

Jouer à s'échapper en Sciences : un autre moyen d'apprendre

Coralie Ulysse, Guénaëlle Harié & Isabelle Rozec

Mettre en place un escape game avec ses élèves ou étudiants est dans l'air du temps, mais on peut se poser de multiples questions sur cette pratique : dans quel cadre, pour quoi faire, où, avec qui, et comment faire? N'est-ce qu'un effet de mode ou ce format a-t-il une réelle plus-value pédagogique ?

Un escape game pédagogique est une activité ludifiée, une tâche complexe immersive, où des joueurs (vos élèves par exemple !) sont amenés à s'échapper d'une salle, ou tout du moins à résoudre des énigmes, scientifiques ou non, en recherchant des indices et en activant leurs neurones. Réflexion, collaboration, démarche par essais/erreurs, réactivité, mobilisation des connaissances et des compétences sont des incontournables par lesquels les participants doivent passer dans ce type de dispositif.

Chaque joueur, à son échelle, pourra apporter son soutien à la résolution des énigmes et à l'investigation. Peut-être êtes-vous tenté(e) ? Cet article vous propose un retour d'expérience sur deux escape games pédagogiques à dominante scientifique, réalisés dans des contextes bien différents. Ils sont tous les deux pluridisciplinaires mais sur des niveaux différents. Le premier a été élaboré pour des lycéens de Seconde, le deuxième pour des enseignants-stagiaires, dans le cadre de leur formation en Master MEEF, et peut être adapté en Terminale S. L'équipe d'enseignants du site S'cape vous livre en parallèle son analyse de ces dispositifs, ainsi que des conseils issus de leur expertise de terrain

► **Mots clés** : scénario, mot mystère, énigmes, élément ludique, support numérique, matériel réel, découverte de notions, révisions, collaboration, jeu sérieux, motivation, sciences, organisation,...

■ **Coralie Ulysse** : Enseignante de SVT au lycée La Salle de Lyon

Guénaëlle Harié : Enseignante de SPC au lycée La Salle de Lyon

Isabelle Rozec : Enseignante de SVT au lycée Jean-Paul II de Saint-Grégoire, pilote du groupe SVT du master M2 MEEF à l'ISFEC Bretagne

Réviser et découvrir des notions de SVT et PC par un ESCAPE GAME en classe de seconde

Approche pratique

Dans quel cadre ?

Nous l'avons réalisé dans le cadre d'une semaine banalisée «PODCASTS POUR APPRENDRE AUTREMENT», pour des élèves de Seconde, avant Noël 2017. L'intention pédagogique était de croiser les regards des professeurs de différentes disciplines et de développer l'utilisation du numérique pour faire apprendre en classe. Notre Escape Game scientifique "Pathos, Diagnosticos, Demerdos", est l'une des neuf activités pédagogiques imaginées par les enseignants : "Atelier radio", "Fake News", "Orientation Post-Bac", "Compétitions Sportives", "Pretty woman/Pretty man", "Paradis Papers", "RobotProg J2B2", "Atelier santé". L'objectif commun à tous ces ateliers était de développer la collaboration entre élèves au sein de groupes réduits et de favoriser leur expression orale via des PODCASTS de quelques minutes, produits sur tablettes et diffusés sur notre WEB RADIO LASALLE Lyon <https://soundcloud.com/lasallelyoncroixrousse>.

Pour quoi faire ?

Notre intention pédagogique était double : des révisions ludiques de fin de premier trimestre en SVT et physique-chimie, et l'acquisition de nouvelles connaissances permettant d'aborder des notions étudiées plus tard dans l'année. La réunion des deux disciplines au sein d'un scénario commun, nous permettait par ailleurs de montrer la proximité et la complémentarité de ces deux disciplines. Ce point de vue pourrait devenir important dans la perspective des changements de la réforme du lycée.

Avec qui ?

Dans un premier temps, nous l'avons conçu à deux avec ma collègue de PC, Guénaëlle Harié. Puis c'est l'ensemble de l'équipe SVT/PC qui s'est impliquée dans la conception du scénario avec 9 énigmes, en lien avec les notions scientifiques du programme. À plusieurs cerveaux, c'est plus efficace, c'est plus innovant et surtout c'est plus drôle !

S'CAPE : comme l'indique Coralie, la définition des objectifs pédagogiques est la première étape essentielle à la construction de tout jeu en classe, a fortiori d'un escape game. Le niveau Seconde est ciblé. Il s'agit d'un projet pluridisciplinaire réalisé dans un contexte très particulier : pour une semaine « autrement » avec les élèves. Située en milieu d'année, elle permet aux enseignantes de proposer des révisions des notions déjà vues dans les deux matières, mais aussi d'en découvrir de nouvelles. La collaboration entre professeurs durant la phase créative va permettre de croiser les idées, de confronter les points de vue, d'aller plus vite et plus loin dans l'élaboration des énigmes et de la structure du jeu.

Où ?

Les neuf activités-énigmes ont été réparties sur trois laboratoires proches, avec une thématique par salle, mixant les SVT et PC : identification de la source de la pathologie en salle “Pathos”, précision du diagnostic en salle “Diagnostics”, et préparation d’un remède en salle “Demerdos”.

Comment faire?

Nous avons utilisé dans un premier temps une carte mentale, pour lister les notions abordées, le matériel disponible, les énigmes proposées, les applications utilisables, le nombre de salles nécessaires. Puis nous avons créé un lien entre les différents ateliers-énigmes en construisant un scénario et un mot mystère qui valide l’ensemble des énigmes.

S’CAPE : *il est en effet important de lister toutes les idées d’énigmes lors d’un brainstorming où chacun pourra laisser libre cours à son imagination, exprimer ses idées même les plus folles. Recenser en parallèle tout le matériel disponible, celui qu’il faudra fabriquer, et éventuellement celui à acheter. Les choix se feront ensuite en fonction des connaissances et compétences que l’on souhaite travailler. Il faudra peut-être aussi renoncer à des énigmes ou manipulations trop complexes, le temps de l’escape game étant par nature limité, a fortiori en classe.*

L’équipe d’enseignants a conçu son scénario après avoir sélectionné les différentes activités-énigmes. C’est une possibilité mais pas une obligation ; une élaboration de concert, voire une rédaction du scénario avant les énigmes nous paraît même une méthode un peu plus aisée pour s’assurer de leur cohérence, et facilite la contextualisation.

Nous avons enfin planifié l’escape game sur le site Génially : l’ordre des ateliers est indiqué à la façon d’un plateau de jeu. Pour chaque atelier, on accède en cliquant sur des icônes animés, à l’énoncé de l’énigme et aux aides (fiche, notice, vidéo, image et lien web).

<https://view.genial.ly/5a21723b10ce3d20a40df7b0/escape-game-pathos-diagnostics-d> (figure 1)

À la fin des ateliers, l’escape game se termine réellement par un temps d’échange au sein de chaque équipe pour identifier le mot mystère. C’est l’occasion de faire un débriefing scientifique avant d’être interviewés par la webradio du lycée .

S’CAPE : *on touche ici à l’encadrement du jeu. Il est essentiel de le planifier avec précision : quels lieux ? comment et quand les préparer ? Qui joue le game master ? Quel est son rôle, quelle doit être sa posture vis-à-vis des joueurs ? Des coups de pouce sont-ils prévus en cas de blocage ? Quand le jeu est-il terminé ? Que fait-on après le jeu ?*

Toutes ces questions doivent être posées et résolues bien avant le jour J ! Un encadrement bien conçu permet à l’escape game de se dérouler avec fluidité, et aux joueurs de s’engager pleinement dans le jeu, sans perturbations « parasites ». Le choix des lieux, le briefing des game masters, et les différents supports numé-

riques (vidéo explicative, support Genially recensant chaque atelier) ont permis ici de poser un cadre bien défini et sécurisant.

