cours de mathématiques, à l'approche d'un contrôle de connaissances, nous avons cherché à concevoir une activité d'entraînement à la récupération en mémoire motivante, pour encourager les étudiants à se prêter à l'exercice. Pour ce faire, la ludification semble être une bonne solution. Cette communication vise à présenter l'activité conçue, un escape game, et à analyser comment elle a été perçue par la population étudiante. L'étude a été menée auprès de 35 étudiants de niveau L1 en licence Sciences et Technologies. L'escape game créé présentait un scénario travaillé, afin d'assurer un côté immersif, et proposait un choix de difficulté aux étudiants, qui travaillaient à la résolution des énigmes par groupe de 5 ou 6. L'activité semble avoir plu aux

étudiants, leurs retours témoignant d'une perception globalement positive. Nous pensons que ce format pourrait être décliné dans d'autres matières, en tenant compte dans la mesure du possible de certaines suggestions d'amélioration faites par les étudiants.

## **SUMMARY**

Memory retrieval practice is one of the most effective learning strategies, leading to significant and lasting neural reorganisation. Unfortunately, it is a strategy that is neglected by students. In the context of a mathematics course, in the run-up to a knowledge test, we sought to design a motivating memory retrieval practice activity to encourage students to take part in the exercise. Gamification appeared to be a good solution for this purpose. This paper aims to present the designed activity, an escape game, and to analyse how it was perceived by the student population. The study was carried out with 35 L1 students in the Science and Technology degree course. The escape game was designed with a well thought-out scenario to ensure an immersive experience and offered a choice of difficulty to the students, who worked on solving the enigmas in groups of 5 or 6. The students seemed to enjoy the activity, with feedback indicating a generally positive perception. We believe that this format could be used in other subjects, taking into account as far as possible some of the suggestions for improvement made by the students.

## **MOTS-CLES (MAXIMUM 5)**

Jeux Sérieux, Entraînement à la récupération en mémoire, Motivation, Mathématiques

## **KEY WORDS (MAXIMUM 5)**

Serious games, Memory retrieval practice, Motivation, Mathematics

# **1. Introduction**

## **1.1. Problématisation**

Lors de l'apprentissage, notre cerveau se transforme, et plus précisément, les connexions entre les neurones changent. Ceci est permis grâce au phénomène de neuroplasticité, qui est un processus dont nous a doté la nature. Toutefois, une seule activation de ces réseaux neuronaux est insuffisante pour permettre une réorganisation significative et durable. Dans le cas d'une absence de réactivation neuronale et sous l'effet du temps, les neurones impliqués pourront voir leur forces d'interconnexion diminuer puis s'effacer. Un enjeu majeur de l'apprentissage est donc celui de renforcer les connexions neuronales, par activation simultanée et répétée des neurones sous-tendant les connaissances à intégrer. La réactivation des contenus appris - ou entraînement à la récupération en mémoire - est la stratégie permettant de favoriser le

phénomène de potentialisation à long terme et apparaît comme l'un des exercices les plus efficaces pour faciliter l'apprentissage (Brod, 2021; Roediger & Pyc, 2012).

Malheureusement, force est de constater que cette stratégie est souvent délaissée par les étudiants, au profit d'autres stratégies telles que la relecture ou le surlignage, pourtant bien moins pertinentes. Seulement 10% des étudiants rapportent étudier en s'entraînant à récupérer en mémoire et en se posant des questions), et c'est à peine plus de 1% qui affirment qu'il s'agit de leur stratégie d'étude la plus fréquemment utilisée (Karpicke et al., 2009). La relecture, qui est une stratégie d'étude passive et peu efficace, reste la plus fréquemment adoptée (Dunlosky et al., 2013).

Mais alors, comment faire pour encourager les étudiants à se tester ? Serait-il possible de créer une activité motivante forçant les étudiants à se tester ?

Depuis ces dernières années, il est observé une popularisation de l'usage des jeux sérieux dans l'enseignement. Ce genre de pratiques pédagogiques semble présenter de nombreux avantages, parmi lesquels celui d'optimiser la motivation intrinsèque des étudiants (Bovermann, K., & Bastiaens, T, 2018), notamment via le plaisir que suscite le jeu. Par ailleurs, il autorise le droit à l'erreur, les interactions inter-apprenants, la concrétisation de l'abstrait et l'apprentissage à son rythme (Sauvé, L. et al., 2007 ; Alvarez, J. et al., 2016).

