



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 6 juin 2025

Remerciements

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

Adam B.	Elin A.	Lenzo N.	Rayan L.
Alessandro G.	Erla S.	Lyne I.	Romane C.
Alysée K.	Florian M.	Manon H.	Samantha L.
Antoine L.	Gabrielle B.	Marie F.	Shayan K.
Balthazard M.	Giulia R.	Mariella D.	Sophie B.
Catherine C.	Jade T.	Marine P.	Sylvie T.
Catia M.	Jennifer V.	Mateo J.	Tamara M.
Chad P.	Jennifer-Joey A.	Naïa C.	Timéo M.
Colin S.	Jessie I.	Nicolas L.	Viktorija N.
Dany P.	Joël D.	Nicolas P.	Vithooban T.
David J.	Jonathan D.	Nouria B.	Yannick R.
David T.	Laura M.	Pierre G.	

... et aux personnes qui ont préféré rester anonymes.

Merci particulièrement à David Javet et à Yannick Rochat qui m'ont suivie 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 permettant à ce projet d'avoir lieu.

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

Et, merci à Sylvie qui a dû tester beaucoup trop de fois ce jeu.

Résumé

Ce projet porte sur la conception d'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. Il explore comment transmettre une matière scientifique enseignée au gymnase à travers un jeu, tout en tenant compte des contraintes liées à son usage en classe. Nous avons ainsi créé *Immunios*, un jeu de cartes collaboratif, simple et rapide à jouer, qui a été bien accueilli par les élèves et les enseignant·e·s lors des phases de test. Ce jeu permet aux élèves de se familiariser, à travers une expérience concrète et ludique, avec le vocabulaire et les concepts abstraits du système immunitaire. Cependant, la version actuelle présente encore certaines limitations, notamment une rejouabilité restreinte, une compréhension parfois difficile des règles à la première lecture, ainsi que certains choix de modélisation scientifique qui restent discutables.

Table des matières

1	Motivation	1
2	État de l'art	2
3	Méthodes	4
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 l'écrivain britannique Roald Dahl, 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 qui propose un but à atteindre, fournit des ressources à disposition, et impose des limites régies par des règles. Les joueur-euse-s interagissent avec ce système et découvrent comment utiliser leurs ressources efficacement afin d'atteindre leurs objectifs dans la limite des règles. Les jeux peuvent donc être approchés à travers la pensée systémique, mais sont aussi des œuvres créées pour exprimer des idées, transmettre des informations et fournir des expériences [8, 14].

Les jeux éducatifs intègrent des objectifs pédagogiques dans leurs mécanismes, permettant alors aux joueur-euse-s d'apprendre de manière ludique. 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 du cerveau, et peut participer à 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 dans lequel les joueur-euse-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 est motivé par la complexité rencontrée par les élèves durant leur apprentissage de ce sujet, souvent abordé en fin de programme

d'études. De plus, dû au manque de travaux pratiques sur le système immunitaire, ce jeu peut également servir de substitut et offrir une approche active de ce thème.¹

La conception d'un tel jeu englobe une variété de problématiques et ce projet vise alors à répondre aux 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 ?

Avant de répondre à ces problématiques pratiques, il est utile de s'intéresser à l'état de l'art, c'est-à-dire l'ensemble des connaissances existantes à ce jour dans le domaine. Cela permet de mieux situer le projet dans son contexte, de s'inspirer des méthodes existantes et d'éviter de réitérer des expériences déjà menées.

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 comprendre les interactions entre ses différents composants. 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].

Des jeux abordant le thème de l'immunologie, destinés à un public plus large, ont également été analysés. L'un de ceux-ci concerne *ImmunoWars*², un jeu de société imaginé par deux étudiants de l'Université de Leyde, Rafael Jezior et Dennis de Beeld. Leur but est de vulgariser la science médicale de manière ludique afin de la rendre plus accessible et de lutter contre la désinformation. Dans ce jeu, les joueur·euse·s attaquent leurs adversaires avec des cartes de bactéries et de virus infectieux, tout en se protégeant avec des cartes de cellules immunitaires et de traitements médicaux. L'esprit du jeu repose sur une compétition entre les joueur·euse·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*³, un jeu coopératif où les joueur·euse·s travaillent ensemble pour arrêter des épidémies mondiales. Chaque joueur·euse 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 le rend peu pratique pour une utilisation en classe.

Le jeu qui est le plus proche de notre projet est *Krobs*⁴, 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·euse·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.

Une multitude de jeux existe alors déjà et constitue une source d'inspiration précieuse. En vue de la conception de notre propre jeu, qui vise à répondre aux objectifs et contraintes imposés par son usage dans le cadre gymnasial, il est important de suivre une méthode de design structurée. Celle-ci permettra de développer un jeu à la fois fonctionnel, stimulant et adapté aux besoins pédagogiques.

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

4. <https://krobs.ch>

3 Méthodes

3.1 Définition des Objectifs

Dans la conception de jeux, aussi appelée le game design, l'empathie occupe une place fondamentale. Il s'agit de se mettre à la place des joueur·euse·s, de comprendre leurs besoins, leurs motivations, leurs comportements et leurs émotions afin de créer des expériences plaisantes et enrichissantes. En plus de cette facette émotionnelle, la création d'un jeu regroupe de nombreuses disciplines techniques et artistiques qui doivent fonctionner harmonieusement pour offrir ce merveilleux moment. Cela inclut une jouabilité fluide, un visuel attrayant, une narration immersive, ainsi qu'une mise en œuvre soignée [8, 14].