La phase de débriefing, après le jeu, est cruciale pour fixer les apprentissages. Elle se base dans cet exemple essentiellement sur l'oral avec des discussions et des enregistrements audio. S'agissant de la semaine « autrement », ce choix est pleinement justifié, et permet aux élèves de libérer leurs émotions et de s'exprimer autour des activités scientifiques vécues entre eux, mais aussi en direction des autres lycéens. Des traces écrites peuvent aussi être envisagées dans le cas d'un escape game inclus dans une séquence d'apprentissage plus classique.

1. Escape game planifié sur le site Genially

En combien de temps?

Nous avons prévu deux heures car les activités proposées sont parfois complexes avec du matériel réel. Pour réduire la durée, on utilise la pratique du TP mosaïque : la grande équipe de neuf élèves est scindée en trois groupes, chaque groupe est responsable d'une salle. Quand les trois groupes d'une équipe sont sortis des salles, l'équipe entière se réunit pour la recherche du mot mystère (figure 2).

MOT MYSTERE de l'Escape Game SVT - PC

- 1: Première lettre du liquide biologique contaminé par le pesticide utilisé dans l'énigme 1
- 2: Troisième lettre de la technique d'imagerie médicale utilisée dans l'énigme 6
- 3: Première lettre de la molécule pouvant être modifiée par le tabac dans l'énigme 4
- 4: Dernière lettre de l'organe étudié, dans l'énigme 5
- 5: Cinquième lettre du médicament contenant le principe actif utile dans l'énigme 7
- 6: Première lettre des caractéristiques des poils racinaires dans l'énigme 3
- 7: Première lettre du contenant utilisé lors de la pesée d'un solide, énigme 9
- 8: Cinquième lettre du type de pesticide utilisé dans l'énigme 2
- 9: Dernière lettre du principe actif dans l'énigme 8



2. Recherche du mot mystère

S'CAPE : comme dans un escape game grandeur nature, Coralie et Guénaëlle ont misé sur l'évasion et le déplacement des participants, via le jeu de résolution des énigmes. Le défi étant programmé sur un format de deux heures, cette organisation apporte du dynamisme au jeu et suggère une progression.

La structure du jeu est ici très élaborée, et répond au grand nombre d'énigmes et activités pratiques prévues. Elles ont dû être réparties en trois salles, chacune avec son game master attiré. Dans chaque pièce se joue un travail en petite équipe, la coopération entre elles est prévue à la fin. On peut quasiment considérer que nous avons ici trois escape games en un.

Le temps prévu de deux heures est long et a permis de sélectionner et construire des énigmes reposant sur des activités pratiques, et/ou demandant beaucoup de réflexion. Dans un format plus classique, la durée impartie va généralement de 45 minutes à une heure, ce qui nécessairement impose des choix, à la fois dans la forme et dans le fond.

Contexte scientifique scénarisé

Pour commencer nous avons imaginé un contexte plausible mais fictif, qui permet de faire réfléchir sans chercher à tout prix une vérité scientifique. L'idée est de faire réfléchir sur l'impact de l'environnement et de l'hérédité sur les symptômes exprimés.

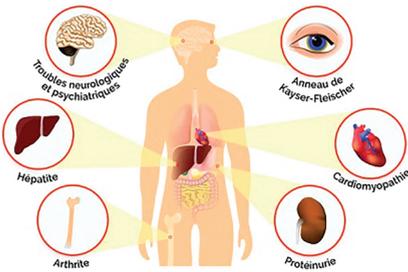
L'excès de cuivre peut être lié à des maladies, https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Maladie_de_Wilson. Dans la maladie de Wilson, une altération génétique entraîne un dysfonctionnement de l'élimination du cuivre hors de l'organisme. Sa présence en excès va être responsable d'une véritable intoxication, impactant différents organes.

Mais nous n'avons pas eu le temps de trouver un exemple précis de pathologie cardiaque, c'est pourquoi nous nous sommes placé en 2050 car d'ici là les pathologies peuvent évoluer.

Symptômes de la maladie de Wilson

Ils débutent rarement avant 3 ans et varient selon les organes atteints :

- Atteinte du foie : il s'agit d'hépatite aiguë ou chronique, voire de cirrhose. On constate une fatigue, un amaigrissement, des gonflements, des troubles digestifs ou une jaunisse ;
- Atteinte du cerveau : elle se manifeste plutôt chez l'adolescent et entraîne des troubles neurologiques et/ou psychiatriques. Les symptômes sont très variés. Certains, comme les troubles de l'humeur, sont parfois mis à tort sur le compte de la « crise d'adolescence ». On constate aussi des tremblements, des contractures, des problèmes de coordination ou des difficultés à parler. Parfois, la maladie se révèle par des problèmes scolaires et notamment d'écriture ;
- Atteinte des yeux : la maladie est responsable chez 75% des malades de la formation d'un anneau orangé au bord externe de l'iris : l'anneau de Kayser-Fleischer. Il s'agit d'un dépôt de cuivre, visible à l'œil nu ou à la lampe à fente (appareil d'examen ophtalmologique). Cet anneau est toujours présent dans les formes neurologiques. La maladie de Wilson n'altère pas la vision ;
- Atteinte du cœur : troubles du rythme possible.
- Atteinte sanguine : anémie (diminution de globules rouges) possible.
- Atteinte des os : entraînant des douleurs.
- Irrégularité des règles chez les patientes.



● ALERTE CONTAMINATION

<https://soundcloud.com/lasallelyoncroixrousse/essai-1-milon-grolier>



S'CAPE : en quelques minutes, les participants doivent pouvoir cerner et identifier la mission qui leur a été allouée, savoir où il vont, ce qu'ils ont à découvrir et en combien de temps... La scénarisation n'est donc pas à négliger. Le lancement du jeu peut prendre différentes formes (vidéo, audio, mail, message écrit...) et doit être percutant, efficace, synthétique, explicite, surprendre aussi ! C'est le premier maillon de l'escape game, il conditionne les joueurs et par conséquent leur motivation, leur envie de jouer, leur engagement.

La scénarisation constitue la phase où l'enseignant, en plus de l'élaboration des énigmes et des indices, met à profit sa créativité.

- Dans la première salle, PATHOS : identification de la source de la pathologie



Énigme 1 : les élèves doivent tester quatre solutions, bouillie, sol, plasma adolescent, eau potable avec la soude pour identifier une source de l'empoisonnement en nommant l'ion présent dans la bouillie lyonnaise, son numéro atomique et déterminer s'il y a eu contamination du sol et du plasma. Il y a apparition d'un précipité bleu turquoise intense avec la bouillie et moindre avec sol et plasma. Un témoin eau du robinet 2mg/l ne précipite pas.

ATELIER N° 1 : BOUILLIE LYONNAISE

Comment identifier l'ion présent ?

