

Projet ISG

Immunocalypse

Ariana Carnielli, Clément Chrétien, Ivan Kachaikin

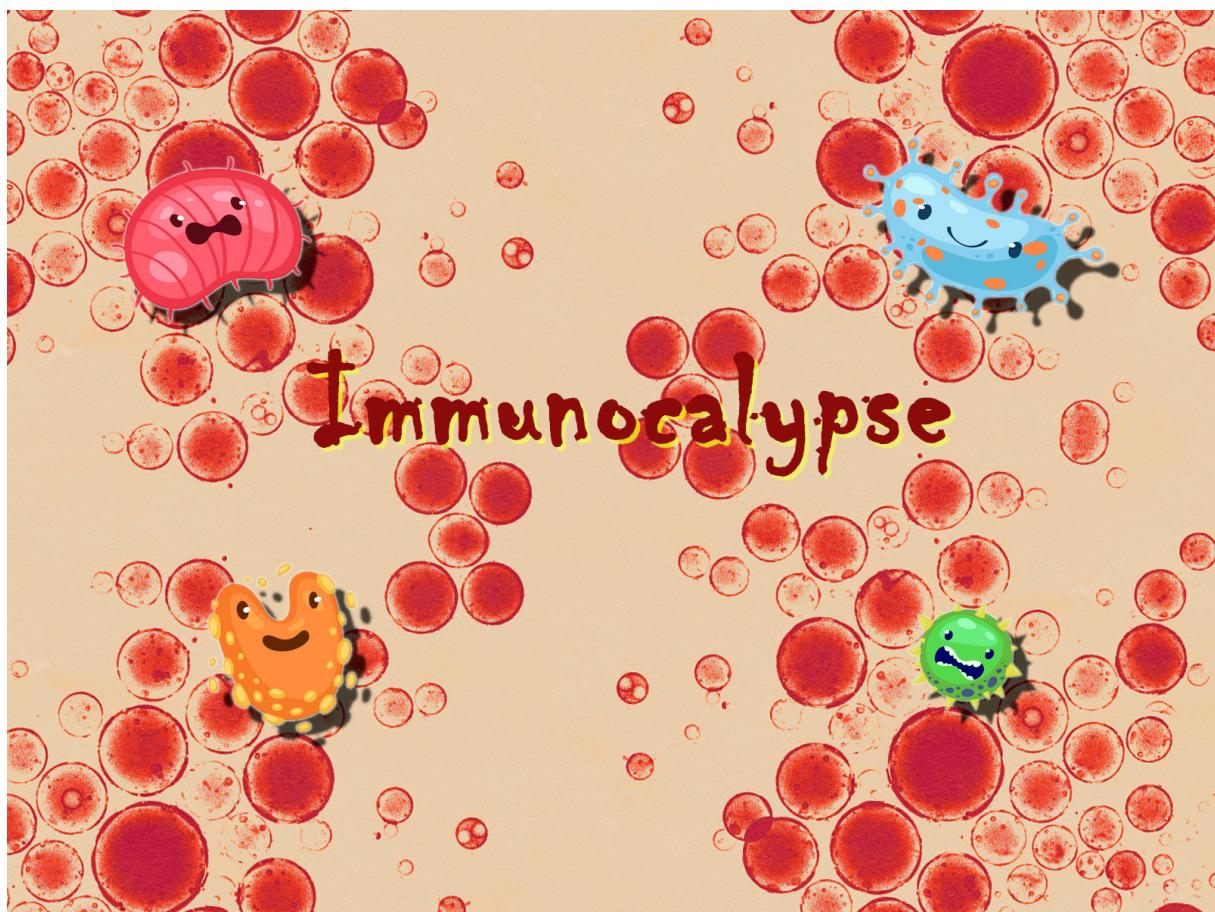


Table des matières

1	Introduction	1
2	Développement du jeu	1
2.1	Objectifs pédagogiques	2
2.2	Simulation du domaine	3
2.2.1	Fonction des macrophages	3
2.2.2	Fonction des lymphocytes	4
2.2.3	Spécialisation des cellules du système immunitaire	4
2.2.4	Bactéries et leur résistance aux antibiotiques	4
2.2.5	Virus et l'inutilité des antibiotiques	5
2.2.6	Fonction des vaccins	5
2.3	Interactions avec le modèle	5
2.4	Problèmes et progression	6
2.5	Décorum	7
2.6	Conditions d'utilisation	8
3	Implémentation	9
A	Diagramme ECS	10

1 Introduction

Ce rapport présente et détaille le développement du jeu sérieux « Immunocalypse », réalisé dans le cadre de l'UE « Ingénierie des serious games ». L'objectif du jeu « Immunocalypse » est de présenter, de façon ludique, à un public-cible d'étudiants de niveau collège des notions de base sur le fonctionnement du système immunitaire humain à travers un jeu de type *tower defense*.

Dans un jeu de *tower defense*, des ennemis arrivant par vagues essaient d'attaquer la « base » ou « château » du joueur, qui doit se défendre en plaçant des éléments d'attaque (souvent des tours, d'où le nom du type de jeu) afin de tuer des ennemis. Chez notre implémentation d'Immunocalypse, les ennemis sont des agents pathogènes, le « château » à défendre est le corps d'une personne, et les tours placées par le joueur sont des mécanismes de défense du système immunitaire.