La première étape du projet a consisté à définir ses objectifs, son public cible, son 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 phase exploratoire nous a permis d'identifier les contraintes pédagogiques et contextuelles auxquelles le jeu devra répondre. Sur cette base, nous avons rédigé un Game Design Document (voir Annexes A) synthétisant les intentions de design, qui nous guideront 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

La phase de réflexion vise à anticiper la mise en pratique d'une partie de jeu, en se posant les bonnes questions afin de prévenir l'apparition de potentiels problèmes lors des étapes ultérieures. Parmi ces interrogations figuraient notamment : Quels contenus scientifiques devraient être inclus dans le jeu ? Quel serait le type de jeu le plus adapté ? Quel serait le nombre de joueur·euse·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·euse·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...

Pour répondre à ces questions, nous avons croisé des sources issues à la fois du domaine scientifique et de celui du game design. Afin de maintenir la rigueur du contenu scientifique introduit, nous nous sommes appuyé·e·s sur l'ouvrage de référence *Campbell Biology* [2], utilisé dans les gymnases vaudois, ainsi que sur les retours d'enseignant·e·s en biologie. En parallèle, nous avons consulté la littérature scientifique et analysé des jeux existants afin de trouver des sources d'inspiration et d'examiner les mécaniques de jeu, les styles graphiques et textuels qui pourraient être pertinents pour notre propre conception.

3.2.2 Production

La conception graphique des cartes et des règles du jeu a été réalisée à l'aide de l'éditeur d'image vectorielle, *Figma*⁵. Les fichiers ont ensuite été exportés au format *Portable Document Format* (PDF) puis imprimés à l'aide des imprimantes *Canon iR-ADV C5860* de l'EPFL, offrant une qualité d'impression suffisante pour permettre une bonne lisibilité. Les cartes, au format standard de 63 × 88 millimètres, ont été découpées puis insérées dans des pochettes plastiques de 66 × 91 millimètres, disponibles dans les magasins spécialisés en jeux.

3.2.3 Test

Une fois le prototype du jeu prêt, nous avons procédé à des tests de jeu. Afin que les tests soient représentatifs des expériences de jeu pouvant être faites en classe, il a été nécessaire d'expliquer le contexte du projet aux testeur·euse·s et de les encourager à jouer selon leur propre compréhension du jeu. 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·euse·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 à l'EPFL, des enseignant·e·s de gymnase en biologie, en

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

mathématiques et en informatique, ainsi qu'une classe de gymnasien-ne-s de première année et une classe de deuxième année de maturité en option spécifique biologie-chimie.

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.

Afin de mener à bien un tel 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-euse-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-euse-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-euse-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-euse-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 4.⁶

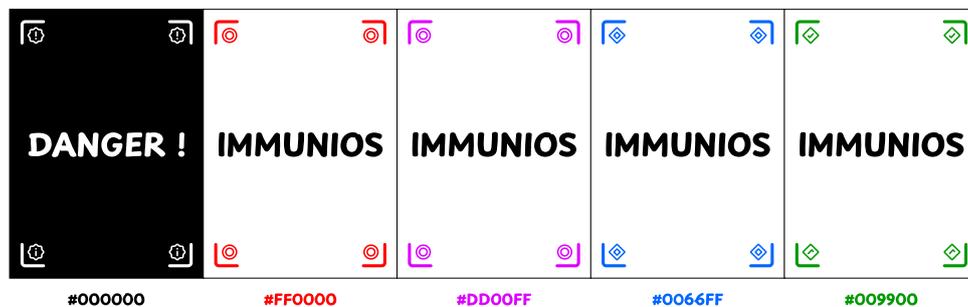


Figure 2 – Les dos des cartes du jeu *Immunios*, avec le code hexadécimal des couleurs utilisées en dessous.

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.

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.

L'évolution des huit versions de *Immunios*, correspondant au processus itératif, peut être visualisée dans les Annexes B.

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-euse-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 *Immunitos* 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·euse·s, des compétences transversales requises durant la formation gymnasiale.

Avec l'objectif de créer des interactions naturelles entre les joueur·euse·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·euse·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·euse·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·euse·s ont simplement attendu leur tour pour tirer une carte. Puis lors de l'apparition d'un danger, le jeu est resté assez mécanique, car il a suffi de faire correspondre les noms des cartes sans nécessité de stratégie particulière.

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·euse·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.

Pour améliorer cette situation, le type de la carte est indiqué sur son dos à partir de la version 6, offrant un indice pour aider les joueur·euse·s à décider qui piochera en cas de blocage.

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*⁷, 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 différencier 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*⁸. Les représentations graphiques des dangers sont restées fictives 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, permettant 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.

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

8. <https://phosphoricons.com>

Afin d'améliorer la clarté des règles du jeu, leurs dimensions, initialement trois fois celles des 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-euse-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-ric-e-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-euse-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 le 22 mai 2024, de 10h00 à 10h45, dans une classe de treize élèves de deuxième année. Deux équipes de trois joueur·euse·s et deux équipes de quatre joueur·euse·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 le 30 mai 2024, de 14h55 à 16h30, avec neuf élèves réparti·e·s en trois équipes de trois. La deuxième session s'est tenue le 6 juin 2024 de 14h55 à 16h30, 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.

