



G <sub>L</sub> A <sub>A</sub> M <sub>B</sub> E

# IMMUNIOS

Un jeu de société éducatif sur le système immunitaire,  
destiné aux élèves de maturité gymnasiale vaudoise.

Cindy TANG

cindy.tang@alumni.epfl.ch

Étudiante de Master en Humanités Digitales

EPFL

Supervisée par

David JAVET

david.javet@unil.ch

Membre fondateur du  
GameLab UNIL-EPFL

Yannick ROCHAT

yannick.rochat@unil.ch

Membre fondateur du  
GameLab UNIL-EPFL

Dans le cadre du

Projet de semestre en Humanités Digitales

EPFL

Rédigé le 7 juin 2024

Révisé le 9 juillet 2024



---

## Remerciements

Un GRAND MERCI aux personnes, listées ci-dessous par leurs initiales, qui ont testé *Immunios* et qui ont donné de précieux retours contribuant à l'avancement du projet !

A. B.	A. G.	A. K.	A. L.	B. M.	C. C.	C. M.	C. P.
C. S.	D. J.	D. P.	D. T.	E. A.	E. S.	F. M.	G. B.
G. R.	J. A.	J. D.	J. D.	J. I.	J. T.	J. V.	L. I.
L. M.	L. N.	M. D.	M. F.	M. H.	M. J.	M. P.	N. B.
N. C.	N. L.	N. P.	P. G.	R. C.	R. L.	S. B.	S. K.
S. L.	S. T.	T. M.	T. M.	V. N.	V. T.	Y. R.	

Merci particulièrement à David Javet et Yannick Rochat qui m'ont suivi dans ce projet et qui m'ont fait découvrir l'art du game design.

Merci à Kathleen Collins qui s'est occupée de l'administration pour que ce projet puisse avoir lieu.

Et, merci à Catherine Chau Van qui m'a enseigné la biologie au gymnase et qui a été très enthousiaste face à ce projet.

---

## Résumé

L'objectif du projet est de concevoir un jeu de société éducatif sur le fonctionnement du système immunitaire humain, destiné à être joué en classe de biologie par des élèves de maturité gymnasiale vaudoise en option biologie-chimie. Le projet explore les questions suivantes : Quel est le processus de conception d'un jeu ? Comment transmettre à travers un jeu des notions enseignées sur le système immunitaire au gymnase ? Comment concevoir un système de jeu qui répond aux contraintes associées au contexte de la salle de classe ? Nous avons ainsi créé *Immunios*, un jeu de cartes collaboratif, simple et rapide à jouer, permettant aux élèves de se familiariser avec le vocabulaire et les concepts abstraits et complexes du système immunitaire à travers une expérience concrète et ludique. Cependant, d'après les tests de jeu réalisés, la version actuelle présente encore certaines limitations, notamment une rejouabilité restreinte, quelques difficultés à comprendre les règles du jeu au premier abord, et la nécessité de revérifier certains concepts scientifiques intégrés.

---

## TABLE DES MATIÈRES

### Table des matières

1 Motivation	1
2 État de l'art	2
3 Méthodes	3
4 Présentation du Jeu	6
5 Choix de Design	7
6 Résultats	12
7 Conclusion	15
A Game Design Document	21
B Archives	23



## 1 Motivation

*Life is more fun if you play games.*

- Roald Dahl.

Comme le souligne Roald Dahl, écrivain britannique, notamment connu pour son roman *Charlie et la Chocolaterie*, la vie est plus amusante lorsque vous jouez. Alors, pourquoi ne pas inclure le jeu dans le milieu académique pour rendre l'apprentissage plus amusant ?

Le jeu peut être perçu comme un système dynamique avec lequel les joueur·se·s interagissent. Ce système propose un but à atteindre, fournit des ressources à disposition, et impose des limites régies par des règles. Les joueur·se·s explorent alors comment utiliser leurs ressources efficacement afin d'atteindre leurs objectifs dans la limite des règles. Si les jeux sont des systèmes du point de vue de la pensée systémique, ils sont aussi des œuvres créées pour exprimer des idées, transmettre des informations et fournir des expériences [8, 14].

Les jeux éducatifs, en particulier, intègrent des objectifs pédagogiques dans leurs mécanismes, permettant aux joueur·se·s d'apprendre tout en s'amusant. Ils exploitent le potentiel du jeu pour faciliter la transmission de l'information, ainsi que pour transformer des concepts abstraits en expériences concrètes. De nombreuses études ont mis en lumière les impacts positifs du jeu sur l'apprentissage. Par exemple, le jeu peut favoriser la motivation, l'engagement, l'intégration de l'information, la structuration de la pensée, et la résolution de problèmes [5, 9, 10, 13]. D'un point de vue neurologique, le jeu peut augmenter le volume et la plasticité cérébraux, ainsi qu'améliorer la coordination œil-main, les capacités de mémoire et l'acuité visuelle [1, 6].

Les jeux de société offrent en plus un cadre social physique où les joueur·se·s peuvent se rencontrer et interagir directement, favorisant ainsi le développement des compétences en relations sociales, en communication et en coopération [3, 7, 9, 10].

Dans le projet présent, nous avons choisi de concevoir un jeu de société éducatif sur le fonctionnement du système immunitaire humain, destiné à être joué en classe de biologie par des élèves de maturité gymnasiale vaudoise. Ce choix s'explique par le fait que le système immunitaire est une matière particulièrement complexe pour les élèves, souvent abordée en

## 2 ÉTAT DE L'ART

---

fin de programme d'études. De plus, dû au manque de travaux pratiques sur ce sujet, ce jeu peut également servir de substitut, comblant ainsi cette lacune.<sup>1</sup>

Le projet aborde ainsi les questions : Quel est le processus de conception d'un jeu ? Comment transmettre à travers un jeu des notions enseignées sur le système immunitaire au gymnase ? Comment concevoir un système de jeu qui répond aux contraintes associées au contexte de la salle de classe ?

## 2 État de l'art

En explorant la littérature scientifique portant sur les jeux de société éducatifs sur le système immunitaire, plusieurs études ont souligné leur efficacité pour aider les élèves à visualiser et à comprendre les interactions entre les différents composants de ce système. Ces jeux sont parvenus à transformer une matière perçue comme difficile et abstraite en une expérience motivante et engageante, facilitant ainsi l'apprentissage [4, 11, 12].

Nous avons également étudié des jeux abordant le thème de l'immunologie, conçus pour un public plus large, afin d'identifier les éléments qui pourraient être pertinents ou non pour notre projet.

Parmi ceux-ci, *ImmunoWars*<sup>2</sup> est un jeu de société imaginé par deux étudiants de l'Université de Leyde, Rafael Jezior et Dennis de Beeld. Leur but est de présenter la science médicale, la biologie et l'immunologie de manière ludique. Dans ce jeu, les joueur·se·s attaquent leurs adversaires avec des bactéries et des virus infectieux, tout en se protégeant avec des cellules immunitaires et des traitements médicaux. La ludification de la science rend ces concepts complexes plus accessibles au grand public, comblant ainsi le manque de compréhension qui peut conduire à la désinformation. Cependant, l'esprit du jeu repose sur une compétition entre les joueur·se·s, avec une part d'agressivité qui n'a pas été retenue dans notre initiative.

---

1. Ces informations proviennent d'une discussion ayant lieu le 26 février 2024 avec Catherine Chau Van, enseignante de biologie au Gymnase d'Yverdon.

2. <https://immunowars.io>

Un autre exemple est *Pandemic*<sup>3</sup>, un jeu coopératif où les joueur·se·s travaillent ensemble pour arrêter des épidémies mondiales. Chaque joueur·se a un rôle particulier et doit coopérer avec les autres pour éradiquer les maladies avant qu'elles ne se propagent. Conçue par le game designer Matt Leacock et publiée pour la première fois aux États-Unis en 2007, la gamme de jeux *Pandemic* comprend désormais de nombreuses extensions à travers le monde. Ce jeu de plateau est toutefois assez riche en termes de matériel et de règles, avec une durée de jeu annoncée de quarante-cinq minutes, ce qui serait peu pratique pour une utilisation en classe.

Plus proche de notre projet, *Krobs*<sup>4</sup> est un jeu de cartes éducatif, rapide et simple à jouer. Mené par le Professeur Gilbert Greub de l'Institut de Microbiologie à Lausanne, son objectif est de sensibiliser le public aux microbes environnants, à leurs modes de transmission, ainsi qu'aux mesures préventives pour s'en protéger. La partie se joue entre deux et quatre joueur·se·s en une quinzaine de minutes. Le jeu comporte des cartes de cinq couleurs différentes représentant différents types d'exposition aux microbes, et des jetons de temps symbolisant la gravité des maladies. Les cartes sont illustrées avec très peu de texte et intègrent des codes QR renvoyant vers des descriptions approfondies sur le sujet scientifique concerné. Bien que ce choix rende le jeu visuellement attrayant, il nécessite l'utilisation de dispositifs électroniques supplémentaires pour accéder à ces renseignements, une option que nous avons préféré écarter pour notre jeu.

## 3 Méthodes

Dans le game design, l'empathie occupe une place fondamentale. Il s'agit de se mettre à la place des joueur·se·s, de comprendre leurs besoins, leurs motivations, leurs comportements et leurs émotions afin de créer des expériences enrichissantes. La création d'un jeu est aussi la synthèse du travail de nombreuses disciplines, qui doivent fonctionner harmonieusement pour offrir cette merveilleuse expérience. Cela inclut un gameplay engageant, un visuel attrayant, une narration immersive, une conception fluide de l'expérience utilisateur, ainsi qu'une mise en œuvre soignée [8, 14].

---

3. <https://www.zmangames.com/en/products/pandemic>  
4. <https://krobs.ch>

### **3 MÉTHODES**

---

#### **3.1 Définition des Objectifs**

Tout d'abord, il a été primordial de définir les objectifs du projet, le public cible, l'environnement de jeu, ainsi que les raisons et la manière dont le jeu sera joué. Pour cela, nous avons mené des discussions avec des enseignant·e·s de biologie de gymnase afin de mieux comprendre leurs besoins et leurs attentes vis-à-vis du jeu qui sera proposé. Cette étape initiale nous a permis d'identifier les différentes contraintes auxquelles le jeu devra répondre.

Sur cette base, nous avons rédigé un Game Design Document (voir Annexes A) décrivant de manière concise les intentions de design, qui nous serviront de boussoles lors des futures prises de décisions. Ce document a été mis à jour au fur et à mesure de l'avancement du projet.

#### **3.2 Processus Itératif de Création**

Une fois nos objectifs définis, nous sommes entré·e·s dans un processus itératif de création. Celui-ci peut être décomposé en trois parties : la réflexion, la production et le test.

##### **3.2.1 Réflexion**

Durant la phase de réflexion, le but a été de s'imaginer la partie de jeu, de se poser les bonnes questions et d'y chercher les solutions afin de minimiser l'apparition de problèmes lors des phases suivantes. Nous nous sommes posé·e·s des questions telles que : Quels contenus scientifiques devraient être inclus dans le jeu ? Quel serait le type de jeu le plus adapté ? Quel serait le nombre de joueur·se·s idéal ? Que se passerait-il autour de la table ? Quel serait le matériel nécessaire au jeu ? Comment le matériel serait-il disposé sur la table et comment serait-il manipulé par les joueur·se·s ? Quelles informations seraient présentes sur le matériel de jeu, et comment seraient-elles mises en page ? Quel serait le style graphique et lexical le mieux adapté ? Et bien d'autres encore...

