

Formation professionnelle - Secondaire I
Mémoire professionnel - Volée 2017

Numérisation d'un « serious game »



Réalisé par :

Grand Gabriel

Rue des Ronques 22

CH – 3977 Granges (VS)

Sous la direction de :

Madame Müller Sylvia

Granges, le 24 mai 2020

Table des matières

1. Introduction	1
2. Problématique	3
3. Cadre théorique.....	6
4. Question(s) de recherche	14
5. Méthodologie.....	16
6. Présentation du jeu (sous la forme papier)	19
6.1 Pièces du jeu.....	19
6.2 Règles du jeu	20
7. Analyse de la transposition didactique du jeu papier	22
7.1 Les prérequis	23
7.2 Le terme « allèle ».....	23
7.3 Récessivité et dominance des gènes	24
7.4 La localisation des gènes sur les chromosomes.....	25
7.5 Savoirs travaillés au travers du jeu.....	25
7.5.1 Les chromosomes portent l'information génétique	25
7.5.2 Chaque gène de l'enfant est composé d'un allèle maternel et d'un allèle paternel	26
7.5.3 L'enfant reçoit 50% des gènes maternels et 50% des gènes paternels	27
7.5.4 Diversité génétique et finalisation du jeu	27
8. Présentation du jeu numérique (application).....	29
8.1 Matériel et règles du jeu	29
8.2 Fonctionnalités et éléments intégrés à l'application	31
8.3 Choix de développement.....	32
9. Similitudes et différences des versions du jeu	34
9.1 Similitudes entre les deux versions du jeu	34
9.2 Différences entre les deux versions.....	35
10. Analyses	38
11. Résumé de l'impact de la numérisation sur la didactique de notre jeu initial	43
12. Réponses à mes questions de recherche.....	47
13. Discussion, critiques et suite du projet.....	51
14. Conclusion	53
15. Bibliographie	54
16. Annexes	56

Remerciements

La réalisation de ce mémoire à été possible grâce au soutien de plusieurs personnes que nous voudrions remercier au travers de ces quelques lignes.

Tout d'abord, nous souhaitons adresser notre reconnaissance à la directrice de ce mémoire, Madame Sylvia MÜLLER, pour sa disponibilité, ses judicieux conseils et sa contribution à alimenter notre réflexion.

Nous désirons également remercier Madame Alicia Zangger et Madame Nicole GLASSEY pour leur collaboration au sein de ce projet sans qui nous n'aurions pas pu développer notre application.

Finalement, nous voudrions remercier notre entourage pour leur soutien dans cette période exigeante et leurs encouragements dans l'écriture de ce mémoire.

Résumé

Dans le cadre d'un cours suivi à la HEPVS, nous avons créé un jeu pédagogique sur la génétique ayant pour objectif d'apprentissage : la provenance de la diversité génétique (Humains). Par la suite, nous avons décidé de développer une application numérique de ce jeu afin de faciliter la mise en place de cette activité en classe.

L'idée était de créer un serious game et ce mémoire a pour objectif de définir si oui ou non il entre dans cette classification. Nous avons dû analyser la transposition didactique du jeu initial ainsi que celle du jeu sous sa forme numérique afin de pouvoir identifier clairement les savoirs enseignés au travers de ces deux versions du jeu. Nous avons ensuite confronté notre application aux critères de classification des jeux sérieux de Marne (2014).

Nos analyses nous ont montré que notre jeu numérique n'entre pas dans les serious games car il ne permet pas aux utilisateurs de progresser continuellement dans le jeu. Une fois les savoirs acquis, l'application ne propose pas de nouveaux contenus. Néanmoins, nous estimons que notre projet peut permettre aux enseignants de varier leurs supports de cours et d'augmenter la motivation des élèves en leur offrant la possibilité d'apprendre en jouant.

Mots-clés : *serious games*
génétique
transposition didactique
motivation
diversité génétique chez l'Homme

1. Introduction

L'enseignement des Sciences au cycle d'orientation comprend les domaines de la biologie, la chimie et la physique. Les élèves ont à leur disposition un classeur de sciences regroupant tous ces domaines en 28 chapitres. Dans le cas de notre mémoire, nous allons nous intéresser au chapitre 26 ayant pour sujet la génétique. Les moyens d'enseignement romands (MER) nous demande d'aborder les notions suivantes :

- La mitose (division cellulaire)
- La méiose est abordée sous le nom de « processus de production des cellules sexuelles ou gamètes » et uniquement dans les fiches de synthèse le mot « méiose » fait son apparition. Cela dans le but d'éviter la confusion des élèves entre la mitose et la méiose.
- Les chromosomes comme support de l'information génétique (ADN)
- Les caractères ou caractéristiques physiques propres à chaque individu
- Présentation de différents traits physiques propres à la génétique (couleur des yeux, forme des oreilles, etc...)
- La notion de gènes

Au niveau du plan d'étude romand (PER), la séquence sur la génétique regroupe principalement les objectifs d'apprentissage de :

- MSN 37 : Analyser les mécanismes des fonctions du corps humain et en tirer des conséquences pour sa santé... (7, 4)
- MSN 38 : Analyser l'organisme du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie... (5, 4, 2)

Lors de notre première année à la Haute Ecole Pédagogique du Valais (HEPVS), les étudiants ayant comme discipline enseignable les Sciences (Biologie, Physique et Chimie) ont eu l'occasion de participer à un cours intitulé : 126.616 La transposition didactique dans l'enseignement des Sciences. Ce cours avait pour objectif de permettre aux étudiants qualifiés dans une branche spécifique des Sciences de se familiariser davantage avec les autres disciplines de ce domaine à travers des analyses de transposition didactique effectuées dans le MER (Moyens d'Enseignement Romands). Dans notre cas, nous avons réalisé des études en biologie, ce cours nous a permis d'approfondir nos connaissances en chimie et physique et de travailler la transposition didactique dans ces trois domaines scientifiques.

Lors de l'évaluation de ce module, nous avons dû réaliser un projet innovant pour

l'apprentissage du/des chapitre(s) que nous avons sélectionné(s). Nous avons présenté aux deux experts, un jeu pédagogique sous forme papier ayant comme objectif l'apprentissage de la diversité génétique chez l'Homme. Nous avons dû adapter les savoirs appris à l'Université pour transposer nos savoirs afin que des élèves du cycle d'orientation puissent assimiler la diversité génétique. Ce projet nous servira de base pour notre travail de Master.

L'enseignante en charge du cours de transposition nous a ensuite proposé de développer une application numérique en lien avec ce jeu. Cette proposition nous a amené à réaliser ce mémoire et de collaborer avec à une étudiante de la HES-SO afin d'associer nos compétences (didactique des sciences et informatisation). Nous avons ainsi dû coopérer avec une étudiante en informatique (Mme Zangger Alicia) dont le but de son travail de master était la relation aux clients dans son métier. C'est pourquoi nous avons joué le rôle du client en développant un cahier des charges avec des objectifs précis afin qu'elle puisse faire son travail de développement.

Notre mémoire débutera par des chapitres plutôt théoriques regroupés sous notre problématique, cadre théorique, question(s) de recherche et notre méthodologie. Il s'en suivra des chapitres dédiés plus à un aspect pratique résumant davantage les actions réalisées durant nos recherches au cours de ce mémoire avec notre partie base du projet, analyse et conclusion.

Les questions qui m'ont motivé à mettre en place ce projet sont les suivantes :

- Quels objectifs d'apprentissage souhaitons-nous travailler au travers de cette application ?
- Quelles conditions devons-nous satisfaire afin de nommer cette application : « Serious game » ?
- Quel support souhaitons-nous utiliser pour développer cette application numérique ?

2. Problématique

L'idée de développer une application numérique, nous a directement plu, car lors de la création du jeu sous forme papier, nous nous sommes rendu compte qu'il était très chronophage pour l'enseignant de créer plusieurs sets du jeu afin de l'appliquer en classe. En effet, un set du jeu comprend 60 pièces différentes à plastifier puis à découper. De plus, sur certaines pièces, il faut placer des « scratches » afin de pouvoir les coller sur les différents visages. Un set de jeu ne suffisant pas pour le pratiquer avec l'intégralité de la classe, il aurait fallu créer 5 ou 6 sets du jeu complet. L'idée de développer une application numérique de cette activité nous a donc paru très judicieuse.

L'arrivée des tablettes tactiles dans les établissements scolaires nous a également encouragé à poursuivre ce projet et nous a conforté dans l'utilité potentielle de ce type de support de cours. C'est pourquoi, nous avons souhaité nous associer avec la HES-SO de Sierre afin de collaborer avec une personne compétente dans le domaine informatique et intéressée par notre projet. L'enseignante chargée du cours de transposition didactique des Sciences nous a ainsi mis en contact avec une informaticienne de la HES-SO et notre projet de Master a pu débuter. Cette collaboration nous a demandé de faire preuve de communication afin de transmettre au mieux nos souhaits. Nous avons débuté notre projet par la rédaction d'un cahier des charges que nous avons transmis à l'informaticienne afin d'expliquer en détail les fonctionnalités et les objectifs que nous souhaitons travailler au travers de ce jeu numérique (buts du projet, règles du jeu, idées de d'interface).

Passons maintenant au rôle de l'enseignant qui est d'accompagner les élèves dans leurs apprentissages, il doit essayer de transmettre au mieux ses savoirs et cela en respectant les objectifs fixés par le PER (Plan d'Etudes Romand). Néanmoins, l'enseignant possède une certaine liberté quant à la manière d'aborder la matière qu'il doit enseigner.

Lors de nos études à la HEPVS, nous avons pu nous rendre compte de l'importance de la différenciation pédagogique. Sabine Kahn définit la pédagogie différenciée comme un moyen d'amener tous les élèves au même endroit mais par différents chemins (2003). Perrenoud (1992) ajoute que la différenciation peut être différente si l'on souhaite que les élèves aient la même maîtrise de la matière ou non. Il distingue la différenciation restreinte de la différenciation étendue. Dans une différenciation restreinte, l'enseignant vise les mêmes maîtrises pour tous les élèves bien que chaque élève suive un chemin particulier pour l'atteinte des objectifs. Dans une différenciation étendue, Perrenoud nous explique que les élèves

n'atteindront pas tous les mêmes objectifs et la différenciation se fera par groupes de niveaux ou en répartissant les élèves par filières. Dans notre cas, nous souhaitons simplement amener une nouvelle approche sans modifier les objectifs d'apprentissage.

Afin de varier son enseignement, nous pouvons faire appel à une multitude d'organisation dans la planification de sa séance et la mise en place des activités à réaliser par les élèves (tâche individuelle, tâche en groupe, tâche sous la forme d'un jeu, variation des supports de cours...).

Dans notre situation, nous avons souhaité innover l'enseignement de la génétique en variant le support avec lequel les élèves devront interagir. Notre projet a donc un double objectif :

- Différencier l'apprentissage de la génétique avec un support plus visuel et pratique (manipuler la répartition des allèles, voir concrètement le résultat de nos associations génétiques (images des nouveau-nés))
- Amener un aspect motivationnel en « apprenant en jouant »

Gilles Brougère (2005) a tenté de définir les éléments nécessaires à ce qu'une activité soit considérée comme un jeu en cinq critères :

- « la fiction « réelle » (le second degré), le jeu place dans un cadre spatio-temporel donné et implique une métacommunication. Le joueur s'y investit avec autant de sérieux que dans la réalité ;
- la décision du joueur, il n'y a jeu que si le joueur le décide, ce qui renvoie à la fois à sa décision d'entrer dans le jeu et aux décisions qu'il prendra durant le jeu ;
- la règle, elle structure le jeu et fait l'objet d'une acceptation collective par les joueurs ;
- la frivolité, il n'y a aucune conséquence sur la réalité, il invite à de nouvelles expériences dans lesquelles on n'a pas besoin de mesurer les risques qui freinent. On est force de proposition, plus créatif ; on peut se surpasser ;
- l'incertitude, c'est le moteur du jeu. Le jeu n'est jamais deux fois pareil. On ne sait jamais à l'avance comment il va se dérouler et finir. »

Avec l'arrivée des MITIC (Médias, Images et Technologies de l'Information et de la Communication) dans l'enseignement, nous pouvons désormais utiliser des outils informatiques pour varier notre enseignement et notamment utiliser des jeux numériques pour « apprendre en jouant ». Ces derniers ont été nommé « jeux sérieux » ou « serious game ». Ceux-ci seront définis dans notre cadre théorique.

Un élément que nous voulons ajouter à ce chapitre est le fait que les MITIC font désormais

partie intégrante du PER, ils s'insèrent dans la formation générale. L'objectif que nous pourrions travailler avec les élèves est le suivant :

- Repérage et utilisation autonomes de ressources numériques d'apprentissage (moyens officiels, didacticiels disciplinaires, outils d'aides en lignes devoirs électroniques...)

Lors de la création de notre « serious game », nous avons dû réfléchir à une multitude d'éléments :

- Rendre l'activité ludique, pour le côté « game »
- Définir les objectifs d'apprentissage, pour le côté « serious »
- Contrôler que les objectifs soient en lien avec le PER, pour cibler des apprentissages en lien avec la matière enseignée à l'école (cycle 3).
- Définir des règles de jeu
- Réfléchir au design de l'application
- Choisir une plateforme pour développer notre application
- Choisir les fonctionnalités à intégrer à l'application

Notre travail de Master a donc pour objectif de faire évoluer un jeu papier vers sa forme numérique et d'analyser cette transformation au niveau didactique ainsi que son apport pédagogique.

3. Cadre théorique

La profession d'enseignant est dictée par deux notions fondamentales : la didactique et la pédagogie. Michel Develay, Professeur à l'Université de Lyon, explique : « [...] *que la didactique et la pédagogie sont indispensables aux processus d'acquisition (en se centrant sur l'élève) et de transmission des connaissances (en se centrant sur l'enseignant)*. ». Cette faculté de transmission d'un savoir est l'objectif premier d'un enseignant. Michel Develay différencie donc la didactique et la pédagogie en précisant : « [...] *que la didactique est centrée sur le rapport au savoir, alors que la pédagogie porte son attention sur les relations entre l'enseignant et les élèves, et entre les élèves eux-mêmes*. ».

Afin de permettre une bonne transmission de ses savoirs, l'enseignant se doit d'adapter le contenu de ses cours aux compétences des élèves. Cette faculté d'adaptation se nomme la transposition didactique. Yves Chevallard définit la transposition didactique comme « *le travail qui d'un objet de savoir à enseigner en fait un objet d'enseignement* ». La transposition didactique est donc un travail réalisé par l'enseignant afin de permettre à ses élèves d'acquérir, à leur niveau, les savoirs savants de l'enseignant (savoirs simplifiés par l'enseignant).

Dans notre cas, le travail de transposition didactique a été fait lors du cours : 126.616 La transposition didactique dans l'enseignement des Sciences. Nous avons dû déterminer les savoirs que l'on souhaitait enseigner aux élèves et mettre de côté certains savoirs savants. Les savoirs sélectionnés et ceux mis de côté seront analysés dans les chapitres suivants (cf. chapitre 7).

En 1986, Jean Houssaye, nous présente l'acte pédagogique comme étant une relation triangulaire entre 3 points : le savoir, le professeur et les élèves. De plus, chaque point peut être mis en relation avec un autre sommet de ce triangle.

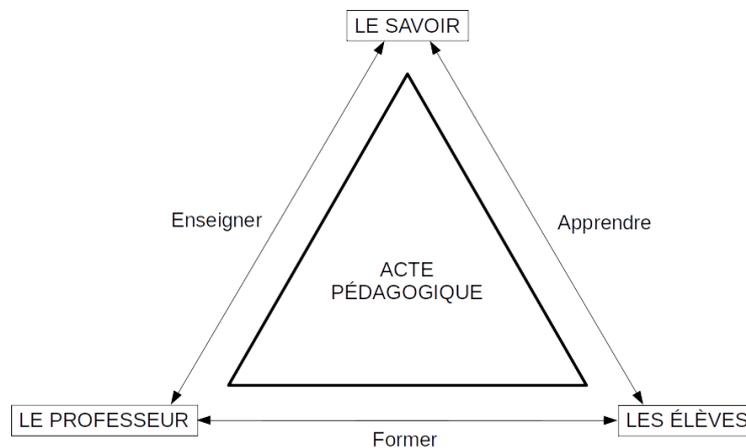


Figure 1 : Le triangle d'Houssaye

Le triangle d'Houssaye peut être décomposé en 3 côtés distinctifs :

- Le côté « Enseigner » met en relation le professeur et le savoir. Il concerne les savoirs que l'enseignant a choisi d'enseigner ou doit enseigner selon un plan d'étude (PER).
- Le côté « Apprendre » soulève la relation entre le savoir et les élèves. Ce sont les moyens que les élèves utilisent pour apprendre les savoirs auxquels ils sont confrontés.
- Le côté « Former » associe le professeur avec les élèves. Ce côté décrit les moyens mis en place par l'enseignant pour former les élèves afin qu'ils puissent acquérir toutes les compétences pour apprendre.

Afin de transmettre des savoirs aux élèves, il a fallu faire un choix quant à l'outil didactique que nous souhaitons utiliser. En 2016, Pascal Duplessis définit un outil didactique comme : *« un terme générique désignant tout dispositif matériel accompagnant une situation d'enseignement-apprentissage. Il peut donc être question du cahier de l'élève comme de l'ordinateur, du manuel comme du tableau. Afin de le spécifier, nous distinguerons l'outil didactique du « matériel » qui sert de support à l'aide didactique, comme l'est le tableau, le vidéo-projecteur ou l'ordinateur. Il sera donc question ici d'un objet physique qui facilite ou bien l'enseignement (carte projetée) ou bien l'apprentissage (grille de critères) ».*

L'outil didactique que nous avons choisi est un jeu sur une tablette tactile. Cet outil nous permet de réaliser facilement des manipulations à l'aide de la fonction tactile des écrans. De plus, l'informaticienne avec qui nous avons collaboré est formée principalement pour coder

sur ce type d'outil numérique. Un autre avantage de la tablette tactile est le fait de pouvoir travailler à plusieurs sur un même écran. En effet, sur un ordinateur, la manipulation des objets avec une souris limite les utilisateurs à une personne responsable d'effectuer les manipulations alors que les autres sont de simples observateurs.