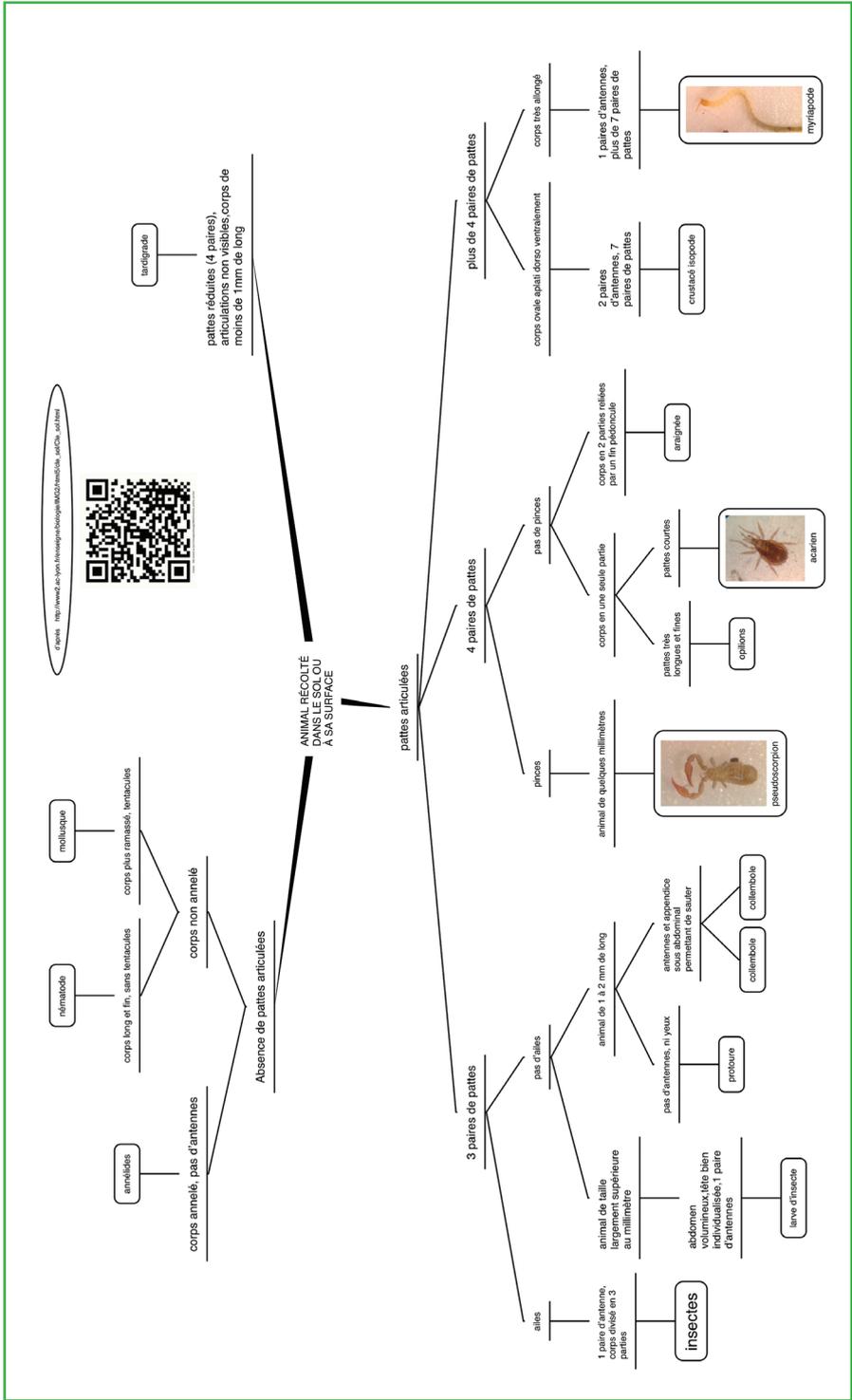
- La couleur du précipité est caractéristique de l'ion.

Ion testé	Fer II	Fer III	Cuivre II	Aluminium III	Zinc II	Chlorure
Formule de l'ion	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Cl^-
Réactif	soude	soude	soude	soude	soude	Nitrate d'argent
Couleur du précipité	Vert	rouille	Bleu	Blanc	Blanc	Blanc qui noircit à la lumière



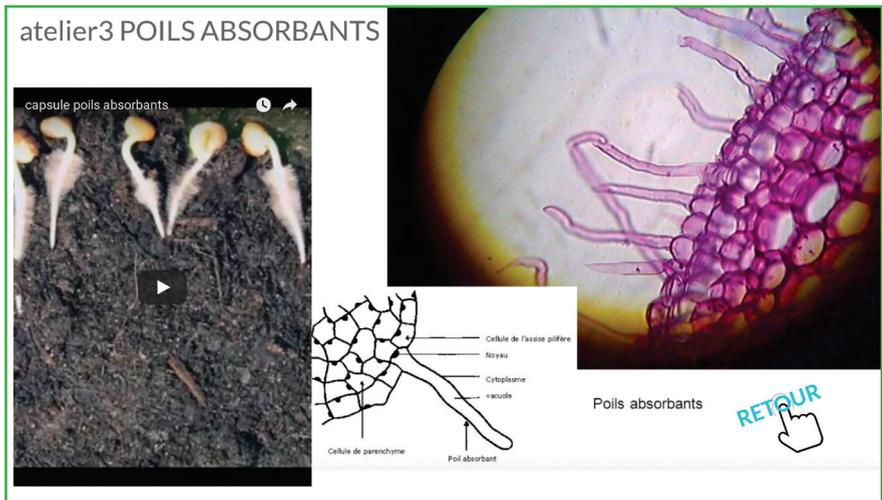
RETOUR

Énigme 2 : ils observent à la loupe binoculaire une lame de sol où ont été cultivées les plantules de radis distribuées au chop-house, pour savoir par quel type de pesticides ce sol a été traité, insecticide ou fongicide ? La lame présente des insectes mais pas de mycélium.



Énigme 3 : ils réalisent une fine préparation microscopique d'apex racinaire de radis pour mettre en évidence une des caractéristiques des poils racinaires expliquant la présence du pesticide dans le plasma des élèves ayant consommés des radis crus non nettoyés par le chop-house. Le colorant vital externe est rapidement observé à l'intérieur des cellules racinaires, il a été absorbé par les poils absorbants.

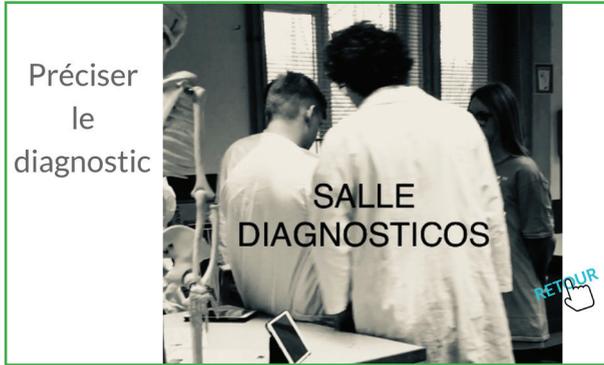
Une fois les énigmes résolues, le maître des lieux, un élève de première S svt, donne le multipass 1 nécessaire pour sortir de la salle, mais seulement après l'avoir expliqué au professeur.



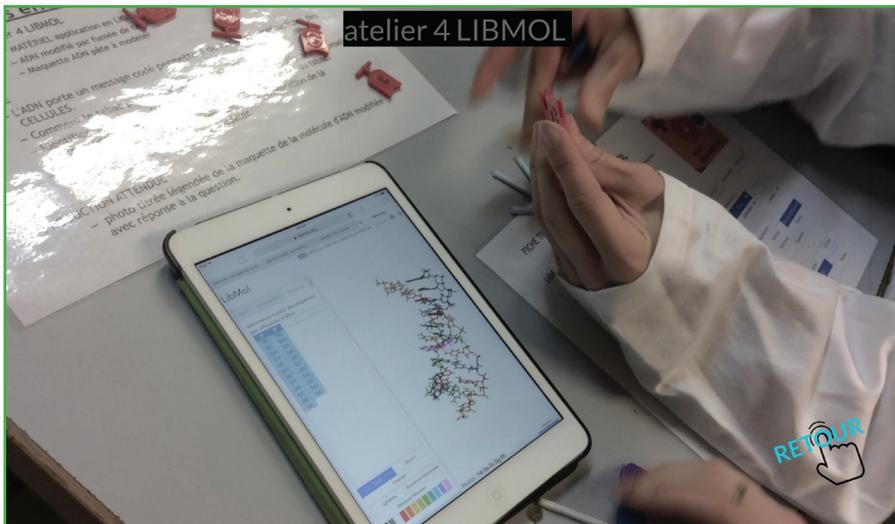
Multipass 1 : le fongicide se trouve dans les sols et dans le plasma des adolescents, la contamination se fait par la bouillie lyonnaise, il est absorbé par les poils racinaires des radis puis il se concentre dans leur plasma, après ingestion.