La première contrainte concernait la durée de lecture des règles et des parties de jeu. 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·euse·s ont joué de manière conforme aux attentes.

De plus, les joueur·euse·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, 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*.

De plus, 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.

Globalement, les objectifs et les contraintes posés au départ ont été remplis. Toutefois, *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-euse-s posent une carte de la bonne couleur demandée, mais sans vérifier l'exactitude du nom. En général, les joueur-euse-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-euse-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. Comme solution, 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-euse-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 tests de jeu réalisés, la version actuelle de *Immunios* présente encore certaines limitations, notamment une rejouabilité restreinte, une compréhension parfois difficile des règles à la première lecture, ainsi que certains choix de modélisation scientifique qui restent discutables.

Afin de favoriser son déploiement, 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. Cela leur permettrait d'utiliser le jeu de manière autonome et de l'intégrer aisément dans leur programme d'enseignement.

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 immunologique, 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.

BIENVENUE DANS IMMUNIOS !

Ici, unissez vos cellules immunitaires pour écarter tous les dangers du jeu !

Ici, il n'y a pas de tour. N'importe qui peut jouer à tout moment.

Et, pensez à communiquer entre vous pour défausser le minimum de cartes.

GAGNEZ OU PERDEZ ENSEMBLE !

Soit vous gagnez ensemble lorsque vous avez écarté les 5 cartes **DANGER**.

Soit vous perdez ensemble lorsque vous ne pouvez pas écarter le **DANGER** présent avec les cartes en jeu.

Bonne chance ! -->

INSTALLATION

- Prenez les 5 cartes **DANGER**. Mélangez-les et formez une pile face cachée au centre de la table.
- Prenez les cartes restantes, mélangez-les et distribuez-les équitablement aux joueur-se-s pour constituer leur pile de pioche.
- Chacun-e mélange sa pile, la pose face cachée devant soi, et y pioche 5 cartes pour constituer sa main.
- Retournez la première carte de la pile **DANGER**, posez-la face visible juste à côté.

Et, le jeu commence !

-->

VUE SUR LA TABLE

La suite au dos de la feuille... <->

POUR ÉCARTER LE DANGER PRÉSENT

Construisez une **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS** qui rapporte un nombre de points égal au nombre inscrit sur la carte **DANGER** !

N'importe qui peut jouer une carte de sa main à tout moment.

Pour débiter la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**, posez une carte **CELLULE IMMUNITÉ INNÉE** sur le côté de la carte **DANGER**.

À chaque fois que vous jouez une carte, piochez-en une nouvelle de votre pioche pour toujours garder 5 cartes en main.

Continuez la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS** en posant une carte nommée dans la **ZONE DE CHAÎNAGE**, et ainsi de suite...

Cumulez vos points **seulement** lorsque vous posez une carte **ÉVÉNEMENT FINAL**.

Si vous avez le nombre exact de points, écarter le **DANGER** et la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS** dans la **défausse**. Et, retournez le prochain danger, et ainsi de suite jusqu'à finir la pile **DANGER** !

Sinon, vous avez pris un mauvais chemin... Défaussez la ou les dernières cartes posées sur la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**. Et, essayez un autre chemin !

Lorsque vous n'avez pas la carte requise pour continuer la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**, n'importe qui peut défausser une carte de sa main et en piocher une nouvelle.

CASCADE D'ÉVÉNEMENTS : EXEMPLE

Pour débiter la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS**, posez une carte **CELLULE IMMUNITÉ INNÉE** sur le côté de la carte **DANGER**.

Continuez la **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS** avec une carte nommée dans la **ZONE DE CHAÎNAGE** de la dernière carte posée.

(ATTENTION, il faut que le type et le nom de la carte correspondent !)

Et, ainsi de suite...

Cumulez vos points lorsque vous posez la carte **ÉVÉNEMENT FINAL**. Avez-vous **exactement** 4 points ? Ici, oui !

PETITES INDICATIONS UTILES :) au dos de la feuille... <->

CARTE : EXEMPLE

ZONE IDENTITÉ : Type de la carte
Nom de la carte

ZONE DE CHAÎNAGE : Continuez la cascade en posant une carte **PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE** ou **ÉVÉNEMENT FINAL : PHAGOCYTOSE** sur cette zone.

ZONE BONUS : Petite lecture optionnelle pour les curieux-se-s :)

Mon nom vient du gros :
macro = gros / phagocin = manger
-> macrophage = gros mangeur.

MATÉRIEL

- 6 x **MACROPHAGE**
- 4 x **CELLULE DENDRITIQUE**
- 4 x **LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE**
- 3 x **LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE**
- 2 x **LYMPHOCYTE B**
- 4 x **PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE**
- 4 x **LIBÉRATION DE CYTOKINES**
- 2 x **PRODUCTION D'ANTICORPS**
- 5 x **PHAGOCYTOSE**
- 2 x **LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES**
- 5 x **DANGER !**
- 4 x LES RÈGLES DU JEU

PETITES INDICATIONS UTILES :) :

Les cartes défaussées ne peuvent plus être reprises, soyez économes !