En 1998, Brousseau nous indique que : « L'intégration de Technologies dans l'école modifie naturellement la situation didactique. ». En effet, le triangle d'Houssaye n'intègre pas les nouveaux moyens technologiques. Afin de situer notre outil didactique dans ce triangle, nous allons utiliser le tétraèdre de Lombard afin de voir naître un 4^{ème} pôle (Dispositif Cyber-prof ou DCP (Lombard 2007)).

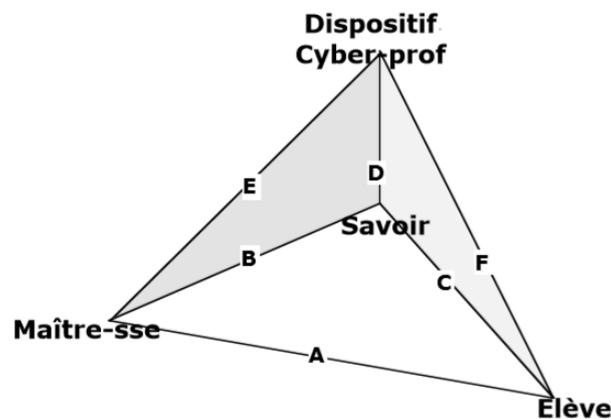


Figure 2 : Le tétraèdre permet d'analyser les interactions entre les acteurs de la relation pédagogique : maître-élève-savoir et dispositif-cyber-prof. Il se compose de 4 faces triangulaires et 6 arêtes ABCDEF (Lombard 2007)

Ce tétraèdre nous offre, désormais, 4 triangles d'analyse. La base de celui-ci est formelle au triangle d'Houssaye (triangle 0) mais 3 nouveaux triangles font leur apparition (nomination d'après Lombard (2007)) :

- Triangle 1 CyberPur : Elève – DCP – Savoir
- Triangle 2 Social : Elève – DCP – Prof
- Triangle 3 Scientifique : Savoir – DCP - Prof

Notre outil didactique, un jeu sur une tablette tactile, peut être placée dans le triangle « CyberPur » où l'enseignant est remplacé par l'outil numérique. Les élèves apprennent le(s) savoir(s) en manipulant le jeu sur la tablette tactile. On est donc face au triangle 1 : Elève – DCP – Savoir.

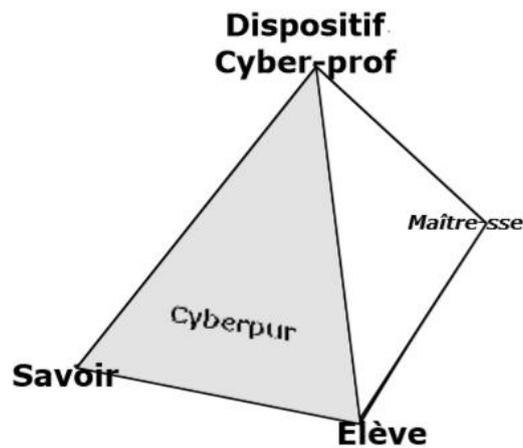


Figure 3 : Le triangle Cyberpur : Le maître est occulté au profit du dispositif-cyber-prof (DCP). (Lombard 2007)

Certes, l'enseignant devra commencer par aborder les notions fondamentales de la génétique avant de pouvoir mettre les élèves en activité. Dès lors, ceux-ci auront les savoirs suffisants pour comprendre le fonctionnement de l'application. Ils pourront travailler en autonomie et l'enseignant sera en partie « remplacé » par le dispositif technologique. Les élèves apprendront ainsi en manipulant l'application numérique.

Nous avons également porté notre attention sur la motivation des élèves dans leurs apprentissages au travers de la tablette tactile. En 2013, Karsenti T. et Fievez A. ont réalisé une enquête auprès de plus de 6000 élèves et plus de 300 enseignants du Québec afin de déterminer les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'iPad à l'école. Les cinq premiers éléments cités par les élèves sont les suivants : la portabilité, l'accès à l'information, la qualité des présentations, la créativité et la motivation (tableau détaillé dans l'Annexe I). Nous voyons donc que les élèves soulèvent la motivation dans l'utilisation des iPads en classe. Du côté des enseignants, la motivation est également retenue dans les avantages pour une cinquantaine d'enseignants de la recherche (Annexe II).

Finalement, nous nous pencherons davantage sur les « jeux sérieux » ou « serious game ». Les « serious game » peuvent être définis comme : « des jeux qui n'ont pas le divertissement, l'amusement, le fun comme leur objectif premier ce qui ne veut pas dire pour autant qu'ils ne puissent être divertissants (David Michael et al., 2005) ». En 2009, Joanna Pomian ajoute, dans l'une de ses publications, un lien avec les jeux vidéos dans sa définition du « serious game » : « Les concepteurs doivent mettre en œuvre tous les éléments d'un jeu vidéo (dramaturgie, game play, game design,) au service d'un projet de formation, les objectifs pédagogiques étant portés par les missions assignées aux joueurs. Lorsque le jeu est

déconnecté du sujet d'apprentissage, il a pour fonction de simplement divertir l'apprenant, reste à savoir quel peut être l'apport réel des connaissances dans un tel cas. ».

L'utilisation des outils numériques dans l'enseignement étant assez récente, on trouve une multitude de définition des « serious game ». Voici une dernière définition des « serious game » proposée par Michael Zyda : « *Un défi cérébral, joué avec un ordinateur selon des règles spécifiques, qui utilise le divertissement en tant que valeur ajoutée pour la formation et l'entraînement dans les milieux institutionnels ou privés, dans les domaines de l'éducation, de la santé, de la sécurité civile, ainsi qu'à des fins de stratégie de communication.* ».

En 2011, Djaouti nous propose son modèle de la conception des jeux sérieux appelé DICE. Dans son modèle, il intègre différentes étapes à suivre afin de pouvoir mener à bien son projet de serious game.

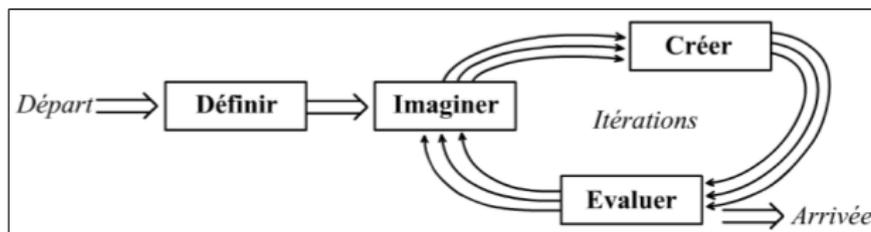


Figure 4 : Le modèle génétique DICE (Djaouti, 2011)

Ce schéma nous permet d'identifier quatre étapes dans le développement d'un jeu sérieux. La première étape consiste à définir le projet, c'est-à-dire, trouver les objectifs pédagogiques que nous voulons travailler au travers du jeu. Il faut ensuite imaginer la forme du jeu afin de travailler les objectifs sélectionnés. La phase de création du jeu prend le relais pour finalement évaluer le jeu dans son intégralité.

D'autres chercheurs ont tenté d'expliquer les phases de développement d'un jeu sérieux en ajoutant, cette fois-ci, les acteurs des différents domaines de la conception d'un serious game. Ce modèle est détaillé en sept étapes.

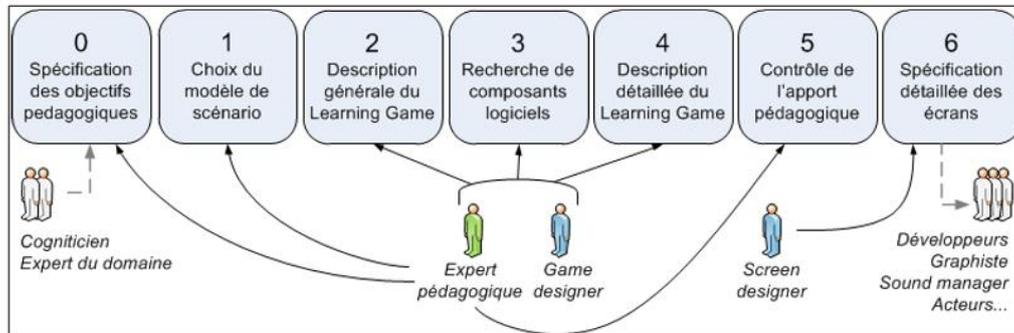


Figure 5 : Méthodologie pour la conception d'un jeu sérieux (Marfisi-Schottman, 2012)

Nous voyons grâce à ce schéma apparaître les différents acteurs impliqués dans le développement d'un jeu sérieux. Dans notre cas, le schéma est grandement simplifié car nous avons travaillé en duo. Il est cependant intéressant de relever les étapes liées à l'expert pédagogiques et celles liées au développeur. Nous n'explicitons pas plus en détail cet aspect de notre travail car il n'a pas été au centre de nos recherches. Nous porterons davantage notre attention sur la transposition didactique intégrée au jeu et sa mise en place.

En 2011, B. Marne explique les 6 facettes à mettre en place dans un jeu sérieux afin d'équilibrer celui-ci entre apprentissage et motivation. Il utilise pour cela l'exemple des six faces d'un dé pour imager sa théorie. Ajouté à cela, il place pour chaque face l'expertise mise en jeu : pédagogique ou ludique.

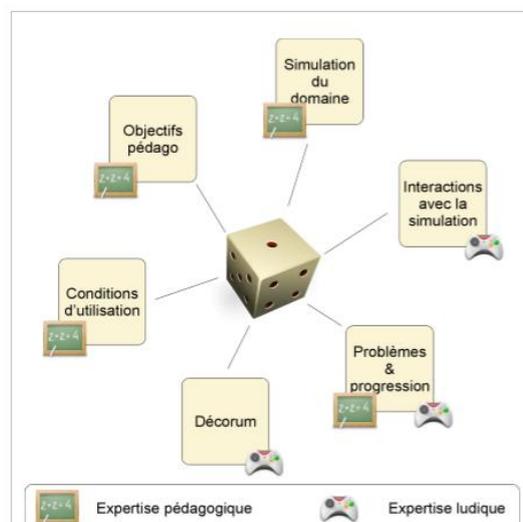


Figure 6 : Les six facettes du jeu sérieux

La 1^{ère} face concerne les objectifs pédagogiques. La personne chargée de l'expertise pédagogique doit définir ce qu'elle souhaite enseigner au joueur au travers du jeu. Elle doit déterminer ce que les apprenants doivent retenir à la suite de l'utilisation du serious game (objectifs).

La deuxième face s'applique à la simulation du thème que l'on souhaite enseigner. Les jeux sérieux reposent sur les interactions entre l'utilisateur et le moteur du jeu. Le moteur du jeu doit être suffisamment réaliste afin de ne pas intégrer des savoirs erronés dans l'apprentissage des utilisateurs (transposition didactique).

Les interactions avec la simulation sont référencées sur la troisième face du dé. Ce point cherchera à amener du plaisir à l'utilisateur en lui permettant de faire ses propres choix et de recevoir des réponses de la part de la simulation. Cette facette concerne les développeurs du jeu (informaticiens) qui devront chercher le moyen le plus motivant d'interagir avec le moteur du jeu.

La quatrième facette concerne les problèmes et la progression des joueurs. Quels problèmes souhaitons-nous faire résoudre aux utilisateurs ? B. Marne explique que : « *Dans les jeux la progression est conçue pour soutenir la motivation du joueur, dans les systèmes d'apprentissage elle permet de faire progresser l'apprenant.* ». Cette facette nous explique qu'il est important d'instaurer dans notre jeu sérieux des objectifs pédagogique permettant de travailler l'apprentissage de l'utilisateur mais également un parcours ludique (montée en niveau par exemple) afin de conserver la motivation des joueurs.

La facette suivante nous parle principalement du design du jeu (Décorum) qui peut également être un aspect motivationnel chez l'utilisateur. Elle intègre le graphisme du jeu tout comme l'aspect sonore du projet.

La sixième et dernière face du dé décrit les conditions d'utilisation. Elle rassemble tous les aspects liés au contexte : durée d'une partie définie ou non, jeu solo ou à plusieurs, quand l'intégrer dans la séquence d'enseignement, etc...

En 2014, B. Marne a relevé dans sa thèse de doctorat cinq dénominateurs communs dans les serious games qu'il a pu analyser :

- Poser des problèmes à l'apprenant-joueur (Défis)
- Mettre l'apprenant-joueur en position de pouvoir résoudre ces problèmes (Actions significatives)

- Posséder un moteur de jeu
- Une interface ludique : proposer un univers dans lequel l'apprenant-joueur peut interagir.
- Proposer une évolution dans la difficulté afin de faire progresser l'utilisateur.

4. Question(s) de recherche

Lorsque nous avons créé manuellement le set de notre jeu, nous avons rapidement vu que la mise en place de cette activité risquait d'être laborieuse. En effet, le temps investi par l'enseignant pour la préparation des différents sets est considérable pour une période de cours et la quantité de pièces mise à disposition aux élèves n'est pas très pratique. De ce fait, élaborer une application numérique de ce jeu permettrait à l'enseignant de gagner du temps et de faciliter la mise en place de cette activité en classe.

Ce mémoire tentera d'expliquer au mieux la transposition didactique réalisée lors de la création du jeu papier ainsi que les modifications que nous avons dû apporter pour le transformer en version numérique. Nous chercherons également à définir si notre application peut être classée ou non dans les « jeux sérieux ».

Nous tenterons de répondre aux questions suivantes :

1. Quel(s) impact(s) l'informatisation a eu sur le jeu initial et sur la didactique de son utilisation ?
2. L'application numérique développée entre-t-elle dans la catégorie des « serious game » ?
Quels sont les critères à respecter pour pouvoir la classer dans ce type de catégorie ?

Notre première question, nous amènera à nous questionner sur les aspects suivants :

- Quelles modifications sont apparues au niveau de la transposition didactique entre le jeu papier et l'application numérique ?
- Est-ce que tous les objectifs d'apprentissages présents dans la première version du jeu ont été conservés ou d'autres ont été ajoutés ?
- L'interaction avec le jeu est-elle identique ?
- Quelles adaptations devront être réalisées afin de permettre au jeu de fonctionner sur une tablette tactile ?
- La mise en place de l'activité en classe varie-t-elle d'une version à l'autre du jeu ?

Notre seconde question, nous amènera à définir si notre application peut être classifiée ou non dans les jeux sérieux. Il faudra donc analyser notre application afin de pouvoir la confronter aux critères des serious games (Marne, 2014). Nous tenterons de répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que notre jeu pose des défis à l'apprenant-joueur ?
- Est-ce que l'apprenant-joueur peut résoudre ces défis ?
- L'application possède-t-elle un moteur de jeu¹ ?
- Avons-nous mis en place une interface ludique ?
- L'utilisateur peut-il progresser dans l'application afin d'évoluer dans ses apprentissages ?

¹ Un moteur de jeu est un ensemble de composants logiciels qui effectuent des calculs de géométrie et de physique utilisés dans les jeux vidéo. *Source : www.wikipedia.org*

5. Méthodologie

La méthodologie que nous avons choisie pour ce travail est une recherche-action. En 2002, Michèle Catroux définit la recherche-action comme : « [...] *un processus destiné à doter tous les participants de la scène éducative, qu'il s'agisse des étudiants, des enseignants ou d'autres intervenants, des moyens d'améliorer leurs pratiques grâce à leurs expériences éclairées et nourries des savoirs théoriques en cours. Tous les participants deviennent acteurs consentant du processus de recherche.* ». En effet, dans notre travail de mémoire, nous allons impliquer les deux acteurs principaux de l'Ecole, c'est-à-dire, les enseignants et les élèves. Nous allons essayer de développer une application permettant d'améliorer et de varier l'enseignement de la génétique dans les établissements scolaires du secondaire I et récolter les avis des élèves quant à leur ressenti sur cette nouvelle approche de la génétique.

Afin de mieux comprendre ce type de méthode de recherche-action. Voici la traduction que nous avons faite du schéma de recherche-action de Susman (1983) :

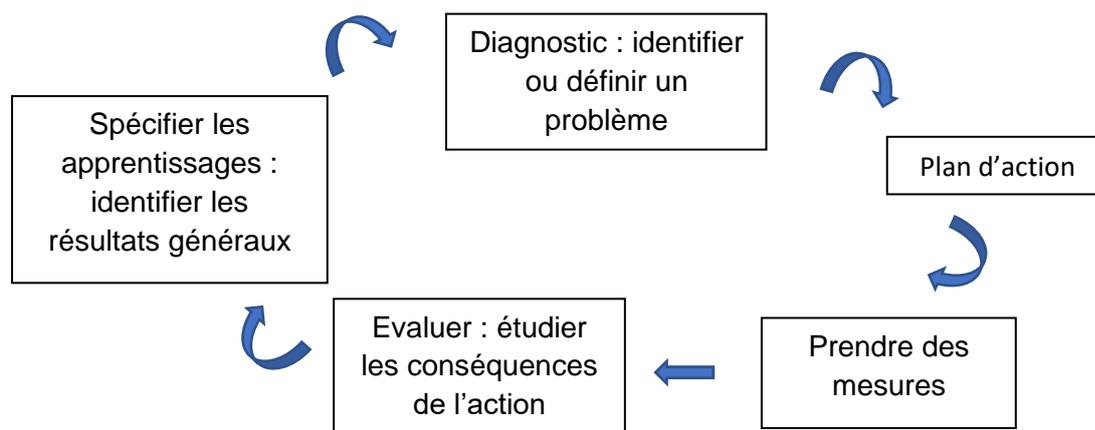


Figure 7 : Traduction du schéma de recherche-action de Susman (1983)

Ces étapes ont été appliquées dans notre projet et résumées dans l'Annexe III.