Afin de trouver des réponses à ces questions, nous avons consulté la littérature scientifique et analysé des jeux existants. Cette démarche nous a permis de trouver des sources d'inspiration et d'examiner les mécaniques de jeu, les styles graphiques et textuels qui pourraient être pertinents pour notre projet.

### 3.2.2 Production

Nous avons utilisé *Figma*<sup>5</sup>, un éditeur de graphiques vectoriels, pour la création des cartes et des règles du jeu. Les graphismes ont ensuite été exportés au format *Portable Document Format* (PDF) pour être imprimés à l'aide des imprimantes *Canon iR-ADV C5860* à l'EPFL. Celles-ci ont offert une qualité d'impression suffisante permettant une bonne lisibilité. Enfin, les cartes de 63 x 88 millimètres ont été découpées et placées dans des pochettes plastiques de 66 x 91 millimètres, en vente dans les magasins de jeux, par exemple.

### 3.2.3 Test

Une fois le prototype du jeu prêt, nous avons procédé à des tests de jeu. Avant la session de jeu, il a été nécessaire d'expliquer le contexte du projet aux testeur·se·s et de les encourager à jouer selon leur propre compréhension du jeu, même si cela ne correspondait pas à nos attentes initiales. De plus, les retours et les commentaires ont été recueillis à la fin de la partie pour ne pas perturber la dynamique du jeu. Les aspects observés pendant les tests de jeu ont inclus le temps de lecture des règles, la durée de chaque partie, les incompréhensions, les interactions entre les joueur·se·s, ainsi que leurs réactions et leurs émotions.

Les prototypes du jeu ont été testés par des professionnel·le·s ou passionné·e·s du jeu, des personnes sans connaissances préalables sur le système immunitaire, des (ancien·ne·s) étudiant·e·s en sciences de la vie, des enseignant·e·s de gymnase en biologie, en mathématiques et en informatique, ainsi qu'une classe de gymnasien·ne·s de première année et une classe de gymnasien·ne·s de deuxième année de maturité en option spécifique biologie-chimie.

Il y a également eu une phase de vérification de l'exactitude de la matière scientifique contenue dans le jeu. Cette vérification a été effectuée en consultant le livre *Campbell Biology* [2], l'ouvrage de référence pour les cours de biologie dans les gymnases vaudois, ainsi qu'en récoltant les avis des enseignant·e·s de biologie.

À la fin de chaque phase de test, nous avons évalué ce qui fonctionnait bien et moins bien, puis nous sommes retourné·e·s à la phase de réflexion pour itérer le processus, et ainsi améliorer le jeu de manière continue.

---

5. <https://www.figma.com>

### 3.3 Organisation

Enfin, pour mener à bien ce projet, une bonne organisation a été essentielle. Nous avons tenu un journal de bord pour documenter toutes les idées, les discussions, les notes des tests de jeu et les tâches accomplies au long des six mois de développement. De plus, il a été nécessaire de prendre du temps pour planifier les réunions avec les superviseur·e·s et les enseignant·e·s au gymnase, ainsi que les différentes sessions de tests de jeu.

## 4 Présentation du Jeu

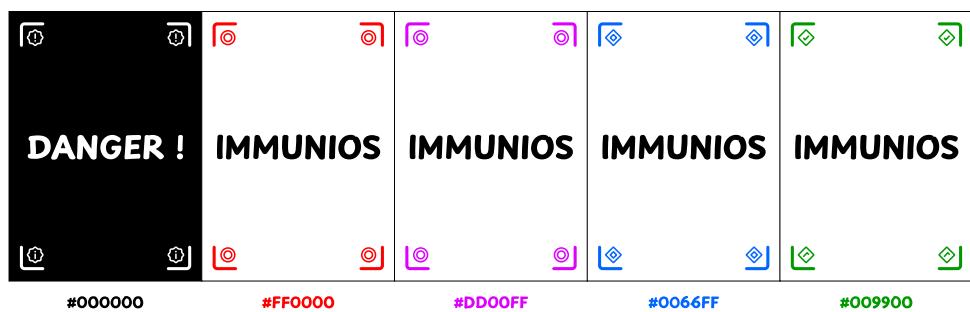
*Immunios* est un jeu de cartes éducatif sur le fonctionnement du système immunitaire humain, destiné aux élèves de maturité gymnasiale vaudoise en option spécifique biologie-chimie. Il est principalement conçu pour être utilisé par les enseignant·e·s lors de leurs cours de biologie, en tant qu'introduction à la matière. L'objectif est d'aider les élèves à se familiariser avec le vocabulaire et les concepts abstraits et complexes du système immunitaire à travers une expérience concrète et ludique, ainsi que de leur donner envie d'en apprendre davantage sur la matière. De plus, ce jeu de société collaboratif vise à améliorer les compétences en communication, en travail en équipe, en structuration de la pensée et en résolution de problèmes des élèves.

En se plongeant dans le monde des cellules immunitaires, les joueur·se·s sont amené·e·s à collaborer pour défendre un corps contre les dangers qui y surviennent. Une partie se joue en une quinzaine de minutes, avec trois à quatre joueur·se·s assis·e·s autour d'une table. Les dangers apparaissent les uns après les autres au centre de la table. Pour écarter le danger présent, les joueur·se·s construisent ensemble une cascade d'événements avec leurs cartes en main. Il n'y a pas de tour de jeu, chacun·e peut jouer ou défausser une carte de sa main à tout moment pour la renouveler avec une nouvelle carte de sa pile de pioche personnelle. Au fil du jeu, les joueur·se·s se familiarisent avec les étapes de la cascade d'événements et avec le vocabulaire scientifique en se communiquant les noms des cartes.

Pour son utilisation en classe, la durée d'une période de cours de 45 minutes peut être répartie comme suit : 5 minutes pour l'introduction au jeu, 5 minutes pour la lecture des règles, 15 minutes pour la première partie, 10 minutes pour une deuxième partie (et éventuellement

une troisième pour les plus rapides), et 10 minutes pour une discussion à la fin. Le jeu peut être également utilisé lors d'une séance de travaux pratiques sur une durée de deux périodes de cours. Dans ce cas, la première période peut être dédiée au jeu, puis la deuxième à une présentation plus théorique expliquant les liens entre le jeu et la matière scientifique.

Les cartes et les règles du jeu *Immunios* peuvent être visualisées sur les Figures 2, 3 et 4.<sup>6</sup>



**Figure 2** – Les dos des cartes du jeu *Immunios*, avec le code hexadécimal des couleurs utilisées en dessous.

## 5 Choix de Design

Nos choix de design ont visé à satisfaire les objectifs et les contraintes précédemment fixés. Plus précisément, notre objectif était d'aider les élèves à se familiariser avec le vocabulaire et les concepts du système immunitaire, tout en leur donnant envie d'en apprendre davantage. Les contraintes incluaient la nécessité de maintenir l'exactitude scientifique des concepts introduits, de garantir l'engagement de tou-te-s les participant-e-s tout au long de la période de jeu, de faciliter l'intégration des règles et de maintenir un temps de jeu court.

L'évolution des versions de *Immunios* peut être visualisée dans les Annexes B.

6. À noter que si vous consultez le document sur un écran digital, il est probable qu'il y ait une différence entre les couleurs affichées et celles imprimées sur le jeu.

## 5.1 Choix Éducatifs

Un grand défi a été de trouver un moyen de faire passer une quantité d'informations complexes de manière ludique, et de trouver un bon équilibre entre l'informatif et le ludique.

La première étape a consisté à délimiter le contenu d'informations à transmettre, car le jeu ne peut couvrir l'entièreté de la matière enseignée dans le programme d'études. Il a été préférable de transmettre un nombre limité d'informations de manière efficace plutôt que de surcharger avec une grande quantité d'informations qui pourrait mener à la confusion. Étant destiné à des élèves sans connaissance préalable sur le sujet, *Immunios* s'est uniquement concentré sur les concepts de base. L'objectif a été de créer un cœur de jeu solide avec un nombre restreint de cartes différentes, en ajoutant progressivement d'autres cartes si nécessaire. La version 1 comportait onze cartes IMMUNIOS et trois cartes DANGER, tandis que la dernière version comprenait dix cartes IMMUNIOS et cinq cartes DANGER. À son maximum, la version 6 incluait onze cartes IMMUNIOS et six cartes DANGER.

Nous avons choisi de placer le concept de cascade d'événements au cœur du jeu, car ce concept est important et fréquemment rencontré en biologie. De plus, nous avons décidé de ne pas faire de compromis sur l'utilisation du vocabulaire scientifique. Les termes scientifiques employés ont dû être précis et exacts, même s'ils se sont avérés longs et complexes.

À partir de la version 4, nous avons ajouté de courts textes explicatifs au bas des cartes, offrant des informations supplémentaires sur le fonctionnement du système immunitaire. La lecture de ces textes n'est pas obligatoire pour le jeu, car nous avons souhaité encourager les joueur·se·s à les lire sans les contraindre. Nous avons raccourci les textes au maximum pour ne pas décourager la lecture. À partir de la version 5, ces textes ont été écrits dans la couleur correspondant au type de carte afin de les rendre plus attractifs. Lors des tests, la lecture de ces textes a été variable, parfois ils ont été lus, parfois non. Lorsque cela s'est produit, la description la plus mémorable a été celle du MACROPHAGE :

*Mon nom vient du grec : macro = gros / phagein = manger -> macrophage = gros mangeur.*

Pour tirer *Immunios* vers le côté ludique, nous nous sommes inspiré·e·s de jeux comme *Dobble*, *Exploding Kittens* et *5-Minute Dungeon*. Ces jeux se caractérisent par leur rapidité, leur style

graphique et textuel ludique, voire même chaotique, ce qui rend l'expérience de jeu plus dynamique et engageante.

## 5.2 Choix de Mécaniques de Jeu

Afin de modéliser la cascade d'événements, nous avons tiré nos inspirations des jeux *Krobs* et *7 Wonders* qui incluent une mécanique de chaînage des cartes.

Le choix de concevoir un jeu coopératif s'est expliqué par plusieurs raisons. D'abord, ce choix est en cohérence avec le thème du jeu, le système immunitaire, dans lequel les cellules du corps collaborent pour éliminer les agents pathogènes. L'objectif a été que les élèves se mettent dans la peau des cellules immunitaires et ressentent le même besoin de coopérer pour éliminer les dangers. De plus, un jeu collaboratif peut favoriser l'esprit d'équipe et la communication entre les joueur·se·s, des compétences transversales requises durant la formation gymnasiale.

Avec l'objectif de créer des interactions naturelles entre les joueur·se·s, nous avons souhaité trouver une mécanique de jeu qui incite à la collaboration sans la forcer. Pour cela, nous avons réparti équitablement les ressources (les cartes IMMUNIOS) au sein de l'équipe. Une personne, à elle seule, ne peut pas éliminer tous les dangers, car elle n'aurait pas suffisamment de ressources en main. Les tests de jeu ont montré que cette mécanique fonctionne bien. L'implication des différent·e·s joueur·se·s était équilibrée, tou·te·s ont participé et interagi en se demandant les cartes à haute voix.

Nous avons défini un nombre de joueur·se·s compris entre trois et quatre par jeu, dans le but de maintenir la participation active de chaque élève au jeu, sans encombrer l'enseignant·e avec un nombre excessif d'exemplaires.

