

Projet : Immunologie

Objectifs généraux du projet

Public(s) ciblé(s)

Contexte

Informations générales

Questions sur l'existant pédagogique

Raisonnement pédagogique

Questions sur l'existant technique

Cahier des charges

Dispositif(s) VR ciblé(s) et outils de développement

Questions sur les acteurs du projet

Gestion des compétences

Moyens techniques requis

Organisation TP

Déroulé du TP

Partie 1. (sous l'épithélium)

Partie 2. (progressivement changement de scène)

Partie 3. Dans le nœud lymphatique (changement de scène) – synapse immunologique

Temporalité du projet

Étapes du projet

Cahier Des charges

Production

Tests

Déploiement

Suite au projet

Résultats

Rendu de l'application

Satisfaction

Descriptif général du projet

Objectifs généraux du projet

Créer un TP en VR pour aider les étudiants à comprendre des étapes clés de l'activation de la réponse immunitaire adaptative (lymphocytes) par les cellules de la réponse immunité innée (cellules dendritiques), un concept de l'immunologie qui permet notamment de comprendre

les impératifs dans la constitution des vaccins. Parmi les étapes clés visées ici dans ce TP: 1/ l'activation de la cellule dendritique au lieu d'infection, ce qui va lui permettre de 2/ se déplacer vers les organes où sont localisés les lymphocytes T, où elles sont alors interagir 3/ avec les lymphocytes T dans un dialogue qui permet d'activer in fine les lymphocytes T et donc la réponse adaptative.

Mise en place d'une fiche tuteur pour aider à la réalisation du TP

Réaliser une vidéo pour transmettre aux étudiants une animation qui retrace le TP à l'issue de la fin du TP

Public(s) ciblé(s)

Public cible : étudiants INSA Lyon 2ème année cycle ingénieur au département biosciences, en présentiel

Contexte

Informations générales

De nombreux étudiants du département Bioscience ont besoin d'acquérir des notions solides en immunologie. En effet, les enquêtes de placement six mois après la diplomation révèlent que les étudiants du département sont majoritairement recrutés sur des missions R&D dans l'industrie pharmaceutique, qui est très fortement basée sur les concepts immunologiques dans la région Auvergne-Rhône-Alpes. Il est donc essentiel que les étudiants du département Biosciences puissent acquérir des compétences solides en immunologie. Or l'immunologie pose de nombreux problèmes aux étudiants en termes de compréhension de concept à cause de sa complexité et du temps limité pour les acquérir

Dans ce contexte, un TP en réalité virtuelle se présente comme une solution pédagogique innovante qui permettrait aux étudiants de vivre de l'intérieur et en quelque sorte de "toucher du doigt" les mécanismes étudiés en cours en les manipulant et en étant ainsi plus actif dans leur apprentissage.

Il est donc envisagé de créer une application VR accompagnée d'une fiche tuteur ainsi que d'une vidéo récapitulative du TP pour permettre aux étudiants de mieux comprendre les concepts complexes du cours d'immunologie.

Questions sur l'existant pédagogique

Le cours actuel est basé sur deux modalités d'enseignement : des CM et des TP. Les CM sont constitués de séquences variées avec notamment des activités qui permettent aux étudiants d'être en position d'apprentissage actifs. Cependant de nombreuses notions autour des mécanismes fondamentaux de l'immunité sont encore vues uniquement soit sous forme de dessins au tableau soit sous forme de diapos. Les TP concernent des applications mais ne permettent pas de manipuler directement les mécanismes de l'activation de la réponse immunitaire. La séance de réalité virtuelle permettrait de pallier cela en permettant aux étudiants de manipuler ces concepts complexes.

