



HAL
open science

Utilisation d'un escape game pour l'évaluation des acquis en informatique : éléments de préparation d'une séance d'escape game en NSI

Fabien Garreau

► To cite this version:

Fabien Garreau. Utilisation d'un escape game pour l'évaluation des acquis en informatique : éléments de préparation d'une séance d'escape game en NSI. Education. 2021. dumas-03271085

HAL Id: dumas-03271085

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03271085>

Submitted on 25 Jun 2021

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

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

Master MEEF

« Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation »

Mention second degré

Écrit réflexif

Utilisation d'un escape game pour l'évaluation des acquis en informatique

Éléments de préparation d'une séance d'escape game en NSI

soutenu par

Fabien Garreau

le 21 Mai 2021

en présence de la commission de soutenance composée de :

Christophe Declercq, directeur de mémoire

Emmanuel Desmontils, président de la commission

Sommaire du mémoire

Sommaire	1
Introduction	2
1. Réflexion sur l'escape game comme outil d'évaluation	3
1.1. L'aide dans les escape game	5
1.2. La solution aux énigmes	7
2. Proposition d'évaluation différenciée pour escape game	8
2.1. Enregistrement du score	10
3. Avantages de l'informatique pour la préparation d'un escape game	12
4. Les outils de création	13
4.1. Analyse des outils existants	13
4.2. Proposition d'un outil pour l'évaluation	15
5. Expérimentation	20
5.1. Choix des énigmes	20
5.1.1 Énigme 1	22
5.1.2 Énigme 2	23
5.1.3 Énigme 3	23
5.1.4 Énigme 4	24
5.1.5 Énigme 5	24
5.2. Le mot de passe final	25
5.3. Retour sur l'expérimentation et collecte de données	26
Conclusion	29
Annexes	30
Bibliographie	37
4^{ème} de couverture	38

Introduction

L'utilisation des jeux d'évasion, plus communément appelés *escape game* ou bien *escape room*, est de plus en plus populaire pour l'apprentissage de connaissances. On note un nombre croissant d'études sur l'intérêt des *escape game* dans l'apprentissage, principalement dans les cursus d'études supérieures [Fotaris and Mastoras, 2019]. Outre la tendance de l'utilisation de *jeux sérieux* (serious game), ceux-ci ont montré leur potentiel dans l'apprentissage [Bellotti et al., 2013] notamment grâce à la motivation des participants [Nicholson, 2018]. L'apprentissage des sciences numériques et informatiques se prête particulièrement bien à la résolution de problèmes ou d'énigmes [Barnes et al., 1997], [Allan and Kolesar, 1997]. Cet écrit réflexif a pour objectif d'élaborer et de tester une méthode pour l'organisation d'un *escape game* permettant l'évaluation des connaissances en informatique pour des lycéens. Le but est de proposer une méthode et des outils et de les mettre à l'épreuve pour tester leur efficacité à mobiliser les élèves et à évaluer leurs capacités de manière différenciée. Pour faciliter la mise en place de l'*escape game*, ces outils ne doivent nécessiter aucun autre matériel physique qu'un ordinateur sous Linux, Windows ou Mac pour un groupe d'élèves et du matériel scolaire classique d'un élève (papier, crayons) pour réfléchir aux énigmes. Les différentes énigmes seront proposées sous format numérique uniquement pour conserver l'idée de ne pas utiliser de matériel.

1. Réflexion sur l'escape game comme outil d'évaluation

Lors d'un escape game classique, les joueurs ont pour objectif de s'échapper d'une pièce en résolvant des énigmes. On peut imaginer que le jeu permet une certaine évaluation binaire, en effet, soit les joueurs réussissent à sortir de la pièce dans le temps imparti et ont gagné, soit les joueurs n'ont pas réussi à sortir dans le temps imparti et ils ont alors perdu. Il existe cependant quelques nuances avec des escape game proposant plusieurs objectifs, comme par exemple récupérer un certain objet puis sortir, libérer un otage puis s'enfuir, etc... On peut aussi voir le problème sous un autre angle en comptabilisant le nombre d'énigmes réussies, ainsi les joueurs n'ont peut-être pas réussi à sortir de la salle à temps mais ils ont résolu toutes les énigmes sauf une, dans ce cas l'objectif final n'est pas atteint mais le groupe était proche du but. Malheureusement, dans les structures proposant des escape game cette solution n'est jamais choisie car le but est de proposer une compétition en affichant les temps des équipes qui ont réussi le plus rapidement. Cette situation peut être frustrante et vécue comme un échec du point de vue des joueurs, ceux-ci étant déçus car le seul objectif mis en valeur n'est pas atteint. Dans le cadre scolaire nous ne souhaitons pas une compétition avec des gagnants et des perdants, il faut donc imaginer un escape game qui permettra sur chaque énigme à résoudre une récompense en fonction de sa réussite.

De même si nous souhaitons évaluer les élèves sur différentes compétences il faut que les énigmes ne soient pas dépendantes les unes des autres. Ce n'est pas parce qu'un élève n'arrive pas à effectuer la conversion d'un entier décimal en binaire que celui-ci n'est pas en capacité d'écrire un algorithme de tri par exemple. Or, le déroulement des escape game classiques nécessite souvent une trame dont la résolution d'une énigme entraîne l'accès à la prochaine énigme. Pour effectuer une évaluation complète il faudra donc proposer des énigmes accessibles dès le départ aux élèves ou que la réussite d'une énigme n'ouvre la voie qu'à une énigme sur la même compétence mais plus difficile. On en arrive alors à se poser la question : comment utiliser une énigme pour évaluer efficacement un élève ?

En plus des contraintes précédentes il est envisagé d'effectuer de la différenciation.

Chaque énigme doit pouvoir être abordée par tous les élèves quel que soit leur niveau dans la compétence testée. Pour cela les énigmes doivent proposer plusieurs niveaux de réussite. Ces niveaux de réussite doivent permettre aux élèves d'obtenir une récompense même en cas de réussite du niveau le plus faible et que l'impossibilité de réussir le niveau le plus fort ne les bloquent pas dans leur progression. Le niveau le plus faible de chaque énigme devra être accessible à tous les élèves afin de permettre la réussite de l'objectif dans le temps imparti, cela correspond à l'activité attendue de l'élève à minima. À l'inverse le niveau le plus difficile doit être un challenge même pour les meilleurs élèves. On peut imaginer au minimum trois niveaux de difficulté par énigme afin de différencier efficacement les élèves. Il est impossible d'observer tous les élèves en parallèle pour savoir quel niveau de difficulté ils ont choisi. Ainsi pour que l'activité puisse se poursuivre quel que soit le niveau de l'élève tout en permettant l'évaluation de ceux-ci il est prévu deux possibilités pour chaque énigme.

- Soit la résolution de l'énigme de niveau facile donne accès à l'énigme de niveau supérieur
- Soit la résolution de l'énigme peut se faire partiellement

Dans les deux cas la résolution donnera accès à une récompense (un code par exemple) différent en fonction de la solution trouvée. Les différents codes obtenus permettront à la fin de l'activité d'obtenir une récompense spécifique en fonction des niveaux de difficultés résolus. Du côté élève, une récompense correspondant au taux de complétion de l'escape game sera obtenue, tandis que du côté enseignant les codes obtenus permettront d'évaluer les compétences visées par chacune des énigmes. Par exemple, la résolution d'une énigme sur les conversions binaires peut avoir trois niveaux de difficulté :

- Niveau 1 : Être capable de convertir un entier naturel en binaire ;
- Niveau 2 : Être capable de généraliser la conversion à tout en naturel ;
- Niveau 3 : Être capable d'écrire un programme qui convertit un entier naturel en binaire ;

Ainsi un élève n'ayant pas réussi même le niveau 1 sera évalué à "non atteint", si le niveau 1 est réussi "partiellement atteint", "atteint" pour le niveau 2 et enfin "dépassé" pour le niveau 3. Dans le cas d'une énigme reprenant cet exercice, soit l'énigme propose les trois niveaux de difficultés les uns après les autres, soit une seule énigme est posée mais on peut la résoudre à différents niveaux. Il faudra alors formuler l'énigme pour que les élèves comprennent qu'ils ont le choix de réaliser l'énigme partiellement.

Un critère important qui revient dans les réflexions sur la création d'un escape game pédagogique est la nécessité de garder une immersion dans le jeu pour éviter de se retrouver avec un simple jeu d'énigmes qui se suivent sans liens entre elles. Un moyen efficace est d'organiser des phases de fouilles où les participants doivent trouver des indices ou informations leur permettant d'avancer. Il faut alors trouver un juste milieu entre des phases de fouilles servant à l'immersion et n'étant pas bloquantes et les énigmes plus exigeantes afin d'avoir une évaluation possible sans que la fouille devienne un frein. La conception d'un bon scénario et d'une bonne mise en scène peuvent permettre de conserver une bonne immersion et remplacer certaines phases de fouilles.

Il faut éviter la monotonie en variant les énigmes et en évitant que celles-ci se ressemblent. Aussi les énigmes doivent rester amusantes pour que les élèves n'aient pas juste l'impression d'effectuer une évaluation classique. Pour cela le scénario est un bon levier pour justifier certaines énigmes qui ressembleraient trop à des exercices. Un exercice sur la conversion d'un texte en ASCII passe mieux si on dit à un élève que quelqu'un a codé un message et que l'on cherche à retrouver le message d'origine.