Notre collaboration avec l'informaticienne de la HES-SO a débuté à la mi-mars 2019. Nous avons décidé de collaborer en nous inspirant de la méthode de travail SCRUM, signifiant « mêlée » en anglais. Ce terme fait référence à la mêlée au rugby où toute une équipe avance dans la même direction et avec le même objectif final. C'est une méthode agile dédiée à la gestion de projet afin d'améliorer la productivité de la collaboration en groupe. Elle a été créée, en 1996, par Ken Schwaber.

En 2016, Alain Collignon et Joachim Schöpfer publient dans un article les caractéristiques de Scrum : « *Comme les autres méthodes agiles, Scrum repose sur une approche empirique, avec une série de cycles de développement de courte durée, appelés « sprints », et des rétroactions fréquentes. Ces sprints sont des blocs de temps fixes, le plus souvent de 2 à 4 semaines, avec un rythme et une régularité prédéterminés. Ils sont itératifs et adaptatifs en fonction des besoins ou objectifs évolutifs du client (utilisateurs).* ». Ils nous expliquent également que dans cette méthode, il y a différents acteurs : « le product owner » et « le Scrum master ». Nous avons le rôle du « product owner » qui est de représenter les utilisateurs de l'application en indiquant les besoins liés à ce projet. L'informaticienne avait le rôle du « Scrum master » qui est de s'assurer que la collaboration suive les principes de la méthode SCRUM.

Pour faire simple, cette méthode a pour objectif d'impliquer tous les acteurs du projet et d'avoir régulièrement des feedbacks sur l'avancement de celui-ci. A la fin de chaque « sprint », l'équipe se rencontre pour discuter du travail réalisé et teste les éléments ajoutés au produit. L'objectif est donc de créer des liens forts entre les utilisateurs et les développeurs.

Dans notre cas, nous avons décidé de nous voir régulièrement afin d'avancer petit à petit et de permettre au développeur de ne pas partir dans la mauvaise direction. Chaque 2-3 semaines nous planifions une rencontre afin de pouvoir tester les nouvelles fonctionnalités de l'application et de donner notre avis sur les changements à réaliser ou au contraire annoncer que les fonctionnalités nous convenaient. L'informaticienne pouvait ainsi réagir rapidement à nos remarques et remédier au(x) problème(s).

Dès lors, la réalisation du projet a pu débuter et peut-être résumée avec les points ci-dessous :

- Rencontres avec l'informaticienne (sprints) sur une durée de 3 mois.
- Création de l'application
- Planification d'une séance test dans la classe de notre maître formateur
- Réalisation d'un questionnaire afin d'avoir un retour sur l'application par les testeurs (élève de 11^{ème} Harnos) (*Annexe IV*)
- Analyse des questionnaires distribués et finalisation du projet (adaptations de l'application à la suite des remarques des testeurs) (*Annexe V*)

Finalement, afin de pouvoir mesurer l'impact de l'informatisation sur notre jeu papier, nous devons réaliser une analyse de la transposition didactique (cf. chapitre 7). Une fois cette analyse faite, nous pourrons observer les transformations liées à la numérisation de notre jeu initial. Dès lors, nous pourrons relever les différences survenues entre les deux jeux et identifier les impacts de la numérisation.

Maintenant que nous avons détaillé notre méthodologie, nous pouvons passer au prochain chapitre qui expliquera en détail la base de notre projet, c'est-à-dire, les explications de notre jeu sous sa forme papier.

6. Présentation du jeu (sous la forme papier)

Comme expliqué précédemment, le projet de ce travail de master a été inspiré par un jeu pédagogique sous forme papier que nous avons conçu lors de l'évaluation de notre cours de transposition didactique dans l'enseignement des Sciences à la HEPVS. Ce jeu papier nous a servi de base pour créer notre application numérique. Ce chapitre sera dédié à expliquer son fonctionnement et les règles qui le régissent.

6.1 Pièces du jeu

Comme énoncé précédemment, notre jeu sous sa forme papier est constitué d'une multitude de pièces. Nous avons dû créer plusieurs formes afin de pouvoir représenter grossièrement un visage humain et les différencier. Le set du jeu comprend donc :

- 3 sortes de visage (blanc, noir et métissé) sur lesquels il est possible d'accrocher des pièces à l'aide de « scratches ».
- Pièces pour la couleur des yeux
- Pièces pour la couleur des cheveux
- Différentes formes de bouche
- Différentes formes de nez
- Plusieurs cordelettes
- Une table de codage
- Des cartes gènes (cœurs, piques, carreaux, trèfles)

Les individus créés sont donc constitués de 5 gènes : couleur de la peau, couleur des yeux, couleur des cheveux, forme de la bouche et forme du nez.



Figure 8 : Un set de jeu sous sa forme papier

Comme nous l'avons vu dans notre problématique, il est nécessaire d'utiliser des règles pour qu'une activité soit considérée comme un jeu (*Gilles Brougère (2005)*). Le prochain paragraphe sera dédié à l'explication de ces règles de jeu afin de mieux comprendre son fonctionnement.

6.2 Règles du jeu

Afin de structurer une activité en salle de classe, il est important de communiquer aux élèves des consignes claires afin qu'ils puissent réaliser correctement une tâche. Nous avons dû réfléchir à plusieurs règles à suivre afin que l'activité puisse être réalisée au secondaire I. Voici ci-dessous les différentes règles du jeu.

Fonctionnement et règles du jeu sous sa forme papier

- L'enseignant crée en amont deux parents avec lesquels les élèves vont pouvoir travailler durant l'exercice (*Annexe VI*). Il confectionne à l'aide des pièces du jeu, deux visages (parents) et place les différents gènes (cartes cœurs, piques, carreaux ou trèfles) sur les cordelettes (chromosomes parentaux). Il est important que l'enseignant fasse cette étape afin que tous les élèves partent avec les deux mêmes individus parents. De ce fait, lors de l'institutionnalisation, l'enseignant pourra expliquer que la diversité génétique provient de la répartition aléatoire des gènes parentaux.
- Les élèves doivent ensuite « construire » leur nouveau-né en sélectionnant (manipulation avec les mains) un allèle² du gène 1 de la mère pour l'associer à un allèle du gène 1 du père. Ils placent ensuite les deux allèles sélectionnés sur le gène 1 de l'enfant (cordelettes correspondant au chromosome de l'enfant). (*Annexe VII*). Il est strictement interdit de prendre les deux allèles de la mère ou du père pour le même gène. Les élèves répètent cette démarche pour les 5 gènes parentaux.
- L'étape suivante correspond à la création de l'enfant : les utilisateurs doivent, à l'aide de la table de codage (*Annexe VIII*), construire le visage de leur nouvel individu. Ils doivent sélectionner les pièces correspondantes aux différentes associations des allèles qu'ils ont sélectionnés afin de placer la bonne pièce sur leur visage. (*Annexe IX*)
- La dernière étape constitue l'apparition de la diversité génétique. Tous les groupes ayant travaillé avec le jeu présentent leur individu. L'enseignant ainsi que les élèves pourront visualiser que tous les nouveau-nés créés sont différents bien qu'ils

² Un allèle : se dit d'une variante d'un gène, résultant d'une mutation et héréditaire, assurant la même fonction que le gène initial mais selon ses modalités propres. (Tout gène peut avoir plusieurs allèles, qui déterminent souvent l'apparition de caractères héréditaires différents.). Source : www.larousse.fr

proviennent tous des deux mêmes parents. L'enseignant peut donc expliquer la diversité génétique au travers de la répartition aléatoire des gènes parentaux.

En résumé, l'enseignant indique les règles suivantes :

- Tous les élèves commencent l'activité avec les mêmes parents (visages et chromosomes créés en amont par le professeur).
- Il est interdit de prendre deux allèles du même gène chez le même parent.
- Les allèles pris chez les parents doivent être placés sur le même type de gène sur le chromosome de l'enfant.

7. Analyse de la transposition didactique du jeu papier

La création du jeu papier a vu le jour à la suite d'un cours que nous avons suivi à la HEPVS. Dans ce module, nous avons dû réfléchir à mettre en place une activité innovante dans le domaine de la génétique. Nous avons donc imaginé de créer un jeu pédagogique. Ensuite, nous avons dû réfléchir aux savoirs que nous souhaitions intégrer dans ce jeu. Nous nous sommes appuyés sur les savoirs présents dans le plan d'étude romand afin de pouvoir appliquer ce type d'activité dans les cycles d'orientation. Ce travail d'identification des savoirs enseignés au travers de notre jeu a été fait lors du cours sur la transposition didactique des Sciences qui est présenté ci-dessous sous la forme d'un tableau :

<i>Savoirs Savants (connaissances de l'enseignant)</i>	<i>Savoirs à enseigner (PER)</i>	<i>Savoirs enseignés (choix fait par l'enseignant)</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Expliquer et comprendre le fonctionnement et les fonctions de la mitose et de la méiose - Différencier le génotype et phénotype - Notions de dominants et récessifs et connaître la notion d'allèles. - Lois de Mendel - Chromosomes segmentés en gènes comme support de l'information héréditaire - Composition de l'ADN (gène, chromatine, ...) - Mutations, spéciation - Transcription et traduction - ADN et ARN multiples (ARNm, ARNi, ARNs, ...) - Chromosome sexuel X ou Y 	<p>MSN 38 (2) – Analyser l'organisation du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie en décrivant simplement la transmission d'information génétique d'une génération à l'autre</p> <p>Identification des chromosomes, segmentés en gènes, comme le support de l'information héréditaire.</p> <p>Mise en évidence de la biodiversité (évolution). Diversité chez l'humain principalement.</p>	<p>Unité et diversité du vivant</p> <p>Ce sont les chromosomes qui portent les gènes.</p> <p>L'information génétique vient en partie de la mère et du père, c'est du 50/50.</p> <p>Sélection aléatoire des gènes parentaux (diversité génétique)</p>

Comme vous avez pu le constater dans le tableau ci-dessus, les savoirs que nous avons souhaité intégrer dans notre jeu sont les suivants (savoirs enseignés) :

- Lors de la conception d'un nouvel individu (lors d'une reproduction sexuelle), la moitié des gènes proviennent de la mère alors que l'autre moitié est donnée par le père.
- De plus, ni la mère ni le père peuvent choisir les gènes (allèles) qu'ils transmettent à leur futur enfant. C'est cette notion de transmission aléatoire des gènes qui doit être travaillée au travers du jeu.
- Découvrir que la diversité génétique provient du choix aléatoire des gènes.
- Ce sont les chromosomes qui portent l'information génétique (gènes).

La génétique est un domaine vaste et très complexe, nous avons dû réfléchir à rendre ce sujet plus simple à comprendre. A partir des savoirs savants identifiés, nous avons réalisé une transposition didactique et des choix ont dû être faits. Certains dépendants du PER alors que d'autres viennent de notre propre volonté.

Les aspects de transposition didactique effectués sont les suivants :

- Le terme d'allèle n'est pas utilisé mais les élèves doivent cependant savoir/comprendre qu'un gène peut s'exprimer sous différentes formes.
- La récessivité et dominance des gènes : ces notions ont été utilisées lors de la création du jeu mais les élèves ne les voient pas directement. Cependant, l'enseignant pourrait aborder cet aspect s'il le juge pertinent. (Mise en place de différenciation)
- Tous les gènes sont localisés sur le même chromosome. On ne différencie pas chromosomes et chromatides comme cela est demandé dans le MER. Les élèves ne visualisent donc pas correctement la position des allèles sur les chromosomes.

Les sous-chapitres suivants auront pour objectif de présenter les prérequis nécessaires au bon fonctionnement du jeu et d'expliquer nos choix de transposition didactique.

7.1 Les prérequis

L'utilisation de ce jeu nécessite certains prérequis décrit ci-dessous :

- Savoir que la mère et le père donnent 50% de leurs gènes à l'enfant.
- Savoir qu'un gène peut s'exprimer de différentes façon (allèles).
- Savoir que l'information génétique est présente dans les chromosomes.

7.2 Le terme « allèle »

Afin de mettre de côté le terme d'allèle qui n'est pas un objectif à travailler au secondaire I (cf.

PER), nous avons décidé d'utiliser une nomenclature des gènes très simplifiées. Le set du jeu papier est composé de plusieurs cartes « gène », il est directement inscrit sur celle-ci le numéro du gène associé à son nom. Pour parler des différents allèles des gènes, nous avons opté pour les symboles présents dans un jeu de carte : le « Jass ». Ainsi, les différents allèles de chaque gène ont été représentés par le biais des familles de ce jeu de carte : cœurs, carreaux, piques, trèfles. Chaque gène a donc 4 types d'allèles, il a donc fallu créer 16 cartes pour chaque gène (4 cœurs, 4 carreaux, 4 piques et 4 trèfles) afin de pouvoir représenter toutes les possibilités génétiques. En effet, un parent possède 2 allèles pour chaque gène donc dans le cas où les deux parents auraient exactement les mêmes allèles pour un gène il fallait prévoir 4 cartes identiques.

Toujours dans le but de simplifier la compréhension des allèles, nous avons utilisé les mêmes types de symboles pour tous les gènes. Nous n'avons donc pas différencié la nomenclature des allèles selon les gènes.

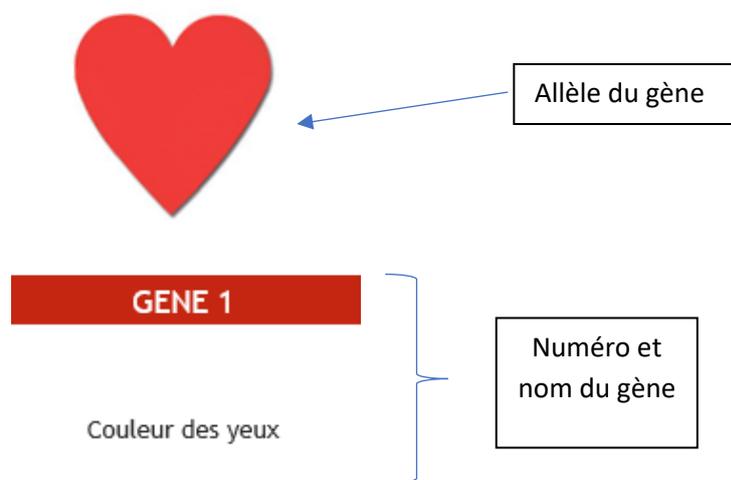


Figure 9 : Exemple d'une carte « gène » à placer sur le chromosome

7.3 Récessivité et dominance des gènes

Tout comme le terme d'allèle, la récessivité et la dominance des gènes n'est pas au programme du PER. En génétique, la dominance ou la récessivité correspond à la relation qu'il peut exister entre deux allèles d'un même gène. Dans le cas d'une dominance, l'allèle dominant s'exprime au détriment de l'allèle récessif. Le résultat d'une dominance se perçoit principalement sur le phénotype³ de l'individu (la couleur noire des yeux domine sur le bleu, c'est pourquoi les individus recevant un allèle noir et un allèle bleu ont les yeux orientés plus

³ En génétique, le phénotype est l'ensemble des traits observables d'un organisme. Source : www.wikipedia.org

vers le noir et non le bleu. Dans ce cas-ci, l'allèle bleu des yeux est récessif et l'allèle noir est dominant.).

Afin de ne pas demander aux élèves de réfléchir à la dominance ou à la récessivité des gènes qu'ils doivent manipuler, nous avons créé une table de codage indiquant précisément le résultat des différentes associations possibles des gènes (selon leurs allèles) (*cf. Annexe VIII*). De ce fait, les élèves devaient uniquement lire la table de codage afin de pouvoir construire leur nouvel individu.

Il est tout de même possible de travailler ces notions en classe, en demandant aux élèves d'analyser la table de codage. En effet, si l'association des allèles parentaux donne un troisième type de symbole alors il n'y a pas de dominance d'un gène (allèle). Par contre, dans le cas où l'association des deux allèles donne le même symbole qu'un des deux allèles alors nous pouvons définir qu'un allèle est dominant alors que l'autre est récessif.

7.4 La localisation des gènes sur les chromosomes

Un élève du secondaire I doit savoir que les gènes se situent sur les chromosomes ou du moins que l'information génétique (ADN) est présente dans les chromosomes. Cependant, il ne doit pas connaître l'emplacement précis de ces gènes sur les chromosomes. C'est pourquoi, nous avons décidé de placer tous les gènes sur la même paire de chromosome afin de faciliter la compréhension de la transmission des gènes parentaux. Chaque individu possède donc 1 seul chromosome avec deux chromatides⁴. Cette manière de procéder nous permet également d'éviter de parler des gènes présents sur différents chromosomes bien qu'ils codent pour le même aspect génétique.

7.5 Savoirs travaillés au travers du jeu

7.5.1 Les chromosomes portent l'information génétique

Le fait que ce sont les chromosomes qui portent l'information génétique sera travaillée lors des manipulations effectuées par les élèves. En effet, ils devront placer tous les gènes parentaux sur les petites cordelettes qui représentent les deux chromatides du chromosome. Nous avons fait le choix des cordelettes car c'est une représentation assez similaire d'un brin

⁴ Chacune des deux parties homologues d'un chromosome, réunies par le centromère avant de se séparer lors de la division cellulaire. Source : www.larousse.fr

d'ADN (hélice) et vu que les chromosomes sont porteurs de l'ADN (information génétique), cette métaphore nous semblait cohérente.

Premièrement, les élèves auront pour objectif de reconstituer les génomes parentaux proposés par l'enseignant. Ainsi, ils pourront constater visuellement que les gènes sont bien placés sur les chromosomes et par déduction que l'information génétique est présente sur les chromosomes.



Figure 10 : Représentation des génomes parentaux

7.5.2 Chaque gène de l'enfant est composé d'un allèle maternel et d'un allèle paternel

Une fois les génomes parentaux constitués, les utilisateurs pourront débuter la deuxième étape du jeu qui est de distribuer aléatoirement les gènes sur le chromosome du nouveau-né. Dans notre cas, le côté aléatoire de la distribution des gènes provient des choix personnels du joueur. Ils pourront effectuer les manipulations pour créer leur nouvel individu en respectant les règles expliquées au chapitre 6.2.