Dès le début du prototypage, l'un des points faibles identifié a été le manque d'agentivité et de dynamisme. Dans la version 1, lorsqu'aucun danger n'était présent sur la table, les joueur·se·s ont simplement attendu leur tour pour tirer une carte. Puis lors de l'apparition d'un danger, le jeu est resté assez robotique, car il a suffi de faire correspondre les noms des cartes sans nécessité de stratégie particulière.

## 5 CHOIX DE DESIGN

---

Pour remédier à ce manque de dynamisme et de stratégie, les versions 2 à 4 ont tenté d'inverser les informations de chaînage des cartes. Au lieu de connaître toutes les cartes pouvant être posées sur une carte donnée, les joueur·se·s connaissaient sur quelles cartes une carte en question pouvait être posée. Cela a rendu le jeu plus complexe, car il n'a pas été évident de savoir s'il existait d'autres enchaînements possibles à chaque étape. Les tests de jeu ont montré que cette mécanique était trop complexe, moins intuitive, moins dynamique et moins motivante.

Par conséquent, la version 5 a repris la mécanique de la version 1, mais en supprimant les tours de jeu, permettant à tout le monde de jouer à tout moment. De plus, les dangers apparaissaient les uns après les autres, amenant en permanence un problème à résoudre sans temps d'attente. Ces changements ont montré les résultats attendus lors des tests de jeu. Cependant, le niveau d'agentivité et de stratégie est resté relativement limité. Par exemple, lorsqu'une équipe est bloquée et doit se défausser d'une carte pour en tirer une nouvelle, une personne se dévouait au hasard pour défausser une carte au hasard.

Pour améliorer cette situation, entre les versions 6 et 8, ont été ajoutées des indications sur le dos des cartes concernant leur type. Cela a servi d'indice pour aider les joueur·se·s à choisir la prochaine personne à piocher une carte lorsqu'ils étaient bloqué·e·s.

D'autres solutions proposées consisteraient à ajouter des cartes avec des actions spéciales pour briser le rythme répétitif du jeu, ou à offrir des récompenses pour chaque danger résolu.

### 5.3 Choix Graphiques

Les choix graphiques se sont concentrés sur un design simple et minimaliste, n'incluant que les éléments essentiels. Nous avons uniquement utilisé des couleurs unies, sans dégradés, pour donner un aspect simple et solide. La palette de couleurs a évolué au fil des versions pour obtenir des couleurs plus ressortantes à l'impression sur papier. De plus, les couleurs choisies pour les cellules de l'immunité innée et de l'immunité adaptative sont relativement proches, tout comme celles des événements et des événements finaux, pour refléter la proximité de leur nature.

La typographie utilisée est *Playpen Sans*<sup>7</sup>, créée par la fonderie *TypeTogether*. Chaque caractère dispose de sept alternatives qui varient automatiquement en fonction des caractères voisins, évitant ainsi les formes répétitives. Cela confère un style manuscrit organique, spontané et authentique pour bien accompagner *Immunios*. Trois graisses parmi les huit proposées ont été utilisées : *regular* pour le texte, *extra-bold* pour le type des cartes et le nom du jeu, et *light* pour les titres des sections dans les règles du jeu. En plus de l'utilisation des graisses pour différentier les hiérarchies textuelles, nous avons également utilisé l'écriture en majuscule pour distinguer les titres des corps de texte.

Par ailleurs, nous avons utilisé des pointillés pour délimiter les différentes sections afin d'apporter une touche légère et organique, complémentaire à la typographie choisie.

Les icônes présentes ont été prises, puis modifiées à partir de la famille d'icônes *Phosphor*<sup>8</sup>. Les représentations graphiques des dangers sont restées factives et fortement simplifiées, mettant l'accent sur la compréhension des concepts plutôt que sur la reconnaissance des apparences réelles. Dans cet esprit, nous avons choisi de ne pas représenter graphiquement les cellules immunitaires, afin de privilégier la compréhension des concepts, d'éviter d'introduire des biais liés à leur représentation et de laisser libre cours à l'imagination des élèves.

Dans la version 7, nous avons exploré l'idée de concevoir une icône distinctive pour chaque carte, mais cela a enlevé la nécessité de lire les noms des cartes et donc l'intégration du vocabulaire scientifique.

Pour des raisons pratiques, le matériel du jeu s'est limité à des cartes et à des règles du jeu en papier pour potentiellement permettre aux enseignant·e·s de fabriquer eux·elles-mêmes le jeu à partir des fichiers PDF. Le format classique des cartes, 63 x 88 millimètres, a été choisi pour faciliter la recherche de pochettes plastiques adaptées. De plus, les règles du jeu, une fois repliées, occupent les mêmes dimensions que les cartes, facilitant ainsi leur rangement.

Afin d'améliorer la clarté des règles du jeu, leurs dimensions, initialement trois fois celles des

---

7. <https://github.com>TypeTogether/Playpen-Sans>

8. <https://phosphoricons.com>

## 6 RÉSULTATS

---

cartes, ont été augmentées à quatre fois dans la version 5, puis à huit fois dans la dernière version pour répondre à la demande des testeur·se·s d'agrandir la taille des schémas.

### 5.4 Choix Lexicaux

Le nom du jeu, *Immunios*, est une composition des termes latins *immunis* et *unios*, faisant référence respectivement aux notions de l'immunité et de l'union.

Pour susciter de l'empathie envers les cellules immunitaires, les textes les concernant ont été écrits à la première personne. Tandis que pour les événements, nous avons opté pour une description neutre de l'événement à la troisième personne, afin de différencier les cellules vivantes représentées par les cartes CELLULE des molécules non-vivantes présentes sur les cartes ÉVÉNEMENT.

La rédaction des règles du jeu a été un défi de taille. Il a fallu être concis, en choisissant soigneusement le vocabulaire pour que le texte prenne le minimum de place tout en étant clair et ne susciter aucun questionnement de la part des lecteur·rice·s. La syntaxe et le vocabulaire ont dû suivre une logique cohérente. Nous avons opté pour le mode impératif afin d'être plus direct·e·s et de favoriser l'engagement et la proximité auprès de notre lectorat. Des phrases exclamatives ont été utilisées pour dynamiser le texte, et des émoticônes ont été introduites pour alléger l'ambiance sérieuse dans l'éducation. À la fin des paragraphes, l'utilisation de *Et, ... a cherché à marquer une petite pause avant la conclusion. Bien qu'il soit souvent enseigné à l'école qu'il ne faut pas commencer une phrase avec des conjonctions de coordination, ce choix a visé à casser ce code et à tendre vers un texte moins scolaire.*

## 6 Résultats

Les résultats suivants se sont concentrés sur les tests de jeu effectués avec la dernière version (version 8) de *Immunios* dans des classes de gymnasien·ne·s en école de maturité en option biologie-chimie qui n'ont pas encore vu le cours sur le système immunitaire. Avec un nombre limité de testeur·se·s, nous avons mené nos analyses de manière qualitative plutôt que quantitative, en nous basant sur les observations faites pendant les tests, les discussions entreprises après les tests, et les réponses recueillies via le questionnaire (voir Figure 16).

Le premier test s'est déroulé avec une classe de treize élèves de deuxième année. Deux équipes de trois joueur·se·s et deux équipes de quatre joueur·se·s ont été constituées, avec l'enseignant intégré dans l'une d'entre elles.

Le deuxième test a eu lieu pendant des sessions de travaux pratiques sur deux périodes avec des élèves de première année. La classe était alors divisée en deux. La première session s'est tenue avec neuf élèves réparti·e·s en trois équipes de trois. La deuxième session s'est tenue avec onze élèves réparti·e·s en une équipe de trois et deux équipes de quatre. Avec un temps plus long à disposition, des explications supplémentaires sur le lien entre le jeu et la matière scientifique ont été présentées pendant la deuxième période.

Globalement, les objectifs et les contraintes posés au départ ont été remplis.

Par exemple, le temps de lecture des règles s'est maintenu autour des cinq minutes. La durée de jeu est restée stable, la première partie a duré environ quinze minutes, la deuxième environ dix minutes, et la troisième environ cinq minutes. Dès la deuxième partie, la plupart des joueur·se·s ont joué de manière conforme aux attentes.

De plus, les joueur·se·s se sont communiqué·e·s à haute voix les noms des cartes et donc les termes scientifiques complexes que nous avons souhaité transmettre. En particulier, les retours des élèves de deuxième année ont indiqué que le jeu les a aidé·e·s à se familiariser avec les mots difficiles et les concepts de base du système immunitaire. Certain·e·s ont apprécié la possibilité d'apprendre plus facilement en jouant, et ont positivement souligné les petits textes explicatifs au bas des cartes.

Une question bonus, *Quelle est ta carte préférée du jeu ?*, a été incluse dans le questionnaire pour vérifier si les élèves ont retenu des termes scientifiques et lesquels les ont le plus marqué·e·s. Vingt-neuf personnes sur trente-quatre ont répondu à la question. Parmi les réponses des élèves de deuxième année, toutes ont contenu des termes scientifiques, avec une majorité pour le MACROPHAGE et la PHAGOCYTOSE. Les termes PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE, LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES, et CELLULE ADAPTATIVE ont chacun été mentionnés une fois. Dans la classe de première année, huit réponses ont inclus le MACROPHAGE ou la PHAGOCYTOSE, deux réponses ont mentionné la LIBÉRATION DE CYTOKINES,

## 6 RÉSULTATS

---

une a mentionné le LYMPHOCYTE B et une a mentionné la CELLULE CANCÉREUSE. Cinq autres réponses ont cité *la carte verte +3*, suggérant un intérêt pour les cartes ayant un impact sur le jeu plutôt que pour les termes scientifiques.

Dans l'ensemble, le jeu a été bien accueilli. Parmi les commentaires, le jeu a été qualifié comme *original, amusant, ludique, drôle, sympathique, facile à jouer, permettant de jouer en groupe et de passer un bon moment.*

En termes de dynamique de classe, il y a eu un silence initial lors de la lecture des règles. Après environ cinq minutes, certain·e·s ont commencé à se poser des questions pour mieux comprendre les règles du jeu. Pendant la première partie, les élèves ont découvert le jeu et se sont concentré·e·s pour le comprendre, le rythme est resté relativement lent. Au bout de dix à quinze minutes, dès que les élèves ont compris le jeu, des réactions positives sont apparues telles que *Yes, j'ai la carte!, C'est cool!, 1 point? Facile!, On commence par devenir fort!.* Après une trentaine de minutes, ce dynamisme est retombé, après avoir gagné une ou deux parties, certain·e·s élèves ont arrêté de jouer.

Dans la classe de première année, certain·e·s élèves ont posé des questions supplémentaires sur l'immunologie à l'enseignante, parfois non directement liées au jeu, mais cela montre que le jeu peut servir de contexte stimulant amenant à la curiosité scientifique.

Certain·e·s élèves ont pensé qu'il serait préférable d'avoir des connaissances sur le système immunitaire avant de jouer au jeu. Il serait alors intéressant d'explorer son utilisation en tant qu'outil de révision et de le tester avec une classe qui a déjà étudié le sujet.

Toutefois, même si les objectifs semblent être atteints, *Immunios* possède encore de nombreuses limitations et possibilités d'amélioration.