S'CAPE : une des caractéristiques de cet escape game est le grand nombre d'énigmes ancrées dans des activités pratiques scientifiques. Cela correspond aux objectifs pédagogiques et au scénario des auteurs. Les élèves sont amenés à manipuler et raisonner à la manière d'une équipe de scientifiques. La difficulté de ce choix dans le cadre d'un défi-évasion réside dans l'équilibre à trouver entre contenu scientifique, éléments ludiques et contrainte temporelle. Si les énigmes ressemblent trop à des activités classiques, avec des protocoles très détaillés, cela risque de faire perdre de vue le jeu. Attention aussi à ce que leur résolution ne demande pas trop de temps.

- Dans la deuxième salle, **DIAGNOSTICOS** : précision du diagnostic



Énigme 4 : les élèves travaillent sur l'ADN modifié sous l'effet du tabac avec LIBMOL <https://libmol.org> afin d'identifier les nucléotides modifiés. Une modélisation avec une maquette est disponible.



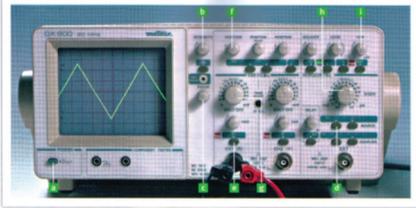
Énigme 5 : ils observent les battements cardiaques de leurs collègues malades à l'aide d'une application de réalité augmentée afin de compter le nombre de cycles cardiaques par minute et de tenter de justifier l'état d'endormissement. L'application Virtuali-Tee permet de voir le cœur de l'extérieur battre sur le tee shirt puis de l'ouvrir tout en continuant de battre. On voit alors les valves s'ouvrir et se fermer. <https://m.youtube.com/watch?v=Z19NV4wsw2M>



Énigme 6 : ils réalisent une échographie de deux boîtes pour rechercher où se trouve le cœur. Ils pourront valider leur réponse en ouvrant le cadenas à l'aide du code donné par le Nombre de bruits à chaque cycle cardiaque et le Numéro atomique du cuivre de la bouillie lyonnaise.

Une fois les énigmes résolues, le maître des lieux, un élève de première S sv, donne le multipass 2 nécessaire pour sortir de la salle, mais seulement après l'avoir expliqué au deuxième professeur.

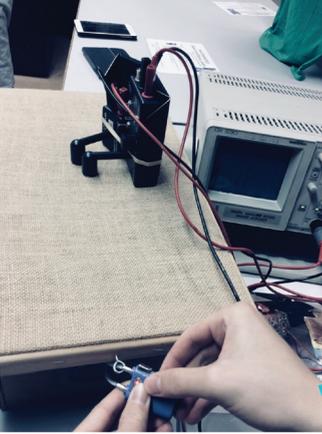
L'OSCILLOSCOPE
Atelier 6 CADENAS SANTÉ



Réglages :

1. Mettre l'appareil sous tension avec l'interrupteur
2. Régler la luminosité de la trace à l'aide de pour qu'elle soit suffisante. Régler son épaisseur à l'aide de pour qu'elle soit minimale.
3. Appliquer la tension étudiée sur la voie 1 de l'oscilloscope.
4. Sélectionner CH1 à l'aide de
5. Positionner le sélecteur sur GND (pour ground, « masse »). Une tension nulle est alors envoyée sur la voie 1 et on observe une trace horizontale.
6. Régler le zéro de référence à l'aide de la commande de codage vertical la trace est alors confondue avec l'axe horizontal au milieu de l'écran.
7. Placer le sélecteur sur la position AC.
8. Choisir une sensibilité verticale (en V/div ou mV/div) pour que le signal occupe l'écran au maximum.
9. Sélectionner une valeur adaptée (en ms/div ou µs/div) de la base de temps afin d'observer au mieux le signal. Si une commande de calibrage 10X existe, vérifier qu'elle est en butée (à position 1).

Remarque :
Si le signal observé à l'écran n'est pas stable, tourner légèrement le bouton Level à droite ou gauche de sa position médiane.



RETOUR

Multipass 2 : le cuivre dont le numéro atomique est 29, présent dans le fongicide peut faire muter l'ADN, modifier éventuellement le métabolisme des cellules cardiaques et entraîner une modification du rythme l'activité cardiaque, causant l'endormissement.

S'CAPE : cette seconde salle est constituée d'énigmes moins « expérimentales », plus ludiques, avec des classiques du genre : code à trouver, cadenas à déverrouiller... Le numérique fait son entrée avec la réalité augmentée et le logiciel Libmol (visualisation de molécules en 3D). Détourner des applications bien connues en sciences est un bon moyen de les placer dans un autre contexte et de remobiliser les savoir-faire associés. La réalité augmentée, avec l'application Virtuali-tee, permet aussi d'injecter un peu de spectaculaire, d'effet « waouh » au sein du jeu.

- Dans la troisième salle, DEMERDOS : préparation du remède

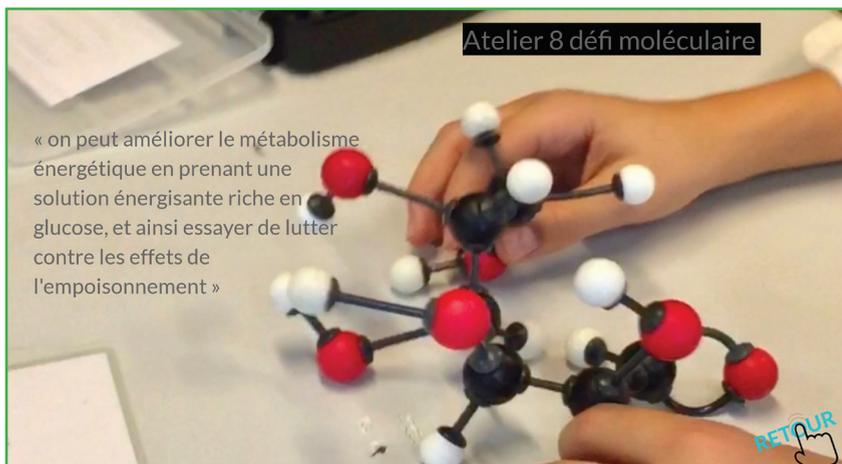


Énigme 7 : les élèves identifient parmi les médicaments mis à leur disposition, le médicament dont le principe actif est le glucose, en lisant les notices .

Atelier 7 COMPREND TON MÉDOC

<p>CORAMINE Présentation du médicament : Comprimés à sucer (blanc ; arômes : citron, orange) ; boîte de 20. Composition qualitative et quantitative pour un comprimé à sucer de 4,5 g : Nicéthamide 125,000 mg Glucose monohydraté 1500,000 mg Trisilicate de magnésium, saccharose, gomme arabique, essence de citron, essence d'orange, vanilline, talc, stéarate de magnésium. Mode d'emploi : Les comprimés doivent être sucés. Posologie usuelle : Adulte : 4 à 6 comprimés par jour, répartis sur la journée. Effets indésirables possibles : En cas de surdosage : sueurs, nausées, vomissements, rougeur de la peau, démangeaisons, éternuement, respiration ample et rapide, accélération du cœur, hypertension artérielle, anxiété, agitation, spasmes musculaires.</p>	<p>IBUPROFENE Présentation du médicament : Comprimés pelliculés ; boîte de 30 comprimés. Composition qualitative et quantitative pour un comprimé pelliculé de 400 mg : Ibuprofène 400 mg Lactose monohydraté, cellulose microcristalline, amidon de maïs, croscarmellose sodique, stéarate de magnésium, silice colloïdale anhydre, hypromellose (E464). Pelliculage : hypromellose (E464), propylène glycol, dioxyde de titane (E171), talc. Mode d'administration : Voie orale. Avaler le comprimé sans le croquer, avec un grand verre d'eau, de préférence au cours du repas. Posologie usuelle : RESERVE A L'ADULTE (plus de 15 ans) Indications rhumatologiques : Traitement d'attaque : 2 comprimés à 400 mg, 3 fois par jour. Traitement d'entretien : 1 comprimé à 400 mg, 3 à 4 fois par jour. Dysménorrhée : 1 comprimé à 400 mg par prise, à renouveler si nécessaire, sans dépasser 4 comprimés à 400 mg par jour. Affections douloureuses et/ou états fébriles : 1 comprimé à 400 mg par prise, à renouveler si nécessaire, sans dépasser 3 comprimés à 400 mg par jour. Effets indésirables possibles : Ulcères peptiques, perforations ou hémorragies gastro-intestinales, parfois fatales.</p>
--	---

Énigme 8 : ils construisent une molécule de glucose avec les modèles moléculaires fournis.