Figure 11 : Placer un allèle paternel et un allèle maternel sur le chromosome de l'enfant

7.5.3 L'enfant reçoit 50% des gènes maternels et 50% des gènes paternels

Une fois le nouveau-né constitué, les joueurs pourront constater qu'ils ont utilisé uniquement la moitié des gènes parentaux pour créer leur nouvel individu. De plus, ils auront pris la moitié des gènes paternels et la moitié des gènes maternels. Ainsi, l'enseignant pourra institutionnaliser le fait que l'enfant est formé de 50% de l'information génétique de la mère et de 50% de l'information génétique du père.



Figure 12 : Répartition de 50% des gènes de la mère et 50% des gènes du père à l'enfant

7.5.4 Diversité génétique et finalisation du jeu

Une fois le génome de l'enfant créé, à la suite des choix du joueur, celui-ci devra fabriquer le visage de son nouveau-né en décodant les différentes associations des gènes de l'enfant à l'aide de la table de codage. L'utilisateur pourra ainsi placer les diverses parties du visage et visualiser l'apparence de son nouveau-né. Dès lors, tous les joueurs pourront présenter leur enfant et cette étape est primordiale pour l'enseignant car si les joueurs ne se sont pas concertés durant l'exercice, il devrait y avoir une multitude d'enfants différents. Ainsi, l'enseignant pourra expliquer que la diversité génétique provient de la répartition aléatoire des gènes parentaux et institutionnaliser cette notion à la classe en s'appuyant sur les différentes créations des élèves. En effet, tous les élèves ont commencé l'activité avec les mêmes individus parents mais ils ont tous créé un enfant différent.



Figure 13 : Plusieurs types de visages pouvant être créés au travers du jeu

8. Présentation du jeu numérique (application)

Ce chapitre se focalisera uniquement sur notre jeu sous sa forme numérique. Tout comme pour notre jeu papier, la première chose à laquelle nous avons dû réfléchir pour créer notre application a été de définir les savoirs à enseigner au travers de ce jeu numérique. Nous avons décidé de garder les mêmes objectifs d'apprentissage que pour notre jeu papier, c'est-à-dire :

- Lors de la conception d'un nouvel individu (lors d'une reproduction sexuelle), la moitié des gènes proviennent de la mère alors que l'autre moitié est donnée par le père.
- De plus, ni la mère ni le père peuvent choisir les gènes (allèles) qu'ils transmettent à leur futur enfant. C'est cette notion de transmission aléatoire des gènes qui doit être travaillée au travers du jeu.
- Découvrir que la diversité génétique provient du choix aléatoire des gènes.
- Ce sont les chromosomes qui portent l'information génétique (gènes).

Nous commencerons par détailler notre application avec le matériel nécessaire, les règles du jeu, ses fonctionnalités et nous terminerons avec les choix faits concernant son développement.

8.1 Matériel et règles du jeu

Afin d'utiliser notre application numérique, le matériel nécessaire est réduit à une tablette tactile. Dans notre cas, l'application fonctionne sur « Android » et uniquement sur cette plateforme. Tout comme pour le jeu sous sa forme papier, le jeu ne peut se dérouler dans de bonnes conditions que si le joueur respecte les règles suivantes :

1. Débuter en sélectionnant les deux individus parents. Par défaut, l'application propose deux individus neutres (sans phénotypes particuliers). C'est pour cela qu'ils apparaissent tout « blanc ». L'utilisateur est obligé de sélectionner deux avatars parents pour pouvoir accéder au bouton « Créer un enfant ». Cliquer sur ce bouton pour accéder au prochain écran.



Figure 14 : Ecran d'accueil de l'application avec les parents sans phénotype

2. L'écran suivant affiche les gènes ainsi que l'apparence des parents choisis. L'utilisateur doit à présent « créer » son nouveau-né en respectant les mêmes règles que le jeu papier, c'est-à-dire, en sélectionnant (toucher avec le doigt l'objet, pour le déplacer dans la case souhaitée) un allèle du gène 1 de la ligne 1 de la mère pour l'associer à un allèle du gène 1 de la ligne 1 du père. Les allèles parentaux choisis, sont à déposer dans les cases du chromosome de l'enfant (poser sur la même ligne). Il est strictement interdit de prendre les deux allèles de la mère ou du père pour le même gène. L'utilisateur de l'application répète cette démarche pour les 5 gènes parentaux.

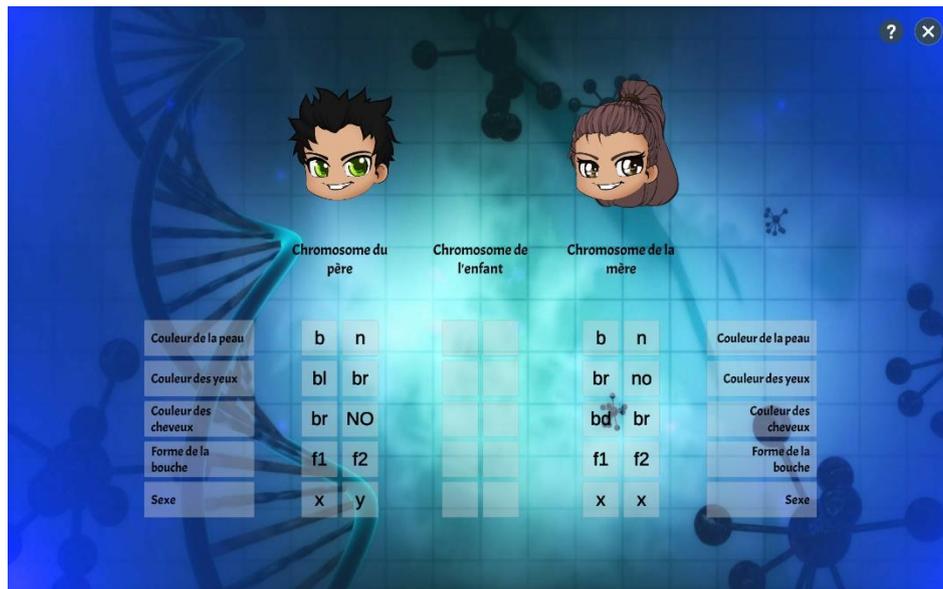


Figure 15 : Ecran de création de l'enfant

3. Une fois toutes les cases du chromosome de l'enfant remplies par la moitié des allèles parentaux, le joueur peut cliquer sur « Voir l'enfant ».



Figure 16 : Apparition du bouton « Voir l'enfant » une fois toutes les cases remplies

4. L'application affiche l'avatar de l'enfant qui vient d'être créé ainsi que son génome. L'écran affiche également le génome et l'apparence des deux parents sélectionnés. Le joueur peut maintenant observer les caractéristiques de l'enfant qu'il vient de créer et cliquer sur « sauvegarder » pour passer à l'écran suivant.

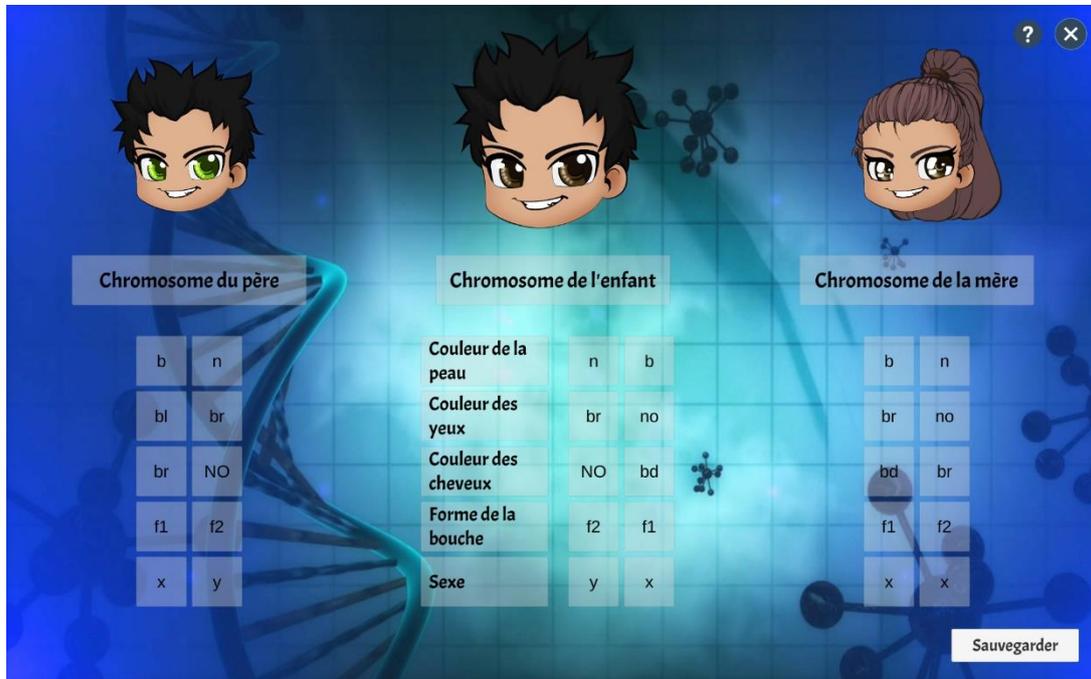


Figure 17 : Ecran affichant l'apparence et le génome de l'enfant créé

5. Maintenant, deux possibilités s'offrent à l'utilisateur :
- Créer un nouvel enfant issu des mêmes parents en cliquant sur « Créer un enfant ». Il devra répéter les points 2, 3 et 4 pour voir le nouvel individu créé.
 - S'arrêter et prendre une capture d'écran pour sauvegarder sa partie

8.2 Fonctionnalités et éléments intégrés à l'application

L'application intègre différentes fonctions que nous allons vous présenter ci-dessous :

- Le « glisser-déposer » : cette fonctionnalité permet à l'utilisateur de faire glisser des éléments précis de l'écran avec son doigt pour les déplacer dans une zone fixe (par exemple : case du chromosome de l'enfant).
- La possibilité de cliquer sur divers « boutons » affichés à l'écran pour faire apparaître un nouvel écran ou des explications concernant les règles du jeu.
- Le blocage de certaines manipulations du joueur (impossibilité de sélectionner les deux allèles d'un même gène de la mère ou du père).

L'application comprend également d'autres éléments liés, cette fois-ci, à la génétique :

- Elle comprend cinq caractéristiques physiques distinctes (couleur de la peau, couleur des yeux, couleur des cheveux, forme de la bouche et sexe)
- L'intégration d'un gène dominant afin de parler de la dominance des gènes si l'enseignant souhaite aborder ce sujet avec ses élèves (couleur noire des cheveux) → pour cela nous avons utilisé une majuscule pour nommer le gène.
- La possibilité de parler de la transmission du gène sexuel
- Ecran d'accueil avec deux individus neutres
- 6 visages masculins pour le père
- 6 visages féminins pour la mère
- Un récapitulatif des enfants créés à la fin du jeu

8.3 Choix de développement

Afin de pouvoir mener à bien ce projet d'application, nous avons dû réfléchir à de nombreux aspects techniques :

1. Quel support informatique souhaitons-nous utiliser ?
2. Sur quelle plateforme souhaitons-nous développer cette application ?
3. Quel design voulons-nous appliquer au jeu ?
4. Comment le joueur interagira-t-il avec cette application (manipulations à effectuer) ?
5. Quelles modifications devons-nous faire afin que le jeu soit fonctionnel ?

En ce qui concerne le support informatique, nous avons rapidement décidé de développer notre application sur une tablette numérique. En effet, celle-ci permet à plusieurs utilisateurs d'interagir avec le jeu et nous souhaitons garder le même type d'activité de groupe que notre jeu initial. Nous avons également envisagé l'ordinateur mais les manipulations sont principalement faites par une seule personne responsable de la souris. Le choix d'utiliser les téléphones portables comme support a également été mis de côté car dans de nombreux établissements, ceux-ci sont interdits en salle de classe. La tablette tactile semblait donc être le meilleur compromis afin de pouvoir mettre en place une activité coopérative.

L'application numérique a soulevé un nouveau problème auquel nous n'étions pas confrontés avec le jeu papier : la plateforme. Le développement s'est finalement fait sur « ANDROID ».

Nous avons ensuite dû réfléchir au design que nous voulions mettre en place pour notre jeu. Nos premières réflexions ont été faites au travers de « mock-up », c'est-à-dire, que nous avons réalisé des images des différents écrans pouvant être affichés dans notre application afin de

mieux nous rendre compte de ce que pourrait donner visuellement notre application. Afin de réaliser nos « mock-up », nous avons utilisé le programme intitulé « Balsamiq Mockups 3 ». Cette étape nous a permis de prendre conscience qu'il était important de bien réfléchir aux éléments intégrés sur chacun des écrans étant donné que l'espace d'affichage proposé par une tablette est limité (*Annexe X*).

Puis, nous avons dû réfléchir aux images que nous voulions intégrer dans notre application. Notre réflexion s'est faite sur les trois possibilités suivantes :

1. Utiliser des images libres de droit (pixabay.com par exemple)
2. Utiliser un logiciel permettant de créer nous-mêmes les formes à intégrer dans l'application
3. Acheter une banque de données comprenant déjà diverses images d'humains

Afin de pouvoir développer notre jeu dans les temps, nous avons opté pour l'achat d'une banque de données : Super Visuel Chibis (humains dans le style « Manga »).



Figure 18 : Exemple de visage utilisé dans l'application

Afin de guider l'utilisateur dans les manipulations à effectuer au sein de l'application, nous avons créé des textes pour chacun des écrans. Lorsque l'utilisateur se retrouve en difficulté dans l'application, il peut, à tout moment, cliquer sur « ? » afin d'avoir accès au texte explicatif de l'écran. Il a donc fallu synthétiser un maximum les étapes à réaliser afin de pas embrouiller le joueur (*Annexe XI*).

Finalement, nous avons terminé nos questionnements en nous demandant s'il fallait générer aléatoirement ou non les parents de base. Nous répondrons à cette question dans le chapitre 10.

9. Similitudes et différences des versions du jeu

Ce chapitre sera dédié à expliquer les similitudes et les différences qui ont pu apparaître à la suite du passage de notre jeu de sa forme papier à sa forme numérique.

9.1 Similitudes entre les deux versions du jeu

La première similitude que nous voulons développer se situe au niveau des règles du jeu. En effet, le fonctionnement de l'activité ne varie pas entre les deux versions du jeu. Dans nos deux versions les joueurs devront :

1. Sélectionner les mêmes individus « parents » que les autres joueurs
2. Compléter la paire de chromosome de l'enfant avec les gènes parentaux en respectant les règles suivantes :
 - a. Prendre un des deux gènes de la mère codant pour une caractéristique physique spécifique et le placer sur le chromosome de l'enfant au niveau de la même caractéristique physique. Faire la même manipulation avec un des deux gènes du père.
 - b. Réaliser ces mécanismes pour toutes les caractéristiques de l'enfant.
3. Observer l'apparence de leur nouvel individu et en déduire que la diversité génétique provient de la répartition aléatoire des gènes parentaux.

La deuxième similitude se situe au niveau du nombre de caractères physiques intégrés dans le jeu. Dans nos deux versions, les individus possèdent cinq traits physiques liés à la génétique.

La troisième similitude peut être identifiée dans l'apprentissage des savoirs. Dans nos deux versions du jeu les objectifs d'apprentissage sont identiques :

- La transmission aléatoire des gènes parentaux à la suite des choix faits par le joueur
- L'acquisition par l'enfant de la moitié des gènes de la mère ainsi que de la moitié des gènes du père. Ce point est respecté si le joueur suit les règles du jeu.
- L'emplacement des gènes (information génétique) sur les chromosomes est présent dans les deux versions du jeu.
- L'institutionnalisation de la diversité génétique à la fin de la phase de jeu. Ce point est à la charge de l'enseignant dans nos deux situations.

Finalement, dans nos deux activités, l'enseignant a un rôle important à jouer pour

accompagner les élèves dans leurs apprentissages (cf. chapitre 10). Il aura également un rôle primordial au terme de l'activité lorsque les différents joueurs viendront présenter leurs résultats. C'est à ce moment-là qu'il devra institutionnaliser la notion de diversité génétique. Nous pouvons également ajouter que les deux versions du jeu travail la coopération de par le fait que les joueurs devront collaborer dans les choix qu'ils réaliseront dans la sélection des allèles.

9.2 Différences entre les deux versions

Plusieurs différences notables se situent au niveau du design. En effet, la numérisation du jeu nous a permis d'agir sur l'aspect des personnages. Les personnages du jeu papier n'étaient pas très détaillés et l'informatisation nous a ainsi permis d'inclure des personnages plus humanisés. De plus, l'informaticeuse nous a demandé de changer nos cordelettes en colonnes afin de faciliter son travail de codage.

Nous avons également modifié la nomenclature des allèles des gènes. Dans notre jeu papier, les allèles étaient codifiés à l'aide de symboles : cœurs, piques, carreaux et trèfles. Une nouvelle fois, l'informaticeuse nous a demandé de réaliser des changements car il était trop compliqué d'intégrer des images dans le système. Nous avons donc décidé de créer une nouvelle nomenclature des allèles avec des chiffres et des lettres : n, b, br, f2, NO, etc...

Bien que nous ayons intégré cinq caractéristiques physiques dans les deux jeux, une différence peut être soulevée. Entre le format papier et l'application, quatre traits physiques sont restés identiques : la couleur de la peau, la couleur des yeux, la couleur des cheveux et la forme de la bouche. Cependant, une caractéristique varie entre les deux jeux : la caractéristique de la forme du nez (papier) a été remplacée par le gène codant pour le sexe de l'individu (application). Ce dernier élément sera développé dans le chapitre suivant.