Concernant la clarté des règles du jeu, des retours ont indiqué qu'elles sont compliquées à comprendre lors de la lecture, mais qu'elles s'intègrent rapidement lorsqu'elles sont mises en pratique. Il serait possible de les améliorer, par exemple, en ajoutant un exemple de partie de jeu ou en créant une vidéo explicative pour remplacer le prospectus en papier.

Un problème récurrent concernant la compréhension des règles est que les joueur·se·s posent une carte de la bonne couleur demandée, mais sans vérifier l'exactitude du nom. En général, les joueur·se·s s'en aperçoivent après un certain temps pendant la première partie, puis jouent correctement par la suite.

Une autre limitation remarquée est que le jeu est plaisant pendant deux ou trois parties, mais qu'ensuite, les solutions des cascades d'événements sont connues et les joueur·se·s s'en lassent rapidement. Bien que la rejouabilité du jeu soit limitée, elle reste tout de même suffisante pour une utilisation unique en classe. Pour améliorer la situation, des élèves ont suggéré de créer plus de dangers différents avec plus de cartes IMMUNIOS afin d'ajouter plus de variété et de difficulté, ce qui témoigne de leur motivation à en découvrir plus.

Le choix d'un jeu collaboratif a également suscité quelques déceptions parmi les joueur·se·s, certain·e·s préférant une dimension compétitive pour augmenter leur motivation. Une proposition intéressante serait de créer plusieurs niveaux de jeu, avec une compétition entre les différentes équipes en classe pour voir quelle équipe atteindrait le niveau le plus élevé à la fin de la période de jeu.

Suite à des discussions avec les enseignant·e·s de biologie, l'exactitude des informations scientifiques présentées reste encore à discuter. Des points de discussion incluent l'absence de virus dans le jeu, alors que ceux-ci sont fréquemment rencontrés dans la vie réelle, la manière dont l'allergie est modélisée, ainsi que le fait que les cellules cancéreuses ne déclenchent parfois pas de réaction.

## 7 Conclusion

Pour conclure, nous avons traversé les différentes phases du game design pour concevoir un jeu de société éducatif sur le fonctionnement du système immunitaire humain. Destiné à être utilisé par les enseignant·e·s lors de leurs cours de biologie, *Immunios* a atteint les objectifs fixés : aider les élèves à se familiariser avec le vocabulaire et les concepts du système immunitaire tout en les motivant à en apprendre plus. Le jeu a également répondu aux contraintes de la salle de classe en offrant un jeu simple et rapide à jouer, tout en maintenant l'engagement de tou·te·s les participant·e·s tout au long de la période de jeu. Cependant, d'après les

## 7 CONCLUSION

---

tests de jeu réalisés, la version actuelle de *Immunios* présente encore certaines limitations, notamment une rejouabilité restreinte, quelques difficultés à comprendre les règles du jeu au premier abord, et la nécessité de revérifier certains concepts scientifiques intégrés.

Pour aller plus loin, nous pourrions envisager de mettre à disposition des enseignant·e·s le matériel de jeu, accompagné d'instructions pour sa fabrication, ainsi que des diapositives modifiables expliquant le lien entre le jeu et le cours théorique que les enseignant·e·s pourraient reprendre et présenter après la séance de jeu.

Des extensions plus complexes du jeu pourraient également être envisagées, avec davantage de cartes et de concepts, notamment pour aborder des sujets tels que la mémoire immuno-logique, l'immunisation active (vaccination) et passive, ou encore les greffes. D'autres extensions pourraient aussi être conçues pour être jouées en dehors de la classe.

Enfin, il serait aussi intéressant d'obtenir des retours des enseignant·e·s et des élèves, dans quelques années, après avoir abordé la matière en cours, afin d'évaluer l'impact du jeu sur l'apprentissage et la compréhension du sujet sur le long terme.

## 7 CONCLUSION

<p><b>Bienvenue dans Immunios !</b></p> <p>Ici, unissez vos cellules immunitaires pour écarter tous les dangers du jeu !</p> <p>Ici, il n'y a pas de tour. N'importe qui peut jouer à tout moment.</p> <p>Et, pensez à communiquer entre vous pour défausser le minimum de cartes.</p> <p><b>GAGNEZ OU PERDEZ ENSEMBLE !</b></p> <p>Soit vous gagnez ensemble lorsque vous avez écarté les 5 cartes <b>DANGER</b>.</p> <p>Soit vous perdez ensemble lorsque vous ne pouvez pas écarter le <b>DANGER</b> présent avec les cartes en jeu.</p> <p>Bonne chance !</p>	<p><b>INSTALLATION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Prenez les 5 cartes <b>DANGER</b>. Mélangez-les et formez une pile face cachée au centre de la table.</li> <li>Prenez les cartes restantes, mélangez-les et distribuez-les équitablement aux joueur·ses pour constituer leur pile de pioche.</li> <li>Chacun·e mélange sa pile, la pose face cachée devant soi, et y pioche 5 cartes pour constituer sa main.</li> <li>Retournez la première carte de la pile <b>DANGER</b>, posez-la face visible juste à côté.</li> <li>Et, le jeu commence !</li> </ol>	<p><b>VUE SUR LA TABLE</b></p>	
<p><b>POUR ÉCARTER LE DANGER PRÉSENT</b></p> <p>Construisez une <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b> qui rapporte un nombre de points égal au nombre inscrit sur la carte <b>DANGER</b> !</p> <p>N'importe qui peut jouer une carte de sa main à tout moment.</p> <p>Pour débuter la <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b>, posez une carte <b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE</b> sur le côté de la carte <b>DANGER</b>.</p> <p>À chaque fois que vous jouez une carte, piochez-en une nouvelle de votre pioche pour toujours garder 5 cartes en main.</p> <p>Continuez la <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b> en posant une carte nommée dans la <b>ZONE DE CHAÎNAGE</b>, et ainsi de suite...</p>		<p>Cumulez vos points seulement lorsque vous posez une carte <b>ÉVÉNEMENT FINAL</b>.</p> <p>Si vous avez le nombre exact de points, écarter le <b>DANGER</b> et la <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b> dans la défausse.</p> <p>Et, retournez le prochain danger, et ainsi de suite jusqu'à finir la pile <b>DANGER</b> !</p> <p>Si non, vous avez pris un mauvais chemin... Défaussez la ou les dernières cartes posées sur la <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b>. Et, essayez un autre chemin !</p> <p>Lorsque vous n'avez pas la carte requise pour continuer la <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b>, n'importe qui peut défausser une carte de sa main et en piocher une nouvelle.</p>	<p><b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS : EXEMPLE</b></p> <p>Pour débuter la <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b>, posez une carte <b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE</b> sur le côté de la carte <b>DANGER</b>.</p> <p>Continuez la <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b> avec une carte nommée dans la <b>ZONE DE CHAÎNAGE</b> de la dernière carte posée.</p> <p>(ATTENTION, il faut que le type et le nom de la carte correspondent !)</p> <p>Et, ainsi de suite...</p> <p>Cumulez vos points lorsque vous posez la carte <b>ÉVÉNEMENT FINAL</b>. Avez-vous <u>exactement</u> 4 points ? Ici, oui !</p> <p><b>CARTE : EXEMPLE</b></p> <p>ZONE IDENTITÉ : Type de la carte Nom de la carte</p> <p>ZONE DE CHAÎNAGE : Continuez la cascade en posant une carte <b>PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</b> ou <b>PHAGOCYTOSE</b> sur cette zone.</p> <p>ZONE BONUS : Petite lecture optionnelle pour les curieux·ses :)</p>
<p><b>MATÉRIEL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>6 x <b>MACROPHAGE</b></li> <li>4 x <b>CELLULE DENDRITIQUE</b></li> <li>4 x <b>LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</b></li> <li>3 x <b>LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</b></li> <li>2 x <b>LYMPHOCYTE B</b></li> <li>4 x <b>PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</b></li> <li>4 x <b>LIBÉRATION DE CYTOKINES</b></li> <li>2 x <b>PRODUCTION D'ANTICORPS</b></li> <li>5 x <b>PHAGOCYTOSE</b></li> <li>2 x <b>LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYME</b></li> </ul> <p>5 x <b>DANGER</b> !</p> <p>4 x LES RÈGLES DU JEU</p>	<p><b>PETITES INDICATIONS UTILES :)</b></p> <p>Les cartes défaussées ne peuvent plus être reprises, soyez économies !</p> <p>Les couleurs sur le dos des cartes vous indiquent en avance le type de la carte. Soyez stratégiques si vous pouvez choisir qui d'entre vous est le·la prochain·e à piocher une carte de sa pioche.</p> <p>Seules les cartes <b>ÉVÉNEMENT</b> rapportent des points.</p> <p>La <b>CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</b> alterne toujours entre une carte <b>CELLULE IMMUNITÉ</b> et <b>ÉVÉNEMENT</b>.</p>	<p><b>IMMUNIOS</b></p> <p>LES RÈGLES DU JEU -&gt;</p> <p>Un jeu créé par Cindy Tang, sous la supervision de David Javet et Yannick Rochat du GameLab UNIL-EPFL.</p> <p>© IMMUNIOS 2024</p> <p>Pour 3 à 4 joueur·ses</p>	

Figure 3 – Les règles du jeu *Immunios* - Version 8 (dernière version).

## 7 CONCLUSION

DANGER ! CELLULE CANCÉREUSE	DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE	DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE	DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE
<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
Je suis une <b>cellule malade</b> . Mon matériel génétique a subi des mutations, je me divise de manière incontrôlée et peux perturber mes cellules voisines.	Lors d'une morsure à la jambe, la bactérie <i>Clostridium tetani</i> en a profité pour s'y infiltrer et peut vous causer un <b>tétanos</b> ...	La bactérie <i>Salmonelle</i> se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...	Vous vous êtes coupé le doigt et la bactérie <i>Staphylocoque doré</i> en a profité pour s'y infiltrer et peut vous causer un <b>panaris</b> ...
DANGER ! ALLERGIE	ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE	ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES	ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS
<b>!</b>	+2 CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE	+1 CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE OU CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B OU CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE	+1 CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE
Je ne suis pas dangereux mais votre système immunitaire a détecté que je l'étais et réagit en conséquence...  Chacun-e défausse une carte de sa main, et en poche une (s'il y en reste) pour garder 5 cartes en main. Défaussez-moi, et retournez le prochain danger (s'il y en reste) !	REGARDE CE QUE J'A TROUVÉ !  L'immunité innée active l'immunité adaptative en lui présentant l'antigène (une substance reconnue comme étrangère par le système immunitaire).	ALLEZ AU TRAVAIL !  Les cytokines stimulent d'autres cellules immunitaires.	ON NE BOUGE PLUS !  Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocyte.
CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE	CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE	ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE	ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYME
ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE OU ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE	ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE OU ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE	+1 [ Cumulez vos points !  GLUP ! phagéin = manger / kytos = cellule -> phagocyte = cellule mangeuse La phagocyte ingère et digère le pathogène.	+3 [ Cumulez vos points !  OUCH ! Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines percent des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.
MINI-MAM !  Mon nom vient du grec : macro = gros / phagéin = manger -> macrophage = gros mangeur.	GARDE À VOUS !  En grec : dendron = arbre. J'ai une forme en étoile avec des prolongements arborescents.		
CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE	CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE	CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B	
ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES	ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYME	ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS	
UN ANTIGÈNE ? J'APPELE LES AUTRES !  Je n'agis pas directement, mais je stimule d'autres réactions.	CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE !  Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. C'est la réaction à médiation cellulaire !	PATHOGÈNE DANS LA CIBLE !  Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. C'est la réaction humorale !	