Énigme 9 : ils sélectionnent le matériel nécessaire pour que le préparateur du lycée réalise la solution de glucose, le médicament contenant le principe actif glucose n'étant plus commercialisé.

Une fois les énigmes résolues, le maître des lieux, un élève de première S svt, donne le multipass 3 nécessaire pour sortir de la salle, mais seulement après l'avoir expliqué au troisième professeur.

Atelier 9 COUPS DE POMPE

Protocole de préparation d'une solution par dissolution

Etape n°1	Etape n°2	Etape n°3

Placer la coupelle de pesée sur la balance précise à 0,01g près, puis appuyer sur le bouton « tare ».
 Peser soigneusement et précisément la masse $m = 5,00g$ de glucose prélevé à l'aide d'une spatule. A l'aide d'un entonnoir, introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de 100mL.
 Bien rincer la coupelle de pesée à l'eau distillée en récupérant les eaux de rinçage dans la fiole, puis procéder au rinçage de l'entonnoir.

Etape n°4	Etape n°5	Etape n°6

Ajouter de l'eau distillée jusqu'à la moitié de la fiole.
 Boucher la fiole et agiter afin de dissoudre la totalité du solide. Ajouter à nouveau de l'eau distillée dans la fiole, terminer à l'aide d'une pastette jusqu'à ce que le bas du ménisque se situe au-niveau du trait de jauge.
 Boucher, agiter pour homogénéiser la solution : la solution est prête.

RETOUR

Multipass3 : on peut améliorer le métabolisme énergétique en prenant une solution énergisante riche en glucose, et ainsi essayer de lutter contre les effets de l'empoisonnement.

S'CAPE : dans la troisième salle, les activités proposées sont plutôt basées sur la recherche d'informations, avec la lecture de documents, mais aussi de la manipulation avec les modèles moléculaires.

Au sein des différentes salles, le rôle prévu pour les game masters est important : rappel des règles et du temps restant, éventuels coups de pouce, mais aussi validation des réponses aux différentes énigmes et des mots-clés récoltés. Lors des différentes sessions, ce rôle a pu être pris par des enseignants et des élèves de 1ère S : un défi très intéressant aussi !

Synthèse

Les auteurs détournent ici une pratique classique en sciences expérimentales, le TP mosaïque ou ateliers tournants, grâce à une scénarisation amusante et originale, et en jouant avec les codes des escape games. Les activités-énigmes sont variées scientifiquement, et à la fois pratiques et numériques : réalisation d'une échographie cardiaque, d'expériences de chimie, montage d'un modèle moléculaire, utilisation de clés de détermination, exploitation du logiciel Libmol, utilisation de la réalité augmentée... Organisées en parallèle et sans imbrication, ces énigmes se résolvent dans l'ordre que souhaitent les élèves, et sont reliées entre elles via un mot mystère qui sert de fil conducteur.

Certaines activités sont assez complexes, et en 2h il n'est pas évident pour toutes les équipes de venir à bout des neuf énigmes... Coralie et Guénaëlle ont prévu cette situation : « dans le meilleur des cas quand tous les membres d'une équipe sont sortis, l'équipe entière se déplace dans l'ordre des trois salles pour expliquer aux autres. »

Une belle originalité de ce défi scientifique réside dans la phase de débriefing. Une fois toutes les énigmes résolues et le « remède » préparé, les 3 groupes séparés se rejoignent et discutent en équipe des expériences vécues. Puis les joueurs sont interviewés par la webradio du lycée pour « rassurer leurs familles » afin de revivre et expliquer les différentes actions réalisées. À leur écoute, on perçoit bien tout l'enthousiasme suscité par cet escape game chez les élèves.

Former des enseignants-stagiaires par l'escape game pour leur faire comprendre l'intérêt d'apprendre par le jeu.

Former par le jeu, ce sont de bons moments avec les jeunes, c'est ludique.... C'est souvent ce qu'on en retient.

Le cœur du métier d'enseignant, c'est l'élève et la construction des apprentissages. Il apparaît crucial pour un enseignant, quand il pense ses séquences (tant sur le contenu notionnel, que sur les compétences associées), de proposer des activités au service des apprentissages des élèves. Innover, tester, imaginer, découvrir, oui... Si et seulement si la plus-value pédagogique est réellement présente !

Cet article vous présente la mise en œuvre en Février 2018 d'un escape game dans un cadre de formation initiale et en quoi ces modalités d'enseignement peuvent per-

mettre à tous de mieux apprendre.

S'inspirant des courants de pensée développés par Dewey [1] (learning by doing) et du concept d'isomorphisme [2] (former les apprenants comme on souhaiterait qu'eux-mêmes soient capables d'enseigner ensuite), ce dispositif de formation a plongé des enseignants stagiaires de SVT, SPC et SII dans une intrigue d'1h30.

L'intrigue :



3. Capture d'image de la vidéo d'introduction présentant l'intrigue.

(Merci à Aurélien Orsola, chargé de vie scolaire au Lycée Jean-Paul2, d'avoir bien voulu prêter son image à notre jeu).

Dans deux salles en parallèle, deux groupes d'enseignants-stagiaires des 3 disciplines ont découvert un ordinateur allumé, sur lequel quelques mots étaient affichés : « Vous avez un nouveau message ».

Sous la forme d'une vidéo qu'ils avaient à visionner, ils étaient invités à retrouver dans la pièce dans laquelle ils étaient enfermés, des documents pour aider un jeune enseignant à assurer son cours.

En amont de ce travail, les enseignants-stagiaires savaient que le thème de formation de l'après-midi tournait autour de l'escape game ; ils n'ont compris que lorsqu'ils ont été séparés en 2 groupes mêlant des enseignants de SVT, SPC et SII qu'ils allaient en vivre un !

Pour l'occasion, ces deux salles de formation, très neutres à l'origine, avaient été décorées comme une salle de classe de science.

S'CAPE : Isabelle et Maxime, tous deux formateurs en Master MEEF, proposent ici à leurs enseignants-stagiaires un escape game dans leur cadre de leur formation. Si ceux-ci connaissaient le thème de la séquence pédagogique, ils ont bénéficié d'un bel effet de surprise en apprenant qu'ils allaient être mis en situation de vivre un escape game. La mise en scène orchestrée se poursuit par l'entrée de chaque équipe dans une salle au décor revisité, et la découverte de la vidéo d'introduction. Tout est parfaitement construit pour que les jeunes adultes plongent dans une autre dimension, pour qu'ils puissent s'évader du réel et entrer dans une sphère particulière, celle du cercle magique du jeu [3].

L'architecture de l'escape

Tous les éléments de la pièce pouvaient potentiellement être considérés comme des indices. Sauf ! un ordinateur, placé par les maîtres du jeu, que les enseignants stagiaires ne pouvaient toucher, mis à part pour interagir avec nous. Nous les suivions donc par caméra interposée et pouvions interagir par la voix ou par l'écrit grâce à un outil en ligne de conversation vidéo : *Appear in* [4]. Ainsi, comme dans un vrai escape game, lorsque la découverte d'un indice nécessitait d'être validé, ou pour donner quelques coups de pouces, nous pouvions interpeller les joueurs en temps réel.