Le jeu Immunocalypse a été implémenté sur le moteur de jeu multiplateforme *Unity* suivant la méthodologie Entity–Component–System (ECS), et plus précisément le framework FyFy (**FamilY For unitY**) qui implémente un modèle d'ECS.

La suite de ce rapport présente, dans la Section 2, la méthodologie utilisée pour le développement du jeu, structurée selon six facettes, chacune présentée dans l'une des six sous-sections de la Section 2. Comme tout jeu sérieux, le point fondamental de notre développement est la recherche d'un équilibre entre les aspects pédagogiques et ludiques, et la recherche de cette équilibre est décrite dans chacune des facettes de la Section 2. Des détails supplémentaires d'implémentation sont donnés dans la Section 3, et l'Annexe A présente le diagramme ECS de notre jeu.

2 Développement du jeu

Le développement de notre jeu sérieux Immunocalypse a été réalisé en utilisant la méthode de conception « meta-design » dite des six facettes, un cadre de conception de jeux sérieux qui permet de faire des choix de développement guidés par les objectifs pédagogiques et ludiques

du jeu. Il décompose les aspects principaux du jeu sérieux en six facettes : la détermination des objectifs pédagogiques, les choix de modélisation, les moyens d'interaction du joueur avec le modèle choisi, la progression du joueur dans le jeu en ligne avec les objectifs pédagogiques, le choix du « décorum » du jeu et la détermination de ses conditions d'utilisation. La suite de cette section décrit le développement du jeu en détaillant comment chacune de ces six facettes a été travaillée.

Avant de rentrer dans les six facettes en soi, il est important de rappeler que la conception d'un jeu sérieux n'est pas une affaire uniquement des informaticiens : pour que le jeu atteigne les objectifs pédagogiques souhaités, il est nécessaire que son développement se fasse en contact avec des spécialistes du domaine pédagogique du jeu. Dans le cadre de notre projet Immunocalypse, les choix pédagogiques implémentés ont été guidés par Christine Laclef, maître de conférences en biologie à Sorbonne Université.

2.1 Objectifs pédagogiques

L'objectif pédagogique principal d'Immunocalypse est de présenter à des élèves de niveau collège les principes de base du système immunitaire. Après avoir joué le jeu, les élèves sont censés connaître quelques agents pathogènes, quelques mécanismes de défense immunitaire contre ces agents, ainsi que le rôle joué par les antibiotiques et les vaccins dans le combat contre ces pathogènes.

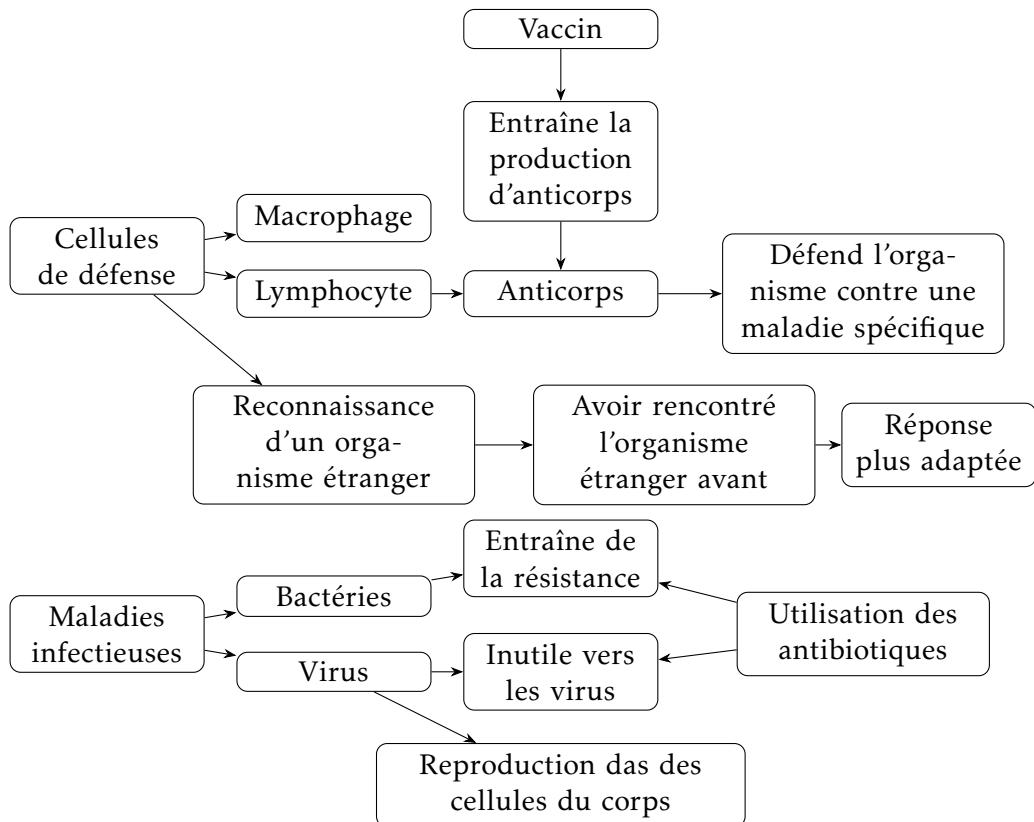


FIGURE 1 – Modèle des objectifs pédagogiques sur le système immunitaire

La première étape pour définir ces objectifs pédagogiques a été d'échanger avec Christine Laclef sur quelles devraient être nos objectifs pédagogiques principaux pour le jeu. Une synthèse des idées issues de cette première étape est représentée dans le diagramme de la Figure 1, qui donne les notions principales à présenter aux élèves dans ce jeu.