Raisonnement pédagogique

Difficulté / nœuds d'obstacles 2 :

Comprendre que les cellules dendritiques doivent absolument être elles-mêmes activées par l'activation de récepteurs de l'immunité innée, avant d'activer et d'orienter la réponse adaptative. Cette notion est expliquée de nombreuses fois dans le cours, **mais elle ne s'ancre pas.**

Solution pédagogique :

Les étudiants devront déclencher l'activation des cellules dendritiques pour qu'elles puissent arriver au niveau du nœud lymphatique et activer les LT

Difficulté/ nœuds d'obstacles 2 :

Comprendre le rôle des chemoattractants et chémorécepteurs dans la migration des cellules dendritiques vers les nœuds lymphatiques secondaires. Les étudiants ont du mal à visualiser la migration des cellules le long d'un gradient de molécules.

Solution pédagogique :

Dans ce TP les étudiants verront réellement les cellules se déplacer une fois activées, et ce grâce aux "chemins" produit par les chemoattractants (visuel fort/marquant).

Difficulté/ nœuds d'obstacles 3 :

Comprendre le fonctionnement de la synapse immunologique, comment les molécules présentent sur les cellules leur permettent de dialoguer, et notamment le rôle de l'interaction CD40-CD40L qui permet une communication du lymphocyte T vers les cellules du système immunitaire, à l'inverse de la plupart des autres molécules présentes à la synapse immunologique.

Solution pédagogique :

Lors du TP en réalité virtuelle les étudiants, en trinôme, devront mettre en place les différentes interactions nécessaires à l'activation des lymphocytes T, en choisissant dans une "boîte à outils" virtuelle les molécules participant à la synapse immunologique.

Difficulté/ nœuds d'obstacles 4 :

Comprendre que le lymphocyte T ainsi activé doit absolument proliférer (se diviser) de façon très importante ($\times 100\,000$!) afin d'assurer la suite de la réponse immunitaire adaptative et résoudre l'infection.

Solution pédagogique :

A la fin du TP le LTh est visualisé se multiplier de façon importante afin d'ancrer la notion grâce à l'impact visuel.

Questions sur l'existant technique

Pour démarrer le projet des idées de design de cellule ainsi qu'un plan scénarisé de l'application final a été mis en place avec l'enseignant tuteur du projet avec des schémas détaillés du déroulé de l'application.

Cahier des charges

Dispositif(s) VR ciblé(s) et outils de développement

Le TP Immunologie sera en priorité développé pour être utilisé avec des casques HTC VIVE Pro 2 à l'aide de la librairie OPENXR et du code maintenable Unity et .NET pour un portage aisé sur d'autres casques comme Quest 3 utilisant les APK d'Android et avec une possibilité d'être porté sur Cube Immersif.

Questions sur les acteurs du projet

Anna Zaidman-Rémy : Maîtresse de conférences au département Biosciences

Simon Ducloux : Technicien réalisateur vidéo

Vincent Coissard : Ingénieur informatique spécialisé développement VR / 3D

Alizée Calet : Ingénieur informatique spécialisé développement VR et artiste 3D

Fatma Said-Touhami : Responsable de l'équipe "Appui aux techniques de l'enseignement, du numérique et de l'apprentissage"- ATENA / Conseillère Pédagogique

Gestion des compétences

Anna Zaidman-Rémy : Porteuse du projet

Simon Ducloux : Réalisation de vidéo

Vincent Coissard : Développement sur Unity / C# / .NET / Conception de l'application / Tests Unitaires / Organisation de revues de projet

Alizée Calet : Création d'Asset 3D / Implémentation de modèle / gestion des shaders / créations de ressources visuelles

Fatma Said-Touhami : Supervision

Moyens techniques requis

Casque VR HTC VIVE Pro 2

Unity

3DSmax

Blender

Substance Painter

Substance Designer

Visual Studio

Rider

Photoshop

Organisation TP

Les étudiants sont en trinômes (un demi-groupe = +/- 21 étudiants soit 7 trinômes). Une fiche de suivi de l'activité est proposée (en français et anglais – l'application se fait dans les deux langues comme le module est en anglais). Les étudiants ajoutent des captures et répondent à des questions dans le fichier pour construire un rapport de leur activité.