S'CAPE : *l'organisation choisie se situe au plus près d'un escape game grand public. Les deux salles, sont identiques, chacune étant dévolue à une équipe. La pièce est fermée, même si l'objectif ici n'est pas de l'ouvrir, et les game masters ne sont pas présents dans la salle. La communication se fait via une interface numérique. Ce dispositif a l'avantage de laisser plus d'autonomie aux joueurs. La mise à distance permet de réduire les actions du game master, moins tenté d'intervenir, lui permettant de se concentrer sur le suivi du jeu et son rôle de sage bienveillant : donner des coups de pouce, rassurer, guider sans donner la réponse.*

Cette organisation est possible dans une formation d'adultes, mais non reproductible à l'identique dans un contexte scolaire : la présence dans la pièce d'un adulte avec les enfants et adolescents est nécessaire, pour des raisons de sécurité.

Les diverses énigmes se situaient dans des boîtes fermées par des cadenas, et parfois à associer avec des indices de la salle. Pour permettre le lancement de certaines branches d'énigmes, nous avons fait le choix d'utiliser des cadenas à clefs (donc cachées dans la salle). La résolution des 8 énigmes imbriquées permettait de reconstituer une dernière énigme sous la forme de rébus pouvant reconstituer le mot « RADAR » qui ouvrait grâce à un cadenas la boîte contenant les documents cibles ! Sur les deux groupes, seul un des deux est sorti dans les temps.

Le pôle 1 d'énigmes :

- découverte d'un code à 3 chiffres grâce à la résolution d'un exercice de datation radiochronologique à partir d'un fichier excel - pour aider les participants, la formule permettant de retrouver l'âge d'une roche était disséminée dans la salle (sur des fiches cartonnées d'un même code couleur)
- énigme aide pour trouver la suivante : une devinette autour de Vygotsky et de l'alphabet devait permettre de faire des liens avec le nom de l'objet à trouver ci-dessous.
- le code à 3 chiffres de datation permettait d'ouvrir une boîte où une photographie était présente : le nom de l'objet représenté était à trouver, il se composait de 4 lettres. Ils avaient à disposition la copie d'un clavier de téléphone portable, permettant de faire des liens entre les 4 lettres trouvées et un code à 4 chiffres (= ouverture boîte rébus n°1).

Le pôle 2 d'énigmes :

- énigme d'aide pour défi suivant : dans la salle ils avaient en plus des manuels de sciences, des livres de références de pédagogies (ex sur les grands courants en

sciences de l'éducation....) : ils avaient alors à charge de compléter une grille de mots croisés qui leur permettait d'obtenir un mot : Atome.

- ainsi sur un des posters de la salle, on avait discrètement dessiné un des modèles de l'atome. Ce poster était un planisphère de l'Europe élargie. Sur chaque pays, nous avions indiqué de manière discrète des numéros. (un des groupes, de par l'observation de la salle, avait donc découvert cette énigme (au bout de 40min de jeu) avant de réussir les mots croisés).

Au dos quand ils décollaient la carte, était précisée une énigme : l'idée était qu'ils retrouvent un code à 4 chiffres à partir des 4 pays de naissance des physiciens qui ont travaillé sur l'évolution du modèle de l'atome. Dans la salle, il y avait des biographies de plusieurs grands physiciens, dont ceux impliqués dans le modèle de l'atome bien sûr !

- ceci les envoyait vers une nouvelle boîte avec à l'intérieur les parties d'un puzzle
- dans la salle ils avaient un fond de boîte avec des numéros...quand ils ont vu les pièces ils ont compris qu'ils devaient refaire le puzzle qui représentait les étapes de la méiose dans ce fond de boîte - ils obtenaient alors un code à 4 chiffres (= ouverture boîte rébus n°2).

Le pôle 3 d'énigmes :

Deux boîtes fermées à clefs (les clefs étaient cachées dans la salle) :

- la première : les étapes de l'histoire évolutive du blé avec un texte à trous qui leur permettait de remettre en ordre des vignettes... à la fin ils pouvaient en déduire le caryotype de la dernière espèce de l'histoire (code à 2 chiffres).

- la seconde : exercice d'annales de bac de physique à résoudre - ils avaient une calculatrice à dispo, feuilles crayons. Le résultat obtenu leur permettait de déduire un code. (code à 2 chiffres).

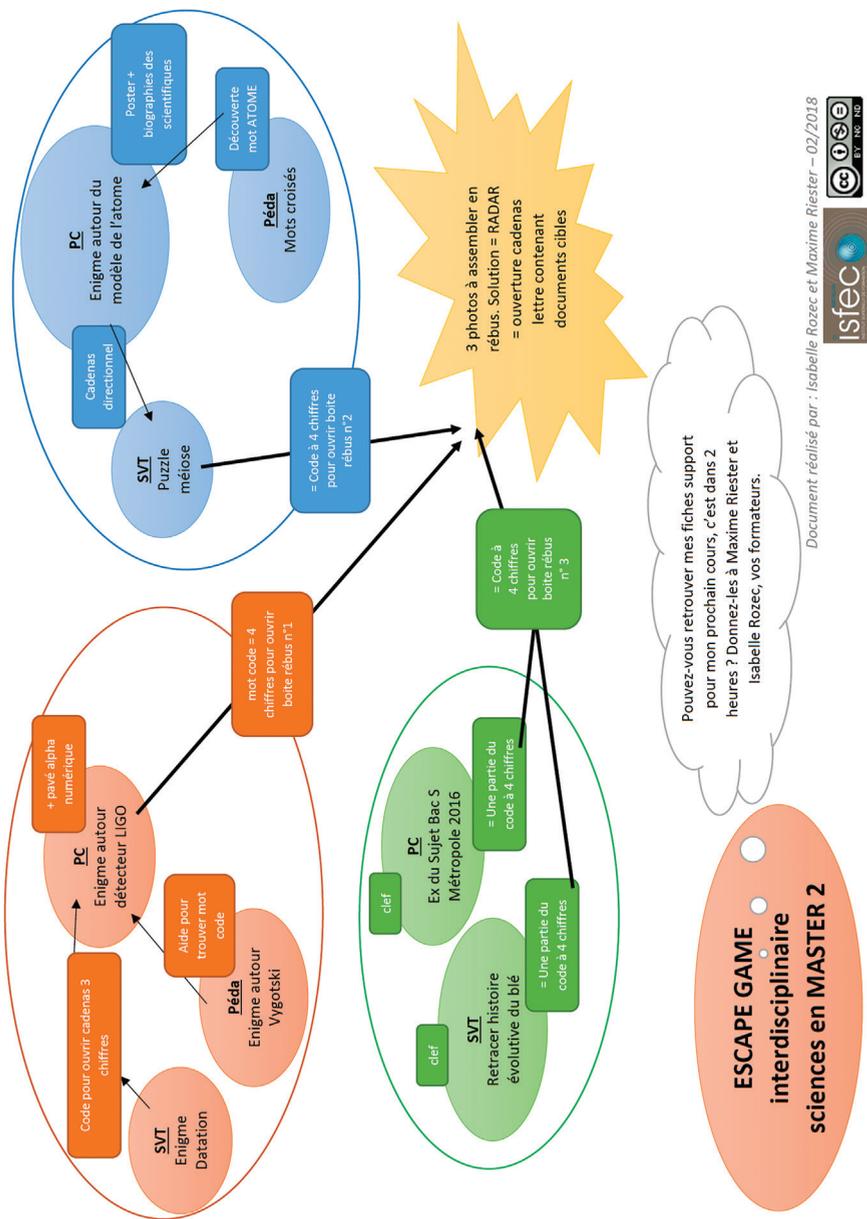
- les deux codes en les combinant permettait à nouveau d'obtenir un code à 4 chiffres (= ouverture boîte rébus n°3).

Énigme finale :

Le REBUS. Dans chaque boîte rébus, 3 photographies permettant de découvrir le mot RADAR. Les documents cibles de l'intrigue étaient cachés dans cette dernière boîte.