Du point de vue des pathogènes, nos objectifs étaient de présenter aux joueurs deux types : les bactéries et les virus. On cherchait en particulier à présenter quelquesunes de leurs dif-

férences, surtout le fait que l'utilisation d'antibiotiques est effective contre les bactéries mais peut entraîner de la résistance et qu'ils sont inutiles contre les virus. Un autre objectif était de présenter la différence dans leur reproduction, c'est-à-dire que la reproduction d'un virus nécessite l'envahissement d'une cellule-hôte, alors que les bactéries peuvent se reproduire de façon indépendante.

Concernant les cellules de défense, nous avons choisi de nous concentrer sur deux types, les macrophages et les lymphocytes. L'objectif était, encore une fois, de présenter leurs différences, notamment les différences de mécanismes de défense, comme le fait qu'un macrophage agit en phagocytant un pathogène, alors que les lymphocytes produisent des anticorps et se spécialisent. On cherchait également à illustrer l'effet de la vaccination.

Ces objectifs n'ont pas tous été implémentés dans la version finale du jeu. Nous avons trouvé, au cours du projet, que certaines de nos implantations pourraient ne pas conduire à une bonne interprétation de la part des joueurs. Par exemple, on a cherché à un moment à implémenter l'adaptation de la réponse des anticorps contre des pathogènes déjà rencontrés par le passé en faisant en sorte que les anticorps deviennent plus forts contre des pathogènes déjà rencontrés avant. Or, si l'implémentation d'un tel mécanisme est facile du point de vue informatique, il est beaucoup plus difficile de garantir que les affichages à l'écran permettent bien au joueur de comprendre quel phénomène est en train de se passer.

Nous avons ainsi décidé de nous concentrer sur quelques objectifs pédagogiques que nous avons considérés les plus essentiels :

- Fonction des macrophages
- Fonction des lymphocytes
- Spécialisation des cellules du système immunitaire
- Bactéries et leur résistance aux antibiotiques
- Virus et l'inutilité des antibiotiques
- Fonction des vaccins

2.2 Simulation du domaine

La deuxième facette que nous décrivons dans ce rapport est la simulation du domaine, qui détaille les choix réalisés pour représenter le domaine du jeu, c'est-à-dire le système immunitaire, et les objectifs pédagogiques décrits dans la partie précédente.

Notre jeu de *tower defense* implémente trois types de tours (un macrophage et deux types de lymphocytes), quatre types de pathogènes (deux types de bactéries et deux types de virus) et deux « pouvoirs spéciaux », antibiotique et vaccin. Dans l'esprit d'un *tower defense*, les tours sont immobiles et les ennemis apparaissent dans une partie de l'écran et se dirigent vers une autre partie, que le joueur doit défendre.

2.2.1 Fonction des macrophages

Afin de représenter la fonction d'un macrophage, nous avons représenté un macrophage par une cellule capable de « tuer », par phagocytose, un virus ou bactérie qui passe à sa proximité. Afin de représenter le fait que la phagocytose est un processus qui prend un certain temps, le macrophage modélisé a une période de *cooldown* : après avoir tué une cellule « ennemie », il doit attendre un certain temps avant d'en tuer une autre.

Pour être dans l'esprit d'un jeu de *tower defense*, notre macrophage ne se mouvemente pas. Cela clairement n'est pas ce qui se passe au monde réel mais c'est un choix d'implémentation que, nous croyons, ne nuit pas à la bonne compréhension des objectifs pédagogiques par les joueurs.

2.2.2 Fonction des lymphocytes

Comme pour le macrophage, nos lymphocytes ne se mouvementent pas. Il y a plusieurs types de lymphocyte en réalité, mais nous les avons représentés tous par deux tours dans le jeu, les lymphocytes « rouge » et « jaune ». Afin de représenter le fait que les lymphocytes produisent des anticorps, nos lymphocytes créent des anticorps qui vont dans la direction des bactéries ou virus.

Pour représenter le fait qu'un anticorps agit contre un antigène spécifique, les anticorps ont la même couleur que les pathogènes qu'ils attaquent. Dans la dynamique de notre jeu, une fois créé par un lymphocyte, un anticorps cherche toujours d'attaquer le pathogène correspondant le plus proche, changeant de cible si ce pathogène est détruit avant qu'il ne l'atteigne. L'anticorps disparaît s'il n'atteint pas une cible après un certain temps, une mécanique implémentée pour des raisons de jouabilité, pour empêcher qu'un nombre important d'anticorps non-utilisés ne s'accumulent à l'écran du jeu et attaquent tous en même temps la première cible possible qui apparaît.

2.2.3 Spécialisation des cellules du système immunitaire

Afin de représenter la spécialisation des cellules du système immunitaire, le lymphocyte est présenté au joueur pour la première fois dans un niveau contenant uniquement un type de pathogène, des bactéries, afin que le joueur se familiarise avec sa dynamique. Un écran explicatif avant le prochain niveau explique alors que, en réalité, les lymphocytes se spécialisent, en laissant clair que, dans le jeu, cette spécialisation sera représentée par uniquement deux types de lymphocytes, différenciés uniquement par leur couleur.