Alors que notre promotion d'étudiants de première année de licence devait se préparer à une évaluation disciplinaire, nous nous sommes demandés s'il n'était pas possible de leur proposer un entraînement à la récupération en mémoire à la place d'un examen blanc plus traditionnel. Notre objectif était d'imaginer et concevoir une activité mathématique d'entraînement à la récupération en mémoire qui serait motivante.

## **1.2. Cadre**

### **1.2.1 Récupération en mémoire via le *testing***

La récupération en mémoire consiste à faire l'effort de se souvenir de la connaissance, et donc de se tester, à plusieurs reprises pour favoriser l'activation neuronale de façon répétée, chaque récupération en mémoire conduisant à une réactivation (Eriksson et al., 2011). Cet exercice de *testing* (i.e action de se tester) permet alors une meilleure rétention des contenus et améliore significativement l'apprentissage (Masson, 2020). Les recherches sur l'efficacité des

différentes stratégies d'apprentissage soulignent l'importance et l'efficacité de cette stratégie (Karpicke et al, 2017).

Une expérience en classe menée à partir de contenus pédagogiques réels a notamment permis de mettre en évidence les bénéfices de cette méthode sur la capacité de rappel d'idées principales d'un texte documentaire après lecture de ce dernier. Dans cette expérience randomisée et contrôlée, les participants étaient aléatoirement assignés à un groupe "lecture" ou à un groupe "test". Pour les étudiants du 1er groupe, il était demandé de mémoriser les idées principales du texte en question après une double lecture de ce dernier. Pour ceux du 2nd groupe, il était demandé une lecture puis une récitation. Suite à quoi, l'ensemble des participants ont été testés à 3 reprises, sur un rappel d'idées principales du texte : après 5 min, après 2 jours et après une semaine. Alors que les performances étaient élevées et équivalentes entre les deux groupes lors du 1er rappel, un effet d'oubli est constaté pour les deux groupes au fil du temps. De plus, un écart de performance observé est pour les deux derniers temps, avec des performances bien plus élevées chez le second groupe (Roediger & Karpicke, 2006), démontrant que la récitation est plus efficace que la relecture pour lutter contre l'oubli à long terme.

### 1.2.2 Motivation

Selon Viau, la dynamique motivationnelle en contexte académique est fonction de l'activité d'apprentissage. Dans son modèle théorique, la motivation est fonction de trois « déterminants » que sont la perception de la valeur de l'activité, la perception de la compétence et la perception de la contrôlabilité. Il s'agit bien de « déterminants » correspondant à des perceptions de la part de l'étudiant ; et ce n'est pas parce que l'enseignant pense qu'il va créer une valeur à l'activité que l'étudiant va nécessairement le percevoir. Par ailleurs, une influence mutuelle est possible entre ces déterminants. Par exemple, une augmentation de la perception de la valeur de l'activité peut influencer la perception d'une plus grande contrôlabilité qui elle-même peut conduire à une augmentation de sa perception de compétences et donc de ses capacités à effectuer la tâche (Viau et Louis, 1997).

Un enjeu de l'enseignement sera de viser un apprentissage, en créant une activité d'apprentissage et des conditions associées à l'activité d'apprentissage de sorte à favoriser une perception positive de l'étudiant. Plus la perception de l'un ou l'autre de ces déterminants est élevée et plus fortes sont les chances de motivation accrue.

Cette motivation pourra être perçue au travers de deux « conséquences », à savoir un maintien ou une augmentation de i) l'engagement cognitif d'une part et ii) de la persévérance dans l'activité d'autre part, malgré les difficultés qui peuvent se présenter. Ces deux « conséquences » conduisent alors théoriquement à une augmentation de la performance ; cette dernière influençant à son tour la perception de la valeur de l'activité, de la compétence et de la contrôlabilité.

Cette communication vise à présenter un escape game que nous avons conçu pour une séance d'entraînement à la récupération en mémoire en amont d'un contrôle de connaissances, dans le cadre d'un enseignement de mathématiques de première année de licence. Nous verrons dans quelles mesures cette activité a été conçue en tenant compte des trois leviers de la dynamique motivationnelle tels qu'identifiés par Viau, à savoir la perception de valeur, la perception de compétence et la perception de contrôlabilité, et si cela se reflète dans les retours faits par les étudiants.