Figure 4 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 8 (dernière version).

## Références

- [1] Daphne Bavelier et al. "Brain plasticity through the life span : learning to learn and action video games". In : *Annual review of neuroscience* 35 (2012), p. 391-416.
- [2] Neil A. Campbell et al. *Campbell Biology*. 9<sup>e</sup> éd. Pearson Education, Inc., 2011.
- [3] Shih-Yeh Chen et al. "The effect of a scientific board game on improving creative problem solving skills". In : *Thinking Skills and Creativity* 41 (2021), p. 100921.
- [4] Meng-Tzu Cheng et al. "An educational game for learning human immunology : What do students learn and how do they perceive ?" In : *British Journal of Educational Technology* 45.5 (2014), p. 820-833.
- [5] Sara De Freitas. "Are games effective learning tools ? A review of educational games". In : *Journal of Educational Technology & Society* 21.2 (2018), p. 74-84.
- [6] C. Shawn Green et Daphne Bavelier. "Exercising your brain : a review of human brain plasticity and training-induced learning." In : *Psychology and aging* 23.4 (2008), p. 692.
- [7] Jeffrey P. Hinebaugh. *A board game education*. R&L Education, 2009.
- [8] Colleen Macklin et John Sharp. *Games, Design and Play : A detailed approach to iterative game design*. Addison-Wesley Professional, 2016.
- [9] Shota Noda, Kentaro Shirotsuki et Mutsuhiro Nakao. "The effectiveness of intervention with board games : a systematic review". In : *BioPsychoSocial medicine* 13 (2019), p. 1-21.
- [10] Louise Sauvé, Lise Renaud et Mathieu Gauvin. "Une analyse des écrits sur les impacts du jeu sur l'apprentissage". In : *Revue des sciences de l'éducation* 33.1 (2007), p. 89-107.
- [11] Richard A. Steinman et Mary T. Blastos. "A trading-card game teaching about host defence". In : *Medical education* 36.12 (2002), p. 1201-1208.
- [12] TzuFen Su, Meng-Tzu Cheng et Shu-Hua Lin. "Investigating the effectiveness of an educational card game for learning how human immunology is regulated". In : *CBE—Life Sciences Education* 13.3 (2014), p. 504-515.
- [13] Bahar Taspinar, Werner Schmidt et Heidi Schuhbauer. "Gamification in education : A board game approach to knowledge acquisition". In : *Procedia Computer Science* 99 (2016), p. 101-116.
- [14] Robert Zubek. *Elements of game design*. MIT Press, 2020.

## RÉFÉRENCES

---

La rédaction de ce travail a été réalisée avec l'assistance de ChatGPT-4o de OpenAI pour des reformulations de textes.

## A Game Design Document

### Le Cœur du Jeu

#### *L'Union fait la Force*

Nous ressentons le besoin de collaborer avec nos coéquipier·ère·s pour avancer de manière plus efficace.

#### *L'Empathie pour les Cellules Immunitaires*

Nous nous glissons dans la peau des cellules immunitaires et cherchons à comprendre leur but et leur fonctionnement.

#### *La Simplicité*

Les règles sont simples et s'intègrent rapidement. Le graphisme est épuré, avec un minimum de texte et d'illustration. Le matériel requis est minimal.

### Le Corps du Jeu

Titre : *Immunios*

Description : *Immunios* est un jeu de société éducatif sur le fonctionnement du système immunitaire humain. Le but des joueur·se·s est de collaborer pour écarter tous les dangers présents au long du jeu.

Motivation : Aider les élèves à se familiariser avec le vocabulaire et les concepts abstraits et complexes du système immunitaire à travers une expérience concrète et ludique, et leur donner envie d'en apprendre plus sur la matière.

Type : Jeu de société, de cartes, de collaboration, de réflexion, de construction.

Expérience : Une partie de *Immunios* se joue en une quinzaine de minutes, avec trois à quatre joueur·se·s assis·e·s autour d'une table. Les dangers apparaissent les uns après les autres au centre de la table. Pour écarter le danger présent, les joueur·se·s construisent ensemble une cascade d'événements avec leurs cartes en main. Il n'y a pas de tour de jeu,

## A GAME DESIGN DOCUMENT

---

chacun·e peut jouer ou défausser une carte de sa main à tout moment pour la renouveler avec une nouvelle carte de sa pile de pioche personnelle. Au fil du jeu, les joueur·se·s se familiarisent avec les étapes de la cascade d'événements et avec le vocabulaire scientifique en se communiquant les noms des cartes.

Contexte : Le jeu cible les élèves de maturité gymnasiale vaudoise en option spécifique biologie-chimie. Il est principalement conçu pour être utilisé par les enseignant·e·s lors de leurs cours de biologie, en tant qu'introduction à la matière pour aider les élèves à se familiariser avec le vocabulaire et les concepts de base du système immunitaire.

Contraintes liées au contexte : Maintenir l'exactitude scientifique des concepts introduits. Maintenir l'engagement de tou·te·s les participant·e·s tout au long de la période de jeu. Faciliter l'intégration des règles. Maintenir un temps de jeu court.

Défi : Les joueur·se·s font face à un défi intellectuel, qui est d'apprendre et de comprendre le fonctionnement du système immunitaire et les caractéristiques du danger pour trouver la bonne cascade d'événements. *Immunios* requiert également une coopération entre les joueur·se·s pour combiner efficacement leurs ressources.

Émotions : *Immunios* peut nous faire ressentir la force de la solidarité, l'empathie pour les cellules et les micro-organismes, nous pousser à la réflexion, et nous donner de la fierté pour les nouvelles connaissances acquises.

Direction artistique : Simple, organique, chaleureux, uni.

## B Archives

### IMMUNIOS

COMMENT JOUER ?

----->

**MISE EN PLACE**

1. Retirez les cartes **DANGER** du paquet.
2. Mélangez le paquet et distribuez 5 cartes face cachée à chaque joueur-se.
3. Prenez aléatoirement 3 cartes **DANGER** et remettez-les dans le paquet.
4. Mélangez le paquet et placez-le face cachée au centre de la table, il s'agit de la pioche.
5. Chacun-e regarde ses 5 cartes. Si vous avez des cartes **IMMUNITÉ INNÉE**, placez-les face visible sur la table devant vous.
6. Déterminez le-la premier-e joueur-se, (par exemple, le-la plus souvent malade, le-la plus grand-e retardataire, celui-celle qui dort le plus souvent en classe, etc.)

**LORS D'UN DANGER**

Commencez une nouvelle CASCADE D'ÉVÉNEMENTS en glissant une carte **IMMUNITÉ INNÉE** devant vous vers le centre de la table. Si vous n'en avez pas, défaussez une carte de votre main, puis terminez votre tour.

À TOUR DE RÔLE :

- Commencez ou continuez la CASCADE D'ÉVÉNEMENTS avec une carte de votre main ou devant vous ; ou
- Défaussez une carte de votre main ou devant vous ; ou
- Défaussez la CASCADE D'ÉVÉNEMENTS actuelle et commencez une nouvelle.

Le danger est écarté lorsque la cascade contient autant de cartes que le nombre inscrit sur la carte **DANGER**, et ce danger spécifique est ciblé par la dernière carte de la cascade. Lorsque le danger est écarté, reprenez depuis le DÉROULEMENT DU JEU.

<->

**CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**

Commencez la cascade d'événements en plaçant une carte **IMMUNITÉ INNÉE** à côté de la carte **DANGER**.  
Construisez ensemble la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**.

OK !

Enfin, complétez cette cascade avec une **PHAGOCYTOSE** pour écarter l'**INFECTION BACTÉRIENNE** !

**DÉROULEMENT DU JEU**

À TOUR DE RÔLE :

Tirez une carte de la pioche. Puis, effectuez l'action correspondant au type de votre carte :

- **IMMUNITÉ ADAPTATIVE** ou **ÉVÉNEMENT** : Gardez-la dans votre main.
- **IMMUNITÉ INNÉE** : Placez-la face visible sur la table devant vous en lisant le nom de la carte.
- **DANGER** : Placez-la face visible au centre de la table en lisant le nom de la carte. Puis, suivez les instructions **LORS D'UN DANGER** au dos de la feuille.

----->

**FIN DE LA PARTIE**

-> Vous GAGNEZ ENSEMBLE lorsque... vous avez écarté les 3 cartes **DANGER**.

-> Vous PERDEZ ENSEMBLE lorsque... vous n'avez plus assez de cartes en jeu pour écartez un **DANGER**.

**(PETITE ASTUCE)**

Lorsqu'un **DANGER** est présent, communiquez entre vous pour ne pas vous retrouver à devoir défausser des cartes.

**(2ÈME PETITE ASTUCE)**

ARRÊTEZ DE LIRE ET JOUEZ !

Figure 5 – Les règles du jeu *Immunios* - Version 1-3.

## B ARCHIVES

**INSTALLATION**

- Installez-vous autour d'une table.
- Retirez les cartes **DANGER** du paquet.
- Mélangez le paquet et distribuez 5 cartes face cachée à chaque joueur·se.
- Remettez les cartes **DANGER** dans le paquet.
- Mélangez le paquet et placez-le face cachée au centre de la table, il s'agit de la pioche. (Laissez une place à côté pour la défausse.)
- Regardez vos 5 cartes. Si vous avez des cartes **CELLULE IMMUNITÉ INNÉE**, placez-les face visible sur la table devant vous. (Les cartes dans votre main et devant vous sont à vous.)
- Jouez à tour de rôle dans le sens des aiguilles d'une montre.

**À VOTRE TOUR: ÉTAPE 1**

Piochez une carte et effectuez l'action correspondant à votre carte :

- Carte **DANGER** : Placez-la la face visible au centre de la table en lisant à haute voix le texte sur la carte.
- Carte **CELLULE IMMUNITÉ INNÉE** : Placez-la la face visible sur la table devant vous en lisant le nom de la carte.
- Carte **CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE, ÉVÉNEMENT** ou **ÉVÉNEMENT FINAL**: Gardez-la dans votre main.

Passez à l'étape 2 -->

**À VOTRE TOUR: ÉTAPE 2**

S'il n'y pas de **DANGER** présent au centre de la table, terminez votre tour.

S'il y a des **DANGER**, effectuez une des actions ci-dessous. Puis, terminez votre tour.

- Commencez ou continuez une cascade d'événements avec une de vos cartes (de votre main ou devant vous).
- Défaussez autant de vos cartes que de dangers présents. (Par exemple, s'il y a deux cartes **DANGER** au centre de la table, défaussez deux de vos cartes.)
- Défaussez la dernière carte d'une cascade d'événements présente.

(Rien ne vous empêche de communiquer entre vous pour défausser le minimum de cartes !)

**EXEMPLE DE CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**

La cascade commence par une **CELLULE IMMUNITÉ INNÉE**, placée à côté du **DANGER**. Continuez à tour de rôle la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**.

Le MACROPHAGE peut être posé sur un **ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES** ou **PRODUCTION D'ANTICORPS** ou à côté d'un **DANGER**.

**FIN DE PARTIE**

--> Vous **GAGNEZ ENSEMBLE** lorsque vous avez écarté tous les **DANGER**.

--> Vous **PERDEZ ENSEMBLE** lorsque vous n'avez plus assez de cartes en jeu pour écartez tous les **DANGER**.