La spécialisation des lymphocytes a été représentée de façon assez simplifiée dans le jeu : les lymphocytes « rouges » ne produisent des anticorps que contre des virus, les « jaunes » n'en produisent que contre des bactéries. Comme le jeu présente quatre types d'ennemis (deux types de bactéries et deux types de virus), nous aurions voulu faire aussi quatre type de lymphocytes, mais cette solution n'a pas été retenue à la fin par manque de temps. Une autre idée dont la réalisation n'a pas été faite par manque de temps était de différencier de façon plus importante des lymphocytes, pas uniquement par la couleur.

2.2.4 Bactéries et leur résistance aux antibiotiques

Deux types de bactéries sont présentes dans le jeu. Visuellement, elles ne se différenciant que par la couleur mais elles ont des caractéristiques (vitesse, taille, points de vie...) sont différentes. Cette différentiation sert à montrer au joueur qu'il y a en réalité plusieurs types de bactéries. Une amélioration possible de notre jeu serait de représenter ces différents types de bactéries par différents dessins, et non pas seulement par différentes couleurs, pour mieux illustrer la diversité des bactéries dans la nature.

Outre le fait qu'elles peuvent être attaquées par les macrophages et par les anticorps produits par les lymphocytes « jaunes », un pouvoir spécial permet aussi de tuer les bactéries, l'antibiotique. Introduit dans une phase du jeu dont le but spécifique est de le présenter au joueur, l'antibiotique tue des bactéries lorsqu'il est utilisé.

Une des simplifications de notre modèle est de ne considérer qu'un seul « type » d'antibiotique générique, sans lui associer aucun nom spécifique, puisque l'objectif est que le joueur comprenne son principe général de fonctionnement, et ne lie pas cette connaissance à un médicament spécifique.

Afin de modéliser la résistance des bactéries aux antibiotiques, l'efficacité de l'antibiotique se réduit après chaque utilisation, une caractéristique qui est expliquée au joueur. Ainsi, lors de sa première utilisation, toutes les bactéries à l'écran disparaissent. Pour chaque utilisation suivante, un tirage aléatoire détermine si une bactérie disparaît ou pas, et la probabilité pour

qu'elle disparaisse diminue avec le nombre d'utilisations de l'antibiotique. Au bout de 5 utilisations l'antibiotique ne marche plus du tout. Le nombre d'utilisations maximale a été choisi à 5 pour des raisons de jouabilité.

2.2.5 Virus et l'inutilité des antibiotiques

Comme pour les bactéries, deux types de virus sont présents, avec des caractéristiques différentes mais visuellement discernables uniquement par la couleur. Ils peuvent être attaqués par le macrophage et les anticorps spécifiques produits par les lymphocytes « rouges ».

Un des objectifs pédagogiques importants du jeu est de montrer au joueur le fait qu'il n'est pas utile d'utiliser des antibiotiques contre des virus. Ainsi, l'utilisation d'un antibiotique n'a aucun effet sur les virus présent à l'écran. Afin de l'illustrer et pour que le message soit bien transmis, outre les mini-textes explicatifs lors de l'introduction des antibiotiques, quelques niveaux ne contenant que des virus donnent au joueur la possibilité d'utiliser l'antibiotique pour qu'il s'aperçoive de son inefficacité.

2.2.6 Fonction des vaccins

La modélisation des vaccins dans notre jeu a été faite de façon très simplifiée. Quand le joueur utilise le vaccin pendant un niveau, il peut choisir le microbe contre lequel il vaccine parmi une liste. Cela sert à illustrer que, en réalité, un vaccin est spécifique à un seul type de pathogène. Dans notre jeu, l'effet d'un vaccin est d'empêcher l'apparition de nouveaux microbes du type contre lequel on a vacciné.

Nous avons essayé par cette dynamique de modéliser l'effet immunisant des vaccins. Cependant, il s'agit d'une modélisation trop simpliste, un avis partagé par la spécialiste pédagogique de notre projet, car en réalité le vaccin n'empêche pas le contact avec le microbe contre lequel on a été vacciné, mais augmente au contraire la quantité et l'efficacité des mécanismes de défense contre ce microbe.

Afin d'éviter que le joueur ne sorte avec une compréhension erronée sur le fonctionnement des vaccins, des modifications que nous n'avons pas eu le temps d'implémenter devraient être réalisées et, suite à des échanges avec la spécialiste pédagogique de notre projet, un mécanisme alternatif plus en lien avec le fonctionnement des vaccins a été proposé. Il s'agit de donner au joueur, avant le début de chaque niveau, la possibilité de se vacciner contre quelques types de pathogènes. Cette possibilité pourrait être donnée en fonction du score du joueur jusqu'à ce niveau, par exemple. Lorsqu'il choisit de se vacciner contre un pathogène, les attaques contre ce pathogène seraient beaucoup plus efficaces.

2.3 Interactions avec le modèle

Comme Immunocalypse est censé être un jeu de type *tower defense* joué sur ordinateur, les interactions du joueur avec le jeu sont celles classiques de ce type de jeu. À chaque niveau le joueur doit se protéger en construisant des tours, ce qu'il peut faire en cliquant sur le bouton correspondant et plaçant la tour à l'écran. Lorsqu'il clique sur le bouton d'une tour, une image grisée de la tour suit la souris jusqu'à ce qu'il la place à l'écran en cliquant une fois plus.