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 prochain-e à piocher une carte de sa pioche.

Seules les cartes **ÉVÉNEMENT** rapportent des points.

La **CASCADE D'ÉVÉNEMENTS** alterne toujours entre une carte **CELLULE IMMUNITÉ** et **ÉVÉNEMENT**.

IMMUNIOS

LES RÈGLES DU JEU ->

Un jeu créé par Cindy Tang, sous la supervision de David Javet et Yannick Rochat du GameLab UNIL-EPFL.

© IMMUNIOS 2024

Pour 3 à 4 joueur-se-s

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

7 CONCLUSION

<p>DANGER ! CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>6</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>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>5</p>  <p>Lors d'une morsure à la jambe, la bactérie Clostridium tetani en a profité pour s'y infiltrer et peut vous causer un tétanos...</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>4</p>  <p>La bactérie Salmonelle se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>1</p>  <p>Vous vous êtes coupé le doigt et la bactérie Staphylocoque doré en a profité pour s'y infiltrer et peut vous causer un panaris...</p>
<p>DANGER ! ALLERGIE</p> <p>!</p> <p>Je ne suis pas dangereux mais votre système immunitaire a détecté que je l'étais et réagit en conséquence...</p> <p>[Chacun-e défaisse 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) !]</p>	<p>ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE +2</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>REGARDE CE QUE J'AI TROUVÉ !</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>ÉVÈNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES +1</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE OU CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B OU CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>ALLEZ AU TRAVAIL !</p> <p>Les cytokines stimulent d'autres cellules immunitaires.</p>	<p>ÉVÈNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS +1</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>ON NE BOUGE PLUS !</p> <p>Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocyte.</p>
<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE OU ÉVÈNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE</p> <p>MIAM-MIAM !</p> <p>Mon nom vient du grec : macro = gros / phagein = manger -> macrophage = gros mangeur.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE</p> <p>ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE OU ÉVÈNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE</p> <p>GARDE-À-VOUS !</p> <p>En grec : dendreon = arbre. J'ai une forme en étoile avec des prolongements arborescents.</p>	<p>ÉVÈNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE +1</p>  <p>[Cumulez vos points !]</p> <p>GLUP !</p> <p>phagein = manger / kytos = cellule -> phagocyte = cellule mangeuse La phagocyte ingère et digère le pathogène.</p>	<p>ÉVÈNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES +3</p>  <p>[Cumulez vos points !]</p> <p>OUCH !</p> <p>Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines percent des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.</p>
<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>ÉVÈNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>UN ANTIGÈNE ? J'APPELLE LES AUTRES !</p> <p>Je n'agis pas directement, mais je stimule d'autres réactions.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>ÉVÈNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p>CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE !</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. C'est la réaction à médiation cellulaire !</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</p> <p>ÉVÈNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>PATHOGENE DANS LA CIBLE !</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. C'est la réaction humorale !</p>	

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^e 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 Shirotaki 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·euse·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·euse·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·euse·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-euse-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-euse-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-euse-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-ère 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.)

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. ----->

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** !

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 écarter 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.

<p>INSTALLATION</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Installez-vous autour d'une table. 2. Retirez les cartes DANGER du paquet. 3. Mélangez le paquet et distribuez 5 cartes face cachée à chaque joueur-se. 4. Remettez les cartes DANGER dans le paquet. 5. 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.) 6. 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.) 7. Jouez à tour de rôle dans le sens des aiguilles d'une montre. 	<p>À VOTRE TOUR: ÉTAPE 1</p> <p>Piochez une carte et effectuez l'action correspondant à votre carte :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carte DANGER : Placez-la face visible au centre de la table en lisant à haute voix le texte sur la carte. • Carte CELLULE IMMUNITÉ INNÉE : Placez-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. <p>Passez à l'étape 2 --▷</p>	<p>À VOTRE TOUR: ÉTAPE 2</p> <p>S'il n'y pas de DANGER présent au centre de la table, terminez votre tour.</p> <p>S'il y a des DANGER, effectuez une des actions ci-dessous. Puis, terminez votre tour.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>(Rien ne vous empêche de communiquer entre vous pour défausser le minimum de cartes !)</p>
<p>EXEMPLE DE CASCADE D'ÉVÉNEMENTS</p> <p>La cascade <u>commence</u> par une CELLULE IMMUNITÉ INNÉE, placée à côté du DANGER.</p> <p>Continuez à tour de rôle la CASCADE D'ÉVÉNEMENTS.</p> <p>Type de la carte Nom de la carte Petite lecture optionnelle pour les curieux-ses :)</p> <p>Le MACROPHAGE peut être posé sur un ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES OU PRODUCTION D'ANTICORPS ou à côté d'un DANGER.</p> <p>La cascade se <u>termine</u> par un ÉVÉNEMENT FINAL qui élimine le danger en question (ici l'INFECTION BACTÉRIENNE).</p>	<p>FIN DE PARTIE</p> <p>--▷ Vous GAGNEZ ENSEMBLE lorsque vous avez écarté tous les DANGER.</p> <p>--▷ Vous PERDEZ ENSEMBLE lorsque vous n'avez plus assez de cartes en jeu pour écarté tous les DANGER.</p> <p>BONNE CHANCE !</p>	<p>UNISSONS-NOUS FACE AUX DANGERS !</p> <p>IMMUNIOS</p> <p>Comment jouer ? ---▷</p> <p>pour 3 à 5 joueur-se-s</p>

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 a 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 écarter 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.