**BONNE CHANCE !**

Type de la carte  
Nom de la carte  
Petite lecture optionnelle pour les curieux·ses :)

La cascade se termine par un **ÉVÉNEMENT FINAL** qui élimine le danger en question (ici l'**INFECTION BACTÉRIENNE**).

UNISONS-NOUS  
FACE  
AUX DANGERS !

**IMMUNIOS**

Comment jouer ?

pour 3 à 5 joueur·ses

**Figure 6 – Les règles du jeu *Immunios* - Version 4.**

# IMMUNIOS

LES RÈGLES DU JEU ->

Pour 3 à 4 joueur·se·s

**BIENVENUE DANS IMMUNIOS !**

Ici, unissez vos cellules immunitaires pour vous défendre face à 4 dangers !

Il n'y pas de tour. Jouez quand vous voulez.

Et, communiquez entre vous pour être plus efficaces !

**OBJECTIF**

Soit vous gagnez ensemble lorsque vous avez écarté les 4 cartes DANGER.

Soit vous perdez ensemble lorsque vos piles de pioche sont vides et que vous ne pouvez pas écarté le DANGER avec les cartes en main.

Bonne chance !

**INSTALLATION**

- Formez au centre de la table une pile face cachée avec les 4 **DANGER** mélangés.
- Mélangez les cartes restantes et distribuez-les, une à une, aux joueur·se·s.
- Chacun·e mélange sa pile, la pose face cachée devant soi, et y pioche 4 cartes.
- Retournez la première carte de la pile **DANGER**, posez-la face visible juste à côté. Et, le jeu commence ! ->

**EN RÉSUMÉ**

Chaque joueur·se :

- 1 pioche personnel devant soi.
- 4 cartes dans la main.

Au centre de la table :

- 1 pile de **DANGER** face cachée.
- 1 carte **DANGER** face visible.
- La défausse.

**POUR ÉCARTER LE DANGER PRÉSENT**

Construisez une cascade d'événements avec exactement le même nombre de cartes que le nombre inscrit sur la carte **DANGER**. Suivez l'exemple ci-contre. ->

Une fois fini, écartez le **DANGER** et la cascade dans la défausse (dans un coin de la table). Et, retournez le prochain danger !

Jouez ou défaussez une carte de votre main quand vous voulez. Et, piochez-en une de votre pioche pour garder 4 cartes en main.

Lorsqu'une carte est jouée sur la table, vous ne pouvez plus la reprendre, soit elle continue la cascade, soit elle est défaussée.

Vous pouvez défausser la dernière carte de la cascade si vous avez pris un mauvais chemin.

**CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**

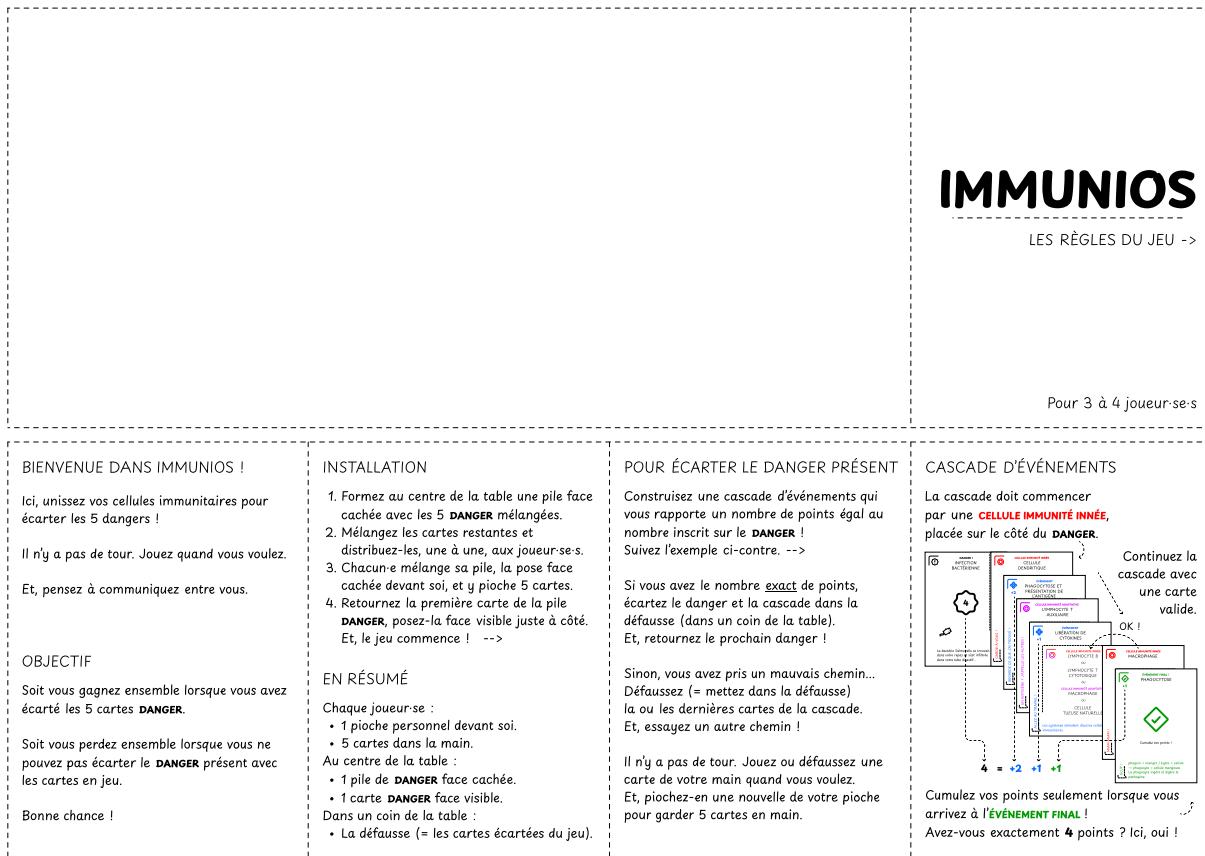
La cascade doit commencer par une **CELLULE IMMUNITÉ INNÉE**, placée sur le côté du **DANGER**.

Construisez une cascade de 6 cartes.

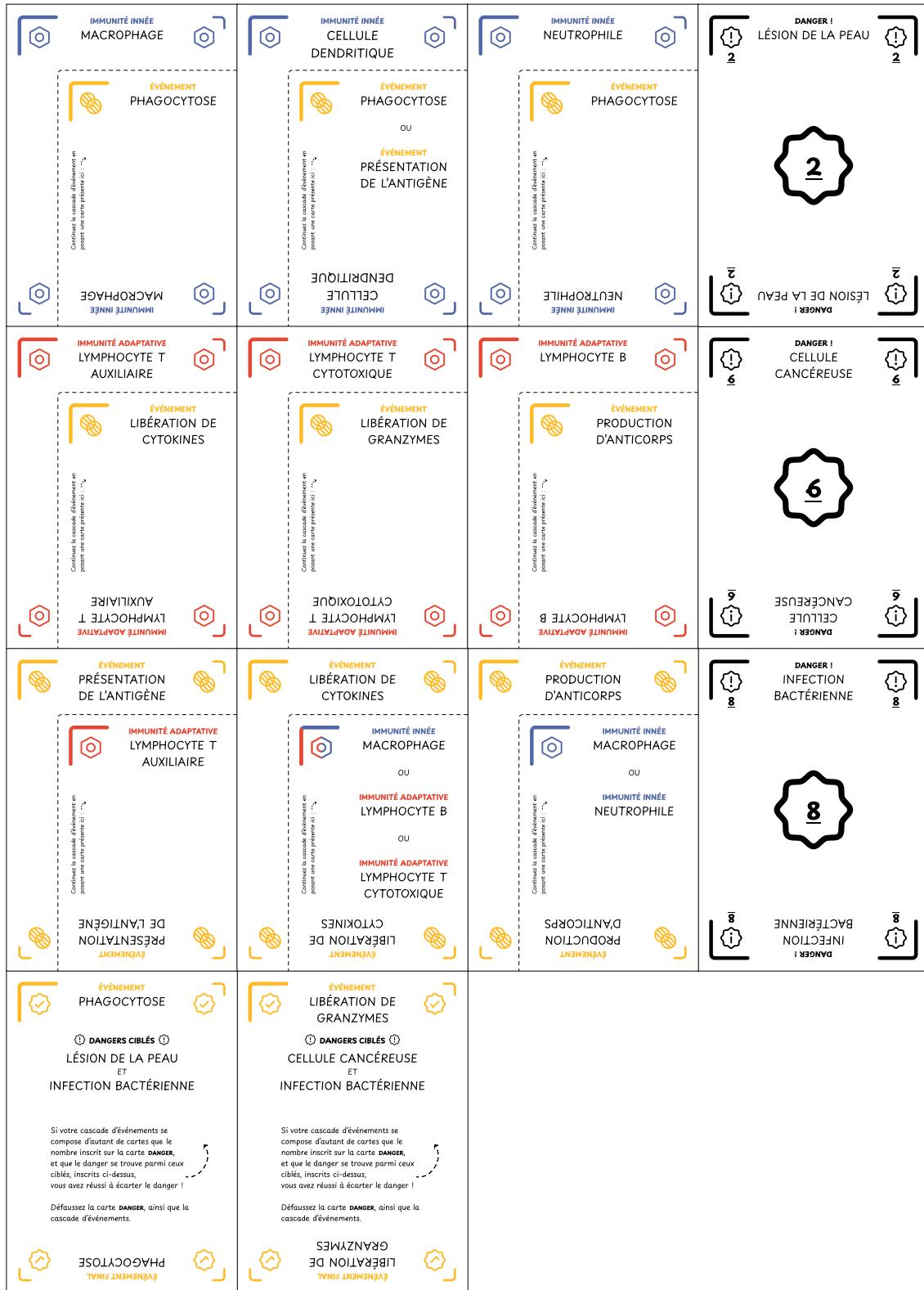
La cascade doit se terminer par une **FIN** --> qui élimine le danger en question (ici l'**INFECTION BACTÉRIENNE**).

Figure 7 – Les règles du jeu *Immunios* - Version 5.