Le joueur dispose aussi d'autres boutons lui permettant de prendre l'antibiotique ou appliquer un vaccin. Le bouton de l'antibiotique s'active par un clic et tue instantanément une proportion des bactéries à l'écran, selon le nombre de fois que l'antibiotique a déjà été utilisé. Afin de donner un retour visuel au joueur, le nombre d'utilisations de l'antibiotique est affiché à l'écran après chaque clic sur le bouton.

Puisque le joueur a le choix de contre quel pathogène vacciner, un clic sur le bouton des vaccins affiche la liste des pathogènes contre lesquels il peut vacciner dans ce niveau, ainsi

qu'un bouton de fermeture de cette liste. Lorsqu'il clique sur un des items de la liste, le vaccin est appliqué.

Les boutons disponibles changent dans chaque niveau en fonction des défis présentés au joueur. Outre ces boutons d'interaction avec le modèle, le joueur dispose aussi des boutons de contrôle : pause, sortie du niveau, contrôle de la musique et des effets sonores.

Plusieurs mécanismes donnent des retours au joueur sur l'état du niveau. À chaque fois qu'un ennemi est tué, des effets visuels et sonores sont activés. Les « pouvoirs spéciaux », antibiotique et vaccins, déclenchent également des effets visuels et sonores. Les couleurs des tours changent aussi lorsqu'elles attaquent, un changement accompagné par des effets sonores. Une barre de points de vie permet au joueur d'accompagner de combien il a été attaqué par les microbes, et des affichages de son énergie et du nombre de vagues restantes lui permettent de mieux planifier ses actions. À la fin de chaque niveau, le score obtenu au niveau et le score total sont affichés.

2.4 Problèmes et progression

Notre jeu comporte en ce moment 18 niveaux, dont la conception a été faite afin de bien maîtriser le « flow » du jeu, pour qu'il ne soit ni trop facile ni trop difficile. On rajoute ainsi les éléments pédagogiques petit à petit le long du jeu, en mélangeant ajout d'éléments pédagogiques avec d'autres éléments ludiques permettant de garder la motivation du joueur.

Plus précisément, les compétences pédagogiques considérées sont celles de la Section 2.1 :

- [c1] Fonction des macrophages
- [c2] Fonction des lymphocytes
- [c3] Spécialisation des cellules du système immunitaire
- [c4] Bactéries et leur résistance aux antibiotiques
- [c5] Virus et l'inutilité des antibiotiques
- [c6] Fonction des vaccins

Les défis non-pédagogiques introduits sont les suivants :

- [d1] Induire en erreur
- [d2] Élargir les possibilités de résolution
- [d3] Nombre d'ennemis élevé
- [d4] Diversifier les types d'ennemi
- [d5] Diversifier un type d'ennemi (avoir plus d'un type de virus par exemple)
- [d6] Chemin des ennemis invisible

La répartition des éléments dans les niveaux est donnée dans la Table 1 et synthétisée dans la Figure 2.

La distribution des compétences et des défis non-pédagogiques le long des niveaux a été faite afin de garder l'intérêt du joueur, sans des montés de difficulté trop abruptes ni des niveaux trop simples, en gardant une courbe ascendante en « dents de scie », avec des « pics » correspondant aux « boss » qui, dans notre cas, sont les niveaux sans indication du chemin suivi par les microbes (défi [d6]).

Si nous suivions l'implémentation de ce jeu au-delà du cadre de ce projet, les prochaines étapes seraient d'itérer la construction des niveaux avec la spécialiste pédagogique et de tester cette progression avec le public-cible. Dans notre implémentation, la Table 1 a été discutée avec la spécialiste avant l'implémentation des niveaux, mais on n'a pas eu l'opportunité d'itérer une fois que les niveaux avaient été construits. Des tests ont été réalisés par des personnes non impliquées dans le développement du projet, mais qui ne font cependant pas partie du public cible par manque de collègues francophones dans l'entourage des développeurs.

Niveau	Compétences						Défis non-pédagogiques					
	c1	c2	c3	c4	c5	c6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
1	X											
2	X											X
3	X								X		X	
4		X										X
5		X	X							X		
6	X	X	X				X	X				X
7	X	X	X					X	X	X	X	
8	X	X	X					X		X	X	X
9		X		X				X				
10	X	X		X				X	X			X
11	X	X	X	X			X	X				X
12		X			X		X		X			
13	X	X	X		X		X	X	X			X
14	X	X	X	X	X			X		X	X	X
15		X	X			X						X
16	X	X	X			X	X	X			X	X
17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

TABLE 1 – Répartition des éléments pédagogiques et non-pédagogiques dans les 18 niveaux du jeu

2.5 Décorum

Le jeu a été implémenté en style « cartoon ». Les figures utilisées ont été obtenus depuis Internet avec une licence d'utilisation gratuite dans le cadre de projets académiques mais payante pour des utilisations commerciales. Les musiques et effets sonores sont en licence permettant une utilisation libre. Les fonds des niveaux évoquent un contexte biologique et ont été éditées sur GIMP.