Pour résumer, certaines règles doivent être respectées pour s'assurer que l'évaluation par escape game soit réussie.

- Conserver une bonne immersion
- Varier les énigmes pour éviter la monotonie
- Proposer de la différenciation
- Rendre accessible les énigmes sans dépendance forte entre deux énigmes
- Proposer des coups de pouce pour débloquer les élèves coincés
- Des énigmes amusantes

1.1. L'aide dans les escape game

Pour permettre aux joueurs d'avancer dans l'intrigue d'un escape game le maître du jeu est toujours présent et observe à distance ce que font les joueurs. Pour que le jeu reste amusant pour les joueurs et pour leur permettre d'arriver au bout du scénario le maître du jeu propose son aide si les joueurs paraissent bloqués. Cette aide se manifeste la plupart du temps par des indices envoyés par un moyen de communication

comme un écran. Le maître du jeu doit rester un élément extérieur du scénario et ne pas intervenir directement pour conserver l'immersion. Dans le cas d'un escape game en classe l'enseignant est le maître du jeu et doit pouvoir venir en aide aux élèves pour qu'ils puissent avancer s'ils sont bloqués. Il est difficile de venir en aide à un élève sans casser l'immersion du jeu. Pour conserver cet aspect il faut mettre en place des moyens techniques pour interagir avec les élèves. Pour les classes possédant un logiciel permettant de visualiser l'écran des élèves et d'interagir avec eux cela facilite grandement la tâche. Dans le cas où ces outils ne sont pas existants il faudra mettre en place un moyen de communication et d'observation non-intrusif. Si les moyens le permettent, l'utilisation du vidéo projecteur pour projeter des indices paraît une solution intéressante lorsque l'indice peut bénéficier à l'ensemble des élèves. On peut imaginer un indice offert au bout d'un certain temps de jeu. Pour éviter que ces indices soient un avantage pour ceux qui en bénéficient, il est possible de mettre en place une solution finale différente pour les élèves ayant utilisé l'indice, notamment en proposant un code différent de celui qui aurait été obtenu sans l'indice. Pour l'aide individuelle il est possible avec certains outils d'ajouter des fichiers ou messages sur l'ordinateur d'un élève en particulier. Si cette solution n'est pas possible il sera difficile d'intervenir sans casser l'immersion, un bon jeu d'acteur pourrait permettre au maître du jeu d'intervenir dans le cadre du scénario. Quoiqu'il en soit il existe plusieurs façons d'intervenir. La plus naturelle est d'offrir son aide à un élève lorsqu'il en fait la demande, l'enseignant peut alors expliquer à l'élève les choses qu'il ne comprend pas ou le guider en lui indiquant vers où chercher des informations. Une deuxième méthode est de proposer un indice à l'intérieur du jeu qui ne peut être débloqué qu'avec l'intervention de l'enseignant, ces indices peuvent être proposés pour toute la classe au bout d'un certain temps en les affichant au tableau par exemple ou individuellement. Une troisième aide peut être une solution donnée à un élève pour le débloquer en échange d'une partie des points obtenus. Dans le cadre d'une énigme avec plusieurs étapes l'enseignant peut donner une solution alternative à la première étape permettant de passer à la seconde sans la récompense qui va avec. Dans tous les cas, l'aide ne doit pas casser l'immersion et les élèves ne doivent pas sentir l'enseignant trop présent dans le jeu.

1.2. La solution aux énigmes

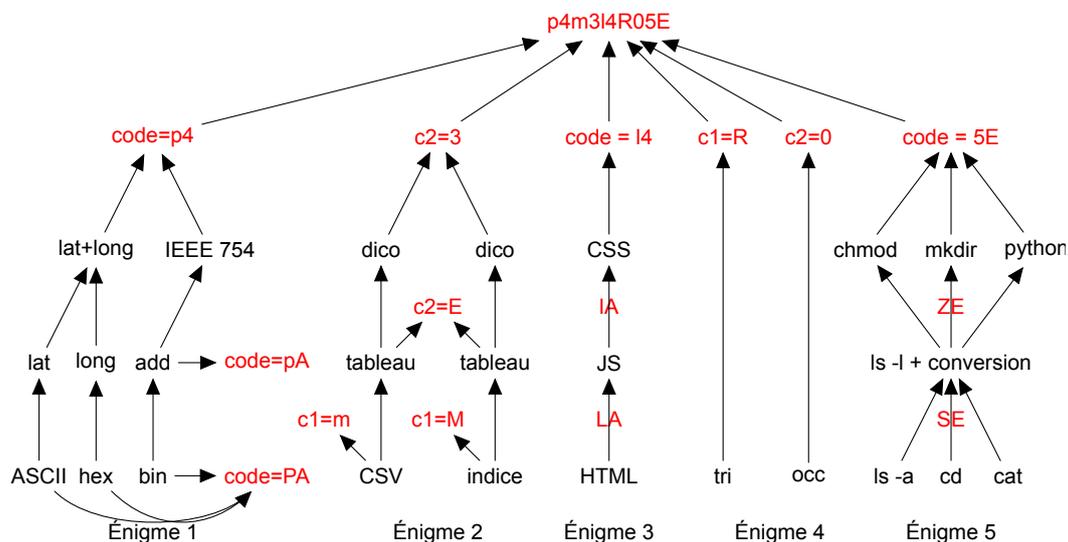
Les escape game ont comme point commun de proposer des systèmes de verrouillages bloquant l'accès aux prochaines énigmes. Cela peut être onéreux pour l'organisation d'un escape game en classe et demande de renouveler le matériel assez fréquemment (surtout si l'on souhaite proposer des escape game différents). Il est donc intéressant de proposer des systèmes de verrouillages génériques facilement applicables dans une salle de classe possédant au minimum un ordinateur pour deux élèves. Les systèmes de verrouillages que nous appellerons *cadenas* doivent donc être élaborés de manière générique afin de garantir leur réutilisabilité. On notera également que pour proposer un mode d'évaluation efficace il faudra proposer différents types de cadenas acceptant des réponses de types différents. Cela permet aussi de proposer une certaine variété dans les énigmes pour éviter la monotonie. Les énigmes ne doivent bien sûr pas ressembler trop à des exercices sous peine de perdre toute immersion dans le jeu. Enfin il faudra plusieurs niveaux de difficultés pour permettre d'évaluer les élèves ou proposer des coups de pouces qui pourront être donnés aux élèves en échange d'une mention signifiant que l'élève a eu besoin d'aide dans le résultat final.

On se donne ainsi un cadre pour la préparation de l'escape game :

- Les cadenas permettant d'avancer dans la résolution de l'escape game seront modélisés par des moyens numériques : programmes, sites web, système, etc...
- Les énigmes ne doivent pas être dépendantes du scénario pour permettre la reproductibilité.
- Les cadenas auront plusieurs formes pour permettre l'ajout ou la modification d'énigmes et une variété des énigmes
- Les énigmes devront permettre la différenciation par différents moyens (coups de pouce, plusieurs niveaux de difficulté, ...)
- L'escape game doit traiter de plusieurs thèmes différents afin d'éviter la monotonie des énigmes

2. Proposition d'évaluation différenciée pour escape game

Un moyen efficace pour cadrer l'évaluation dans un escape game est de préparer suffisamment celui-ci, notamment en prévoyant un schéma représentant le déroulement de l'escape game avec les différentes énigmes leurs dépendances et les récompenses obtenues. Par exemple :



Ce schéma permet d'avoir une vue globale et de s'assurer qu'un élève ne sera pas bloqué à cause d'une énigme précise. Chaque abréviation correspond à une partie d'une énigme et les flèches montrent les dépendances entre chaque exercice. Le schéma permet de cibler les compétences évaluées et le niveau à minima attendu des élèves. Dans l'exemple proposé on peut imaginer qu'un élève doit pouvoir être capable de valider toutes les feuilles les plus profondes de l'arbre. Le schéma permet aussi de préparer les différents cadenas de manière organisée pour proposer des solutions qui fonctionnent. Une fois les différentes étapes identifiées il faut proposer des moyens pour débloquer certaines énigmes. La construction d'un cheminement cohérent et fonctionnel est très chronophage et nécessite d'être préparé en amont pour faciliter la création d'énigmes cohérentes.

En NSI, si l'on souhaite pouvoir évaluer des compétences diverses nous pouvons imaginer les cadenas suivants :

- Cadenas à chiffres (classique)
- Cadenas à mot de passe (autorisant les caractères UTF-8)
- Cadenas à programmes : le joueur doit produire un programme qui répond à

une énigme afin de débloquer la prochaine énigme. Ce cadenas utilisera un jeu de test pour vérifier que le programme est correct.

- Cadenas de navigation : ce cadenas consiste à la navigation entre plusieurs pages (d'un site web par exemple) afin de trouver la prochaine énigme.

Le cadenas de navigation permet par exemple de simuler la partie "fouille" de l'escape game sans demander d'avoir du mobilier à disposition pour cacher des indices ou des clés dans la salle. Cela peut aussi correspondre à un cheminement nécessitant plusieurs commandes dans un terminal pour obtenir les différents mots de passes. Il faut donc que chaque énigme de notre schéma permette d'obtenir le code souhaité. Et que chaque énigme nécessitant un code ne puisse être débloquée que par les codes préparés par le concepteur. La variété des cadenas permet une conception facilitée pour les énigmes sans avoir besoin de se soucier de la taille du mot de passe attendu ou de sa forme (chiffres, lettres, ...). Cela permet aussi d'éviter la monotonie dans le type d'énigmes proposées particulièrement avec des énigmes de type navigation qui cassent le côté exercice.