L'informatisation a également permis de rendre les règles du jeu plus « strictes ». En effet, il n'est pas possible de sélectionner les deux allèles d'un gène du même parent pour les placer sur le chromosome de l'enfant. Le joueur peut essayer de faire cette manipulation mais l'application ne validera pas son mouvement car cette règle est directement intégrée dans la base de données de l'application. Contrairement à la version numérique du jeu, dans notre jeu papier, le joueur était totalement libre dans ses manipulations et pouvait réaliser des erreurs ou ne pas suivre les règles du jeu à la lettre en sélectionnant les deux allèles d'un même parent pour les placer sur le chromosome de l'enfant.

La principale différence se situe au niveau de la confection du nouvel individu. Dans notre jeu papier, le joueur devait analyser une table de codage afin de pouvoir créer son nouveau-né. Lorsque nous avons développé l'application numérique, nous avons décidé d'utiliser l'informatisation pour faire disparaître cette étape du jeu. En effet, le fait d'enlever cette lecture de la table de codage permet aux joueurs de gagner un temps précieux dans la création de leur nouvel individu. Dès lors, il suffit au joueur de cliquer sur le bouton « Voir l'enfant », afin de voir apparaître l'enfant créé à l'écran. Cependant, il est toujours possible de revoir le génome de l'enfant en cliquant sur le visage de celui-ci afin de pouvoir accéder à sa combinaison génétique (si l'enseignant souhaite travailler l'analyse du génome par exemple).

Une autre différence que nous voulons souligner est le fait que l'application permet d'enregistrer jusqu'à dix nouveau-nés. L'utilisateur peut donc créer dix enfants dans une seule partie et un tableau récapitulatif s'affichera sur l'écran à la fin de la partie. Certes, l'application permettrait de créer bien plus d'enfants différents mais nous avons dû fixer un nombre limite de nouveau-nés pour permettre la lisibilité de l'écran récapitulatif⁵. Dans notre jeu papier, la création de plusieurs enfants aurait demandé de créer une multitude de pièces et cela n'aurait pas vraiment été envisageable.

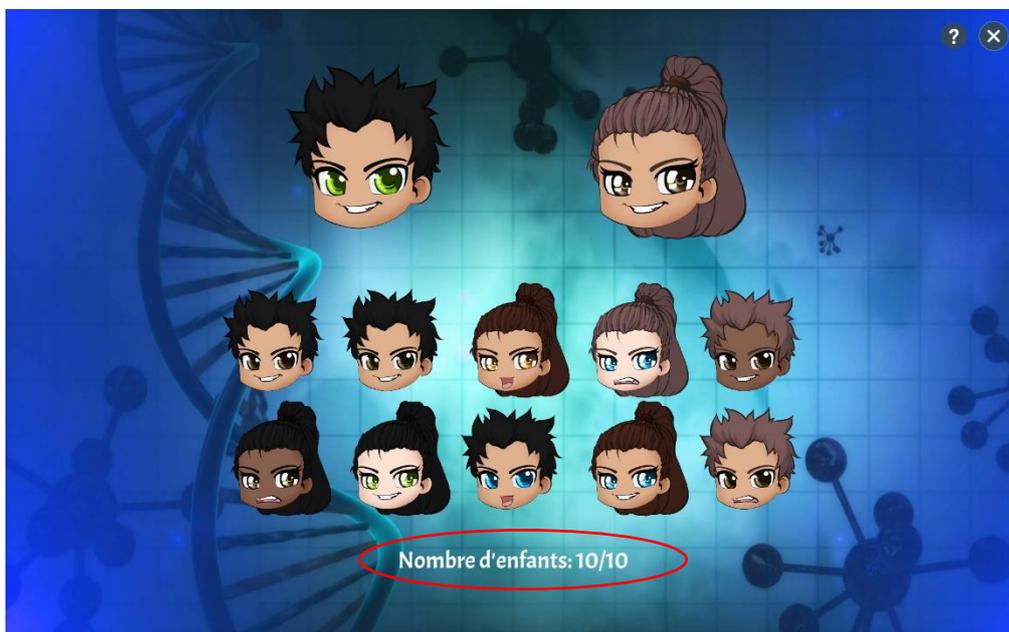


Figure 19 : Ecran récapitulatif des enfants créés dans l'application

La dernière différence que nous voulons aborder dans ce chapitre est le fait que l'application ne permet pas de sauvegarder les créations des élèves. Le jeu papier, lui, permettait d'avoir

⁵ L'écran de la tablette étant restreint, il n'est pas possible d'afficher un nombre indéfini d'éléments.

quelque chose de concret entre les mains et de pouvoir garder les résultats obtenus. Nous avons donc réfléchi à un moyen de permettre aux utilisateurs de venir montrer aux autres joueurs leurs résultats et nous avons choisi la solution suivante : faire une capture d'écran de l'écran récapitulatif pour la mise en commun.

10. Analyses

Ce chapitre aura pour objectif d'analyser l'impact didactique et pédagogique des changements apparus lorsque nous avons développé notre jeu sous sa forme numérique. Nous terminerons par analyser les objectifs d'apprentissage fixés et définir s'ils peuvent être travaillés au travers de notre application.

Tout d'abord, l'apparence des chromosomes a changé entre les deux versions du jeu. Les cordelettes ont été remplacées par des colonnes afin de faciliter la lecture des différents gènes et le placement de ceux-ci sur l'écran. Ce changement implique que les élèves ont une représentation moins imagée d'un chromosome. En effet, les joueurs pouvaient facilement faire un lien entre la cordelette et un brin d'ADN qui compose le chromosome. Les colonnes s'éloignent un peu plus de la représentation qu'ont les élèves à cet âge. Cependant, nous pouvons leur présenter un caryotype et la représentation en colonne devient très imagée dans ce cas. Il faut cependant préciser que dans notre jeu nous prenons en compte uniquement une paire de chromosomes et que ce n'est pas représentatif de la réalité (23 paires).

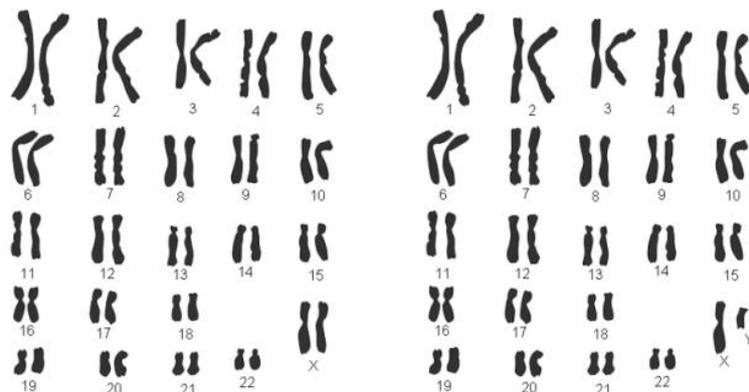


Figure 20 : Caryotype humain de sexe féminin (gauche) et de sexe masculin (droite)

Source : http://ressources.unisciel.fr/DAEU-biologie/P1/co/P1_chap2_c3.html

Nous nous sommes ensuite demandés s'il était judicieux d'utiliser des personnages humains ou plutôt des individus non réels comme par exemple des extra-terrestres afin d'ajouter du « fun » à notre application. Notre choix s'est porté sur une représentation humaine de la génétique car nous ne souhaitons pas amener davantage de confusion chez l'utilisateur du jeu. En effet, si nous avons utilisé d'autres individus, le joueur aurait pu se demander si la génétique était pareille ou non chez les Humains. De plus, avec des représentations humaines, le joueur peut davantage se projeter dans l'activité en choisissant par exemple un personnage qui lui ressemble et l'associer à un genre d'individu qui lui plaît afin de voir le type d'enfant

qu'il/elle pourrait avoir. Ce dernier aspect permet d'amener un côté très ludique à l'application.

En ce qui concerne la création des parents en début de partie, nous avons choisi de ne pas les générer aléatoirement afin que les utilisateurs puissent choisir l'aspect physique des parents. De plus, l'informaticienne a soulevé un problème récurrent des créations aléatoires, le fait que l'application puisse créer un individu sans bouche par exemple. L'enseignant peut désormais choisir sa planification de cours selon deux variantes possibles :

- 1^{ère} variante : imposer à tous les groupes de travailler avec les mêmes parents
- 2^{ème} variante : laisser chaque groupe choisir l'aspect de la mère et du père.

Dans le 1^{er} cas, chaque groupe aura potentiellement créé dix enfants. La mise en commun proposera donc 50 ou plus d'enfants différents issus des deux mêmes parents (maximiser les combinaisons génétiques).

Dans la deuxième option, chaque groupe pourra créer jusqu'à dix enfants. La diversité génétique sera donc travaillée au travers de ces dix individus (laisser plus de libertés aux joueurs).

Dans les deux cas, les élèves pourront comprendre facilement la diversité génétique en voyant toutes les différences qui peuvent émerger de l'association de deux mêmes parents.

Afin d'augmenter la diversité génétique, nous nous sommes questionnés sur le fait d'ajouter plusieurs caractéristiques physiques comme : la forme des oreilles, la forme des yeux, etc... Nous avons rapidement pris la décision de ne pas ajouter de traits physiques sur nos personnages car l'ajout d'une seule caractéristique demande de nombreuses heures de travail pour les développeurs. Notre temps à disposition pour développer cette application était compté, c'est pourquoi nous sommes restés sur cinq traits phénotypiques. Cependant, nous avons modifié une caractéristique avec l'apport du gène sexuel. Nous avons trouvé important de différencier les enfants masculins, des nouveau-nés féminins. Désormais, l'enseignant pourra expliquer aux élèves quelles sont les probabilités d'avoir une fille ou un garçon au travers de l'application. En expliquant aux élèves qu'un homme est XY, alors que les femmes sont XX, il pourra institutionnaliser le fait que c'est l'homme qui a la « possibilité » de choisir le sexe de l'enfant. S'il donne son Y, alors l'enfant sera un garçon, s'il donne son X, alors ce sera une fille. Bien que ce soit l'homme qui décide du sexe de l'enfant, il sera important d'insister sur le fait qu'il est impossible de choisir les gènes que l'on transmet et que ces échanges sont totalement aléatoires. L'application permet donc l'apprentissage d'un nouveau savoir : la transmission du gène sexuel. Cependant, cet ajout introduit un obstacle épistémologique

important : le fait que les élèves pensent que le gène sexuel est composé de deux allèles (X et Y). Dans la réalité, on ne parle pas de gènes sexuels mais bien de chromosomes sexuels. Le sexe de l'enfant est défini par la 23^{ème} paire de chromosomes qui est composée de deux chromosomes X (Femme) ou d'un X et d'un Y (Homme).

La modification de la nomenclature des allèles des gènes peut avoir un impact sur l'activité. Le fait d'avoir utilisé des lettres et des chiffres pour nommer les différents allèles nous rapproche de la réalité. Cependant, connaître la vraie nomenclature des allèles n'est pas un objectif du cycle 3. Ce changement a principalement été fait pour faciliter le codage de l'application. Cette modification risque d'ouvrir davantage de questionnements pour les élèves. Ils chercheront sûrement plus à comprendre la signification des allèles. Nous avons pu vérifier cela en réalisant des tests auprès de notre entourage et nous avons constaté qu'ils essayaient de comprendre ce que pouvait représenter ces lettres/chiffres. Les symboles préalablement choisis nous permettaient d'éviter ce type de réflexion car les utilisateurs avaient bien conscience que ceux-ci ne représentaient pas la réalité.

Le fait que ce sont les chromosomes qui portent l'information génétique sera également étudié au travers des deux versions du jeu. Dans nos deux variantes du jeu l'emplacement des gènes sur les chromosomes est représenté, ainsi les élèves pourront identifier que l'information génétique est présente dans les chromosomes (une fois que l'enseignant aura fait comprendre aux élèves que les cordelettes ou les colonnes correspondent aux chromosomes).

L'objectif d'apprentissage portant sur l'acquisition de 50% des gènes de la mère et 50% des gènes du père sera travaillé au travers des manipulations effectuées par le joueur. En effet, s'il respecte les règles, il pourra se rendre compte qu'il prend uniquement un allèle de la mère et un allèle du père pour chaque gène. Le rapport 50/50 est donc travaillé à l'aide des manipulations faite dans le jeu.

L'application permet également d'aborder un nouvel objectif : la dominance et la récessivité des gènes. En effet, nous avons intégré un allèle dominant (NO = couleur des cheveux noire) dans notre jeu. L'enseignant aura donc le choix d'en parler ou non dans son activité car ce savoir (dominance et récessivité) n'entre pas dans les objectifs du PER (cycle 3). Néanmoins, nous avons jugé opportun de l'ajouter afin de permettre aux enseignants d'aborder ce savoir s'ils le souhaitent. Cependant, ce savoir sera très complexe à travailler avec l'application dans son format actuel car la nomenclature des allèles n'a pas été réfléchi pour ce type d'apprentissage. La seule notion qui pourrait être travaillée est le fait que la dominance d'un allèle implique une écriture en majuscule de l'allèle.

Parlons maintenant de l'importance de l'enseignant dans la mise en place de l'activité. Son premier rôle sera de définir s'il laisse choisir aux joueurs les parents avec lesquels ils devront travailler ou non (cf. variante 1 ou 2).

L'enseignant interviendra ensuite durant le jeu afin de questionner les élèves sur la compréhension des diverses tâches qu'ils réalisent au travers de l'application.

- Que représentent les cordelettes ou les colonnes ?
 - o Objectif : faire découvrir aux élèves qu'il s'agit des CHROMOSOMES.
- Pourquoi prends-tu uniquement un allèle (sans utiliser ce terme, parler éventuellement de composant du gène) de la mère pour le gène 1 et un allèle du père pour ce même gène ?
 - o Objectif : faire comprendre aux élèves que l'enfant est composé à 50% des gènes maternels et à 50% des gènes paternels.
- Pourquoi tu ne prends pas les deux allèles du gène 1 de la mère et les deux allèles du gène 2 du père ? En effet, prendre les deux allèles du gène 1 de la mère et les deux allèles du gène 2 du père, cela fait bien 50/50.
 - o Objectif : faire comprendre aux élèves que pour chaque gène, un seul allèle provient de la mère et un seul allèle provient du père. L'application empêche de prendre les deux allèles du même individu pour un même gène (correction automatique grâce à l'informatisation du jeu).

Ces quelques exemples de questions tentent de montrer comment l'enseignant peut intervenir durant l'activité afin de permettre aux élèves de se questionner sur les manipulations qu'ils sont en train de réaliser sur la tablette.

L'enseignant aura un dernier rôle à jouer durant la mise en commun des résultats : arriver à faire comprendre aux élèves que la diversité génétique provient de la répartition aléatoire des gènes parentaux. Pour cela, il peut simplement poser des questions aux élèves ou demander aux élèves l'objectif principal de l'activité afin de les faire réfléchir sur ce qu'ils viennent d'accomplir.

Exemple :

Comment as-tu choisi les allèles que tu prenais pour faire ton enfant ? Et pourquoi tu n'as pas le même résultat que ton camarade ?

- Objectif : faire comprendre aux élèves qu'ils ont fait des choix personnels et que leurs choix ne sont pas forcément identiques aux décisions de leurs camarades. Leur

expliquer ensuite que dans la réalité ses choix se font au hasard et c'est pourquoi la diversité génétique provient de la **répartition aléatoire des gènes parentaux**.

Un autre aspect survenu avec la numérisation de notre jeu, est le fait d'avoir pu faire disparaître une étape très chronophage de notre jeu sous sa forme papier : la création de l'enfant à l'aide de la table de codage. Notre application permet de visualiser directement le résultat des associations des différents allèles. Ceci n'est pas négligeable en termes de temps et permet ainsi aux joueurs de créer plusieurs enfants et de visualiser davantage la diversité génétique.

Désormais, nous pouvons nous questionner sur les bénéfices ou les inconvénients de la disparition de la table de codage. Selon nous, cette disparition permet de gagner énormément de temps dans l'activité et de pouvoir parler rapidement de la diversité génétique (tous les groupes pourront créer plusieurs enfants durant une séance). Cependant, cette étape permettait aux élèves de faire un lien important entre le génotype et le phénotype des nouveaux individus créés. Avec la table de codage, nous pensons que les élèves pouvaient mieux comprendre la provenance des caractères phénotypiques de leur nouveau-né.

11. Résumé de l'impact de la numérisation sur la didactique de notre jeu initial

Version du jeu		Impact didactique
Papier	Application numérique	
Représentation des chromosomes en cordelette	Représentation des chromosomes en colonne	La numérisation fait disparaître l'image qu'ont les élèves de l'information génétique (double hélice d'ADN). Il sera nécessaire d'expliquer ce que représente les colonnes.
Personnages minimalistes	Avatars humanisés	La numérisation nous a permis de nous rapprocher davantage de personnages réels. Les utilisateurs pourront mieux se projeter dans le jeu et visualiser plus concrètement les changements phénotypiques.
L'enseignant annonce les règles du jeu par oral et circule dans la classe pour apporter son aide.	Présence de textes explicatifs afin de guider le joueur dans l'application. L'enseignant accompagne les élèves dans l'activité en les questionnant sur la compréhension de leurs manipulations.	Les élèves sont plus autonomes dans l'activité sans pour autant ne plus nécessiter le soutien de l'enseignant.
Tous les joueurs débutent l'activité avec les mêmes parents.	Deux choix s'offrent à l'enseignant. Utiliser les mêmes individus de départ ou laisser le choix à chaque groupe.	Permettre aux élèves de comprendre qu'à partir de deux mêmes parents on peut obtenir une grande diversité génétique/phénotypique. Choisir les parents permet d'apporter un côté beaucoup plus ludique au jeu (motivation).
5 caractéristiques physiques	5 caractéristiques physiques avec le remplacement de la forme du nez par un gène sexuel.	L'ajout du « gène » sexuel permet de différencier les filles des garçons et ajoute un aspect très ludique au jeu. Cependant, il peut faire naître un obstacle épistémologique chez les élèves car il n'existe pas de gènes sexuels. Ce sont des chromosomes sexuels.
Absence totale de dominance et de récessivité des	Introduction d'un allèle dominant NO pour la	Nouvel apprentissage possible mais pour le

allèles	couleur des cheveux.	moment pas exploitable (nomenclature trop vague et pas représentative de la réalité)
Création de l'enfant à l'aide de la table de codage. Visualisation du phénotype du nouveau-né.	La table de codage est directement intégrée dans le code de l'application et le joueur voit apparaître instantanément le phénotype de l'enfant qu'il vient de créer.	Le joueur ne doit plus réaliser de manipulations pour passer du génotype au phénotype. Gains de temps très intéressant dans l'activité afin de pouvoir créer plusieurs individus et non un seul en une période d'enseignement.
Nomenclature des allèles à l'aide de symboles du « Jass »	Nomenclature des allèles avec des chiffres et des lettres.	Faire comprendre que la nomenclature des allèles est composée de chiffres et de lettres.