Dans un coin de la table :

- 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** (ici l'**INFECTION BACTÉRIENNE**).

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

IMMUNIOS

LES RÈGLES DU JEU ->

Pour 3 à 4 joueur-se-s

BIENVENUE DANS IMMUNIOS !

Ici, unissez vos cellules immunitaires pour écarter les 5 dangers !

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

Et, pensez à communiquer entre vous.

OBJECTIF

Soit vous gagnez ensemble lorsque vous avez écarté les 5 cartes **DANGER**.

Soit vous perdez ensemble lorsque vous ne pouvez pas écarter le **DANGER** présent avec les cartes en jeu.

Bonne chance !

INSTALLATION

1. Formez au centre de la table une pile face cachée avec les 5 **DANGER** mélangées.
2. Mélangez les cartes restantes et distribuez-les, une à une, aux joueur-se-s.
3. Chacun-e mélange sa pile, la pose face cachée devant soi, et y pioche 5 cartes.
4. 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.
- 5 cartes dans la main.

Au centre de la table :

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

Dans un coin de la table :

- La défausse (= les cartes écartées du jeu).

POUR ÉCARTER LE DANGER PRÉSENT

Construisez une cascade d'événements qui vous rapporte un nombre de points égal au nombre inscrit sur le **DANGER** ! Suivez l'exemple ci-contre. -->

Si vous avez le nombre exact de points, écarter le danger et la cascade dans la défausse (dans un coin de la table). Et, retournez le prochain danger !

Sinon, vous avez pris un mauvais chemin... Défaussez (= mettez dans la défausse) la ou les dernières cartes de la cascade. Et, essayez un autre chemin !

Il n'y a pas de tour. Jouez ou défaussez une carte de votre main quand vous voulez. Et, piochez-en une nouvelle de votre pioche pour garder 5 cartes en main.

CASCADE D'ÉVÉNEMENTS

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

Continuez la cascade avec une carte valide.

OK !

Cumulez vos points seulement lorsque vous arrivez à l'**ÉVÉNEMENT FINAL** ! Avez-vous exactement 4 points ? Ici, oui !