Pour que l'évaluation soit possible à l'aide des cadenas il faut pouvoir proposer plusieurs moyens pour arriver au mot de passe final. Parmi les méthodes proposées dans cet écrit on retrouve les cadenas à solutions multiples. Les cadenas doivent permettre d'accepter plusieurs réponses correctes correspondant à plusieurs niveaux. On peut aussi proposer des énigmes de plusieurs niveaux de difficultés dont le premier niveau est suffisant pour obtenir la récompense finale mais dont les niveaux plus élevés permettent d'obtenir de meilleures récompenses. Enfin pour les cadenas de navigation on peut établir des étapes dans le cheminement permettant de récupérer un code intermédiaire. C'est dans tous les cas le code final qui permettra d'évaluer le niveau des élèves.

On peut imaginer le jeu d'évasion comme un film ou un jeu vidéo possédant plusieurs fins possibles. Plus le nombre d'énigmes réussies et leur difficulté est grande, meilleure sera la fin et dans notre cas la récompense. Pour déterminer la fin du jeu il faut prévoir une mécanique permettant de différencier le niveau des joueurs. Plusieurs scénarios possibles, soit le joueur débloque des jetons en fonction du nombre et de la difficulté des énigmes résolues, ces jetons permettront de débloquent des récompenses en fonction du nombre de jetons en possession du joueur, soit le joueur débloque une partie de mot de passe et en fonction du mot de passe entré à la fin de la partie la ré-

compense est différente. Pour ce second système, le processus est détaillé ci-dessous.

Pour le cadenas final nous proposons un système de mot de passe partiel pour l'évaluation. Le principe du mot de passe partiel repose sur le même principe que celui des jetons. Ainsi lorsqu'un joueur termine une énigme il reçoit une partie de mot de passe. Ici encore deux possibilités de niveau, soit le mot de passe final est unique et le joueur débloque une partie du mot de passe plus ou moins longue en fonction du niveau de difficulté de chaque énigme réussie. Par exemple :

Le mot de passe final est le suivant : motdepasse Le joueur participe à une énigme de niveau 1 une fois l'énigme réussie il reçoit l'indication que la première lettre du mot de passe est m. Le joueur participe à la même énigme de niveau 2 une fois l'énigme réussie il reçoit l'indication que les deux premières lettres sont mo.

Si le joueur entre à la fin le mot de passe m**depasse (avec * une lettre aléatoire fausse) la récompense finale sera moins bonne qu'un joueur ayant entré le mot de passe mo*depasse. Le score obtenu peut être calculé en fonction du nombre de caractères bien placés dans le mot de passe final.

On peut aussi imaginer que les lettres obtenues à la fin d'une énigme peuvent être fausses sans en avertir l'élève. Cela revient au même que dans un QCM où certaines réponses sont fausses mais l'élève n'est pas prévenu de son erreur, cela permet d'éviter un blocage d'un élève sur une énigme.

2.1. Enregistrement du score

Afin de pouvoir analyser les résultats, le score final des élèves est enregistré, pour la méthode des jetons on ne garde que le nombre de jetons obtenu pour déterminer une note. Soit dans le cas d'un mot de passe partiel on enregistre le mot de passe entré par l'élève, ce mot de passe permet d'obtenir un suivi des réponses. On peut ainsi analyser simplement les réponses trouvées par les élèves, par exemple si un élève entre le mot de passe. mo4depasse, on peut observer que l'élève n'a pas réussi l'énigme de niveau 3 du premier exercice. Si les énigmes ont été conçues correctement le caractère entré peut même correspondre à une erreur précise.

Imaginons deux possibilités, soit l'exercice suivant : conversion binaire vers décimal du nombre 10_2 . L'élève a répondu 2_{10} dans ce cas il obtient la première lettre du mot de passe final qui est m maintenant un autre élève répond 10_{10} cet élève recevra la lettre n il pourra donc continuer sur les autres énigmes et répondre au mot de passe final sans problème, il n'aura cependant pas la meilleure récompense mais le résultat permettra à l'enseignant d'identifier quelle erreur a été commise. Dans le cas où une autre réponse aléatoire a été donnée le caractère pourra être un caractère par défaut autre que ceux réservés pour les réponses attendues par l'enseignant.

3. Avantages de l'informatique pour la préparation d'un escape game

L'informatique apporte beaucoup d'avantage pour la conception d'un escape game. La résolution de problèmes est au cœur de l'informatique, les énigmes des escape game consistant fréquemment en la résolution de casse-têtes il est souvent possible de proposer des énigmes informatiques qui se prêtent particulièrement bien aux escape game. Un exemple courant est le codage de messages à l'aide d'algorithmes de chiffrement comme le code César ou encore le chiffre de Vigenère. On retrouve dans la partie représentation de l'information beaucoup d'applications possibles pour cacher des informations. Les algorithmes permettant de résoudre un problème peuvent aussi être une source d'énigmes, on peut imaginer un taquin ou une tour de Hanoï qui sont fréquemment utilisés dans les jeux vidéos comme base pour des énigmes. Des jeux vidéos comme Resident Evil, Portal, et un grand nombre de point and click dont s'inspirent les escape game proposent des énigmes basées sur ces problèmes. Un autre élément rapprochant l'informatique et les escape game est la phase de fouille. Des fichiers peuvent facilement être cachés sur un ordinateur et l'explorateur ou le terminal permettent d'effectuer de la fouille. Pour les cadenas, on retrouve des codes de verrouillages sur tous les appareils numériques avec différentes formes, des chiffres, des caractères ASCII et même des schémas ou des algorithmes basés sur la détection de forme pour les capteurs d'empreintes. Les ordinateurs proposent déjà des outils comme la possibilité de demander un mot de passe pour l'accès à une archive.

Comme proposé dans l'expérimentation, des exercices basés sur le web se prêtent particulièrement bien au jeu. Le concepteur s'il est informaticien peut alors facilement concevoir un escape game tant que son temps disponible est suffisant. Les énigmes utilisant la logique sont présentes dans de plus en plus de jeux, prenons par exemple le jeu Baba Is You dont le concept repose sur l'utilisation de mots pour résoudre des énigmes à l'aide de la logique informatique.

4. Les outils de création

Pour l'organisation d'Escape Game il existe pléthore d'outils, certains numériques d'autres physiques. Parmi ces outils on retrouve des cadenas à fabriquer pour le physique ou à configurer pour le numérique permettant à l'utilisateur d'adapter les solutions à ses énigmes. On y retrouve par exemple le site S'CAPE <https://scape.enepe.fr/> [S'CAPE,] ou encore Lockee <https://lockee.fr/> [Lockee,]. D'autres outils permettent d'élaborer l'environnement autour des énigmes comme Genially <https://www.genial.ly/fr> [Genially,] pour créer un parcours vidéoludique à la manière d'un jeu en point and click qui consiste à se balader dans un décor numérique et rechercher des indices dans le décor.

4.1. Analyse des outils existants

Commençons par l'analyse des outils physiques. Un gros avantage des cadenas physiques est le potentiel d'immersion des élèves. Effectivement, le fait de proposer des cadenas que l'on peut toucher et ouvrir en rentrant la bonne combinaison donne un côté concret à la séance d'escape game et de proposer des récompenses physiques aux élèves. En les intégrant à la salle où se déroule l'escape game on ajoute aussi une phase de fouille donnant plus de réalisme. Du côté des inconvénients on retrouve principalement le coût des outils et le temps de fabrication. Les outils physiques proposés restent limités par les contraintes physiques, notamment la taille des cadenas et le type d'environnement (disposition de la salle). Les cadenas proposent souvent des solutions classiques comme des codes à chiffres ou lettres avec un nombre de combinaisons limité, cependant cette limite pourrait être contournée en fabriquant un cadenas programmable à l'aide d'une carte électronique du type `arduino`. Il faut aussi pouvoir adapter ces cadenas à l'environnement et aux récompenses proposées. Les cadenas physiques sont aussi une contrainte dans l'évaluation car il est difficile de proposer les mêmes conditions à tous les groupes d'élèves participant sans avoir à multiplier le nombre d'outils par le nombre de groupes et en délimitant l'environnement ce qui augmente considérablement le coût de l'activité. De même il n'est quasiment jamais possible de proposer plusieurs codes valides sur les cadenas usuels pour différencier les élèves comme proposé dans cet écrit.

Pour les cadenas numériques existants, on retrouve beaucoup de propositions fonctionnelles que ce soit en ligne ou sous forme d'application. Parmi les cadenas proposés on retrouve les cadenas à chiffres, les cryptex, les mots de passe, ou encore les calculatrices. On peut ajouter aussi les cadenas à schémas, les cadenas musicaux ou encore les cadenas géolocalisés. Il existe donc une grande variété de cadenas différents ne dépendant que de l'imagination des créateurs. Ces outils présentent néanmoins certains inconvénients. Tout d'abord beaucoup de ces outils sont des outils en ligne, et demandent donc d'avoir une connexion internet au moment de l'escape game. D'autres utilisent des outils difficilement portables sur d'autres plateformes que Windows ou nécessitant une installation préalable sur les ordinateurs accueillant l'escape game. Enfin il existe peu de cadenas proposant plusieurs solutions possibles pour différencier les élèves lors d'une évaluation. Le seul exemple trouvé lors de la rédaction de cet écrit est l'outil de Valentin Leroux enseignant en musique au collège Rosa Parks à Nantes. Cet outil est un coffre fort proposant plusieurs solutions donnant accès à différentes récompenses, il est développé à partir de l'application Max <https://cycling74.com/downloads/> [Max,] permettant de construire des applications Windows sans avoir besoin de connaître un langage de programmation car l'application utilise un système de boîtes que l'on connecte pour programmer. L'application coffre-fort propose un nombre limité de types de récompenses (texte,image,vidéo,page web) et n'est disponible que sur Windows.