Nous allons continuer ce chapitre en vous exposant les avantages et les inconvénients que nous avons pu identifier entre les deux versions du jeu dans le tableau ci-dessous :

Version du jeu	Avantages	Inconvénients
PAPIER	<ul style="list-style-type: none"> - Ne nécessite pas de support particulier (une table suffit) - Permet de travailler les objectifs d'apprentissages fixés - Présentation concrète de l'individu créé (visage créé à l'aide des pièces du jeu) - Grande liberté dans les actions à réaliser dans le jeu (toutes les pièces peuvent être déplacées) - Nomenclature des gènes et des allèles très simplifiée (les élèves ne cherchent pas à comprendre la dominance ou la récessivité ni la signification des allèles) 	<ul style="list-style-type: none"> - Une grande quantité de pièces - Un risque de perdre des pièces et l'usure du matériel - Chronophage dans la préparation des sets du jeu pour l'enseignant - Design des visages peu représentatif de la réalité - Table de codage nécessaire pour confectionner son nouvel individu (pas un objectif spécifique du thème) - Création d'un seul enfant voir deux car très chronophage - Ne différencie pas les hommes des femmes (enfant), peu réaliste et moins ludique - Pas de gènes sexuels - Nomenclature des allèles identiques pour tous les types de gènes (pas représentatif de la réalité)
APPLICATION	<ul style="list-style-type: none"> - Création instantanée de l'enfant (moins chronophage) - Intégration du gène sexuel afin de différencier les Hommes des Femmes - Stockage de 10 enfants (tous les utilisateurs de la tablette peuvent faire leurs propres choix et non seulement un élève) - Sauvegarder les créations en une simple capture d'écran (garder des traces de l'activité pour les séances suivantes) 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite un budget (création d'une application) - En cas de « bug » de l'application l'activité est stoppée (problème des outils informatiques) - La tablette limitant les actions, le joueur aura moins de liberté quant au déplacement des divers éléments. - Création de nouveaux obstacles épistémologiques (signification des allèles, gènes sexuels)

	<ul style="list-style-type: none">- Possibilité de travailler la dominance d'un allèle : intégration d'un allèle dominant (couleur des cheveux noir écrit en majuscules)- Jeu non usable et aucun risque de perdre des pièces- Activité facile à mettre en place (moins de préparation)- Représentation plus réaliste des enfants- Nomenclature des allèles plus réaliste avec des chiffres et des lettres- Design plus réaliste pouvant augmenter la motivation des élèves.	
--	---	--

12. Réponses à mes questions de recherche

Ce chapitre aura comme objectif de répondre à mes questions de recherche. Tout d'abord, resituons-nous dans notre mémoire en rappelant nos questionnements :

1. Quel(s) impact(s) l'informatisation a eu sur le jeu initial et sur la didactique de son utilisation ?
2. L'application numérique développée entre-t-elle dans la catégorie des « serious game » ?
Quels sont les critères à respecter pour pouvoir la classer dans ce type de catégorie ?

Notre première question soulève toutes les modifications que nous avons apportées au niveau de la transposition didactique du jeu (cf. chapitre 11) :

- Disparition de la table de codage. Cet aspect permet aux joueurs de gagner de nombreuses minutes dans la création de leur enfant. Cependant, la nomenclature utilisée dans l'application peut faire naître un obstacle épistémologique (chercher à comprendre la signification des allèles et leurs associations → réponses compliquées à donner par l'enseignant car la nomenclature ne respecte pas la réalité et est peu compréhensible)
- Nomenclature des allèles modifiée : le jeu initial possédait une nomenclature très simplifiée (symboles du « Jass ») ce qui évitait tout questionnement des élèves au sujet de la dominance/récessivité des gènes. Ils ne cherchaient également pas à comprendre la signification des symboles étant conscient qu'ils ne représentaient pas la réalité. Le passage au numérique nous a demandé de changer cette nomenclature et a potentiellement créé un obstacle épistémologique (cf. page 40).
- Modification des traits phénotypiques : nous avons ajouté le « gène » sexuel dans notre application. Ce changement a un côté très positif car il est désormais possible de différencier les filles des garçons. Néanmoins, il a fait naître un nouvel obstacle épistémologique car le « gène » sexuel n'existe pas. Nous parlons du chromosome sexuel et cet aspect est à clarifier aux élèves lors de la mise en place de l'activité pour ne pas leur apprendre des notions erronées.
- Le design de l'application a grandement évolué avec sa numérisation. Nous pensons que cela permettra d'amener davantage de motivation auprès des élèves (jouer avec des avatars qui nous ressemblent, observer plus concrètement les différences phénotypiques, ...).
- Représentation des chromosomes : la numérisation nous a demandé de changer le design des chromosomes et de les représenter sous la forme de colonnes.

L'enseignant devra impérativement questionner les élèves sur ce que peuvent bien représenter ces colonnes. En effet, la cordelette du jeu initiale était plus représentative de l'information génétique (double hélice d'ADN).

En ce qui concerne les objectifs d'apprentissages, les deux versions du jeu permettent de travailler les savoirs souhaités, c'est-à-dire :

- Lors de la conception d'un nouvel individu (lors d'une reproduction sexuelle), la moitié des gènes proviennent de la mère alors que l'autre moitié est donnée par le père.
 - o Par le biais des manipulations faites par les joueurs
- De plus, ni la mère ni le père peuvent choisir les gènes (allèles) qu'ils transmettent à leur futur enfant.
 - o Cette activité est prévue en groupe, chaque membre aura l'opportunité de faire ses propres choix et ceux-ci impliqueront le côté aléatoire. En effet, Paul ne choisira pas comme Jacques etc...
- Découvrir que la diversité génétique provient du choix aléatoire des gènes.
 - o Par le biais de la mise en commun en fin d'activité menée par l'enseignant
- Ce sont les chromosomes qui portent l'information génétique (gènes).
 - o Dans les deux versions du jeu, les gènes sont localisés sur les chromosomes et avec leurs observations, les joueurs pourront comprendre que ce sont bien les chromosomes qui sont porteurs de l'information génétique.

La numérisation n'a donc pas eu d'impact sur les objectifs d'apprentissages du jeu initial. Cependant, elle a ajouté un nouveau savoir : la transmission du « gène » sexuel. Cet aspect peut être travaillé mais il faut impérativement que l'enseignant accompagne les élèves dans ce savoir en leur expliquant que le jeu ne représente pas la réalité et que les « gènes » sexuels sont en réalité des chromosomes indépendants.

La principale différence se situe au niveau de la mise en place de l'activité. L'enseignant aura un rôle très important dans cette tâche. Il devra débiter son activité en expliquant brièvement le fonctionnement du jeu car les élèves auront, au sein de l'application, des textes explicatifs (*Annexe XI*) pour les guider dans les étapes à suivre pour jouer correctement. Les élèves seront ainsi beaucoup plus autonomes dans cette version numérisée du jeu. Chaque groupe, pourra également créer jusqu'à 10 nouveaux individus. C'est pourquoi, il est désormais possible à l'enseignant de laisser les élèves choisir les parents de départ. Dans la version papier, il n'était pas envisageable de laisser cette liberté aux élèves car chaque groupe pouvait créer uniquement un individu (la création de plusieurs individus nécessitant trop de pièces). Il était donc important de fixer des parents de base afin de pouvoir démontrer la diversité

génétique en fin d'activité. Maintenant que les élèves peuvent créer jusqu'à dix enfants, il est possible de leur laisser libre choix dans la manière de procéder car la diversité génétique pourra être visualisée au sein de chaque groupe.

Nous allons, maintenant, définir si nos deux versions du jeu entre ou non dans la classification des « serious games ». Afin de pouvoir répondre à ce questionnement, nous allons utiliser les recherches de Marne (2014) qui fixe, aux jeux sérieux, les critères suivants :

1. Est-ce que notre jeu pose des défis à l'apprenant-joueur ?
2. Est-ce que l'apprenant-joueur peut résoudre ces défis ?
3. L'application possède-t-elle un moteur de jeu⁶ ?
4. Avons-nous mis en place une interface ludique ?
5. L'utilisateur peut-il progresser dans l'application afin d'évoluer dans ses apprentissages ?

Selon nous, nos deux versions du jeu n'offrent pas de réels défis aux joueurs. Ceux-ci devront simplement appliquer les règles du jeu. En les respectant, les utilisateurs réaliseront toutes les étapes nécessaires à la réussite de l'activité. De plus, sous sa forme numérique, les élèves seront davantage guidés grâce aux textes explicatifs.

N'ayant pas de réels défis à proposer aux élèves, le point 2 ne peut pas être respecté. Néanmoins, les élèves devront appliquer correctement les règles du jeu pour pouvoir effectuer l'activité correctement :

- Papier : en effectuant les bonnes manipulations, en sélectionnant les bonnes pièces du set de jeu.
- Application : en effectuant les bons déplacements des gènes (correction par l'application), en utilisant les aides à disposition dans le jeu (« ? »).

Le point 3 est uniquement validé par la version numérique grâce à l'intégration de la table de codage directement dans le code de l'application (calculs faits directement par l'application). Cependant, notre définition du moteur de jeu n'intègre que les jeux numériques. Nous estimons qu'il n'est pas nécessaire de numériser un jeu pour qu'il soit éducatif. C'est pourquoi nous pourrions définir le moteur de jeu comme un aspect qui pousse le joueur à « jouer » comme par exemple : gagner des niveaux, améliorer son personnage dans le jeu, etc... En

⁶ Un moteur de jeu est un ensemble de composants logiciels qui effectuent des calculs de géométrie et de physique utilisés dans les jeux vidéo. *Source : www.wikipedia.org*

suivant cette nouvelle définition, nous ne pouvons pas valider ce troisième point pour nos deux versions du jeu car aucun motif ne pousse l'utilisateur à jouer à part l'acquisition d'un savoir.

Le point 4 semble être validé pour les deux versions du jeu. En effet, nous pensons que c'est le point fort de notre jeu et le fait de pouvoir permettre aux élèves de créer « physiquement » ou numériquement de nouveaux individus est un aspect ludique. Certes, les enfants créés, sous la forme papier, ne sont pas vraiment représentatifs de la réalité mais permettent de créer de la distance avec le jeu et d'entrer sans appréhension dans la tâche. La version numérique propose un design dans le style « Manga », que nous avons pu tester auprès d'élèves de 11^{ème} Harmos. Ce design a plu à la grande majorité des étudiants (*cf. Annexe V*). Les élèves ont également répondu qu'ils avaient apprécié cette approche de la génétique.

Finalement, nous ne pensons pas que les élèves puissent progresser continuellement dans leurs apprentissages en manipulant notre application. Certes, ils pourront acquérir certains savoirs mais une fois ces savoirs appris, l'application ne pourra plus proposer de nouveaux contenus (pas de difficultés intégrées dans le jeu, pas de niveaux, etc...). C'est pourquoi nous ne pensons pas classer notre application dans la catégorie des serious games car elle ne regroupe, selon nous, pas tous les critères. Néanmoins, elle permet une nouvelle approche de la génétique et possède un potentiel motivationnel auprès des élèves.

13. Discussion, critiques et suite du projet

Nous avons insisté dans ce mémoire sur le terme de « projet ». En effet, notre application n'est pas totalement finalisée. Nous souhaitons, si nous avons le soutien financier, poursuivre le développement de ce jeu. Ce chapitre sera donc destiné à expliquer les aspects que nous voulons modifier à l'avenir et expliquer les limites de notre projet à son état actuel.

Actuellement, l'application propose de travailler plusieurs savoirs en lien avec la génétique comme expliqué précédemment. Cependant, certaines fonctionnalités sont à changer ou à ajouter comme :

- La nomenclature des allèles : pour le moment elle risque de poser des obstacles épistémologiques auprès des élèves car elle ne représente pas la réalité et n'est pas employée adéquatement. Certains allèles possèdent la même nomenclature no ou NO (respectivement la couleur des yeux et la couleur des cheveux).
- L'emplacement du chromosome sexuel sur le même chromosome que les autres gènes : cette manière de procéder peut faire naître des erreurs dans les apprentissages des élèves. Les gènes sexuels sont placés sur un chromosome à part entière et non mélangés aux autres gènes.
- L'enregistrement des résultats : pour le moment, l'application ne permet pas d'enregistrer son travail. Les joueurs doivent réaliser une capture de leur écran « final » pour garder des traces de leur activité. Il serait intéressant d'ajouter une fonction de sauvegarde afin de pouvoir continuer l'activité durant une autre leçon ou du moins permettre aux élèves de retrouver facilement leurs résultats.
- Ajouter des caractères génétiques afin d'augmenter la diversité phénotypique des enfants et s'assurer qu'il est « presque » impossible de créer le même individu à deux reprises. Cet aspect permettrait de nous rapprocher de la réalité.
- Permettre à l'application de fonctionner sur plusieurs types de tablette. Pour le moment, notre projet fonctionne uniquement sur des tablettes « ANDROID »

Bien que nous n'estimons pas pouvoir classer notre application dans les « serious games », nous pensons que notre jeu permet d'acquérir plusieurs savoirs. La seule limite apparaît au niveau de la progression des élèves dans leurs connaissances. En effet, une fois les savoirs assimilés par les étudiants, le jeu ne permet pas de rebondir sur de nouveaux objectifs d'apprentissage.

Nous nous sommes également appuyés sur la conférence de Monsieur Sanchez (31 mars 2016) pour effectuer notre choix sur la classification de notre application. Lors de son intervention, il nous explique qu'un jeu sérieux doit contenir :

- Une ludicisation⁷ : transformer une situation d'apprentissage pour la rendre plus ludique.
- Permettre l'autonomie des utilisateurs : le joueur peut effectuer ses propres choix tout en respectant les règles du jeu (liberté arbitraire).
- Permettre aux joueurs de faire des erreurs

⁷ Terme utilisé lors de la conférence du 31 mars 2016 par Monsieur Sanchez Eric (professeur à l'Université de Fribourg).

- L'application doit pouvoir donner des feedbacks aux joueurs afin de les faire progresser

Selon nous, notre application possède un aspect ludique mais pêche au niveau de l'autonomie des élèves. Certes, ils peuvent sélectionner les gènes qu'ils souhaitent mais une correction est directement appliquée s'ils n'effectuent pas un choix correct. Elle ne laisse donc pas réellement effectuer des erreurs aux joueurs et progresser à leur rythme.

Finalement, nous pensons que ce jeu a un fort potentiel en ce qui concerne la motivation des élèves et permettrait une nouvelle approche de l'enseignement de la génétique en permettant aux élèves de lier théorie et pratique.

14. Conclusion

Ce travail de mémoire, nous a permis de prendre conscience de tous les aspects liés à la confection d'une application numérique : collaboration avec un(e) ingénieur, mise en évidence des savoirs à travailler au sein de l'application, analyse de notre transposition didactique et des choix effectués, évaluation de notre jeu en termes de serious games, etc...

Bien que notre objectif premier fût de créer un jeu sérieux, nous sommes entièrement satisfaits du résultat de nos recherches. En effet, nous pensons que notre application peut amener une nouvelle approche de la génétique et permettre d'intéresser davantage d'élèves avec un côté plus motivationnel et plus visuel. Cependant, il reste du travail à effectuer avant de pouvoir profiter pleinement des capacités de notre application.

Un autre élément que nous voulons aborder et le fait que nous n'avons pas eu l'occasion de tester l'impact de l'application sur les apprentissages des élèves. C'est un point primordial dans le domaine de l'enseignement mais n'enseignant pas dans un cycle d'orientation, il nous a été difficile de pouvoir développer cette analyse. Néanmoins, nous pensons que dans des travaux futurs, il serait possible de développer un questionnaire en lien avec les apprentissages des élèves que nous pourrions distribuer à la suite de l'utilisation du jeu afin d'analyser l'impact du jeu sur les connaissances des utilisateurs.

Cependant, nous avons distribué un questionnaire au faible échantillon de joueurs qui ont pu tester l'application mais les questions étaient orientées sur le développement du jeu et non sur les apprentissages.

En conclusion, nous pouvons relever les points positifs suivants :

- L'application amène une nouvelle approche de la génétique et variant les supports d'apprentissages.
- Permettre aux élèves de manipuler les gènes et ainsi créer un lien entre la théorie et la pratique (souvent mise de côté dans certains cours).
- Jouer en apprenant des notions en lien avec la génétique.
- Coopérer avec ses camarades afin de relever l'objectif principal du jeu : identifier que la diversité génétique provient de la répartition aléatoire des gènes parentaux.
- Facilitation de la mise en œuvre de l'activité pour l'enseignant (plus de pièces, moins de préparation au niveau du matériel à utiliser)
- Intégrer les MITICs dans son enseignement (PER)

Finalement, ce travail nous a permis de prendre conscience de l'importance des choix effectués dans la transposition didactique. A la suite de notre analyse, nous avons pu relever certains problèmes (gènes sexuels, nomenclature des allèles, ...) auxquels les élèves risquent d'être confrontés. Dans l'avenir, nous essayerons de prendre en compte une analyse globale des éléments afin de ne pas intégrer de confusion dans les supports proposés aux élèves.