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

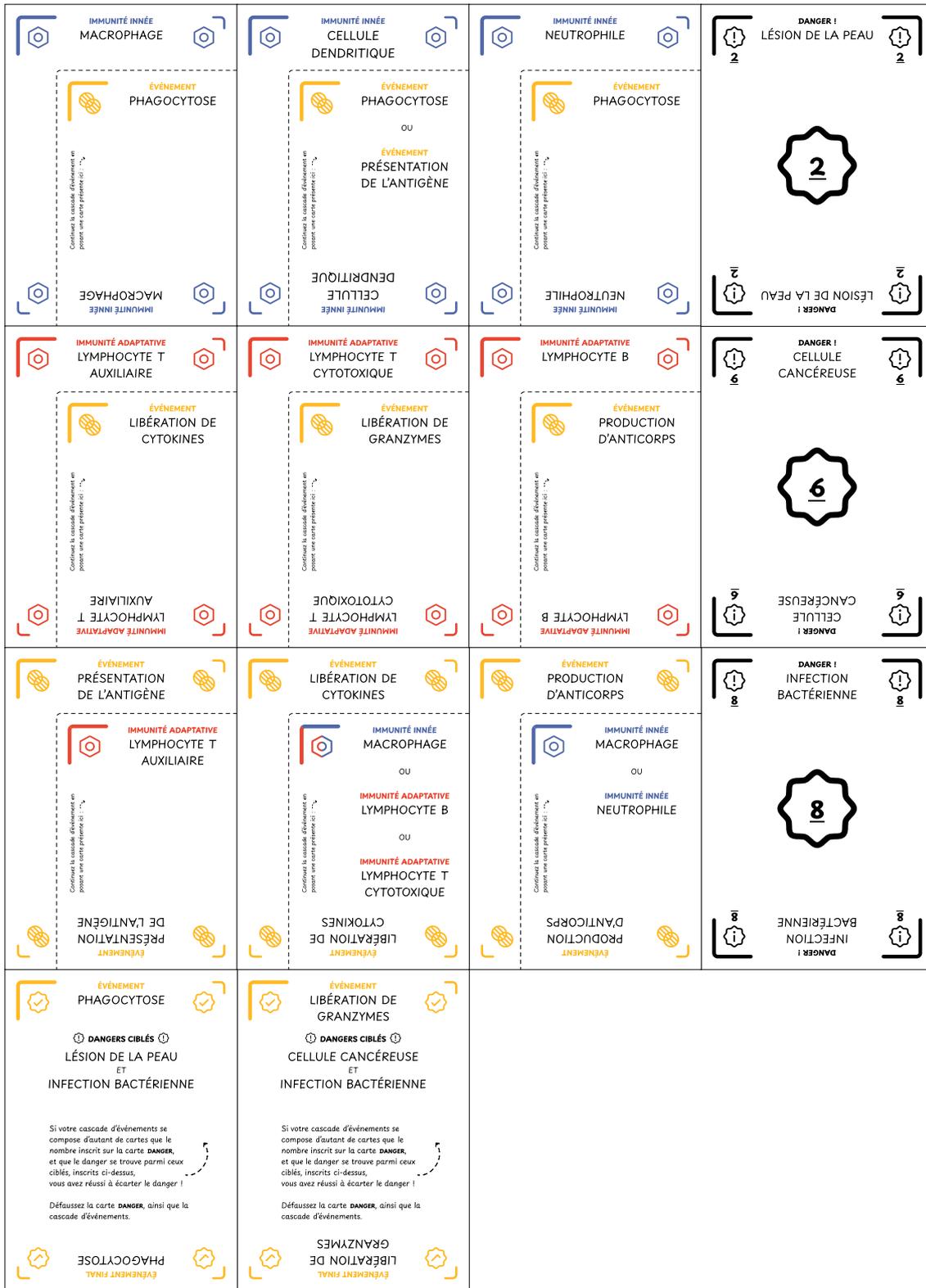


Figure 9 – Les cartes du jeu Immunios - Version 1.

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

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

<p>DANGER !</p> <p>1 2</p> <p>LÉSION DE LA PEAU</p> <p>2</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 2 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p> <p>1 2</p> <p>LÉSION DE LA PEAU</p> <p>DANGER !</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES ou PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>DANGER !</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p>	<p>DANGER !</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>DANGER !</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE NEUTROPHILE</p>
<p>DANGER !</p> <p>1 6</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>6</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 6 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p> <p>1 6</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>DANGER !</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</p>
<p>DANGER !</p> <p>1 8</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>8</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 8 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p> <p>1 8</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>DANGER !</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE</p> <p>ÉVÉNEMENT</p> <p>PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</p> <p>ÉVÉNEMENT</p> <p>PRODUCTION D'ANTICORPS</p>
<p>DANGER !</p> <p>1 6</p> <p>CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>6</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 6 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p> <p>1 6</p> <p>CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>DANGER !</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE ou NEUTROPHILE ou CELLULE DENDRITIQUE</p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL</p> <p>PHAGOCYTOSE</p> <p>... élimine ...</p> <p>LÉSION DE LA PEAU et INFECTION BACTÉRIENNE</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL</p> <p>LIBÉRATION DE GRANZYMES</p> <p>... élimine ...</p> <p>CELLULE CANCÉREUSE et INFECTION BACTÉRIENNE</p>	

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

<p>DANGER !</p> <p>LÉSION DE LA PEAU</p> <p>2</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 2 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p>CELLULE - IMMUNITÉ INNÉE</p> <p>MACROPHAGE</p> <p>SIKAS-ANAM J'AI FAIM !</p> <p>Je suis un phagocyte qui réside dans les tissus susceptibles d'être infectés par des pathogènes.</p> <p>Mon nom provient du grec : macro = gros phagios = manger -> macrophage = gros mangeur</p> <p>Je suis activé par ...</p> <p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES ou PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>Je suis activé par ...</p> <p>DANGER !</p>	<p>CELLULE - IMMUNITÉ INNÉE</p> <p>CELLULE DENDRITIQUE</p> <p>GARDE-À-VOUS !</p> <p>Je suis un phagocyte présente dans les tissus épithéliaux, donc parmi les premières cellules exposées à l'environnement extérieur.</p> <p>Je suis activée par ...</p> <p>DANGER !</p>	<p>CELLULE - IMMUNITÉ INNÉE</p> <p>CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p>BLA-BLA</p> <p>Je circule dans tout l'organisme pour détruire les cellules infectées ou anormales, en libérant des substances chimiques.</p> <p>Je suis activée par ...</p> <p>DANGER !</p>
<p>DANGER !</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>6</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 6 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p>CELLULE - IMMUNITÉ ADAPTATIVE</p> <p>LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>UN ANTIGÈNE ? JE LANCE L'ALERTE !</p> <p>Je réagit pas directement, mais j'active d'autres réactions en libérant des protéines médicamenteuses.</p> <p>Je suis activé par ...</p> <p>ÉVÉNEMENT</p> <p>PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>Je suis activé par ...</p>	<p>CELLULE - IMMUNITÉ ADAPTATIVE</p> <p>LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE !</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse, en libérant des produits toxiques.</p> <p>C'est la réaction immunitaire à médiation cellulaire.</p> <p>Je suis activé par ...</p> <p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>Je suis activé par ...</p>	<p>CELLULE - IMMUNITÉ ADAPTATIVE</p> <p>LYMPHOCYTE B</p> <p>PATHOGENE DANS LA CIBLE !</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène en produisant des anticorps.</p> <p>C'est la réaction immunitaire humorale.</p> <p>Je suis activé par ...</p> <p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>Je suis activé par ...</p>
<p>DANGER !</p> <p>INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>8</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 8 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>REGARDE CE QUE J'AI TROUVÉ !</p> <p>Après avoir phagocyté le corps étranger, l'immunité innée active l'immunité adaptative en lui présentant l'antigène trouvé.</p> <p>Un antigène est une substance reconnue comme étrangère par le système immunitaire.</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p> <p>CELLULE - IMMUNITÉ INNÉE</p> <p>CELLULE DENDRITIQUE ou MACROPHAGE</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>ALERTE DANGER !</p> <p>Le lymphocyte T auxiliaire libère des cytokines pour signaler le danger à d'autres cellules immunitaires.</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p> <p>CELLULE - IMMUNITÉ ADAPTATIVE</p> <p>LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p>	<p>ÉVÉNEMENT</p> <p>PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>ON NE BOUGE PLUS !</p> <p>Les anticorps ne détruisent pas le pathogène mais le neutralisent en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter l'intervention des phagocytes.</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p> <p>CELLULE - IMMUNITÉ ADAPTATIVE</p> <p>LYMPHOCYTE B</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p>
<p>DANGER !</p> <p>CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>6</p> <p>Pour m'écarter du jeu, construisez une cascade d'événements de 6 cartes avec un ÉVÉNEMENT FINAL qui m'élimine.</p> <p>Une fois accompli, défaissez-moi avec la cascade d'événements.</p>	<p>ÉVÉNEMENT FINAL</p> <p>PHAGOCYTOSE</p> <p>... qui élimine les DANGERS ...</p> <p>LÉSION DE LA PEAU et INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p> <p>CELLULE - IMMUNITÉ INNÉE</p> <p>MACROPHAGE ou CELLULE DENDRITIQUE</p> <p>GLUP !</p> <p>En grec : phagios = manger lytos = cellule -> phagocyte = cellule mangeuse La phagocyte ingère et digère le pathogène par phagocytose.</p>	<p>ÉVÉNEMENT FINAL</p> <p>LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p>... qui élimine les DANGERS ...</p> <p>CELLULE CANCÉREUSE et INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>L'événement est réalisé par ...</p> <p>CELLULE - IMMUNITÉ ADAPTATIVE</p> <p>LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>OUCH !</p> <p>Le lymphocyte T cytotoxique détruit la cellule infectée ou cancéreuse en libérant des perforines (qui percent des pores dans la cellule), et des granzymes (qui dégradent les protéines dans la cellule).</p>	