Du côté de l'environnement, nous avons Genially qui est une référence car le site permet de créer facilement une application sous la forme d'un point and click dans laquelle les élèves peuvent se déplacer, fouiller, et répondre à des énigmes. En plus de l'environnement de fouille, Genially propose aussi des exercices type pour créer des énigmes. On notera de très bonnes idées comme la sténographie pour cacher des indices par exemple. On peut identifier comme inconvénient le côté trop jeu vidéo qui peut casser un peu l'immersion à cause de la sensation de juste jouer et de ne pas être directement dans l'environnement. Du côté des énigmes proposées, celles-ci ressemblent un peu trop à des exercices pour donner l'impression aux élèves de résoudre de vrais énigmes. Comme évoqué dans la partie 2, afin d'évaluer les élèves il ne faut pas que l'environnement soit une contrainte importante pour l'avancement dans la résolution des énigmes.

4.2. Proposition d'un outil pour l'évaluation

Pour l'évaluation des élèves au cours d'un escape game deux outils ont été développés dans le cadre de cet écrit. Ces outils respectent les différentes contraintes évoquées dans la partie 2 comme proposer différentes solutions possibles à une énigme afin de permettre la différenciation ainsi que proposer différents types de cadenas permettant d'accepter tout type de solution. Ces outils se doivent d'être multiplateforme pour faciliter leur utilisation dans n'importe quel environnement et libres, la licence choisie étant une licence Creative Commons CC BY SA. Les outils sont donc modifiables pour ajouter de nouveaux types de cadenas ou améliorer les cadenas présents. Le premier outil est une application Python permettant de créer plusieurs solutions auxquelles on peut associer différentes récompenses. Le second outil est un ensemble d'applets JAVA représentant des cadenas utilisant les solutions et récompenses créées avec la première application.

L'application Python que l'on nommera ELocker pour escape game locker permet de générer des fichiers chiffrés réutilisable avec les cadenas créés en JAVA, elle correspond à l'interface permettant de configurer les énigmes pour le maître du jeu. Cette application a pour premier avantage d'être utilisable dans la plupart des établissements étant donné que Python est le langage utilisé dans toutes les disciplines scientifiques. L'application utilise une version récente de Python (>3.6) et possède peu de dépendances mis à part tkinter, os et random. Son fonctionnement est assez simple il suffit de sélectionner quel type de cadenas on souhaite créé (afin de vérifier que la solution proposée est cohérente) de générer une clé de chiffrement et de sélectionner les récompenses à chiffrer. Dans le cas d'un cadenas demandant un programme en solution il est nécessaire de fournir un benchmark et un fichier obtenu en sortie. Le programme procède ensuite à un chiffrement des fichiers fournis en effectuant d'abord un xor entre les solutions proposées et la clé de chiffrement pour créer un fichier key.crypt contenant un nombre de clés correspondant au nombre de solutions puis un chiffrement à l'aide de ces nouvelles clés et des fichiers à chiffrer. Le programme fourni alors en sortie un dossier Solutions contenant toutes les récompenses chiffrées à l'aide des clés correspondantes fournies dans un fichier key.crypt. Dans le cas d'un cadenas à programmes deux autres répertoires contenant les benchmarks et les solutions attendus sont créés avec à l'intérieur les différents fichiers chiffrés.

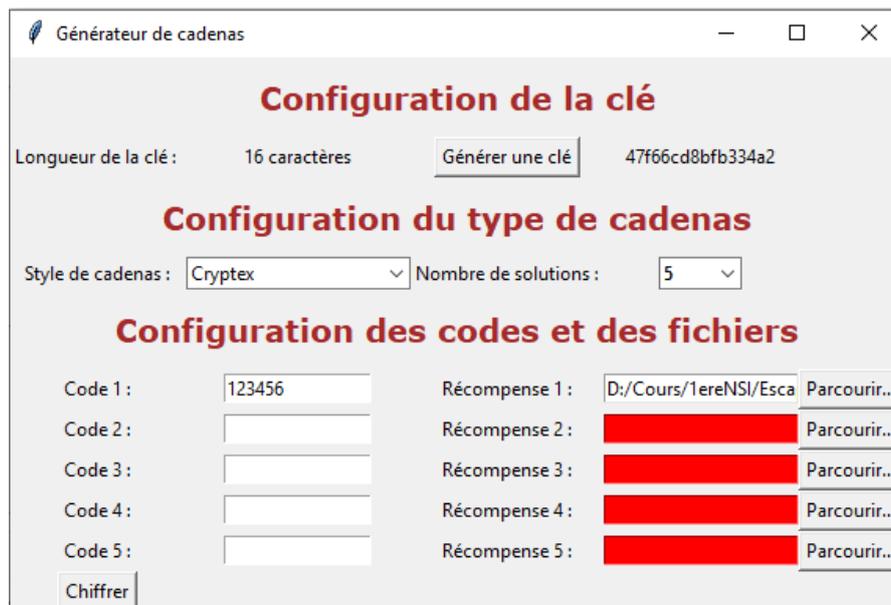


Figure 1 – Aperçu de l’interface de l’application ELocker

Nous avons ensuite les applets JAVA permettant d’avoir une interface sous forme de cadenas du côté joueur. Il est possible de générer un applet par type de cadenas au format jar. Ces applets permettent à l’utilisateur de rentrer un code dans une interface graphique représentant le cadenas souhaité puis permet de déchiffrer les solutions si le code entré est correct. Les applets JAVA utilisent un environnement java runtime 8 ou supérieur. Le choix d’utiliser du jre 8 vient du choix de la compatibilité, c’est souvent la version par défaut installée dans les établissements scolaires. Cela permet donc de garantir la possibilité d’exécuter le cadenas sur tous les ordinateurs. Lorsque l’utilisateur clique sur le bouton unlock l’application va effectuer un xor avec la clé générée par l’application ELocker et la solution proposée par l’utilisateur, si une des clés présente dans le fichier keys.crypt correspond au résultat alors le programme va déchiffrer le fichier correspondant au numéro de cette clé. L’utilisateur récupère alors la récompense dans le répertoire où est située l’applet JAVA. Ce système permet de rendre indépendants la partie création des solutions et la partie cadenas avec pour lien les clés de chiffrement. Le choix de JAVA côté utilisateur a été fait pour éviter que l’utilisateur ait accès au code de l’application et qu’il puisse identifier la méthode de chiffrement. Il fallait un langage compilé et multiplateforme, le choix s’est alors porté sur le langage JAVA. Les applets JAVA proposent les cadenas suivants :

- Cadenas à chiffres (de 3 à 5 chiffres)
- Cryptex avec 6 caractères de A à Z puis 0 à 9

- Calculatrice permettant de composer des codes à chiffres (jusqu'à 13 chiffres et pouvant contenir des "*" et des "#")
- Mot de passe, permettant de créer une page avec un mot de passe contenant tous les caractères imprimables
- Programme, permettant à l'utilisateur de rentrer un programme Python et de l'exécuter avec plusieurs benchmarks tout en comparant la sortie de chaque exécution avec les solutions attendues

Les dessins des cadenas proviennent du site S'CAPE <https://scape.enepe.fr/> et sont adaptés pour devenir interactifs. Pour le moment il y a simplement des boutons à appuyer pour entrer une solution et un affichage de texte classique. Les cadenas pourraient être améliorés avec une petite animation. Chaque cadenas peut avoir entre 1 et 10 solutions possibles, chaque solution est ensuite attachée à un fichier qui sera obtenu en récompense si cette solution est donnée par le joueur. Il subsiste encore quelques problèmes avec l'applet programme. Celle-ci nécessite le chemin vers un interpréteur Python pour tester le programme entré par l'utilisateur seulement en fonction du chemin entré sur Windows l'application peut ne pas fonctionner correctement. Si l'on prend l'exemple d'une installation dans un lycée, l'interpréteur Python est souvent accessible seulement à partir d'un raccourci ou alors avec un chemin vers un serveur. Pour l'exécution et la récupération des entrées et sorties, c'est la fonction `Exec` qui est utilisée en JAVA. Une alternative est de proposer aux élèves de rentrer non pas leur programme mais le résultat de leur programme obtenu avec un benchmark cependant cela nécessite de donner accès au benchmark aux élèves et donc peut restreindre l'énigme proposée.