La Figure 3 représente les principaux éléments du jeu : les tours qui peuvent être construites par le joueur (macrophage et lymphocytes) et les microbes qui l'attaquent (deux types de bactéries et deux types de virus).

Sur la Figure 4, on illustre le déroulement du jeu sur son niveau 4. Dans ce niveau, seuls les deux types de bactéries sont présents. Elles apparaissent en haut à gauche de l'écran et souhaitent aller vers le coin en bas à droite en suivant le chemin en forme de Z sur la figure (des chemins différents apparaissent dans d'autres niveaux). Le joueur doit construire des tours pour détruire les bactéries et la seule tour disponible dans ce niveau est le lymphocyte jaune. Dans la figure, 5 bactéries sont présentes et 3 lymphocytes ont déjà été construits. Le joueur n'a que 20 d'« energy », construire un lymphocyte lui « coûte » 30 d'« energy », donc il ne peut pas construire des lymphocytes en ce moment, et ainsi le bouton de construction de lymphocyte est grisé. Ce bouton affiche aussi le coût en « energy » du lymphocyte. Le joueur gagne une unité d'« energy » périodiquement, et il en gagne davantage à chaque fois qu'un ennemi est tué.

Les trois lymphocytes présents à l'écran sont de type « jaune ». Leurs couleurs diffèrent car, après qu'un lymphocyte a créé un anticorps, il a une période de *cooldown* avant de pouvoir produire un prochain anticorps, et ce *cooldown* est représenté par un changement de couleur. Il est prêt à produire un nouveau anticorps lorsqu'il redevient jaune (ce qui est le cas de celui le plus à droite sur la figure). L'écran du jeu présente aussi au joueur ses points de vie (barre verte en haut à gauche) et le nombre de vagues d'ennemis restantes (« wave »).

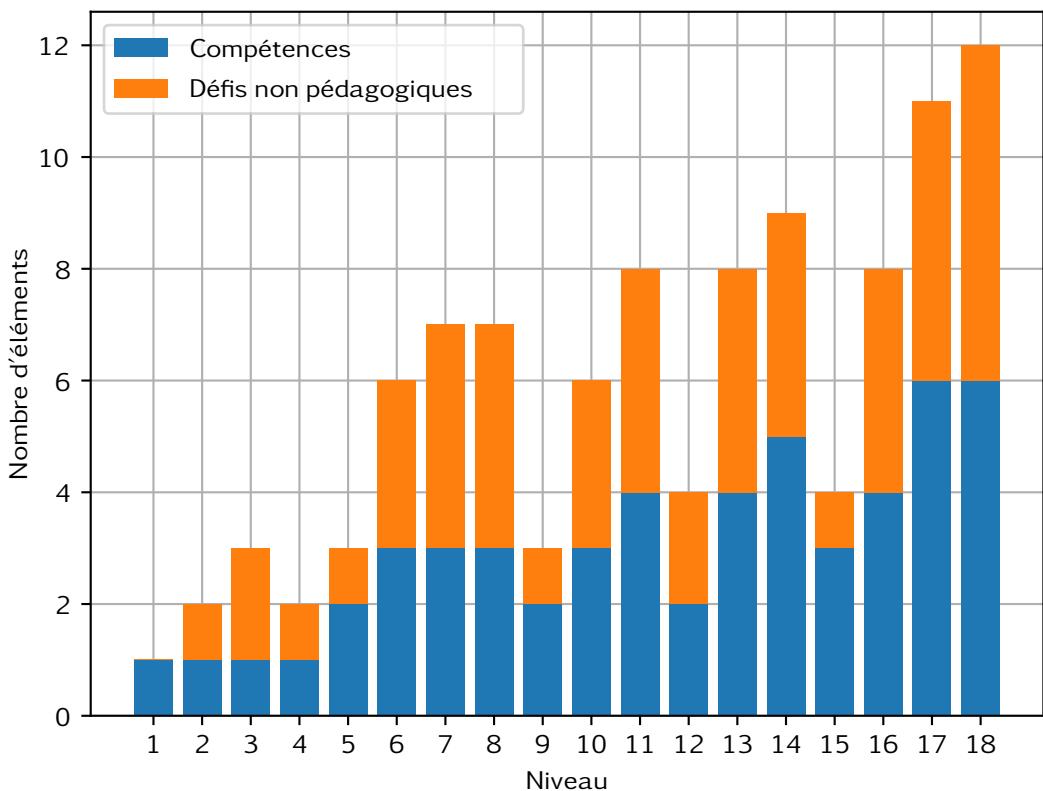


FIGURE 2 – Nombre d’éléments pédagogiques et non-pédagogiques dans les 18 niveaux du jeu



FIGURE 3 – Principaux éléments du jeu : (a) macrophage, (b) lymphocytes, (c) bactéries et (d) virus

2.6 Conditions d’utilisation

L’utilisation idéale de ce jeu est par des collégiens dans le contexte d’un cours leur présentant le système immunitaire, idéalement sous la surveillance d’un enseignant maîtrisant le jeu et expliquant aux élèves les concepts principaux.