Grâce au logiciel de conversation Appear in, nous avons fait exploser des feux d'artifices à l'écran de l'interface pour le groupe qui a réussi à terminer ! Nous avons donc libéré les participants, éreintés d'autant de réflexivité ! Mais sourire aux lèvres ! Concernant le second groupe, nous leur avons laissé quelques minutes de plus, pour qu'ils puissent tout de même aller au bout du travail et en accentuant les coups de pouce sur la dernière ligne droite.

S'CAPE : la fouille de la pièce enclenche la mise en action des joueurs, qui découvre alors les détails de la mise en scène et s'approprient l'espace à leur disposition. Les indices sont nombreux : éléments de décor, documents éparpillés et cachés, boîtes cadenassées. Les énigmes sont de types variés : puzzle, manipulation, ordonnancement, réflexion, calcul. Elles sont organisées en parallèle et fortement imbriquées : une fois résolues, plusieurs énigmes peuvent se combiner pour donner accès à une nouvelle énigme, par l'intermédiaire des boîtes à ouvrir.



Ce sont de “vraies” énigmes, sans consignes ou presque, qui laissent le champ à la réflexion des joueurs non seulement pour les résoudre, mais aussi pour les relier entre elles. En fonction des équipes, ceci a pu être ressenti comme une difficulté supplémentaire. Le rôle du game master n’en est que plus important pour fournir des coups de pouce à bon escient, sur demande ou de manière volontaire.

Le contenu est adapté aux objectifs pédagogiques d’Isabelle et Maxime, ainsi qu’à leur public : les énigmes portent sur des notions de pédagogie et sur des notions scientifiques de niveau Terminale, habilement mêlées aux éléments ludiques à la fois réflexifs (mots croisés puzzle, rébus...) et manipulatoires (cadenas, carte à décoller du mur...). On note assez peu d’outils numériques, au-delà de l’interface de communication : uniquement le tableur permettant de résoudre l’énigme de la datation radiochronologique de roches. Cet outil a ici une fonction scolaire, c’est un support d’activité classique en Terminale S. Les auteurs ont ici misé essentiellement sur le réel, sans en passer par quelques effets spéciaux qui auraient pu insuffler un peu de magie supplémentaire, comme l’utilisation de QR-codes ou de la réalité augmentée, ou même sans numérique : des messages à révéler à la lampe à UV par exemple.

Le final a été pensé et se révèle “explosif” ! Il est important en effet qu’il soit bien marqué, afin de clore le jeu en beauté, avec une bonne dose de plaisir et d’auto-satisfaction. On signifie ainsi la fin de l’immersion, la sortie du cercle magique, et le réel pourra reprendre le pas.

Comme l’indique Isabelle, on sort souvent d’un escape game complètement épuisé physiquement et mentalement ! Avant d’en arriver au moment le plus important, celui du débriefing, il est important de réserver un temps de repos et de discussion libre, un sas de décompression d’au moins quinze minutes, permettant de recharger les batteries pour mieux revenir à la réflexivité ensuite.

Temps de retour sur expérience

Nous avons conçu le dispositif de formation en deux temps : une mise en situation avec l’escape game, puis une prise de recul par rapport à l’expérience vécue. L’idée était alors de faire passer les enseignants-stagiaires en posture méta [5] (capacité à prendre de la distance et de la hauteur sur la situation vécue, de l’analyser, tant sur le pour-quoi, que le comment).

Les joueurs ont alors pu analyser cet escape-game :

- d’une part dans la posture du participant (quels ont été les obstacles rencontrés ? Pourquoi ? Quelles ont été les stratégies mises en œuvre pour avancer ? quelles ont été les émotions vécues ? comment le groupe s’est-il organisé ? la place de chacun ? ont-ils ressenti des sources de motivation particulière ?)
- d’autre part selon la vision d’un enseignant (est-ce intéressant pour un enseignant d’utiliser cette modalité avec ses élèves ? qu’est ce qui est transférable directement en classe pour eux ? quelles compétences sont développées ?)

Quelques points en synthèse qui ressortent d'une analyse à chaud

Cette activité (précise) est transférable facilement dans le cadre d'une séance de révision de Terminale S, en retravaillant certaines énigmes (en lien avec des concepts de pédagogie) et en les centrant sur les contenus des programmes de Terminale S. Le concept de l'escape game est adaptable quant à lui à tous les niveaux (du primaire au supérieur).

Aujourd'hui, de nombreux résultats récents issus des neurosciences cognitives convergent avec les grands principes des sciences de l'éducation et ainsi Stanislas Dehaene[6] a défini 4 piliers de l'apprentissage : l'attention, l'engagement actif, le retour d'information et la consolidation. Grâce à la mise en œuvre d'un escape game, les élèves vivent des moments favorisant l'attention, l'engagement actif et le retour d'information. (La consolidation peut venir dans le cadre d'un escape game de révisions.)

Par exemple, pour l'élève, le fait de ressentir des émotions fortes et positives, en lien avec le principe même du jeu, permet d'« imprimer » dans sa mémoire, davantage et mieux, les concepts travaillés.

Par ailleurs, on apprend mieux quand on apprend avec les autres [7] et l'escape game nécessite le développement d'aptitudes coopératives et collaboratives, auquel cas il ne peut être terminé dans le temps imparti. Ainsi, cette pratique s'inscrit dans le cadre de la dernière réforme du collège au sein du Socle Commun de Connaissances de Compétences et de Culture [8] (Domaine 2 – Les méthodes et outils pour apprendre – Coopération) et, très certainement, tend à aller vers la future réforme prévue pour le lycée.

Un escape game bien construit est donc bien loin du « dernier gadget de pédagogie » mais un réel levier pour favoriser les apprentissages de nos jeunes. C'est un appui pour l'enseignement de demain pour accentuer l'engagement de tous les élèves en classe, tout en développant découverte, rigueur scientifique et pratiques coopératives et collaboratives.

À vous de jouer !!!

Synthèse :

Isabelle et Maxime ont construit un escape game très ancré dans le réel, sur le modèle des escape games grand public. Sa grande richesse dans les types d'énigmes, leur contenu et leur imbrication en font un jeu assez complexe mais très stimulant pour les joueurs.

Il répond à plusieurs objectifs pédagogiques eux-mêmes imbriqués. Les enseignants stagiaires ont vécu un escape game à vocation pédagogique en tant que joueurs, mais ont pu se distancer de ce rôle grâce à la phase de débriefing. Les questionnements et discussions leur permettent alors de changer de posture : en comprenant les mécanismes du jeu et leurs effets sur les participants, ainsi qu'en dégagant les apports pédagogiques, ils peuvent envisager de passer de joueur à maître du jeu, voire à créateur d'escape game pédagogique. Ceci sans oublier de repérer les contraintes liées au contexte scolaire, et la nécessité d'adapter le format pour permettre la présence de l'enseignant auprès des joueurs.

Le débriefing est ici oral puis des traces ont été construites par les jeunes enseignants sous forme de posters ou de présentations. Ils seront ainsi à même de transférer jusqu'au bout l'expérience vécue : bien comprendre qu'il ne faut pas laisser les joueurs/élèves sur la sensation qu'il n'y a eu que du jeu, mais pointer la nécessité de l'institutionnalisation des connaissances et compétences mises en jeu.

Grâce à cet escape game, les stagiaires d'Isabelle et Maxime ont compris par leur propre vécu les intérêts de mettre les élèves en activité, dans un un contexte pédagogique non classique : susciter leur motivation, leur engagement, favoriser la coopération et la collaboration au sein d'une équipe pour parvenir à un objectif commun, faire travailler des compétences variées, s'appuyer sur l'intelligence collective... En plus des connaissances purement disciplinaires ou théoriques, les professeurs-stagiaires ont pu cerner l'importance de la mise en oeuvre de compétences sociales dans cette modalité d'apprentissage qu'est l'escape game : l'interactivité entre pairs, l'écoute, la bienveillance, une ambiance de jeu positive... qui peut-être très variable avec un jeune public. La présence de l'enseignant game master se justifiera donc pleinement pour veiller à un environnement de jeu sain, un effet compétition pouvant s'instaurer...