## **2. Matériel et Méthodes**

### **2.1. Contexte et temporalité**

L'escape game se déroule à l'institut Villebon - *Georges Charpak*, groupement d'intérêt public créé en 2013 abritant une licence de Sciences et Technologies. Les étudiants sont recrutés principalement sur la motivation (Parmentier et al, 2017) et peuvent avoir des fragilités (25% d'étudiants sont en situation de handicap, 71% sont boursiers, 32% sont issus de filière techno). Ces étudiants n'ont pas toujours eu de bons résultats au lycée et viennent chercher dans la formation offerte des modalités pédagogiques différentes du cours magistral traditionnel. L'escape game s'est déroulé sur une séance de deux heures, deux jours avant un contrôle de connaissances d'un enseignement de mathématiques de première année de licence. Dans le cadre de cet enseignement, les étudiants peuvent choisir entre certains modules de 30 minutes d'explication magistrale et un travail en autonomie supervisée, auquel cas ils travaillent en groupe. Ceux-ci rassemblent 2 à 5 étudiants et sont auto-formés librement par les étudiants. Les exercices sont classés par niveaux de difficulté sur une échelle de 1 à 5 et les groupes peuvent choisir de travailler les exercices du niveau de difficulté de leur choix (Parmentier, 2023).

L'activité présentée, non-optionnelle, a été réalisée avec une promotion de 35 étudiants. Les deux enseignants chargés de l'enseignement ont encadré l'activité, et l'ingénieure pédagogique qui a conçu l'escape game assurait un support technique. Une introduction a été faite lors de la séance précédente afin d'expliquer aux étudiants l'objectif de la séance, à savoir leur permettre de se tester à l'approche du contrôle de connaissances, et ce dans un souci d'activer le levier de perception de valeur, ainsi que pour présenter le déroulé et les règles de l'escape game. Il leur a également été demandé de composer, en amont de la séance, six groupes de cinq ou six étudiants avec des niveaux similaires : leur offrir la possibilité de former eux-mêmes les groupes visait à activer le levier de perception de contrôlabilité. Un débriefing d'une trentaine de minutes a été réalisé avec les étudiants lors de la séance du lendemain, afin de recueillir leur ressenti et leurs suggestions d'amélioration, d'abord au travers d'un formulaire en ligne puis lors d'une discussion. Le reste de cette séance était réservé pour poursuivre la préparation du contrôle de connaissances qui avait lieu le lendemain.

## **2.2. Scénario**

Le Professeur Carré, spécialiste internationalement reconnu des triangles, a disparu lors d'une expédition dans le tristement célèbre Triangle des Bermudes. Tout le département de mathématiques est invité à une cérémonie commémorative en son honneur. La doyenne indique que le professeur, conscient des risques encourus, a pris soin de préparer, avant son départ, un ultime défi à l'attention de ses étudiants. A la clé: la révélation du secret de son génie mathématiques. La doyenne remet une lettre du Professeur Carré à chaque groupe, et les invite à rejoindre leur salle de travail respective pour en prendre connaissance. A l'issue d'une série d'énigmes et d'indices, les étudiants obtiennent les coordonnées géographiques d'un emplacement précis sur le campus. Ils y découvrent un trésor d'une valeur inestimable, le secret du génie mathématiques de leur regretté professeur : des barres chocolatées en forme de prisme triangulaire d'une marque bien connue.

## **2.3. Déroulé**

L'escape game se compose de six énigmes dont les énoncés sont dématérialisés sur des microsites réalisés sur Genially (Fig. 1). Un soin particulier a été apporté pour assurer une cohérence entre les supports et l'histoire, afin de renforcer le côté immersif de l'activité : là encore, nous souhaitons activer le levier de perception de valeur. Ces énigmes prennent la forme d'exercices de mathématiques reprenant les différents Acquis d'Apprentissage Visés qui seront évalués lors du contrôle de connaissances (Fig. 1B). Pour chaque énigme, deux niveaux de