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

<p>DANGER ! LÉSION DE LA PEAU</p> <p>2</p>  <p>La peau constitue une barrière pour beaucoup de pathogènes. Une fois lésée, les pathogènes à la surface s'y infiltrent.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>FIN ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>MIAM-MIAM !</p> <p>Je suis une phagocyte. macro = gros / phagein = manger -> macrophage = gros mangeur.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRIQUE</p> <p>FIN ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>GARDE-À-VOUS !</p> <p>Je suis une phagocyte présente dans les tissus épithéliaux, donc parmi les premières exposées à l'environnement.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p>FIN ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>BLA-BLA</p> <p>Description.</p>
<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>6</p>  <p>Je suis un micro-organisme unicellulaire sans noyau. Bakterion = petit bâton, référence à la forme des premières bactéries observées.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>ÉVÈNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>UN ANTIGÈNE ? JE LANCE L'ALERTE !</p> <p>Je n'agis pas directement, mais j'active d'autres réactions en libérant des protéines médiatrices.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>FIN ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p>CELLULE ANORMALE DANS LA CIBLE !</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. -> Réaction à médiation cellulaire.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</p> <p>ÉVÈNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>PATHOGÈNE DANS LA CIBLE !</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. -> Réaction humorale.</p>
<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>8</p>  <p>Je suis un micro-organisme unicellulaire sans noyau. Bakterion = petit bâton, référence à la forme des premières bactéries observées.</p>	<p>ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>REGARDE CE QUE J'AI TROUVÉ !</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>ÉVÈNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE OU CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B OU LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>ALERTE DANGER !</p> <p>Le lymphocyte T auxiliaire libère des cytokines pour signaler le danger à d'autres cellules immunitaires.</p>	<p>ÉVÈNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>ON NE BOUGE PLUS !</p> <p>Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocyte.</p>
<p>DANGER ! CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>6</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>FIN ! PHAGOCYTOSE</p>  <p>Elle élimine les DANGER ... INFECTION BACTÉRIENNE ET LÉSION DE LA PEAU</p> <p>GLUP !</p> <p>phagein = manger / kytos = cellule -> phagocyte = cellule mangeuse La phagocyte ingère et digère le pathogène.</p>	<p>FIN ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p>  <p>Elle élimine les DANGER ... INFECTION BACTÉRIENNE ET CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>OUCH !</p> <p>Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines percent des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.</p>	