L'escape game constitue un format de jeu très particulier, qui sera aussi transposable à d'autres dispositifs de gamification ou ludification [9] (jeu de rôle, enquête...). Une véritable chance de vivre cette expérience en tout début de carrière !

Quelques recommandations bien utiles

Les deux escape games présentés sont très différents, de par le public auquel il s'adresse, leurs objectifs pédagogiques et leur construction. Le grand défi de Coralie et Guénaëlle, avec son contenu et sa complexité (nombreuses énigmes très orientées "travaux pratiques", nombre de salles et de game masters...) n'est pas d'un format habituel dans l'univers des escape games pédagogiques. Le jeu d'évasion d'Isabelle et Maxime se veut le plus conforme aux jeux grand public. Dans les deux cas, il s'agit d'un projet d'ampleur, avec ses spécificités propres et pas toujours classiques, qui a certainement demandé des dizaines d'heures de préparation. Ceci pourrait effrayer plus d'un enseignant tenté par l'aventure.

Pourtant, il existe un certain nombre de ficelles et de préconisations permettant de réaliser un escape game en classe de manière relativement simple et pas trop chronophage... Ce dernier critère dépendant surtout de votre degré de perfectionnisme !

Notre tout premier conseil : ne pas nécessairement partir de zéro. De nombreux collègues partagent leur travail sur les réseaux et des sites comme le nôtre. Il sera bien plus facile et rapide de mettre en place pour vos classes un escape game déjà créé, testé et validé par un enseignant et ses élèves. Il vous suffira de vous plonger dans l'organigramme, de rassembler le matériel nécessaire, de peaufiner votre rôle de game master en fonction de votre personnalité, et d'envisager un débriefing qui corresponde à vos pratiques.

Si vous souhaitez vous lancer dans la création, alors commencez simplement ! Une salle, une durée de maximum une heure, un nombre d'énigmes et d'indices raisonnable... La complexification de l'organigramme, de la structure, l'imbrication des énigmes viendra peut-être au fur et à mesure, mais cela ne doit pas constituer un objectif ni être vécu comme une pression. De même, choisissez avant tout des supports qui vous ressemblent, qui correspondent à vos pratiques : si vous utilisez aisément les outils numériques, alors n'hésitez pas à en inclure, sinon ce n'est peut-être pas le moment de vous mettre en difficulté !

Voici quelques conseils non exhaustifs mais qui nous semblent les plus importants, puisés dans notre expérience du terrain et l'analyse des nombreuses ressources partagées par nos collègues sur notre site :

- *fixez-vous des objectifs pédagogiques précis, pas trop nombreux, tant du point de vue des connaissances que des compétences mises en jeu ;*
- *imaginez une histoire, un défi impliquant une évasion ou une délivrance (par exemple un coffre à ouvrir...), cohérent avec les notions que vous souhaitez travailler. L'introduction doit être motivante, et le final en valoir la peine !*
- *organisez les énigmes et l'environnement de manière à favoriser le travail d'équipe (coopération/collaboration), l'intelligence collective : énigmes variées et en parallèle, éventuellement imbriquées, salle décorée et aménagée pour permettre la circulation des joueurs et la centralisation des découvertes ;*
- *n'oubliez pas d'insérer du fun, avec des éléments ludiques tels que des cadenas, des messages codés, des mécanismes, des « effets spéciaux » (lampe à UV, réalité augmentée...), des supports numériques... ;*
- *un passage par la fouille de la pièce est recommandé (lancement du jeu, appropriation de l'espace) ;*
- *planifiez la phase après-jeu (débriefing) avec un moment de décompression et de relâchement des émotions pour les joueurs, un questionnement sur le contenu, des traces écrites (texte à rédiger, document à compléter...) ou orales (podcasts). Il est important de revivre le jeu, de comprendre les énigmes non vues, et de fixer les apprentissages ;*
- *il est fortement recommandé de bêta-tester le jeu avant son lancement afin de vérifier son ergonomie, sa faisabilité (niveau de difficulté) et sa durée ;*
- *pensez à créer une todo-list, qui sera d'une aide précieuse lors de la préparation de l'escape game, surtout lorsque de nombreux indices sont proposés.*

Comme nous l'avons déjà évoqué, la création d'un escape game pédagogique dépend énormément de votre personnalité et votre expérience en la matière. Dans les disciplines scientifiques, vous pouvez facilement puiser des idées dans les activités classiques, pratiques ou non, tout en veillant à leur donner une réelle coloration ludique. Mieux vaut ne pas rester dans un format trop scolaire, limiter au maximum les consignes, faire un jeu de leur découverte (fragments de protocoles à assembler, consigne en message codé...). Même si en SVT et physique-chimie notamment, le goût pour le réel est prononcé, n'hésitez pas à créer des énigmes complètement numériques, en jouant par exemple avec des fichiers bloqués par un mot de passe... Pensez au détournement des logiciels et outils, par exemple Anagène, Tectoglob,

Libmol, Geogebra, ou encore un tableur pour trouver un nombre ou des lettres, GoogleEarth et l'utilisation de coordonnées, voire de fichiers kmz spécifiques. Intégrez du manipulateur : faire utiliser le microscope ou la loupe binoculaire pour déchiffrer un texte en police 1, jouer avec les couleurs (réactions chimiques...), cacher un objet dans une maquette ou un squelette... La palette des énigmes n'est limitée que par votre imagination.

Le site S'cape et son équipe d'enseignants passionnés proposent de nombreuses ressources, articles d'analyse et d'aide à la création, pour vous accompagner dans la conception de votre escape game pédagogique. N'hésitez pas à les contacter via Twitter ou par mail pour des conseils personnalisés.

Remerciements des auteurs à :

Armelle Tuloup , Benjamin Bernard , Marie-Christine Pagnier , Pierre Varillon pour le lycée Lasalle de Lyon ;

Maxime Riestler (Pilote master M2 MEEF groupe SPC-SII) dans le cadre de la formation initiale des enseignants-stagiaires à l'ISFEC Bretagne.

L'équipe de S'cape : Mélanie Fenaert (professeur de SVT, ac Versailles), Anne Petit (professeur-documentaliste, ac Besançon), Patrice Nadam (professeur de SVT, formateur DANE, ac Créteil).

<http://scape.enepe.fr> le site de partage, aide, conseils, exemples et ressources sur les escape games pédagogiques.

Twitter : @Scapedu.

Facebook : S'cape.

Bibliographie et sitographie

[1] **DEWEY, J.** – *Moral principles in education* – Houghton Mifflin, 1909

[2] **FERRY, G.** – *Le trajet de la formation : les enseignants entre la théorie et la pratique* – Paris, Dunod, 1983

ALTET, M. – *La formation professionnelle des enseignants : analyse des pratiques et situations pédagogiques* – Presses Universitaires de France-PUF, 1994

[3] **HUIZINGA, J.** – *Homo ludens : essai sur la fonction sociale du jeu* – Paris, Gallimard.

[4] <https://appear.in/>

[5] **ANDERSON, L.W., KRATHWOHL, D.R., and BLOOM B.S.** – *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives(Complete edition)* – Longman, 2001

<http://www.celt.iastate.edu/wp-content/uploads/2015/09/RevisedBloomsHandout-1.pdf>

[6] **DEHAENE, S.** – *Les quatre piliers de l'apprentissage, ou ce que nous disent les neurosciences* – ParisTechReview, École des neurosciences de Paris, novembre 2013

[7] **VYGOTSKI, L.** – *Pensée et langage* – La Dispute, 1997

[8] http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=87834

[9] **ALVAREZ J., DJAOUTI D. et RAMPNOUX O** – *Apprendre avec les serious games ?* – Réseau CANOPÉ, 2016

SANCHEZ E., YOUNG S. et JOUNEAU-SION C. – *Classcraft : de la gamification à la ludicisation* – 7ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2015), Agadir, Maroc. pp.360-371, 2015