Afin de permettre une jouabilité en toute autonomie, le jeu présente aussi tous les éléments nécessaires à ceux qui souhaitent le joueur de façon autonome. Une aide explique les bases de fonctionnement du jeu, présentant un niveau type, les éléments du niveau, et ce que le joueur doit faire pour le réussir. Une encyclopédie donne plus de détails sur les cellules du système immunitaire qui font partie du jeu, macrophages et lymphocytes, ainsi que sur les anticorps. Elle présente aussi des informations sur les bactéries, les virus, l’antibiotique et les vaccins, mélangeant des informations pédagogiques avec des éléments de jouabilité. Avant chaque niveau, un court texte explique les éléments principaux du niveau tout en donnant des informations pédagogiques intéressantes.

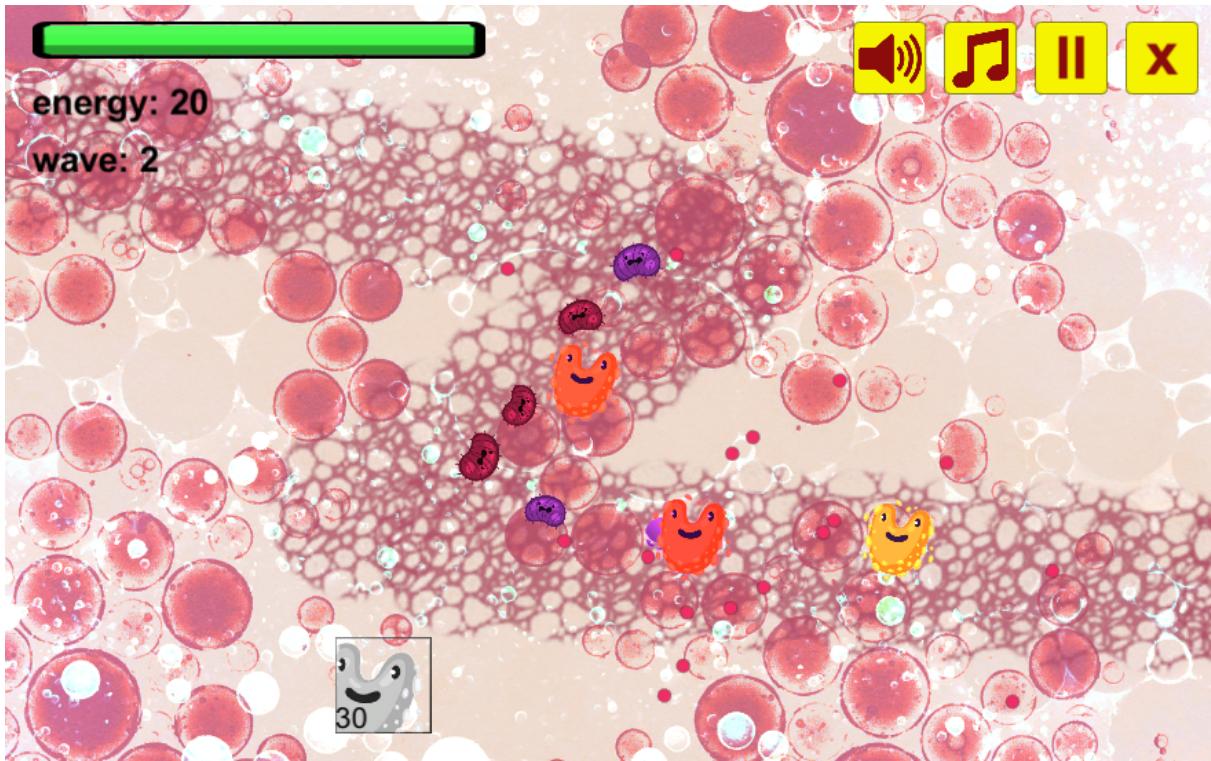


FIGURE 4 – Illustration du déroulement du jeu : niveau 4

À chaque fois que le joueur réussit un niveau, il reçoit un code qui lui permettra de revenir là où il s'est arrêté lorsqu'il redémarre le jeu. Puisque le jeu n'est pas en phase finale de production et afin de simplifier les démonstrations, le code a été implémenté comme étant tout simplement le numéro du dernier niveau débloqué. Dans une version finale du jeu, ce code devrait être cryptique pour le joueur et pourrait contenir plus d'information, comme par exemple la quantité de points obtenus jusque là par le joueur.

3 Implémentation

Le jeu a été implémenté en Unity, version 2020.1.8f1, avec le framework FyFy pour la méthodologie ECS. Le diagramme ECS utilisé pour le développement du jeu est donné dans l'Annexe A. Ce diagramme a été construit au fur et à mesure du développement du jeu. Nous sommes partis d'un squelette avec moins d'entités, composantes et systèmes, et à chaque nouvelle fonctionnalité implémentée dans le jeu le diagramme a été enrichi avec les entités, composantes et systèmes nécessaires pour implémenter la fonctionnalité. Il n'est pas exhaustif car on a aussi des objets de jeu qui n'y figurent pas, puisqu'ils sont liés aux graphisme et à l'interface utilisateur, comme les boutons, les textes, les canevas, les cartes des niveaux, etc. Ces éléments sont bien implantés selon le paradigme ECS et on les retrouve dans le code à travers des familles de FyFy, mais leur représentation dans le diagramme nuirait à sa visualisation et sa compréhension.