B ARCHIVES



**Figure 8** – Les règles du jeu *Immunios* - Version 6-7.

**Figure 9 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 1.**

## B ARCHIVES

<p><b>DANGER !</b> LÉSION DE LA PEAU</p> <p><b>2</b></p> <p>Pour m'écartez du jeu, construisez une cascade d'événements de 2 cartes avec un <b>ÉVÉNEMENT FINAL</b> qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaussez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p><b>IMMUNITÉ INNÉE</b> MACROPHAGE</p> <p><b>2</b></p> <p>Je suis stimulé par un <b>DANGER</b>, <b>LIBÉRATION DE CYTOKINES</b> ou <b>PRODUCTION D'ANTICORPS</b>.</p> <p>Place-moi à côté d'un <b>DANGER</b> pour commencer une cascade d'événements, ou sur un <b>ÉVÉNEMENT</b> cité pour continuer la cascade d'événements.</p>	<p><b>IMMUNITÉ INNÉE</b> CELLULE DENDRITIQUE</p> <p><b>2</b></p> <p>Je suis stimulée par un <b>DANGER</b>.</p> <p>Place-moi à côté d'un <b>DANGER</b> pour commencer une cascade d'événements.</p>	<p><b>IMMUNITÉ INNÉE</b> NEUTROPHILE</p> <p><b>2</b></p> <p>Je suis stimulé par une <b>DANGER</b> ou <b>PRODUCTION D'ANTICORPS</b>.</p> <p>Place-moi à côté d'un <b>DANGER</b> pour commencer une cascade d'événements, ou sur un <b>ÉVÉNEMENT</b> cité pour continuer la cascade d'événements.</p>
<p><b>DANGER !</b> INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p><b>6</b></p> <p>Pour m'écartez du jeu, construisez une cascade d'événements de 6 cartes avec un <b>ÉVÉNEMENT FINAL</b> qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaussez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p><b>IMMUNITÉ ADAPTATIVE</b> LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p><b>6</b></p> <p>Je suis activée par une <b>PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</b>.</p> <p>Place-moi sur cette dernière pour continuer la cascade d'événements.</p>	<p><b>IMMUNITÉ ADAPTATIVE</b> LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p><b>6</b></p> <p>Je suis activée par une <b>LIBÉRATION DE CYTOKINES</b>.</p> <p>Place-moi sur cette dernière pour continuer la cascade d'événements.</p>	<p><b>IMMUNITÉ ADAPTATIVE</b> LYMPHOCYTE B</p> <p><b>6</b></p> <p>Je suis activée par une <b>LIBÉRATION DE CYTOKINES</b>.</p> <p>Place-moi sur cette dernière pour continuer la cascade d'événements.</p>
<p><b>DANGER !</b> INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p><b>8</b></p> <p>Pour m'écartez du jeu, construisez une cascade d'événements de 8 cartes avec un <b>ÉVÉNEMENT FINAL</b> qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaussez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT</b> PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><b>8</b></p> <p>Je suis réalisée par une <b>CELLULE DENDRITIQUE</b>.</p> <p>Place-moi sur cette dernière pour continuer la cascade d'événements.</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT</b> LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p><b>8</b></p> <p>Je suis réalisée par une <b>LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</b>.</p> <p>Place-moi sur cette dernière pour continuer la cascade d'événements.</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT</b> PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p><b>8</b></p> <p>Je suis réalisée par une <b>LYMPHOCYTE B</b>.</p> <p>Place-moi sur cette dernière pour continuer la cascade d'événements.</p>
<p><b>DANGER !</b> CELLULE CANCÉREUSE</p> <p><b>6</b></p> <p>Pour m'écartez du jeu, construisez une cascade d'événements de 6 cartes avec un <b>ÉVÉNEMENT FINAL</b> qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaussez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT FINAL</b> PHAGOCYTOSE</p> <p><b>6</b></p> <p>Si le <b>DANGER</b> est une <b>LÉSION DE LA PEAU</b> ou <b>INFECTION BACTÉRIENNE</b>, je peux l'éliminer !</p> <p>Place-moi sur un <b>MACROPHAGE</b>, <b>NEUTROPHILE</b> ou <b>CELLULE DENDRITIQUE</b> pour terminer la cascade d'événements.</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT FINAL</b> LIBÉRATION DE GRANZYME</p> <p><b>6</b></p> <p>Si le <b>DANGER</b> est une <b>CELLULE CANCÉREUSE</b> ou <b>INFECTION BACTÉRIENNE</b>, je peux l'éliminer !</p> <p>Place-moi sur une <b>LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</b> pour terminer la cascade d'événements.</p>	
<p><b>ÉVÉNEMENT FINAL</b> CELLULE CANCÉREUSE</p> <p><b>6</b></p>	<p><b>LIBERATION FINALE</b> PHAGOCYTOSE</p> <p><b>6</b></p>	<p><b>LIBERATION FINALE</b> GRANZYME</p> <p><b>6</b></p>	

Figure 10 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 2.

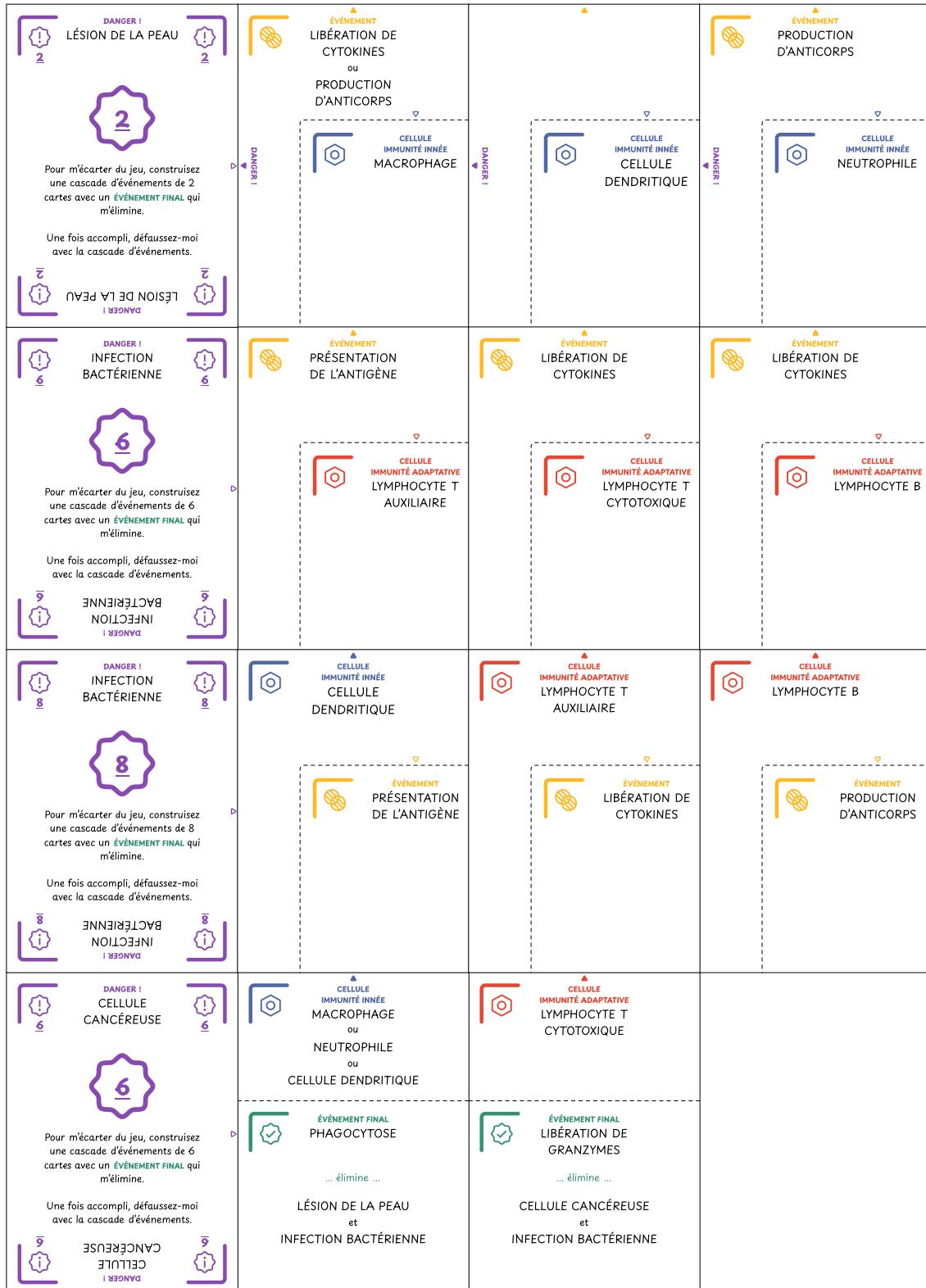


Figure 11 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 3.

## B ARCHIVES

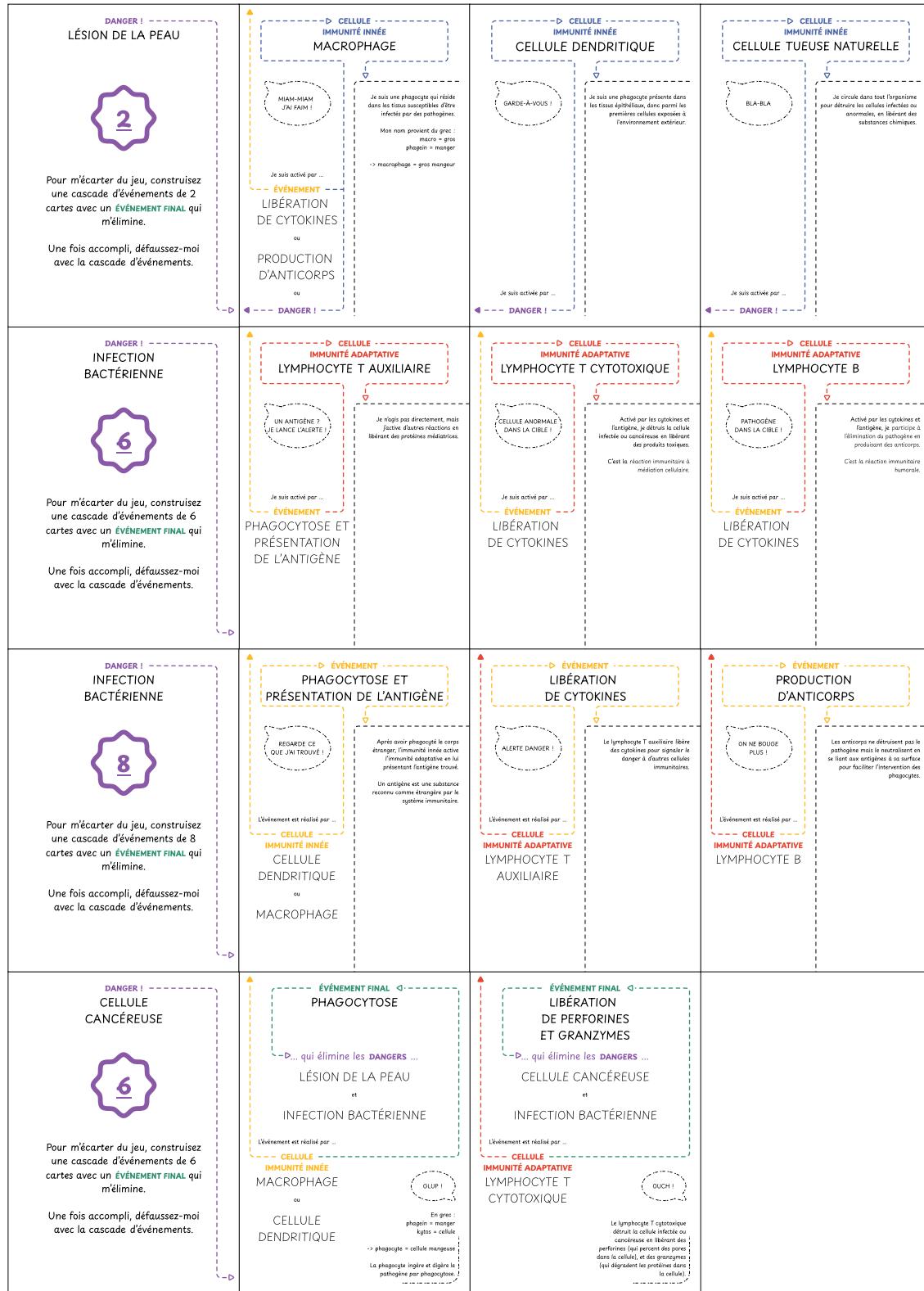


Figure 12 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 4.