Les cadenas proposent donc chacun plusieurs solutions possibles. Un autre cadenas

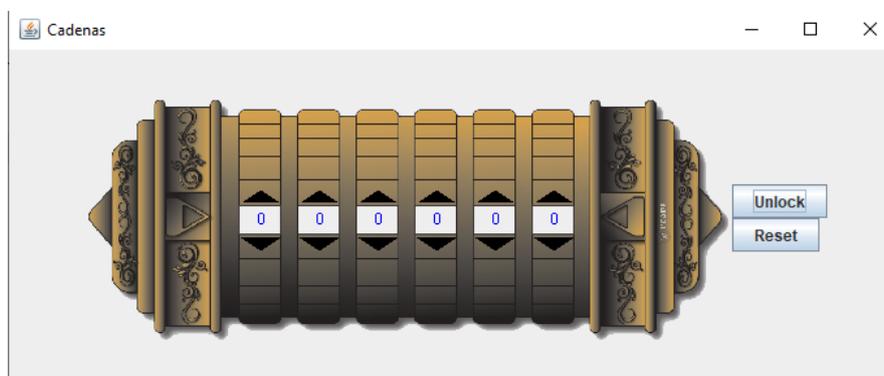


Figure 2 – Aperçu de l'interface utilisateur du cadenas cryptex

a été proposé (sans être générique cette fois-ci) afin de permettre de reconnaître plu-

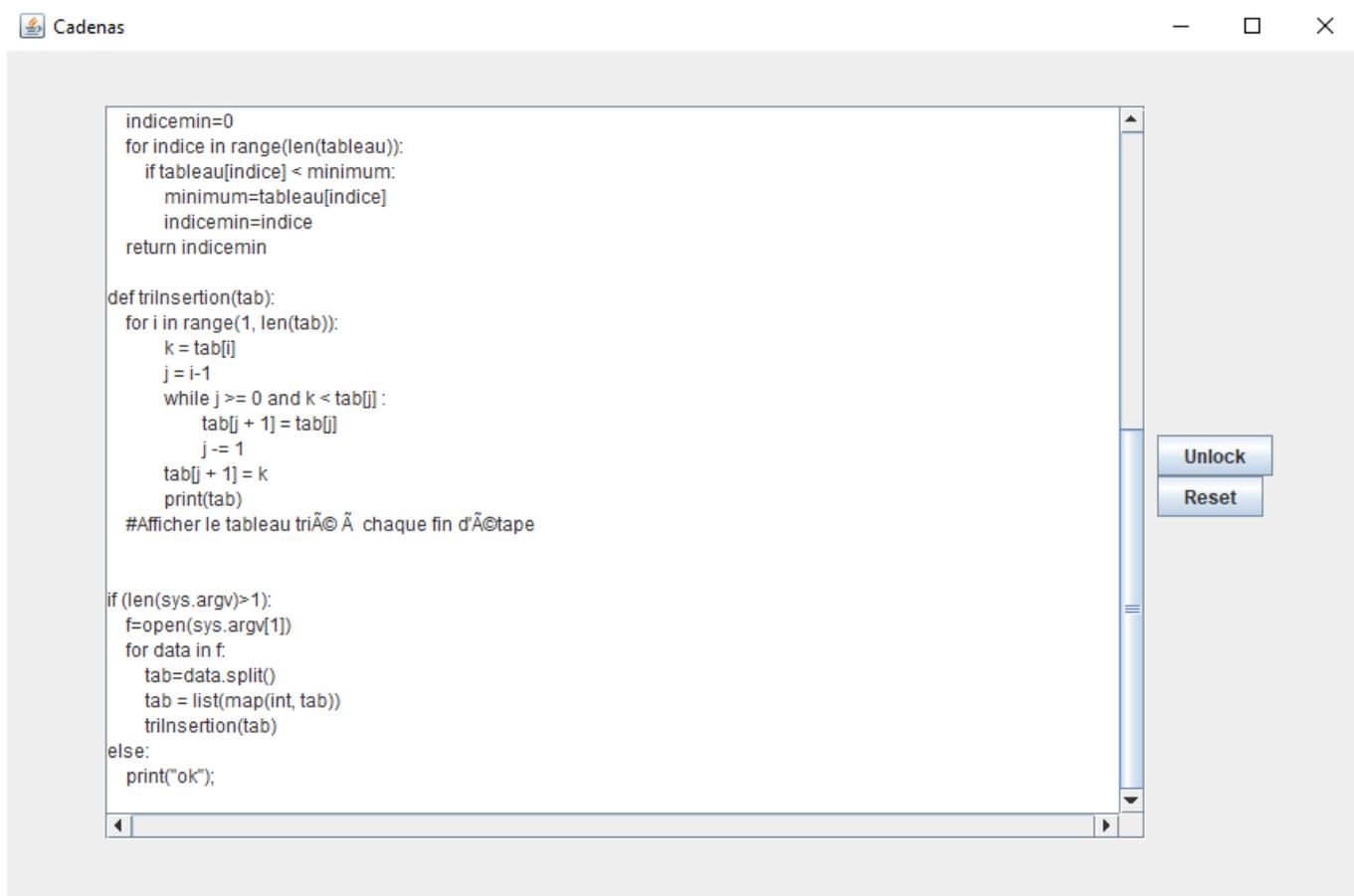


Figure 3 – Aperçu de l'interface utilisateur du cadenas cryptex

seurs parties d'un code. Pour cela la solution du cadenas doit être codée directement dans lors de la création du cadenas. C'est le cas pour le cadenas final utilisé pour l'expérimentation qui donne la possibilité d'avoir qu'une partie du code. Pour ce cadenas, l'utilisateur a accès à une page demandant un mot de passe. Tous les caractères sont autorisés mais la particularité est qu'il peut y avoir plusieurs solutions finales possible. Dans l'expérimentation qui a été réalisée le mot de passe était divisé en 5 parties. Chaque partie composée de 2 caractères, et ces caractères pouvant être différents en fonction de l'avancement des élèves. Il n'est pas nécessaire d'avoir le mot de passe complet pour obtenir une récompense le but étant d'offrir un certain nombre de récompense en fonction du nombre d'énigmes réussies et de leur difficulté. Ainsi un élève qui a terminé à 100% toutes les énigmes aura la meilleure récompense composée de 5 documents décrivant en détail le dénouement de l'escape game tandis qu'un élève ayant réussi que 3 énigmes sur 5 aura 3 documents décrivant en détail une partie du dénouement et un élève qui aura fait toutes les énigmes un peu mais pas à 100% aura une 5 documents décrivant de manière moins détaillée le dénouement. L'intérêt de ce cadenas est surtout du côté enseignant un moyen d'évaluer les élèves en analysant

les résultats comme décrit dans la partie 2.

5. Expérimentation

Pour tester les outils proposés dans cet écrit réflexif une expérimentation est réalisée le 12 mai 2021. L'expérimentation va se dérouler avec une classe de NSI de 13 élèves. Pour favoriser l'évaluation l'escape game sera individuel chaque élève progressera à son rythme. Le scénario choisi est celui d'une équipe d'experts en informatique engagés par le FBI suite à la disparition de ses deux meilleurs agents, les agents Ripper et Bullit. Avant leur disparition Ripper et Bullit ont réussi à récupérer des informations sur la dernière victime du tueur. Ces informations sont malheureusement cachées dans différents fichiers et dossiers chiffrés. Le FBI espère trouver des informations sur le prochain crime (Lieu, Victime, Identité du tueur, Arme et Date). La mission des participants est de récupérer le plus d'informations précises possibles concernant le dernier crime commis pour prédire le prochain. Le temps limité de la séance permet de justifier le scénario qui propose de récupérer les informations avant que l'infiltration de l'équipe sur l'ordinateur du tueur soit détectée. L'enseignant est le maître du jeu, il a pour rôle de coordonner l'équipe d'experts. L'enseignant se donne la possibilité de circuler dans la salle pour observer les élèves (et donner des coups de pouce si nécessaire) afin de guider son équipe. Toutes les énigmes seront disponibles directement dans le répertoire de l'élève. Chaque énigme concerne un point précis du programme et propose donc plusieurs solutions. Seule une énigme n'est pas disponible directement sur les ordinateurs des élèves mais sur les ordinateurs portables sous Linux pour proposer une énigme basée sur la manipulation d'un système d'exploitation libre. Il y a 4 ordinateurs portables pour 13 élèves.

5.1. Choix des énigmes

Les énigmes mises en place pour l'expérimentation ont été élaborées pour correspondre au mieux à un test de l'évaluation pendant un escape game. Effectivement pour permettre une évaluation efficace il faut adapter les exercices classiques pour qu'ils puissent prendre place dans l'escape game. Cette expérimentation prenant place dans une classe de 1^{ère} NSI chaque énigme correspond à une partie du programme comme décrit dans le bulletin officiel. Une énigme comprend plusieurs étapes permettant d'obtenir un code étant une partie du mot de passe final. Voici la répartition des

énigmes :

- Enigme 1 - Représentation des données (récompense : les deux premiers caractères du code final) :
 - Conversions ASCII/binaire/décimal/hexadécimal (code niveau 1)
 - Addition binaire (code niveau 2)
 - Conversion IEEE 754 (code niveau 3)
- Enigme 2 - Structures de données avec tableaux et dictionnaires et traitement de données en table (récompense : les caractères 3 et 4 du code final)
 - Lecture de deux fichiers CSV et stockage dans un tableau et un dictionnaire
 - Utilisation d'un indice pour obtenir un prénom à partir du tableau
 - Utilisation du nom qui correspond à la clé du dictionnaire pour obtenir la solution
- Enigme 3 - Parcours Web (récompense : les cinquième et sixième caractères du code final)
 - Recherche d'une information sur le chemin de la prochaine page dans le code source d'une page web
 - Correction d'une faute de frappe dans une fonction javascript à l'aide de l'inspecteur qui permet d'obtenir un code
 - Utilisation du code précédent pour obtenir une couleur le code recherché est le code RGB de la couleur obtenue
- Enigme 4 - Algorithmique (récompense : les caractères 7 et 8 du code final)
 - Écriture d'un programme qui tri un tableau (tri au choix de l'élève parmi sélection et insertion)
 - Écriture d'un programme qui compte le nombre d'occurrences dans un fichier
- Enigme 5 - Commandes LINUX (récompense : les deux premiers derniers caractères du code final)
 - Utilisation du terminal pour afficher un fichier caché et son contenu
 - Utilisation du terminal pour afficher les droits d'un fichier et comprendre sa notation
 - Utilisation du terminal pour changer les droits sur un programme python et la création de dossiers et fichiers avec copie du contenu