difficultés sont proposés (Fig. 1A): chaque groupe choisit librement lequel réaliser, en fonction du niveau qu'ils souhaitent valider lors du contrôle de connaissances. Le but est ici d'activer les leviers de perception de contrôlabilité (par le choix de la difficulté) et de perception de compétence (à la fois par le travail en groupe et la difficulté adaptée au niveau des étudiants). La résolution de l'exercice choisi permet de déduire un code, qui permet à son tour de déverrouiller (Fig. 1C) la page contenant l'indice suggérant l'emplacement de l'url de la prochaine énigme (Fig. 1D). La séance alterne donc des phases de réflexion (résolution d'une énigme) et des phases d'exploration dans tout le bâtiment (pour trouver, grâce à l'indice obtenu, l'url de l'énigme suivante). Les six groupes d'étudiants commencent chacun par une énigme différente, puis tournent sur le reste des énigmes, pour enfin tous terminer sur une énigme différente (Fig. 2). Une salle de travail est attribuée à chaque groupe pour les phases de réflexion, d'une part pour limiter les croisements et les échanges d'informations entre les groupes, et d'autre part pour assurer la tranquillité des autres occupants du bâtiment en dehors des phases d'exploration. La durée des phases de réflexion est estimée à 10-15 minutes par énigme, celle des phases d'exploration à 3-5 minutes. Ces phases d'exploration, invitant les étudiants à quitter leur salle de travail et à se mettre en mouvement, servent à ajouter une dimension tangible à l'activité, mais également à instaurer des pauses cognitives entre les énigmes. A l'issue de la série d'énigmes, un indice final invite l'ensemble des groupes à se rassembler pour résoudre ensemble une ultime énigme permettant de découvrir le secret du personnage principal (des friandises) et terminer ainsi l'activité. Une fois de plus, nous espérons que la dimension récompensée de l'activité (par les indices tout au long du jeu et les friandises à la fin) aura un impact positif sur la perception de valeur.

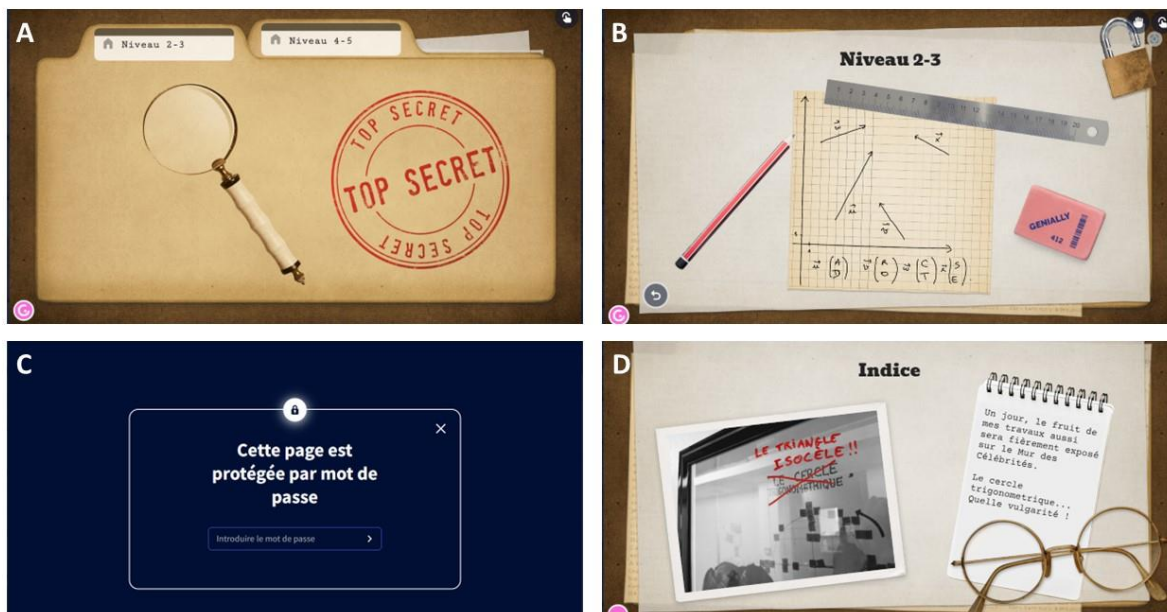


Figure 1 : Les contenus (énigmes et indices) réalisés sur Genially

Après avoir entré l'url d'une énigme, une page d'accueil proposant de choisir le niveau de difficulté s'affiche (A); une fois le niveau sélectionné, une deuxième page s'ouvre avec l'énigme en son centre et un petit cadenas en haut à droite (B). Lorsque les étudiants cliquent sur le cadenas, une nouvelle page les invite à entrer un mot de passe (C) déduit de la résolution de l'énigme. Par exemple, ici (B), certaines coordonnées de vecteurs à déterminer épellent le mot CODE : le mot de passe est le code à 4 chiffres obtenus à partir de ces coordonnées. Si le bon mot de passe est entré, une dernière page apparaît avec un indice pour trouver l'url de la prochaine énigme (D). Ici, l'url était caché sur le cadre d'une photo exposée dans l'un des couloirs du bâtiment.