<p><b>DANGER !</b> LÉSION DE LA PEAU</p> <p><b>2</b></p>  <p>La peau constitue une barrière pour beaucoup de pathogènes. Une fois lésée, les pathogènes à la surface s'y infiltreront.</p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE</b> MACROPHAGE</p> <p><b>FIN !</b> PHAGOCYTOSE OU ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><b>MINI-MIMAM !</b></p> <p>Je suis une phagocyte. macro = gros / phagin = manger -&gt; macrophage = gros mangeur.</p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE</b> CELLULE DENDRITIQUE</p> <p><b>FIN !</b> PHAGOCYTOSE OU ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><b>GARDE-A-VOUS !</b></p> <p>Je suis une phagocyte présente dans les tissus épitheliaux, donc parmi les premières exposées à l'environnement.</p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE</b> CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p><b>FIN !</b> PHAGOCYTOSE OU ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><b>BLA-BLA</b></p> <p>Description.</p>
<p><b>DANGER !</b> INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p><b>6</b></p>  <p>Je suis un micro-organisme unicellulaire sans noyau. Bakterion = petit bâton, référence à la forme des premières bactéries observées.</p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE</b> LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p><b>ÉVÉNEMENT</b> LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p><b>UN ANTIGÈNE ? JE LANCE L'ALERTE !</b></p> <p>Je n'agis pas directement, mais j'active d'autres réactions en libérant des protéines médiatrices.</p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE</b> LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p><b>FIN !</b> LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p><b>CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE !</b></p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. -&gt; Réaction à médiation cellulaire.</p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE</b> LYMPHOCYTE B</p> <p><b>ÉVÉNEMENT</b> PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p><b>PATHOGÈNE DANS LA CIBLE !</b></p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. -&gt; Réaction humorale.</p>
<p><b>DANGER !</b> INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p><b>8</b></p>  <p>Je suis un micro-organisme unicellulaire sans noyau. Bakterion = petit bâton, référence à la forme des premières bactéries observées.</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT</b> PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><b>REGARDE CE QUE J'A TROUVÉ !</b></p> <p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>L'immunité innée active l'immunité adaptative en lui présentant l'antigène (une substance reconnue comme étrangère par le système immunitaire).</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT</b> LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p><b>ALERTE DANGER !</b></p> <p>Le lymphocyte T auxiliaire libère des cytokines pour signaler le danger à d'autres cellules immunitaires.</p>	<p><b>ÉVÉNEMENT</b> PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p><b>ON NE BOUGE PLUS !</b></p> <p>Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocyte.</p>
<p><b>DANGER !</b> CELLULE CANCÉREUSE</p> <p><b>6</b></p>  <p>Je suis une cellule malade. Mon matériel génétique a subi des mutations, je me divise de manière incontrôlée et peux perturber mes cellules voisines.</p>	<p><b>FIN !</b> PHAGOCYTOSE</p> <p><b>GLUP !</b></p> <p>Elle élimine les <b>DANGER</b> ...</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE ET LÉSION DE LA PEAU</p> <p>phagin = manger / kytos = cellule -&gt; phagocyte = cellule mangeuse La phagocytose ingère et digère le pathogène.</p>	<p><b>FIN !</b> LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p><b>OUCH !</b></p> <p>Elle élimine les <b>DANGER</b> ...</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE ET CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines perçent des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.</p>	

Figure 13 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 5.

## B ARCHIVES

<p><b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</b></p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><small>[MANAHAM ! Mon nom vient du grec : macro = gros / phagéin = manger =&gt; macrophage = gros mangeur.]</small></p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE</b></p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><small>[GARDE A VOUS ! J'ai une forme en étoile avec des prolongements arborescents. En grec : dendron = arbre.]</small></p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE TUEUSE NATURELLE</b></p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p><small>[CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE ! J'agis de manière immédiate et naturelle, sans avoir forcément besoin d'un lymphocyte T auxiliaire pour être activée.]</small></p>	<p><b>DANGER ! INFECTIOIN BACTÉRIENNE</b></p> <p><small>1</small></p> <p><small>O Vous vous êtes coupé le doigt et la bactérie Staphylocoque en a profité pour s'y infiltrer...</small></p>	<p><b>DANGER ! CELLULE INFECTÉE PAR UN VIRUS</b></p> <p><small>3</small></p> <p><small>Vous avez attrapé un rhume. Le rhinovirus s'est infiltré dans une cellule de votre voie respiratoire...</small></p>
<p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</b></p> <p>ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p><small>[UN ANTIGÈNE ? J'APPELLE LES AUTRES ! Je n'agis pas directement, mais je stimule d'autres réactions.]</small></p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</b></p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p><small>[CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE ! Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. C'est la réaction à médiation cellulaire !]</small></p>	<p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</b></p> <p>ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p><small>[PATHOGENE DANS LA CIBLE ! Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. C'est la réaction humorale !]</small></p>	<p><b>DANGER ! INFECTIOIN BACTÉRIENNE</b></p> <p><small>4</small></p> <p><small>La bactérie Salmonelle se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...</small></p>	
<p><b>ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</b></p> <p><small>+2</small></p> <p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</b></p> <p><small>REGARDE CE QUE J'AI TROUVÉ ! L'immunité innée active l'immunité adaptative en lui présentant l'antigène (une substance reconnue comme étrangère par le système immunitaire).</small></p>	<p><b>ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</b></p> <p><small>+1</small></p> <p><b>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</b></p> <p>OU LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>OU CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>OU CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p><small>ALLEZ AU TRAVAIL ! Les cytokines stimulent d'autres cellules immunitaires.</small></p>	<p><b>ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</b></p> <p><small>+1</small></p> <p><b>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</b></p> <p><small>ON NE BOUGE PLUS ! Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocytose.</small></p>	<p><b>DANGER ! INFECTIOIN BACTÉRIENNE</b></p> <p><small>5</small></p> <p><small>La bactérie Salmonelle se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...</small></p>	
<p><b>ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE</b></p> <p><small>+1</small></p> <p></p> <p>Cumulez vos points !</p> <p><small>[GLOUP ! phagasin = manger / kystos = cellule =&gt; phagocytose = cellule mangeuse La phagocytose ingère et digère le pathogène.]</small></p>	<p><b>ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</b></p> <p><small>+3</small></p> <p></p> <p>Cumulez vos points !</p> <p><small>[OUCH ! Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines percident des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.]</small></p>	<p><b>DANGER ! ALLERGIE</b></p> <p><small>!</small></p> <p><small>Je ne suis pas dangereux mais votre système immunitaire a détecté que je l'était et réagit en conséquence... Chacun défausse une carte de sa main, et en pioche une pour garder 5 cartes en main. Défaussez-moi, et retournez le prochain danger !</small></p>	<p><b>DANGER ! CELLULE CANCÉREUSE</b></p> <p><small>6</small></p> <p><small>Je suis une cellule malade. Mon matériel génétique a subi des mutations, je me divise de manière incontrôlée et peux perturber mes cellules voisines.</small></p>	

Figure 14 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 6.

<p> CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU <input type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><small>[MANIAKAM ! Mon nom vient du grec : macro = gros / phagéin = manger =&gt; macrophage = gros mangeur.]</small></p>	<p> CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU <input type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><small>[GARDEZ-VOUS ! En grec : dendron = arbre J'ai une forme en étoile avec des prolongements arborescents.]</small></p>	<p> CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYME</p> <p><small>[CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE ! J'agis de manière immédiate et naturelle, sans avoir forcément besoin d'un lymphocyte T auxiliaire pour être activée.]</small></p>	<p> DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p><small>1</small></p> <p><small>O Vous vous êtes coupé le doigt et la bactérie Staphylocoque en a profité pour s'y infiltrer...</small></p>	<p> DANGER ! CELLULE INFECTÉE PAR UN VIRUS</p> <p><small>3</small></p> <p><small>O Vous avez attrapé un rhume. Le rhinovirus s'est infiltré dans une cellule de votre voie respiratoire...</small></p>
<p> CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p><input type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p><small>[UN ANTIGÈNE ? J'APPELLE LES AUTRES ! Je n'agis pas directement, mais je stimule d'autres réactions.]</small></p>	<p> CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYME</p> <p><small>[CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE ! Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. C'est la réaction à médiation cellulaire !]</small></p>	<p> CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</p> <p><input type="checkbox"/> ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p><small>[PATHOGENE DANS LA CIBLE ! Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. C'est la réaction humorale !]</small></p>	<p> DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p><small>4</small></p> <p><small>O La bactérie Salmonelle se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...</small></p>	
<p> +2 ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p><small>[REGARDE CE QUE J'AI TROUVÉ ! L'immunité innée active l'immunité adaptative en lui présentant l'antigène (une substance reconnue comme étrangère par le système immunitaire).]</small></p>	<p> +1 LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p><small>[ALLEZ AU TRAVAIL ! Les cytokines stimulent d'autres cellules immunitaires.]</small></p>	<p> +1 ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p><small>[ON NE BOUGE PLUS ! Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocytose.]</small></p>	<p> DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p><small>5</small></p> <p><small>O Le bacille de Nicolaier est la bactérie à l'origine du tétanos...</small></p>	
<p> +1 ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE</p> <p><small>[GUP ! phagios = manger / kytos = cellule =&gt; phagocytose = cellule mangeuse La phagocytose ingère et digère le pathogène.]</small></p> <p><small>Cumulez vos points !</small></p>	<p> +3 ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYME</p> <p><small>[OUCH ! Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines percident des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.]</small></p> <p><small>Cumulez vos points !</small></p>	<p> DANGER ! ALLERGIE</p> <p><small>! Je suis pas dangereux mais votre système immunitaire a détecté que je l'étais et réagit en conséquence...</small></p> <p><small>Chacun défausse une carte de sa main, et en pioche une (s'il y en reste) pour garder 5 cartes en main. Défaussez-moi, et retournez le prochain danger (s'il y en reste) !</small></p>	<p> DANGER ! CELLULE CANCÉREUSE</p> <p><small>6</small></p> <p><small>O Je suis une cellule malade. Mon matériel génétique a subi des mutations, je me divise de manière incontrôlée et peux perturber mes cellules voisines.</small></p>	

Figure 15 – Les cartes du jeu *Immunios* - Version 7.

## B ARCHIVES

Nom :	Prénom :	Date :									
<p><b>1. a)</b> Es-tu d'accord que ton nom apparaisse sur la page de remerciement de mon rapport (oui / non) ?</p>											
<p><b>2. a)</b> Combien y avait-il de joueur·se·s autour de ta table ?</p>											
<p><b>b)</b> Combien de parties avez-vous gagnées ensemble ?</p>											
<p><b>c)</b> Combien de parties avez-vous perdues ensemble ?</p>											
<p><b>d)</b> Avez-vous commencé une partie sans avoir eu le temps de la terminer ?</p>											
<p><b>3. a)</b> Quelle note donnerais-tu à ce jeu (coche la case correspondante) ?</p>											
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	
Nul...						Ok.					Excellent !
<p><b>b)</b> Tes explications :</p>											
<p><b>4. a)</b> Les règles du jeu sont-elles...</p>											
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	
Pas du tout claires...						Clares.					Totalement claires !
<p><b>b)</b> Tes explications :</p>											
<p><b>Bonus)</b> Quelle est ta carte préférée du jeu ? (Tu peux en mettre plusieurs si tu veux.)</p>											
<p><b>Bonus)</b> D'autres commentaires ? Écris-les au dos de la feuille !</p>											
<p>Merci beaucoup !</p>											

**Figure 16** – Le questionnaire rempli par les élèves à la fin des tests de jeu en classe.