Nous avons remarqué que, si l'on essaie de charger le projet sur d'autres versions d'Unity, plus anciennes ou plus récentes que la 2020.1.8f1 utilisée dans le développement, le projet ne s'ouvre pas correctement et plusieurs erreurs apparaissent. À cause de cela, on insiste sur le fait qu'il faut utiliser la même version d'Unity pour être capable d'ouvrir correctement le projet. Les versions compilées en exécutable Windows et en HTML sont aussi rendues avec ce rapport.

Puisqu'il s'agit d'un projet long, l'organisation et le partage de tâches ont joué un rôle fondamental dans son bon développement. Nous avons utilisé Github pour le contrôle de

version et pour faciliter le partage du code et des différentes parties à implémenter. Le dépôt Github utilisé est publique et disponible à l'adresse <https://github.com/Titanmito/Immunocalypse>, et son historique de plus de 50 *commits* réalisés permet de voir le déroulement du développement du projet le long des 4 mois dont on disposait. La coordination et la communication entre les développeurs du projet a été faite en utilisant Discord, afin de pouvoir garder contact et discuter du projet même sous les conditions difficiles due à la pandémie, empêchant les rencontres en présentiel.

A Diagramme ECS

Les deux prochaines pages contiennent le diagramme ECS utilisé dans le développement du jeu.

Entities

Virus	Bactérie	Macrophage	Lymphocyte	Vaccin
Can_Move	Can_Move	Price	Price	Price
Has_Health	Has_Health	Can_Attack	Anticorps_Factory	Vaccin
Attack_J	Attack_J		Lymphocyte	
Create_Particles_After_Death	Create_Particles_After_Death			
Virus	Bacterie			
Antibiotique	Joueur	Anticorps	Level	VirusParticle
Price	Bank	Can_Move	Spawn	Lifespan
Efficiency	Has_Health	Has_Health	Active_Lvl.Buttons	BacterieParticle
	Current_Lvl	Lifespan		Lifespan
	Score	Can_Attack		
		Anticorps		

Components

Can_Move	Has_Health	Can_Attack	Attack_J	Spawn
- move_speed - checkpoints - target_final - spawn_point - arrived	- max_health - health	- attack_speed - strength - range - last_attack	- has_attacked - strength	- nb_waves - nb_enemies - hp_enemies - atk_enemies - speed_enemies - size_enemies - energy_sec - energy_enemy - energy_start - score_enemy - wait_time - spawn_prog - energy_prog - add_enemies - lvl_spawn_point - lvl_checkpoints - lvl_target_final - virus1_prefab - virus2_prefab - bacterie1_prefab - bacterie2_prefab - macro_prefab - macro_shadow_prefab - lypm1_prefab - lypm1_shadow_prefab - lypm2_prefab - lypm2_shadow_prefab - anti_prefab - vaci_prefab
Score	Bank	Anticorps_Factory	Active_Lvl.Buttons	
- lvl_score - max_scores	- init_energy - energy	- wait_time - spawn_prog - anti_prefab	- macro_button - lypm1_button - lypm2_button - anti_button - vaci_button - des_virus1 - des_virus2 - des_bacterie1 - des_bacterie2 - des_cancel - back_from_lv_button - menu_from_lv_button - mute_sound_button - mute_music_button	
Efficiency	Create_Particles_After_Death	Current_Lvl		
- nb_used	- particles_number - explosion_force - particles_prefab	- current_scene - unlocked_scene - max_scene		
Price				
- energy_cost				
Lifespan	Anticorps	Lymphocyte	Vaccin	
- lifespan	- type	- type		
Bactérie	Virus			
- type	- type			

Components used on UI GameObjects

Menu	Msg_Fin	Help	Prefab_link
- menu_nb	- txt_nb	- help_nb - type	- prefab
Tips	Lvl.Buttons	Shadow	Mute_Canvas
- lvl_nb	- button_nb		

Systems

Movement_System

Moves all entities that can move thru the level towards their targets.

Attack_System

Actualize the HP of each entity that has health and not bank, going thru each entity that attacks and seeing if they have an entity that has health close enough and if they can attack.

Attack_J_System

Actualize the HP of each entity that has health and bank (aka the Joueur) using Attack_J

Spawn_System

Creates new enemies each wave (waves have some time between them) until nb_waves.

Anticorps_System

Creates new Anticorps, goes thru each Lymphocyte to do that.

Spe_Power_System

If a special power was used this iteration, applies its powers.

Destruction_System

Destroys all enemies who have zero or negative HP. It controls the bonus of energy given to the player for each killed enemy.

Energy_System

Actualizes the energy of the Joueur. It also creates the new unities the Joueur tries to put in the level, but only if they have enough energy to cover costs.

Tower_Animation_System

Turns a coroutine that makes towers "move". They get rhythmically bigger and smaller so as to give the impression of mouvement.

Load_Scene_System

Responsible for the changing of scenes, controls when a level ends. If the Joueur has zero or negative HP, it ends the level. It also controls the menus in the MasterScene.

Lvl_Button_Control_System

Responsible for the activation/deactivation of buttons in level scenes, so that we can control what the player can use/build. This enables us to control the difficulty, and present each element in different levels.

The buttons for the choice of vaccine are controlled by Energy_System because they rely on the vaci_button that is controlled there.

Special_Powers_Effects_System

Turns a coroutine that makes the screen pulse in green when the antibiotique is used and in blue when the vaccin is used.

Tower_Attack_Effects_System

Turns a coroutine that makes towers pulse in red when they attack or create an anticorps.