5.1.1. Énigme 1

L'énigme 1 correspond à l'évaluation sur la représentation des données. Dans cette énigme l'objectif est de tester les capacités des élèves à identifier plusieurs représentations de données et à les utiliser notamment à l'aide de conversions ou en effectuant des opérations. Pour cela les élèves ont une lettre à leur disposition avec un code composé de nombres et 5 cadenas à déverrouiller, chaque cadenas correspond à une partie de l'adresse où est caché le corps de la dernière victime. L'objectif de cette énigme est de tester différents cadenas et de proposer aux élèves différentes façon d'obtenir les deux premiers caractères du code final. Pour débloquent le niveau 1 les élèves ont le choix entre effectuer une conversion décimal/binaire ou une conversion en ASCII ou une conversion hexadécimal. Ce qui donne aux élèves trois nouvelles informations dont une latitude et une longitude en binaire qu'il faudra convertir au format IEEE 754 et une addition binaire à effectuer. Si l'élève trouve le résultat de l'addition binaire il débloquent le niveau 2 du code final et une indication sur ce qu'il faut faire avec la longitude et la latitude. Si l'élève arrive à effectuer la dernière énigme il débloquent le niveau trois et termine l'énigme 1 à 100%. Les élèves peuvent en théorie s'arrêter dès qu'ils ont le code de niveau 1 et passer à une autre énigme. En coup de pouce, l'enseignant peut proposer une version colorée du code avec des indications sur ce qu'il faut faire avec chaque partie du code.

As ce qu'il parait j'ai laissé des indices sur la rue où je l'ai décimée. utilise tes binocles!

PS: Ils ne trouveront jamais Exactement la ville où je l'ai enterrée.

$40_{10} \mid 83 \ 117 \ 78 \ 55 \ 66 \ 100$
 $202.144.7.7$

Figure 4 – Indice pour l'énigme 1

5.1.2. Énigme 2

Pour l'énigme 2, on s'intéresse aux structures de données. Ici le but est de faire manipuler des structures de données comme les tableaux et les dictionnaires pour résoudre une énigme. Pour cette énigme, le choix a été fait de privilégier l'attractivité de l'énigme plutôt que sa facilité à évaluer les élèves. Pour cela il a été décidé de mettre en place un cheminement qui nécessite de répondre à la question précédente pour pouvoir accéder à la prochaine. Le cheminement consiste à la lecture de deux fichiers CSV le premier contenant une liste de prénoms dont il faut retirer les prénoms à 5 lettres. Il faut ensuite récupérer le prénom qui se trouve à l'indice 7540 qui correspond au prénom rose. Il faut ensuite stocker le second fichier dans un dictionnaire qui correspond à une liste de nom de famille avec le nombre d'occurrences du nom. En utilisant la clé rose l'élève obtient un code pour le prochain cadenas. Pour débloquer l'élève l'enseignant peut donner des coups de pouces qui mèneront vers d'autres solutions. Le premier coup de pouce est de donner un programme qui lit le fichier CSV sans supprimer les prénoms à 5 lettres ce qui force l'élève à aller vers un autre prénom que rose et donc obtenir une autre solution finale. Le résultat de l'évaluation se fait sur l'utilisation ou non de l'indice.

5.1.3. Énigme 3

L'énigme 3 est un jeu de piste sur le thème du web. Dans cette énigme il n'y a pas de cadenas impliqués car c'est un jeu de piste. La navigation dans les différentes pages web sert de cadenas directement. L'élève doit se débrouiller en naviguant dans un site web pour trouver des indices qui va le guider vers la solution. La première page web indique que la solution sépare la tête du corps, l'élève doit aller chercher la solution qui se trouve en commentaire entre le `</head>` et le `<body>`. Le commentaire indique quelle page est la bonne parmi les 1000 pages présentes dans le dossier page 2. Chacune des pages présentes dans page 2 possède un code javascript qui affiche un nombre aléatoire safu une qui possède une faute de frappe dans le code javascript qu'il faut corriger pour obtenir le prochain code. Une fois ce code obtenu il faut l'entrer dans la page 3 pour obtenir une couleur et le code RGB de cette couleur permet d'obtenir les caractères 5 et 6 du code final. Dans cette énigme l'objectif est de vérifier que l'élève sait rechercher et modifier des pages webs en HTML/CSS et corriger des bugs en javascript par exemple. L'énigme prend pour inspiration le site 2enigmatik4u <http://>

2e4u.net/ qui propose un parcours avec des énigmes amusantes mettant souvent en avant des spécificités des langages web. Le but est de tester une méthode d'évaluation ne nécessitant pas de cadenas en donnant une impression de fouille comme dans des applications Genially ou une fouille classique dans un escape game physique.

5.1.4. Énigme 4

L'énigme permet de tester les énigmes nécessitant un programme fonctionnel. Ici le thème algorithmique est évalué. Le but est de tester si l'élève est capable d'écrire un programme correct permettant l'accès à une partie du mot de passe. Les algorithmes testés sont des algorithmes de tri et de comptage d'occurrences. Les élèves utilisent ici un cadenas à algorithme qui nous le rappelons utilise des jeux de test pour garantir le bon fonctionnement des algorithmes. Si l'algorithme de l'élève donne le même résultat que le résultat attendu sur le jeu de test alors la solution est donnée à l'élève et il peut passer à la suite. Cette énigme permet de tester le fonctionnement des cadenas à programme et leur intégration dans un escape game. La première énigme consiste à trier un tableau avec au choix le tri par insertion ou par sélection. L'élève doit afficher à chaque tour de boucle le résultat du tri, on compare ensuite avec plusieurs résultats correspondant à différentes façon d'effectuer le tri et si le résultat de l'élève est le même le cadenas est déverrouillé. Même chose pour le nombre d'occurrences du mot "ipsum" dans un fichier contenant un Lorem Ipsum. Si l'élève n'y parvient pas avec une chaîne de caractères un indice donné est un tableau contenant des nombres au lieu des chaînes de caractères.

5.1.5. Énigme 5

La dernière énigme concerne l'utilisation d'un système d'exploitation libre. Pour cela l'élève doit effectuer un parcours à l'aide d'un terminal pour retrouver des informations autour d'un message codé. Ici les élèves sont évalués non pas de manière sommative mais plus sous la forme d'évaluation formative étant donné que les élèves n'ont pas eu l'occasion de manipuler Linux pendant l'année. Le but ici est de proposer une notice avec des explications des commandes et des indices pour vérifier les connaissances des élèves sur les lignes de commandes et la connaissance de l'architecture du système d'exploitation. Les informations sont disséminées dans différents répertoires sous différentes formes. La première énigme consiste à trouver un fichier caché dans un ré-

pertoire nommé `QuelqueChoseSeCacheIci` avec l'utilisation de `ls -a` puis d'afficher le contenu de ce fichier pour récupérer le premier code du cadenas. Le cadenas donne alors accès à une possible solution du code final et des indices pour le prochain cadenas. Une vidéo de Patrick Bruel qui chante "qui a le droit" et un fichier qui s'appelle `reponseCadenas2.txt` la solution du cadenas correspond aux droits affectés au fichier au format nombre. En utilisant `ls -l` l'élève doit convertir les droits attribués au fichier `reponseCadenas2.txt` en un entier qui correspond au deuxième code du cadenas. Enfin, un fichier avec les indications sur le dernier code est disponible. Les indications proposent à l'élève de créer un répertoire et un fichier à l'intérieur de ce répertoire, de copier le contenu d'un autre fichier à l'intérieur et d'exécuter un programme python qui effectue un calcul utilisant la taille de ce nouveau fichier. Ceci donne accès au dernier code du cadenas.