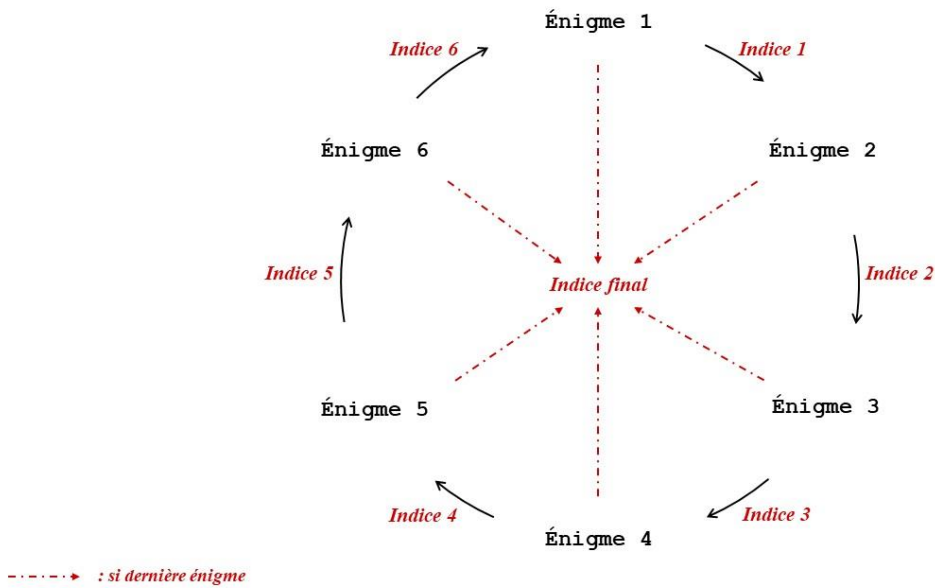


Figure 2 : Déroulé de l'escape game

L'activité consiste en une série de 6 énigmes. Des indices permettent de naviguer d'une énigme à l'autre. Chaque équipe débute l'activité avec un indice différent, et donc une énigme différente. A l'issue de leur dernière énigme respective, ils accèdent tous au même indice final, les invitant à se réunir pour résoudre une dernière énigme et terminer l'activité. Exemples: L'équipe "A" débute l'activité avec l'indice 1; leur première énigme est donc l'énigme 2, et leur dernière l'énigme 1. Une fois l'énigme 1 résolue, ils accèdent à l'indice final. L'équipe "B", quant à elle, débute l'activité avec l'indice 2; leur première énigme est donc l'énigme 3, et leur dernière l'énigme 2. Une fois l'énigme 2 résolue, ils accèdent à l'indice final.

## 2.4. Formulaire en ligne

Suite à l'activité, les étudiants étaient invités à partager leur avis de façon anonyme au travers d'un formulaire en ligne leur demandant de lister trois points positifs, trois points à améliorer, et offrant la possibilité de faire un commentaire libre. Nous avons ensuite examiné les retours des étudiants, en les classant par thématiques puis en les mettant en regard avec les trois leviers de la dynamique motivationnelle selon Viau.

## 3. Résultats

Les 35 étudiants ayant participé à l'activité ont répondu au formulaire en ligne les invitant à partager leur avis. Trois d'entre eux se sont contentés de laisser un commentaire libre. Les autres (n = 32) ont fait remonter un total de 86 points positifs et 73 points à améliorer.

### **3.1. Perception de valeur**

Globalement, les retours font état d'une perception très positive de la valeur de cette activité, et ce sur différents aspects. Tout d'abord, le côté ludique et amusant de l'escape game a été largement apprécié (35 itérations). En particulier, le caractère immersif, jugé réussi, a été mentionné 19 fois. Plusieurs étudiants ont souligné l'intérêt pédagogique du format proposé pour cet enseignement de mathématiques (21 itérations). Enfin, le caractère récompensé de l'activité (par des indices tout au long du jeu, et par les friandises à la fin) a été relevé 4 fois. Dans les commentaires libres, 12 étudiants ont témoigné d'un grand enthousiasme quant à cette activité. Cependant, quelques étudiants (n=3) y ont noté n'y avoir vu aucun intérêt, et auraient préféré une séance de préparation plus classique, comme une session d'exercices intensive.