15. Bibliographie

Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au serious game: approches culturelle, pragmatique et formelle* (Doctoral dissertation, Toulouse 2).

Alvarez, J., & Djaouti, D. (2010). Introductions au serious game. Questions théoriques. *Serious Games for Healthcare: Applications and Implications*. Hershey, PA: IGI Global, 313-314.

Bonnaud, C. A. (2018). Les outils didactiques pour apprendre en information-documentation.

Brougère, G. (2005). Jouer/apprendre. Paris: Economica. *Anthropos*.

Catroux, M. (2002). Introduction à la recherche-action: modalités d'une démarche théorique centrée sur la pratique. *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité. Cahiers de l'Apliu*, 21(3), 8-20.

Chevallard, Y., & Johsua, M. A. (1985). *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée sauvage.

Collignon, A., & Schöpfel, J. (2016). Méthodologie de gestion agile d'un projet. Scrum—les principes de base. *I2D Information, données documents*, 53(2), 12-15.

Djaouti, D. (2016). Serious Games pour l'éducation: utiliser, créer, faire créer?. *Tréma*, (44), 51-64.

Duplessis, P. (2014). Les méthodes pédagogiques en information-documentation. *Les Trois couronnes*.

Guardiola, E., Natkin, S., Soriano, D., Loarer, E., Vrignaud, P., Boy, T., & Dosnon, O. (2012). Du jeu utile au jeu sérieux (serious game). *Hermès, La Revue*, (1), 85-91.

Karsenti, T., & Fievez, A. (2013). L'iPad à l'école: usages, avantages et défis. *Résultats d'une enquête auprès de*, 6057, 56.

Lhuillier, B. (2011). Concevoir un serious game pour un dispositif de formation. *Pour réussir vos projets*.

Lombard, F. (2007). Du triangle de Houssaye au tétraèdre des TIC: comprendre les interactions entre les savoirs d'expérience et ceux de recherche. *Transformation des regards sur la recherche en technologie de l'éducation*, 137-155.

Marne, B., Huynh-Kim-Bang, B., & Labat, J. M. (2011, May). Articuler motivation et apprentissage grâce aux facettes du jeu sérieux.

Marne, B. (2014). *Modèles et outils pour la conception de jeux sérieux: une approche meta-design* (Doctoral dissertation).

Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious Games: Games that Educate, Train, and Inform*, Course Technology. *Cengage Learning*.

Perrenoud, P. (1992). Différenciation de l'enseignement: résistances, deuils et paradoxes. *Cahiers pédagogiques*, 306, 49-55.

Pomian, J. (2009). «Serious games»: apprendre en jouant?. *Quaderni. Communication, technologies, pouvoir*, (69), 121-126.

Rey, B., Carette, V., Defrance, A., & Kahn, A. (2003). Les compétences à l'école, apprentissage et évaluation: De Boeck.

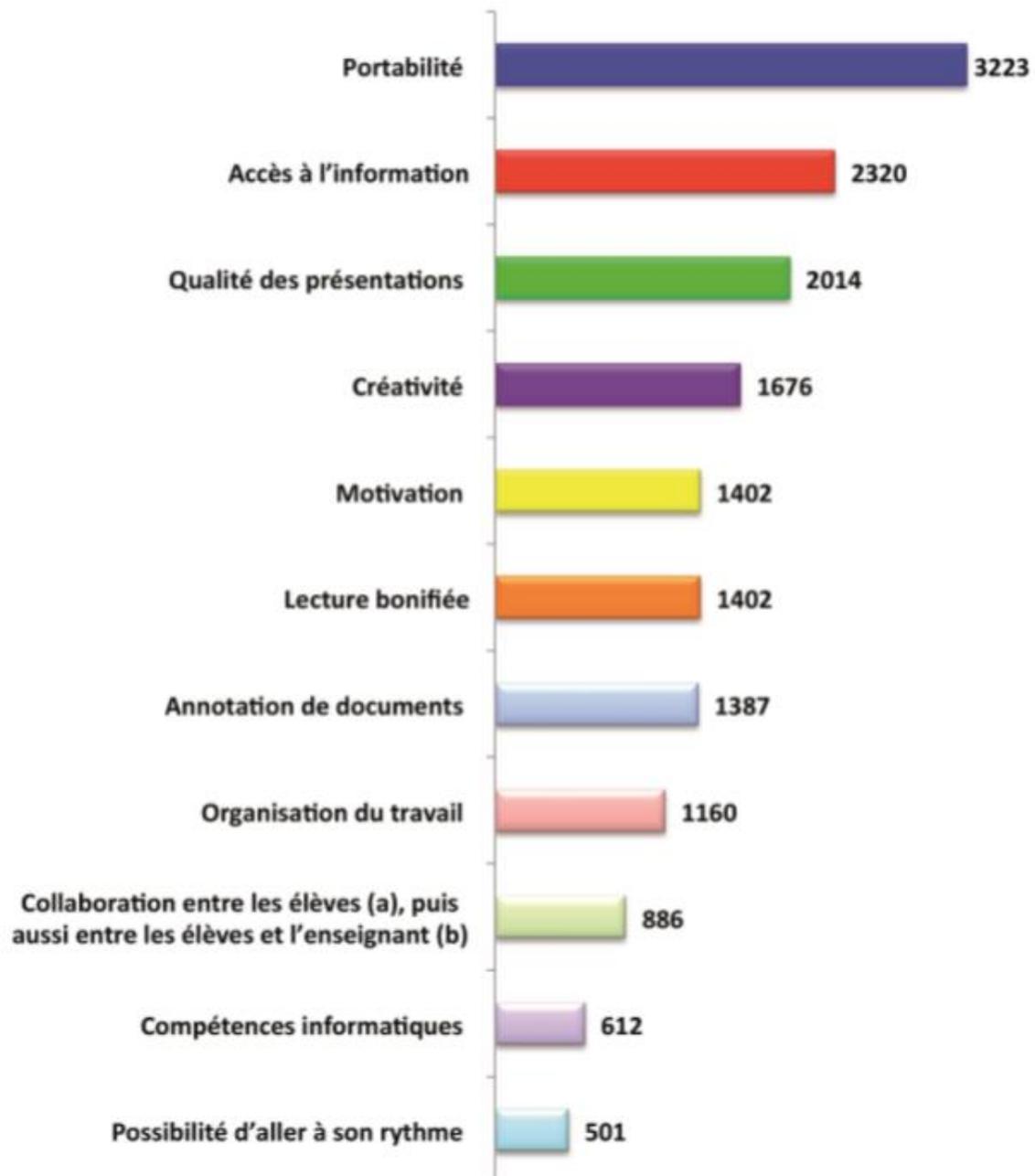
Roucous, N., & Besse-Patin, B. (2019). Jeu et animation, des évidences en question. *Sciences du jeu*, (12).

Ruano-Borbalan, J. C. (1998). *Éduquer et former*. Éd. Sciences humaines.

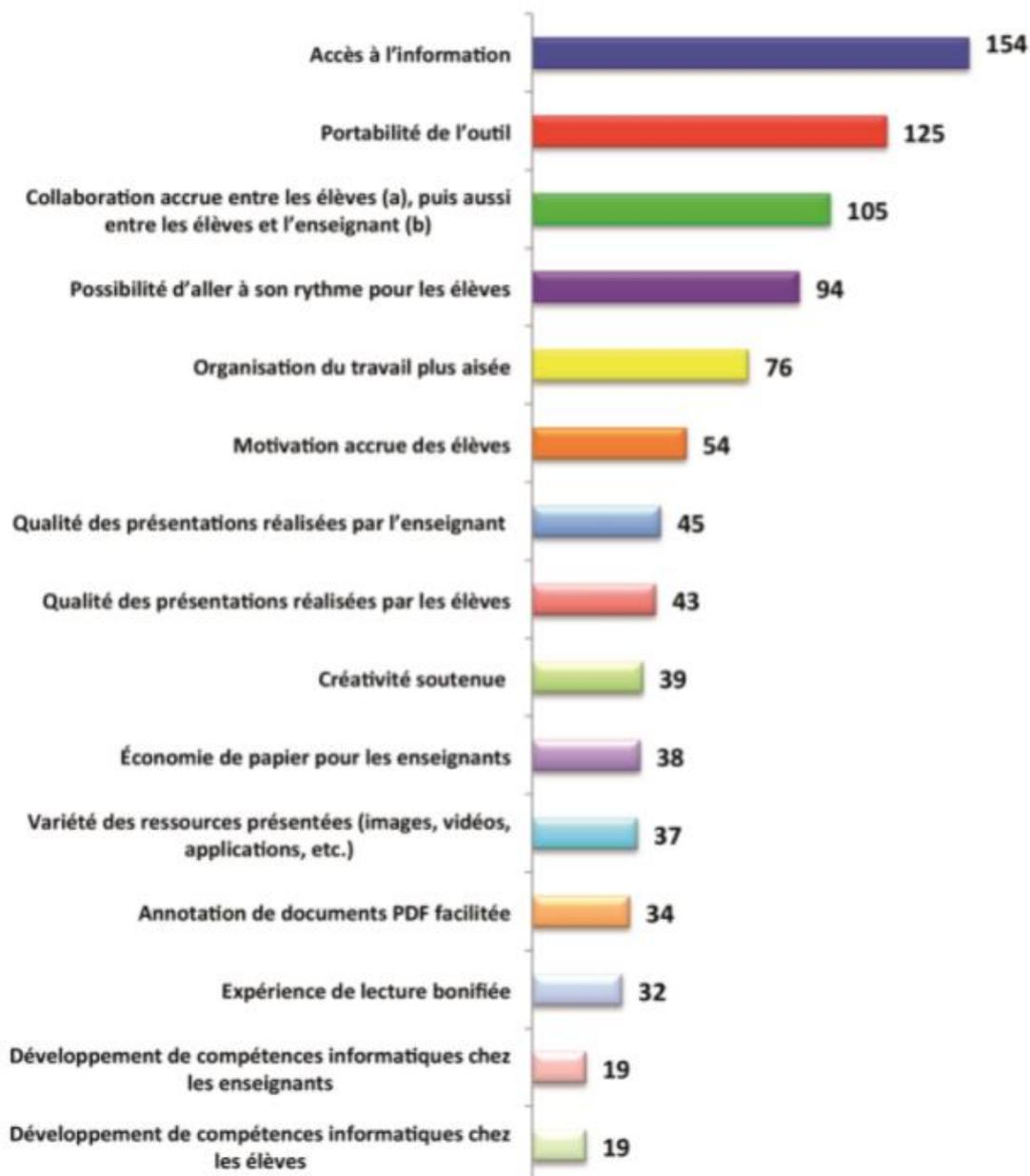
Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.

16. Annexes

Annexe I: Principaux avantages de la tablette tactile, en classe, tels que perçus par les élèves



Annexe II: Principaux avantages de la tablette tactile tels que perçus par les enseignants



Annexe III : Application du schéma de recherche-action de Susman (1983) à notre recherche

1. Diagnostic : Nous avons créé un jeu de génétique sous la forme papier comprenant une multitude de pièces. Nous nous sommes rendu compte que ce jeu ne pourrait pas réellement être utilisé en salle de classe de par son côté très chronophage à la préparation des différents sets du jeu. Nous avons donc réfléchi à une solution pour remédier à ce problème.
2. Plan d'action : Nous avons décidé de développer une application numérique de notre jeu afin de supprimer le temps de création des différentes pièces et ainsi de pouvoir faciliter l'enseignement de ce type de séance au personnel enseignant (PE).
3. Prendre des mesures : Etant incapable de programmer une application par nos propres moyens, nous avons dû collaborer avec une informaticienne de la HES-SO. Les démarches ont été effectuées par notre directrice de mémoire. Nous avons, ensuite, simplement collaborer avec cette informaticienne pendant plusieurs semaines. Les questions de design, règles du jeu, mise en forme, plateforme utilisée, etc..., ont été traitées à ce moment-là.
4. Evaluer : nous avons pu profiter de nos stages au cycle d'orientation pour présenter aux élèves notre projet d'application. Nous avons réalisé une séance spécifique à la génétique et utilisé notre application pour enseigner aux élèves la diversité génétique. Nous leur avons ensuite distribué un questionnaire afin de récolter leurs impressions et les éléments à améliorer. Ce questionnaire avait pour objectif de voir si leurs apprentissages avaient été facilités et si cette nouvelle approche les avait motivés et stimulés dans l'apprentissage de ce type de savoirs.
5. Spécifier les apprentissages : une fois notre séance terminée, nous avons pu analyser les questionnaires et relever les éléments à corriger dans notre application.
6. Diagnostic : certains éléments devaient être changés pour améliorer l'application. A la suite d'un entretien avec l'informaticienne, celle-ci a appliqué les différentes modifications demandées et nous avons pu terminer notre projet d'application.
7. Nous n'avons pas réalisé d'autres tests car nous n'avons pas eu l'opportunité d'enseigner une nouvelle fois dans une classe ayant pour matière d'apprentissage la génétique.

Application Génétique

1. L'application est-elle facile d'utilisation ? Oui Non

2. Y a-t-il des fonctionnalités qui n'ont pas fonctionné ? Oui Non

3. Qu'avez-vous remarqué sur l'apparence des enfants créés ?
.....
.....
.....

4. Comment pourrions-nous avoir deux enfants totalement identiques ?
.....
.....
.....

5. Combien de temps as-tu mis pour créer un enfant ?
.....

6. Le « glisser-déposer » est-il facile à manipuler ? Oui Non

7. Le design de l'application vous a-t-il plu ? Oui Non

8. Avez-vous trouvé cette approche sur la génétique intéressante ? Si oui pourquoi ?
.....
.....

9. A la suite de cette activité, la transmission génétique vous a-t-elle paru plus concrète ?
.....
.....
.....

10. Quel est le but de cette application ?
.....
.....
.....

Annexe V: Analyse du questionnaire pour réaliser les adaptations

A la suite d'un test effectué en classe de 11H, les élèves ont rempli un questionnaire permettant de faire ressortir certains avantages et certains inconvénients de l'application à l'état actuel :

- Tous les utilisateurs ont trouvé que l'application était facile à prendre en main et qu'elle fonctionnait très bien. Nous pouvons donc considérer que les mécanismes internes de l'application sont bons et que l'on ne doit rien changer.
- Les utilisateurs s'aperçoivent que les enfants créés sont tous différents mais qu'ils se ressemblent tout de même beaucoup. Afin de palier à ces différences minimales, nous pourrions ajouter des caractères génétiques afin de faire diverger davantage les enfants créés.
- Le temps nécessaire à créer un enfant prend, selon les réponses des utilisateurs de l'application, entre 30 secondes et 1 minute. Ce temps de manipulation nous semble très bon et donc renforce notre choix de l'utilisation de la fonction de « glisser-déposer ». Veiller à ce que cette fonction marche sur différents types de tablettes afin que tous les établissements puissent utiliser cette application.
- Le design de l'application a plu à la majorité des utilisateurs. Cependant, il y a une remarque qui est ressortie à plusieurs reprises : le fait que l'application est un peu sombre.
- L'approche de la génétique au travers d'une application a beaucoup plu aux utilisateurs qui n'ont pas trouvé de remarques négatives à apporter à ce type d'approche. Ils ont au contraire ressorti les avantages suivants :
 - o Plus ludique qu'un cours traditionnel de génétique
 - o Meilleure compréhension de la transmission des gènes parentaux
 - o Permet d'imager certains mécanismes de la génétique (moins théorique)
- Les utilisateurs ont relevé le fait qu'ils avaient pu jouer tout en apprenant quelque chose.