5.2. Le mot de passe final

Le mot de passe final est à entrer dans un cadenas login et a plusieurs possibilités. Le but étant de récupérer le plus d'informations sur le prochain crime du tueur recherché. Pour cela le mot de passe se divise en 5 parties. Première partie :

- PA : donne accès à la ville où se déroule le prochain crime (La ville de l'élève)
- P4 : donne accès à l'adresse où se déroule le prochain crime (Le lycée)
- p4 : donne accès aux coordonnées GPS où se déroule le prochain crime (La salle)

Deuxième partie :

- ME : donne accès à des informations sur le tueur (un élève de la classe)
- M3 : donne accès à des informations sur le tueur (l'élève lui même)

Troisième partie :

- LA : donne accès à l'identité vague de la victime (Un enseignant de NSI)
- IA : donne accès à l'identité de la victime (L'enseignant de NSI de l'élève)
- I4 : donne accès à l'identité précise de la victime (CV fictif de l'enseignant de NSI)

Quatrième partie :

- RO : donne accès à l'arme du crime (une arme amusante en rapport avec la NSI)
- R0 : donne accès à l'arme du crime (informations précises sur l'arme : une carte

mico :bit par exemple)

La fin du mot de passe :

- SE : donne accès à l'année du prochain crime
- ZE : donne accès au jour du prochain crime
- 5E : donne accès à l'heure du prochain crime (la date du jour)

5.3. Retour sur l'expérimentation et collecte de données

L'expérimentation ne s'est pas déroulée exactement comme prévu. Tout d'abord beaucoup d'élèves ne savaient pas par où commencer, beaucoup d'informations au départ, ce qui est dû au fait que toutes les énigmes sont présentes dès le départ, le but étant que les élèves puissent choisir l'énigme qui leur convient le plus dès le départ si possible mais cela a été plus perturbant pour les élèves que prévu. Un moyen d'éviter ce genre de réaction est de proposer une fouille au préalable pour commencer à découvrir les énigmes au fur et à mesure, mais cela risque par contre de ne pas donner le choix de l'énigme de départ aux élèves. Malgré le choix la plupart des élèves ont choisis de commencer par l'énigme 1 sur les conversions. Un élève habituellement en difficulté a par contre choisi le thème qu'il maîtrisait le mieux, le web, pour commencer et s'en est très bien sorti. Une grande partie des élèves est restée sur la première énigme pour la terminer à 100% sans prendre le temps d'en essayer une autre même s'ils étaient bloqués. Certaines énigmes n'ont été testées que par un ou deux élèves. Par exemple l'énigme sur l'utilisation de Linux a été testée par seulement un élève mais celui-ci l'a terminé à 100%. Il était prévu que les élèves essayent un peu toutes les énigmes mais ils ont préféré résoudre les énigmes en entier avant de passer à la suite ce qui a forcé le changement de l'escape game en proposant au final de rassembler les codes trouvés pour la récompense finale (tout en récupérant les codes trouvés individuellement). Les énigmes étaient un peu difficile pour le temps imparti, les élèves auraient eu besoin de plus de temps pour comprendre ce qu'ils doivent faire ou plus d'indications. L'énigme 4 ne fonctionnait pas correctement ce qui est lié à l'architecture des ordinateurs du lycée, il n'est pas possible d'exécuter proprement l'interpréteur python. L'énigme a été adaptée en demandant aux élèves de copier directement le résultat de l'exécution de leur programme sur le jeu de test dans la zone de texte de l'application pour la comparer aux solutions existantes.

Après l'expérimentation un sondage a été envoyé aux élèves concernant leur ressenti sur l'escape game. Ce sondage s'intéressait principalement à l'immersion des élèves et leur sensation sur la difficulté, 11 élèves sur 13 ont répondu. Voici quelques chiffres sur leur ressenti :

Question 1 : Sur une échelle de 1 à 10 avec 1 correspondant à une immersion inexistante (un cours classique) et 10 une immersion intense (réelle mission du FBI). Un

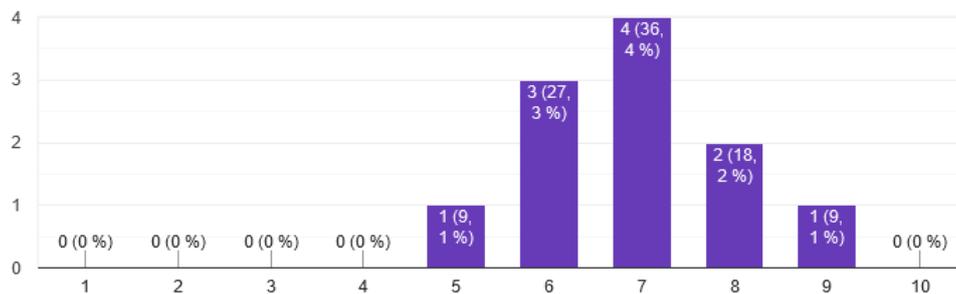


Figure 5 – Résultats sur l'immersion

retour plutôt positif montrant que les élèves ce sont bien pris au jeu.

Question 2 : Aviez vous l'impression d'être évalué ? 10 élèves répondent non et 1 élève répond oui. L'escape game a donc permis d'évaluer les élèves sans le stress d'une évaluation classique.

Question 3 : Vous êtes vous senti perdu(e) au début de l'escape game ?

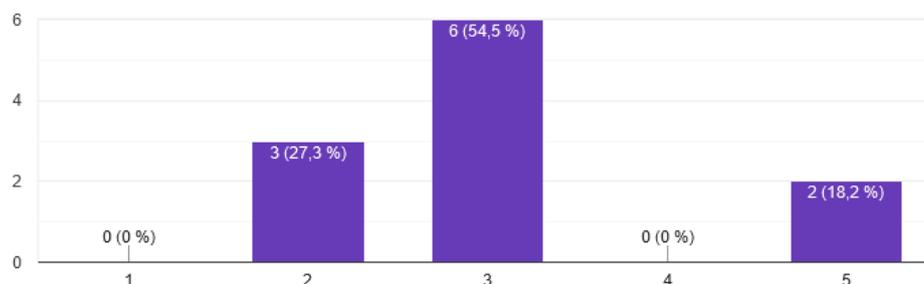


Figure 6 – Résultats sur l'impression d'être perdu au début

Question 4 : Vous êtes vous senti perdu(e) au bout d'une heure d'escape game ? Ces résultats indiquent que les élèves étaient un peu perdu au début de l'escape game

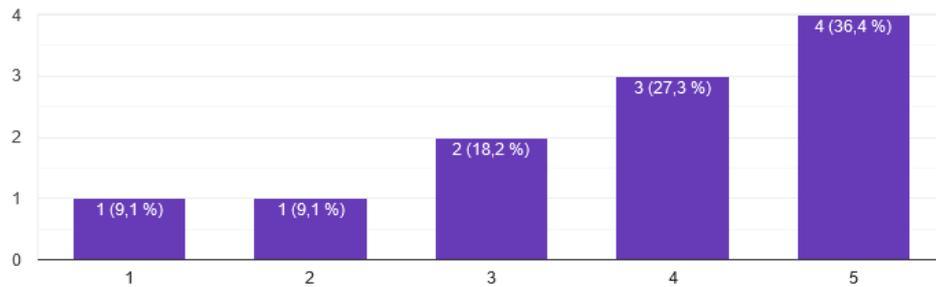


Figure 7 – Résultats sur l'impression d'être perdu au bout d'une heure

et qu'au bout d'une heure certains ont pris leurs marques mais d'autres se sont sentis encore plus perdus. Cela n'étant pas forcément dépendant du niveau de l'élève.

Question 5 : Auriez-vous préféré plus d'informations sur le fonctionnement des Cadenas au risque de réduire l'immersion ?

Les élèves répondent "Oui" à 27%. Les élèves ne pensent pas que plus d'indices réduisent l'immersion il serait donc peut-être intéressant d'ajouter des indications dès le départ pour éviter que les élèves se sentent perdus.

Au final les élèves ont trouvé très dommageable le fait que l'escape game se soit déroulé en individuel. Il serait donc intéressant d'améliorer le processus d'évaluation pour pouvoir l'appliquer à des groupes et non plus en individuel. Ce qui se révèle une tâche plutôt difficile si l'on souhaite tester des capacités individuelles. L'escape game pourrait par contre être utilisé pour évaluer des compétences notamment dans la collaboration.

Conclusion

Nous avons pu mettre en avant différents outils existants pour la mise en place d'escape game mais ne facilitant pas toujours l'évaluation des élèves. La proposition d'un outil open source permettant la création de cadenas multi solutions est un réel atout pour la différenciation, cela évite au concepteur une complexification des énigmes et de l'environnement. L'enseignant ne pouvant pas observer l'ensemble des élèves l'apport d'un cadenas final pouvant être complété partiellement paraît indispensable si l'on veut que les élèves ne se sentent pas frustrés de ne pas recevoir de récompense s'ils n'ont pas tout réussi. Pour la préparation et la cohérence dans le cheminement de l'escape game, un plan paraît nécessaire pour gagner du temps et simplifier l'imbrication entre les énigmes.

Une piste d'exploration serait l'utilisation de tests adaptatifs pour vérifier efficacement les connaissances des élèves tout en gardant ce principe de différenciation au sein de l'escape game comme le propose Jill-Jênn Vie [Vie et al., 2017]. Cela permettrait de cibler plus efficacement et de diagnostiquer de manière fine tout en limitant le nombre de questions répondues par les élèves. On pourrait alors imaginer l'usage des cadenas à solutions multiples qui guiderait les élèves vers une question adaptée à leur niveau en fonction des réponses effectuées précédemment.

Une remarque des élèves est la déception de devoir réaliser les énigmes seuls. Il reste cependant difficile de pouvoir évaluer les capacités d'un élève précisément en proposant un escape game par équipe. Une réflexion sur l'évaluation de capacités individuelles lors d'un travail en groupe est nécessaire pour pouvoir proposer une évaluation par escape game avec des groupes.

Ce travail a permis d'explorer plusieurs pistes pour la préparation et l'évaluation par escape game. Le temps nécessaire pour proposer une activité de ce type reste un frein pour l'organisation d'escape game la difficulté résidant principalement sur l'élaboration de chaque énigme individuelle pour proposer des exercices efficaces correspondant bien au scénario et ne cassant par l'immersion. Un point positif à retenir est l'enthousiasme des élèves lors de cette activité, avec notamment une satisfaction lors de la réussite d'une énigme pour les élèves en difficulté.

Annexes

As ce qu'il parait j'ai laissé des indices sur la rue où je l'ai décimée. utilise tes binocles!
PS: Ils ne trouveront jamais Exactement la ville où je l'ai enterrée.