### **3.2. Perception de compétence**

Concernant la perception de compétence, les contenus de mathématiques et le choix offert aux étudiants quant à la difficulté des énigmes ont été mentionnés comme points positifs 10 fois, mais des suggestions d'améliorations (n = 12) ont été faites concernant les niveaux de difficultés (jugés trop simple par certains, trop compliqué pour d'autres). En particulier, un niveau de difficultés intermédiaire aurait été apprécié (4 itérations). Ensuite, la dimension du travail en groupe, et en particulier la possibilité de s'entraider, a également été bien reçue par les étudiants (11 itérations), avec toutefois un bémol sur la taille des groupes (jugé trop grande par certains - 4 mentions - et limitant ainsi le travail personnel à fournir par chaque étudiant), voire sur la composition des groupes (nous en reparlerons plus bas).

### **3.3. Perception de contrôlabilité**

Enfin, concernant les retours qui peuvent être mis en lien avec la perception de contrôlabilité, de nombreuses mentions de problèmes techniques ont été faites (12 itérations); ces problèmes ont en effet eu des répercussions directes sur le bon déroulé de l'activité pour quelques groupes. Une frustration liée à un manque de temps a également été rapportée 10 fois. Ces deux aspects peuvent être rapprochés du manque de flexibilité de l'activité, qui repose sur un enchaînement assez rigide des énigmes ne laissant pas la possibilité aux étudiants de passer une étape en cas de blocage. Cela peut notamment expliquer que certains étudiants étaient demandeurs d'un encadrement plus important (4 itérations). Contrairement à ce à quoi l'on s'attendait, le choix de la composition des groupes n'a pas été si bien perçu par les étudiants : des problèmes dans la composition des groupes ont été rapportés 7 fois comme point à améliorer, avec la suggestion

que les groupes soient prédéfinis par les enseignants. Enfin, les phases exploratoires, par la liberté de mouvements et les pauses cognitives qu'elles offraient, ont été mentionnées comme point positif à 5 reprises.

### **3.4. Autres**

De nombreuses suggestions d'amélioration relative au gameplay ont été faites (22 itérations), en particulier pour améliorer la fluidité de l'expérience (10 suggestions mentionnent une nécessité de clarifier les consignes ou d'ajouter des indices supplémentaires).

## **4. Conclusion et discussion**

Notre objectif était de concevoir une activité motivante pour encourager les étudiants à se tester en amont d'un contrôle de connaissances. L'enthousiasme d'une grande partie des étudiants durant l'escape game et l'analyse des retours collectés suite à l'activité indiquent globalement que nous y sommes parvenus. En particulier, nous avons reçu de nombreux retours témoignant d'une perception positive de la valeur de cette activité, à la fois au niveau du jeu lui-même (histoire et gameplay) et de son intérêt pédagogique. Ceci est d'autant plus intéressant que nous nous situons dans le cadre des mathématiques, qui sont une matière générant de l'anxiété chez beaucoup d'étudiants (Daele et Lee, 2021).

De leur côté, les retours relatifs à la perception de compétence indiquent que le choix du niveau de difficulté et le travail en groupe sont deux aspects appréciés des étudiants; toutefois, des améliorations telles que l'ajout d'un niveau de difficulté intermédiaire et la diminution du nombre d'étudiants par groupe pourraient améliorer la perception de compétence.

Finalement, les retours les plus critiques concernent des aspects impactant la perception de contrôlabilité. Tout d'abord, des problèmes techniques (tels que des liens web obsolètes) ont entaché l'expérience pour certains groupes. Ces dysfonctionnements ont depuis été résolus, et nous ne devrions plus rencontrer ces problèmes à l'avenir. Ensuite, la rigidité du déroulé de la séance a frustré certains étudiants, qui se sont parfois retrouvés bloqués sans possibilité d'avancer sur une autre énigme en attendant qu'un enseignant puisse venir les aider, perdant ainsi un temps précieux. Les améliorations possibles pour pallier ce problème sont limitées, mais nous pourrions ajouter des options d'aide sur les pages d'énigmes, et/ou augmenter le nombre d'enseignants en encadrement de l'activité. Mais repenser toute la structure de l'escape game de façon à permettre aux étudiants de passer à la suite en cas de difficultés semble