Annexe VI : Création des parents par l'enseignant afin de débiter l'activité



Annexe VII : Déplacements des gènes parentaux sur le chromosome de l'enfant



Annexe VIII : La table de codage

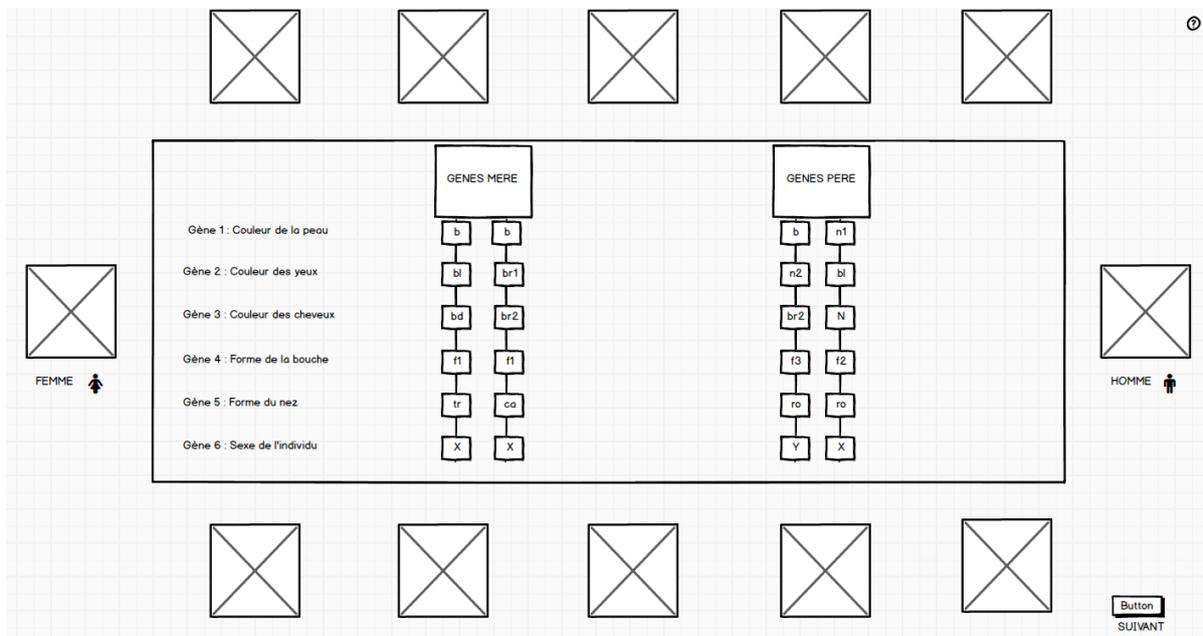
Type de gène	Gène Père	+	Gène Mère	Résultat physique
Gène 1 : Couleur des yeux		+		Yeux bleus
		+		Yeux bruns
		+		Yeux gris
		+		Yeux verts
Gène 2 : Couleur des cheveux		+		Cheveux blonds
		+		Cheveux noirs
		+		Cheveux bruns
		+		Cheveux roux
Gène 3 : Couleur de la peau		+		Peau métissée
		+		Peau noire
		+		Peau blanche

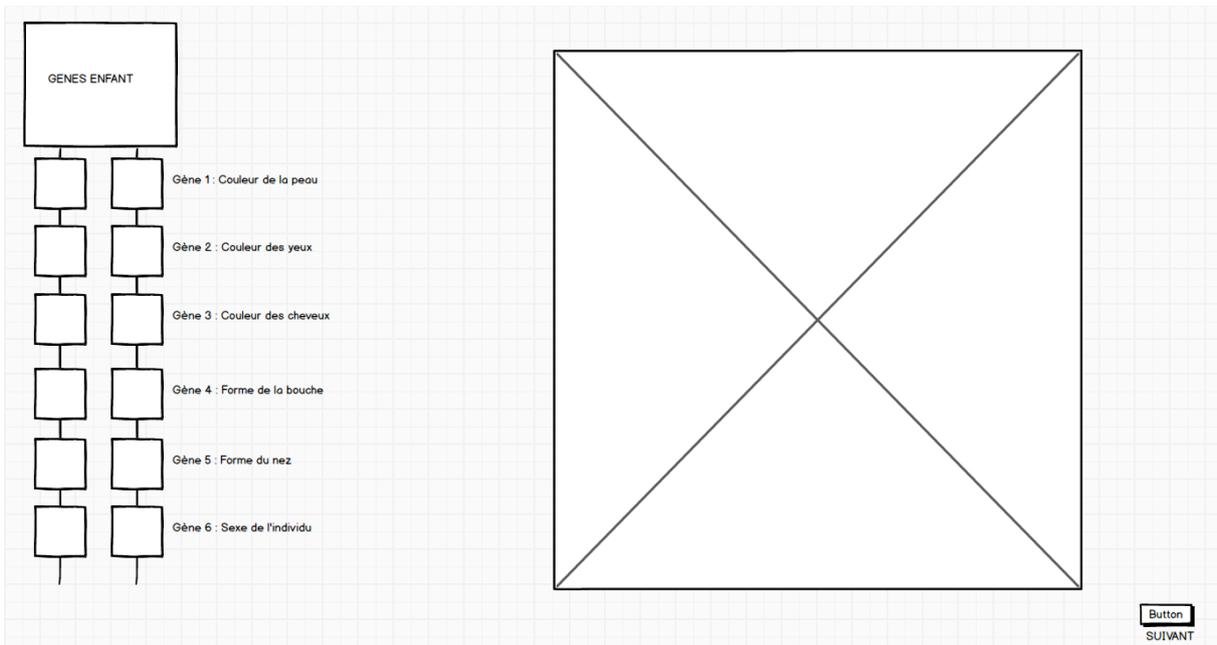
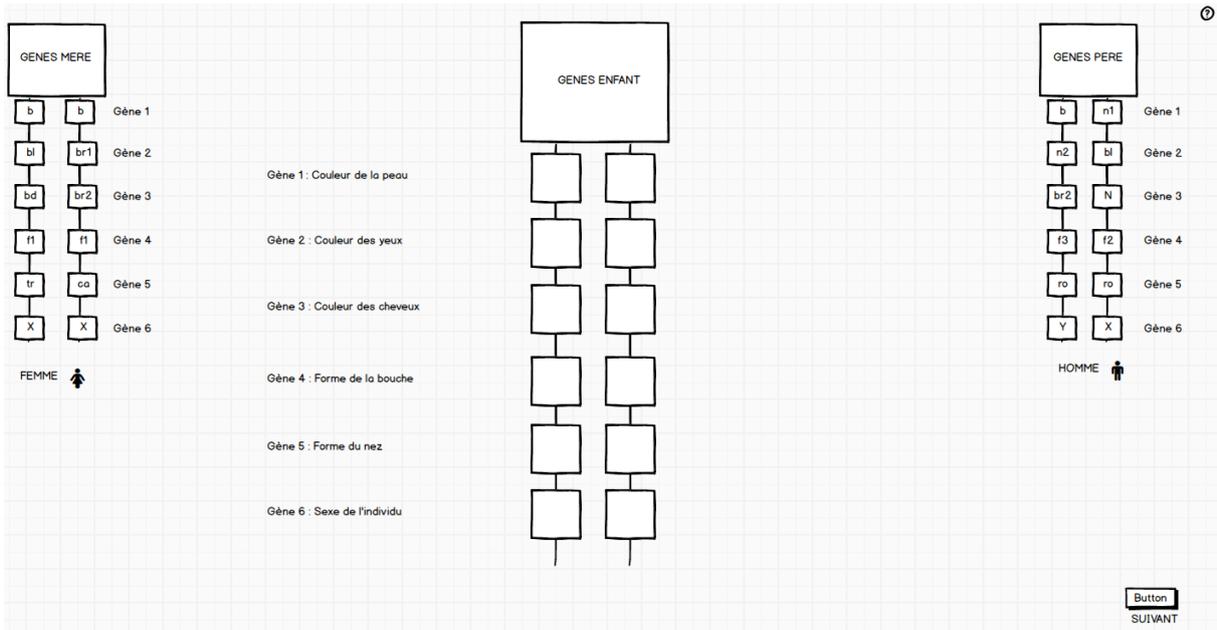
Gène 4 : Forme du nez				Nez pointe du triangle vers le bas
				Nez rond
				Nez carré
				Nez pointe du triangle vers le haut
Gène 5 : Forme de la bouche				
				
				

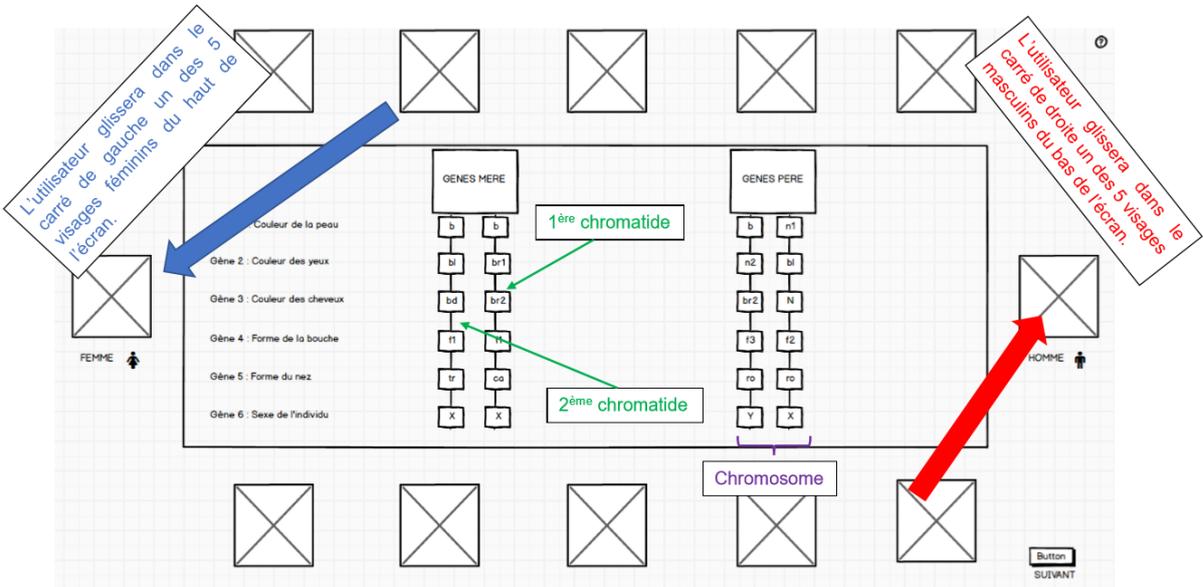
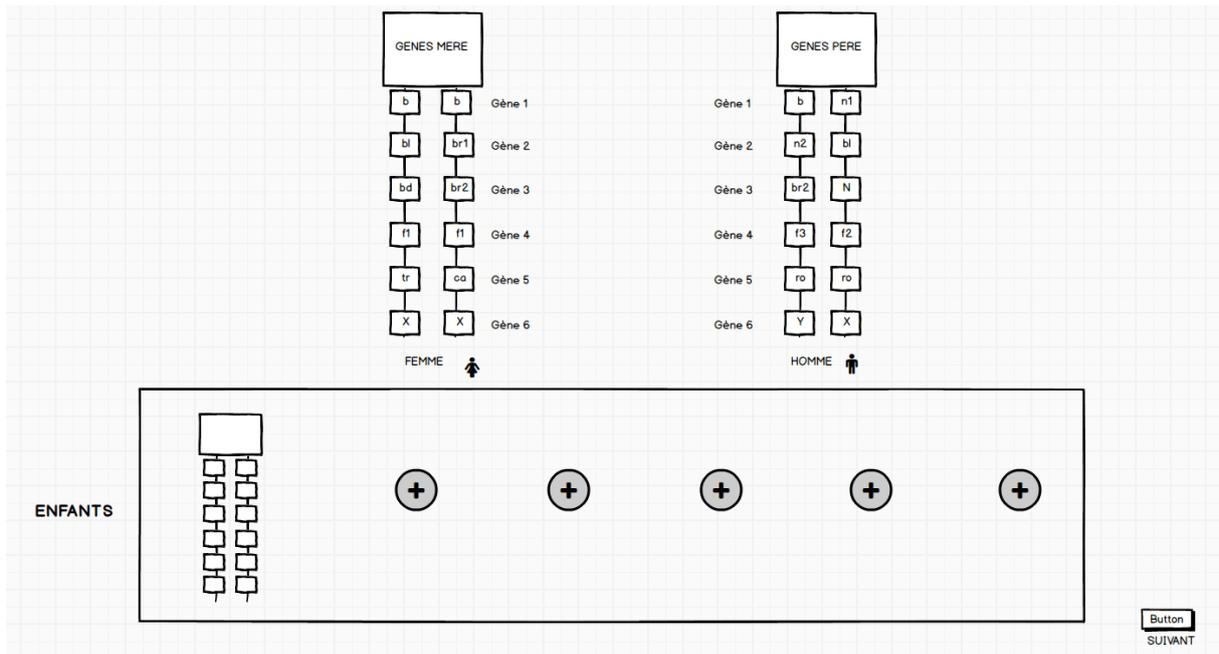
Annexe IX : Création du nouveau-né avec les pièces du jeu

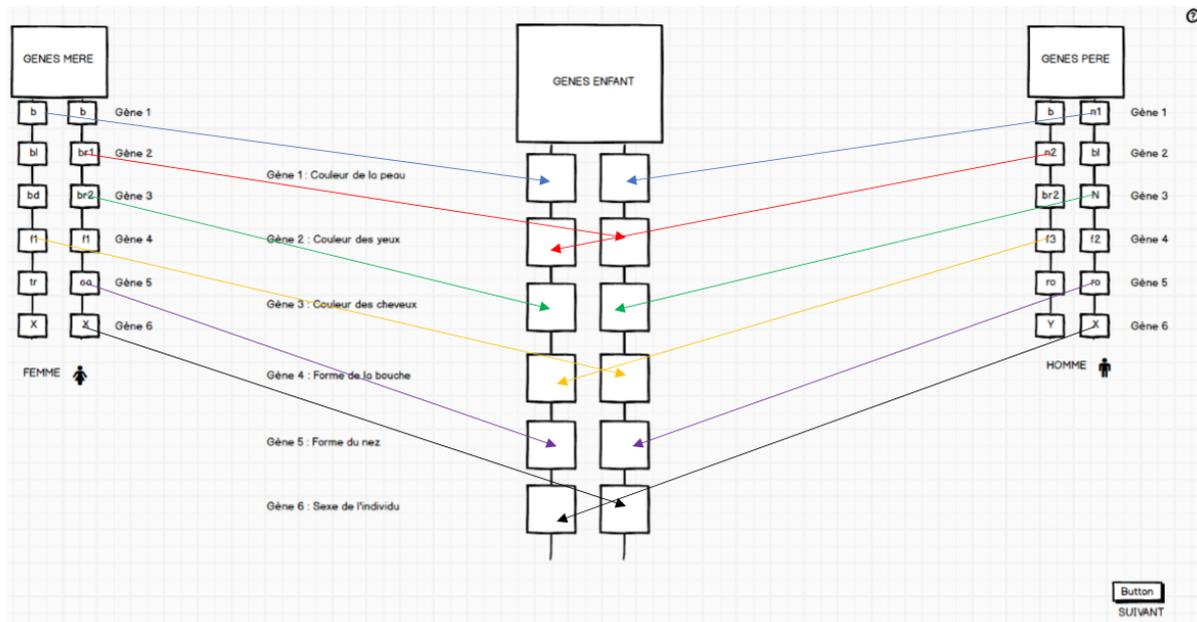


Annexe X : Mock-up de l'application / croquis de l'interface









Annexe XI : Textes à afficher en aide

Ecran 1 : Sélection des deux parents (lorsque l'on voit les deux parents neutres)

Veillez sélectionner un visage masculin (visage du père) ainsi qu'un visage féminin (visage mère) en effectuant un clic avec votre doigt sur l'un des visages « neutres ». Une fois les visages sélectionnés, cliquez sur « Créer un enfant ».

Ecran 2 : déplacer les allèles des gènes sur la paire de chromosomes de l'enfant

Veillez sélectionner pour chaque catégorie (couleur de la peau, couleur des yeux, couleur de la peau, forme de la bouche, couleur des cheveux) un gène (allèle) de la mère et un gène du père pour le placer dans les cases vacantes du chromosome de l'enfant. Afin de déplacer les gènes, réalisez un « glisser-déposer » avec votre doigt. Les gènes parentaux peuvent uniquement être placés dans les cases correspondant à la même catégorie de gènes sur la paire de chromosomes de l'enfant.

Il n'est pas possible de prendre les deux gènes du père pour la même catégorie ni deux gènes de la mère pour la même catégorie.

Une fois toutes les cases du chromosome de l'enfant remplies, un bouton apparaît sur votre écran vous permettant de passer à l'écran suivant de l'application : « Voir l'enfant ». Cliquez sur ce bouton afin de voir l'apparence de l'enfant que vous venez de créer.

Ecran 3 : Visualisation de l'enfant

Si vous souhaitez créer un nouvel enfant avec les mêmes parents, cliquez sur le bouton « Accueil »

Annexe XII: Textes explicatifs au sein même de l'application en cliquant sur « ? »

Cet écran contient deux personnages qui représentent le père et la mère. À l'ouverture de l'application, ils sont neutres:



En cliquant sur un personnage, tu peux choisir entre 6 parents. Pour pouvoir continuer, tu dois choisir un père et une mère. Chaque couple peut avoir 10 enfants au maximum, qui s'affichent en bas de l'écran.



Au début du jeu, il n'y a pas d'enfants. Tu peux en créer en cliquant sur le bouton en bas à droite.

Créer un enfant

Écran de création

Cet écran montre le code génétique des parents que tu as choisis. Tu vas pouvoir créer un enfant en choisissant un gène de chaque parent pour déterminer sa couleur de peau, la couleur de ses yeux, de ses cheveux, la forme de sa bouche et si ce sera un garçon ou une fille.

Pour créer l'enfant, tu dois glisser un gène du père et un gène de la mère sur le chromosome de l'enfant pour chaque caractéristique. Attention, certains déplacements sont interdits. Le gène retournera automatiquement à sa place, par exemple si tu te trompes de ligne. Il faut bien relier la case qui se trouve chez le parent avec celle qui se trouve chez l'enfant.



Quand tu as choisis toutes les caractéristiques de l'enfant, tu peux cliquer sur le bouton en bas à droite pour voir son apparence et le comparer à ses parents. Si le bouton n'apparaît pas, c'est que tu n'as pas complété le chromosome de l'enfant correctement.

Voir l'enfant

Cet écran permet d'observer l'enfant que tu as créé et de comparer son apparence et son code génétique avec ceux de ses parents. Examine-le attentivement.



The screenshot shows a genetic simulation interface with three columns representing the father, the child, and the mother. Each column has a character icon at the top and a table of genetic codes below. The father's table has columns 'b' and 'n'. The child's table has columns 'n' and 'n'. The mother's table has columns 'b' and 'n'. The child's appearance is a mix of the parents' traits.

Chromosome du père	
b	n
bl	br
bd	br
f1	f2
x	y

Chromosome de l'enfant		
Couleur de la peau	n	n
Couleur des yeux	br	br
Couleur des cheveux	bd	br
Forme de la bouche	f2	f2
Sexe	x	y

Chromosome de la mère	
b	n
bl	br
bd	br
f1	f2
x	x

Retour

Tu peux y accéder automatiquement en créant un enfant, mais tu peux aussi l'afficher en cliquant sur un des enfants de l'écran d'accueil. Si tu viens de l'écran d'accueil, tu peux y retourner en cliquant sur le bouton Retour en bas à gauche.

Retour

En revanche, si tu es en train de créer un enfant, tu dois l'enregistrer en cliquant sur le bouton Sauvegarder, en bas à droite, pour retourner sur l'écran d'accueil et l'ajouter à la liste.

Annexe XIII – Attestation d’authenticité

Formation professionnelle - Secondaire I Mémoire professionnel - Volée 2017

Attestation d’authenticité

Je soussigné-e certifie que ce mémoire constitue un travail original et j’affirme en être l’auteur-e. Je certifie avoir respecté le code d’éthique et de déontologie de la recherche en le réalisant.

Lieu : Date : Granges, le 24 mai 2020

Nom, prénom : Grand Gabriel

Signature : 