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

<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>ÉVÈNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>Mon nom vient du grec : macro = gros / phagésin = manger -> macrophage = gros mangeur.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE</p> <p>ÉVÈNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>J'ai une forme en étoile avec des prolongements arborescents. En grec : dendreion = arbre.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p>ÉVÈNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p>J'agis de manière immédiate et naturelle, sans avoir forcément besoin d'un lymphocyte T auxiliaire pour être activé.</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>1</p> <p>Vous vous êtes coupé le doigt et la bactérie Staphylocoque en a profité pour s'y infiltrer...</p>	<p>DANGER ! CELLULE INFECTÉE PAR UN VIRUS</p> <p>3</p> <p>Vous avez attrapé un rhume. Le rhinovirus s'est infiltré dans une cellule de votre voie respiratoire...</p>
<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>ÉVÈNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>Je n'agis pas directement, mais je stimule d'autres réactions.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>ÉVÈNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. C'est la réaction à médiation cellulaire !</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</p> <p>ÉVÈNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. C'est la réaction humorale !</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>4</p> <p>La bactérie Salmonelle se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...</p>	
<p>ÉVÈNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE +2</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>ÉVÈNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES +1</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B OU LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE OU CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE OU CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p>Les cytokines stimulent d'autres cellules immunitaires.</p>	<p>ÉVÈNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS +1</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocyte.</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>5</p> <p>La bactérie Salmonelle se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...</p>	
<p>ÉVÈNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE +1</p> <p>Cumulez vos points !</p> <p>phagésin = manger / kytos = cellule -> phagocyte = cellule mangeuse La phagocyte ingère et digère le pathogène.</p>	<p>ÉVÈNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES +3</p> <p>Cumulez vos points !</p> <p>Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines percent des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.</p>	<p>DANGER ! ALLERGIE</p> <p>Je ne suis pas dangereux mais votre système immunitaire a détecté que je l'étais et réagit en conséquence...</p> <p>Chacun-e défausse une carte de sa main, et en pioche une pour garder 5 cartes en main. Défaussez-moi, et retournez le prochain danger !</p>	<p>DANGER ! CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>6</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>	

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

<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>Mon nom vient du grec : macro = gros / phagésin = manger -> macrophage = gros mangeur.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE DENDRITIQUE</p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE OU ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE</p> <p>En grec : dendreion = arbre. J'ai une forme en étoile avec des prolongements arborescents.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE CELLULE TUEUSE NATURELLE</p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p>J'agis de manière immédiate et naturelle, sans avoir forcément besoin d'un lymphocyte T auxiliaire pour être activée.</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>1</p> <p>Vous vous êtes coupé le doigt et la bactérie Staphylocoque en a profité pour s'y infiltrer...</p>	<p>DANGER ! CELLULE INFECTÉE PAR UN VIRUS</p> <p>3</p> <p>Vous avez attrapé un rhume. Le rhinovirus s'est infiltré dans une cellule de votre voie respiratoire...</p>
<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T AUXILIAIRE</p> <p>ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES</p> <p>Je réagit pas directement, mais je stimule d'autres réactions.</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je détruis la cellule infectée ou cancéreuse. C'est la réaction à médiation cellulaire !</p>	<p>CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B</p> <p>ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS</p> <p>Activé par les cytokines et l'antigène, je participe à l'élimination du pathogène. C'est la réaction humorale !</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>4</p> <p>La bactérie Salmonelle se trouvait dans votre repas et s'est infiltrée dans votre tube digestif...</p>	
<p>ÉVÉNEMENT PHAGOCYTOSE ET PRÉSENTATION DE L'ANTIGÈNE +2</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>ÉVÉNEMENT LIBÉRATION DE CYTOKINES +1</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE OU CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE B OU CELLULE IMMUNITÉ ADAPTATIVE LYMPHOCYTE T CYTOTOXIQUE</p> <p>Les cytokines stimulent d'autres cellules immunitaires.</p>	<p>ÉVÉNEMENT PRODUCTION D'ANTICORPS +1</p> <p>CELLULE IMMUNITÉ INNÉE MACROPHAGE</p> <p>Les anticorps neutralisent le pathogène en se liant aux antigènes à sa surface pour faciliter le travail du phagocyte.</p>	<p>DANGER ! INFECTION BACTÉRIENNE</p> <p>5</p> <p>Le bacille de Nicolaïer est la bactérie à l'origine du tétanos...</p>	
<p>ÉVÉNEMENT FINAL ! PHAGOCYTOSE +1</p> <p>Cumulez vos points !</p> <p>phagésin = manger / kytos = cellule -> phagocyte = cellule mangeuse La phagocyte ingère et digère le pathogène.</p>	<p>ÉVÉNEMENT FINAL ! LIBÉRATION DE PERFORINES ET GRANZYMES +3</p> <p>Cumulez vos points !</p> <p>Pour détruire la cellule infectée ou cancéreuse, les perforines percent des pores dans sa membrane, et les granzymes dégradent ses protéines.</p>	<p>DANGER ! ALLERGIE</p> <p>Je ne suis pas dangereux mais votre système immunitaire a détecté que je l'étais et réagit en conséquence...</p> <p>Chacun-e défusse 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) !</p>	<p>DANGER ! CELLULE CANCÉREUSE</p> <p>6</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>	

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

Nom : _____ Prénom : _____ Date : _____

1. a) Es-tu d'accord que ton nom apparaisse sur la page de remerciement de mon rapport (oui / non) ?

2. a) Combien y avait-t-il de joueur-se-s autour de ta table ?

b) Combien de parties avez-vous gagnées ensemble ?

c) Combien de parties avez-vous perdues ensemble ?

d) Avez-vous commencé une partie sans avoir eu le temps de la terminer ?

3. a) Quelle note donnerais-tu à ce jeu (coche la case correspondante) ?

<input type="radio"/>										
1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Nul...						Ok.				Excellent !

b) Tes explications :

4. a) Les règles du jeu sont-elles...

<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...						Claires.				Totalement claires !

b) Tes explications :

Bonus) Quelle est ta carte préférée du jeu ? (Tu peux en mettre plusieurs si tu veux.)

Bonus) D'autres commentaires ? Écris-les au dos de la feuille ! Merci beaucoup !

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