$40_{10} \left| \begin{array}{r} 83 \ 117 \ 78 \ 55 \ 66 \ 100 \\ \hline 20^2 \ 144 \ 4 \ 4 \end{array} \right.$

Figure 8 – Énigme 1 - lettre du tueur couleur

Énigme 1 Cadenas 1 conversion binaire/décimale de 20_{10} (erreur sur l'image)

Réponse cadenas 1 = 10100

Récompense :

Le numéro de la rue de la victime était bien le 10100.

La première partie du code final peut être PA.

Mais je pense que tu peux trouver mieux ;)

Code de l'indice : 10010100 + 11001

Cadenas 2 conversion ASCII

Réponse cadenas 2 = SuN7bD

Récompense :

La première partie du code final peut être PA.

Mais je pense que tu peux trouver mieux ;)

Indice long : 1100 0010 1110 1100 1101 1010 0100 1110

Cadenas 3 conversion décimal/hexadécimal

Réponse cadenas 3 = CA9077

Récompense :

La première partie du code final peut être PA.

Mais je pense que tu peux trouver mieux ;)

Indice lat : 0100 0010 0000 1000 0101 0001 1000 0100

Cadenas 4 addition binaire

Réponse Cadenas 4 = 10101101

Récompense :

La première partie du code final n'est pas PA mais pA.

Je me souviens ! les coordonnées sont au format IEEE 754.

Cadenas 5 IEEE 754

Indice Cadenas 5 : $\text{int}(\text{latitude}) - \text{int}(\text{longitude})$

Réponse Cadenas 5 = 152

Récompense :

Les deux premiers caractères du code final sont p4

Énigme 2 Indice :

J'ai supprimé (tué) tous les prénoms à 5 lettres

Indice = 7839



Figure 9 – Énigme 3 - Site du tueur

Énigme 3 Code HTML :

```
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Le site du Cereal Killer</title>
<link rel="stylesheet" href="style.css">
</head>
<!-- Prochaine page -> 007.html les caractères 5 et 6 du code final sont LA -->
<body>
<!-- En-tête -->
<header class="page-header">
<div class="container-header">
<div class="header-gauche">

</div>
...
```

Énigme 4 Indice :

Mon mot préféré est ipsum

Extrait du fichier sur lequel effectuer la recherche d'occurrence :

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc purus mauris, malesuada ut lorem euismod, porttitor consequat quam. Pellentesque est ipsum, tempor eu ullamcorper lacinia, pulvinar vitae massa. Nulla non orci ac nibh elementum mattis vitae vitae tortor. Vestibulum vel iaculis lectus, in dignissim justo. Suspendisse potenti. Duis nec purus dictum, lobortis dolor id, fringilla ante. Quisque in eros nec sapien volutpat suscipit sit amet in sapien. Nunc convallis eros nec felis sodales, volutpat congue neque ultrices. Donec arcu lorem, finibus in tellus vel, imperdiet molestie eros. Fusce vitae fermentum nibh. Suspendisse facilisis elit urna, ut dignissim turpis bibendum at. Suspendisse at erat magna. Aliquam eu iaculis ipsum. Aliquam eros nulla, fermentum vel augue nec, posuere eleifend risus. Cras id dui nibh. Fusce gravida quam a nunc eleifend, eu egestas lorem eleifend.

...

Énigme 5

Notice

Pour ouvrir un terminal faites CTRL + ALT + T

1 Mémo des commandes du terminal LINUX

Commande	Description
cd NomDuRépertoire	Se déplace dans le répertoire appelDescription
cd ..	Se déplace dans le répertoire précédent
pwd	Affiche le chemin vers le répertoire courant
ls	Affiche le contenu du répertoire
ls -l	l signifie long Affiche le contenu du répertoire avec plus d'informations (les droits, la taille, la date)
ls -a	a signifie all Affiche TOUS les fichiers du répertoire (même ceux un peu moins visibles)
touch NomDeFichier	Crée un fichier vide
mkdir NomDeRépertoire	Crée un nouveau répertoire
cp Source Destination	Copie un fichier de Source vers Destination
mv Source Destination	Déplace un fichier de Source vers Destination
cat Fichier	Affiche le contenu du fichier
chmod	Changer les droits sur un fichier (voir plus bas pour les explications)
sudo maCommande	Effectuer une commande en tant que super-utilisateur (attention il vous faut le mot de passe pour pouvoir utiliser la commande)
echo monTexte	Afficher un texte dans le terminal
python3.7 ./monProgramme.py	Exécuter le programme python monProgramme.py avec Python3.7
java -jar ./monProgramme.jar	Exécuter un programme java Utile pour les cadenas!

2 Les répertoires

Il y a plusieurs répertoires à connaître et des raccourcis pour y accéder. Quand on ouvre le terminal on se retrouve dans le répertoire **e**lève que l'on note `~` son chemin est le suivant `/home/e`lève/. Le symbole `/` seul correspond à la racine de l'ordinateur (il contient toutes les informations système). Le `/` permet aussi de séparer le nom de plusieurs répertoires successifs. Le symbole `.` correspond au répertoire courant et le symbole `..` correspond au répertoire précédent.

Commande	Description
/	Racine
~	Home Dossier personnel
.	Répertoire courant
..	Répertoire précédent

3 Écriture

Pour écrire dans un fichier à partir du terminal on peut utiliser le symbole `>`. Exemple Si je souhaite écrire "Hello world" dans le fichier `monFichier` situé dans le répertoire `informations` je peux faire :

```
echo "Hello world" > ~/Desktop/informations/monFichier
```

Pour vérifier le contenu du fichier `monFichier` on peut faire :

```
cat ~/Desktop/informations/monFichier
```

4 Les droits

Sous Linux les fichiers possèdent trois droits dont les droits d'écriture (w pour write), de lecture (r pour read) et d'exécution (x pour executable). Ils peuvent être accordés par type d'utilisateur. Il y a trois types d'utilisateurs, utilisateur (u pour user), groupe (g pour groupe) et autres (o pour other).

La ligne :

```
drwxr-xr-
```

Signifie que le fichier est un dossier (d pour directory), que user possède les droits d'écriture, de lecture et d'exécution. Le groupe possède les droits de lecture et d'exécution et les autres possèdent juste les droits de lecture.

Pour simplifier on peut traduire les droits avec 3 chiffres :

- r = 4
- w = 2
- x = 1
- - = 0

On additionne les droits octroyés et on obtient un chiffre pour chaque type d'utilisateurs. Pour l'exemple précédent on a :

```
754
ugo
```

4.1 Changez les droits

Pour changer les droits, vous devez être super-utilisateur !

On utilise la commande :

```
chmod [u g o a] [+ - =] [r w x] nom_du_fichier
```

Exemple si je veux ajouter les droits de lecture au fichier monFichier pour l'utilisateur group j'écrirai :

```
chmod g+r monFichier
```

Autre méthode avec les chiffres calculés plus tôt je peux affecter les droits pour chaque type d'utilisateur par exemple si je veux les droits de lecture uniquement pour tous les utilisateurs j'écris :

```
chmod 444 monFichier
```

Bibliographie

- [Allan and Kolesar, 1997] Allan, V. and Kolesar, M. (1997). Teaching computer science : a problem solving approach that works. *ACM SIGCUE Outlook*, 25(1-2) :2–10.
- [Barnes et al., 1997] Barnes, D. J., Fincher, S., and Thompson, S. (1997). Introductory problem solving in computer science. In *5th Annual Conference on the Teaching of Computing*, pages 36–39.
- [Bellotti et al., 2013] Bellotti, F., Kapralos, B., Lee, K., Moreno-Ger, P., and Berta, R. (2013). Assessment in and of serious games : an overview. *Advances in human-computer interaction*, 2013.
- [Fotaris and Mastoras, 2019] Fotaris, P. and Mastoras, T. (2019). Escape rooms for learning : A systematic review.
- [Genially,] Genially. Genially. <https://www.genial.ly/fr/>. [Ressource en ligne accédée le 23-02-2021].
- [Lockee,] Lockee. Lockee. <https://lockee.fr/>. [Ressource en ligne accédée le 23-02-2021].
- [Max,] Max. Max. <https://cycling74.com/downloads/>. [Ressource en ligne accédée le 23-02-2021].
- [Nicholson, 2018] Nicholson, S. (2018). Creating engaging escape rooms for the classroom. *Childhood Education*, 94(1) :44–49.
- [S'CAPE,] S'CAPE. S'CAPE. <https://scape.enepe.fr/>. [Ressource en ligne accédée le 23-02-2021].
- [Vie et al., 2017] Vie, J.-J., Bourda, Y., Bruillard, E., and Popineau, F. (2017). Simulation et validation de tests adaptatifs dans les mooc.

4^{ème} de couverture

5 Mots clés : Escape Game, NSI, Informatique, Numérique, Lycée

Résumé en Français (10 lignes) : Cet écrit propose une réflexion sur l'organisation et la préparation d'un Escape Game dans le second degré dans la discipline Numérique et Sciences Informatiques. Ce document propose une méthode d'élaboration permettant de mettre en place une évaluation en informatique en s'appuyant sur un jeu d'Escape Game en classe.

Résumé en Anglais (10 lignes) : This document propose a reflexion about the organisation and preparation of an Escape Game for high school in computer science. This document propose a method to design and setup an evaluation in computer science using an escape game in class.