compliqué, étant données la charge de travail que cela représenterait et les contraintes purement organisationnelles à prendre en considération. Nous avons été surpris de voir que certains élèves auraient préféré que la composition des groupes soit décidée par les enseignants; spontanément, nous avons tendance à penser que cela réduirait la perception de contrôlabilité, mais peut-être qu'assurer une meilleure homogénéité de niveau dans les groupes pourrait améliorer la perception de compétence ? Une option que nous envisageons pour la suite est de rendre cette activité optionnelle, ce qui pourrait permettre d'augmenter la perception de contrôlabilité; en effet, il est clair que certains étudiants ne sont pas réceptifs à un tel format pédagogique original, et il semble contre-productif de leur imposer, en tout cas dans ce contexte particulier de séance de préparation d'un contrôle de connaissances. Peut-être d'ailleurs seraient-ils plus réceptifs si cette activité leur était proposée en séance de remobilisation une fois le contrôle passé ?

En conclusion, cette activité d'entraînement à la récupération en mémoire sous forme d'escape game a été bien perçue par une grande partie des étudiants, avec en particulier une perception de valeur très positive: l'objectif de concevoir une activité motivante a donc été atteint. Un certain nombre d'améliorations peuvent cependant être apportées, notamment pour tenter d'accroître les perceptions de compétence et de contrôlabilité. Mais ce format semble fonctionner et pourrait être décliné à d'autres matières. A l'avenir, il serait pertinent de s'intéresser à la relation entre la perception qu'ont les étudiants d'une telle activité d'entraînement à la récupération en mémoire sous forme d'escape game et leurs performances académiques.

## **Références bibliographiques**

Alvarez, J. Djaouti, D. & Rampnoux, O. (2016). Apprendre avec les serious games? Canopé éditions

Bovermann, K., & Bastiaens, T. (2018). Using gamification to foster intrinsic motivation and collaborative learning: A comparative testing. Proceedings of EdMedia+ Innovate Learning (pp. 1128-1137). Waynesville, NC: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Brod, G. (2021). Generative Learning : Which Strategies for What Age? *Educational Psychology Review*, 33(4), 1295-1318. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09571-9>

Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>

Eriksson, J., Kalpouzos, G., & Nyberg, L. (2011). Rewiring the brain with repeated retrieval : A parametric fMRI study of the testing effect. *Neuroscience Letters*, 505(1), 36-40. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.08.061>

Karpicke, J. D. (2017). Retrieval-Based Learning : A Decade of Progress. In *Learning and Memory : A Comprehensive Reference* (p. 487-514). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.21055-9>

Karpicke, J. D., Butler, A. C., & Roediger III, H. L. (2009). Metacognitive strategies in student learning : Do students practise retrieval when they study on their own? *Memory*, 17(4), 471-479. <https://doi.org/10.1080/09658210802647009>

Masson, S. (2020). *Activer ses neurones pour mieux apprendre et enseigner*. Odile Jacob.

Parmentier, J., Bénédicte Humbert, Claude Chaudet, Isabelle Demeure, Sylvain Chaillou, Franck Brouillard, Martine Thomas, & Cécile Narce. (2017). Recruter des étudiants en favorisant l'altérité. QPES 2017.

Parmentier, J., Février, T., Virouleau, A., Moyon, M., & Riopel, M. (2023, juin 5). Différencier pour tenter d'amener chaque étudiant dans sa zone proximale de développement dans un enseignement de mathématiques à la transition lycée-université. Colloque QPES 2023. Apprendre de la nature ? Enjeux pour la pédagogie dans l'enseignement supérieur, Lausanne, Suisse. QPES 2023 (submitted).

Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-Enhanced Learning : Taking Memory Tests Improves Long-Term Retention. *Psychological Science*, 17(3), 249-255. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>

Roediger, H. L., & Pyc, M. A. (2012). Inexpensive techniques to improve education : Applying cognitive psychology to enhance educational practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(4), 242-248. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2012.09.002>

Sauvé, L. Renaud, L. & Gauvin, M. (2007). Une analyse des écrits sur les impacts du jeu sur l'apprentissage. *Revue des sciences de l'éducation*, 33(1), 89-107

Viau, R., & Louis, R. (1997). Vers une meilleure compréhension de la dynamique motivationnelle des étudiants en contexte scolaire. *Canadian Journal of Education / Revue Canadienne de l'éducation*, 22(2), 144. <https://doi.org/10.2307/1585904>