Durée du TP : 1h pour un groupe :
15 min démo, exercices
15 min max par étudiants ensuite x 3.
Promo entière : 4h
Actuellement : 2h

Questionnaire pour savoir s'ils ont déjà vu la VR avant pour former les groupes pour égaliser les groupes et optimiser la durée de passage d'un groupe.

Déroulé du TP

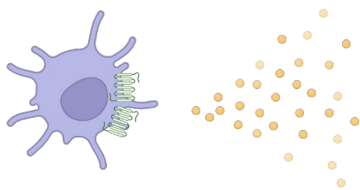
Les étudiants repartent avec animation vidéo, un compte rendu complété (qui sera évalué).
Dans cette vidéo on peut mettre le concept de d'essais échoués d'interaction entre DC et LTh qui ne reconnaissent pas l'antigène présenté.

Partie 1. (sous l'épithélium)

Epithelium sans blessure (mais avec des bactéries dessus)
Epithelium blessé : les bactéries entrent
La cellule dendritique (DC) est sous l'épithélium
DC fait phagocytose d'une bactérie
DC reconnaît aussi la bactérie par récepteur PRR « TLR »
Cela active la cellule DC : on voit le noyau devenir plus lumineux ou d'une autre couleur (il faut qu'il y ait deux niveaux d'activation)
On voit des récepteurs être exprimés en surface : chémorécepteur, molécule de co-activation CD80, et MHC II

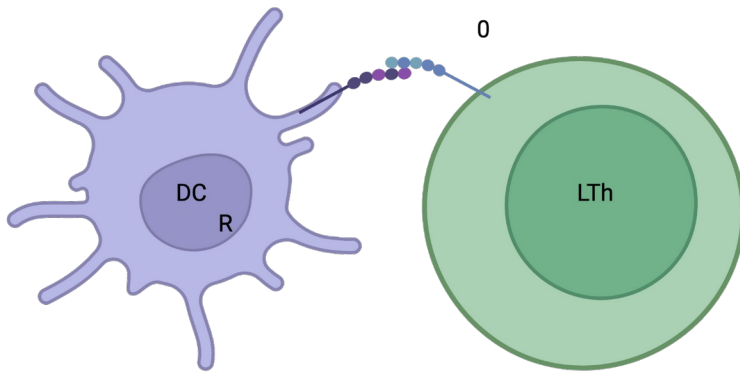
Partie 2. (progressivement changement de scène)

La DC suit les molécules de chémoattractants : interaction entre molécules « jaunes » et chemorecepteur sur la cellule → à chaque interaction ça la fait avancer



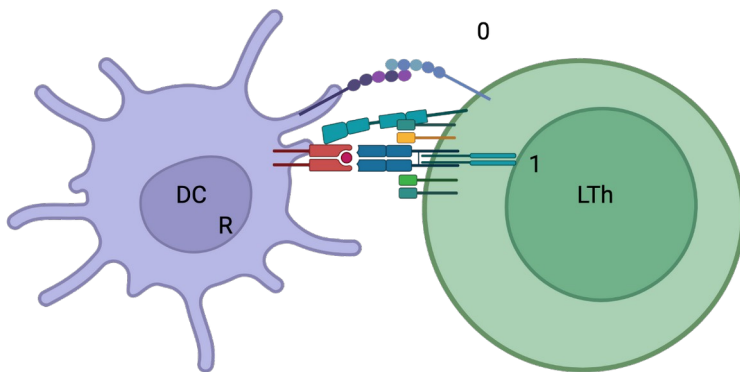
Partie 3. Dans le nœud lymphatique (changement de scène) – synapse immunologique

Les deux cellules DC et LTh se retrouvent face-à-face
Il faut mettre les bonnes molécules pour qu'elles interagissent (action étudiants)
Étape 0 : adhésion entre ICAM (DC) et LFA-1 (Lth)

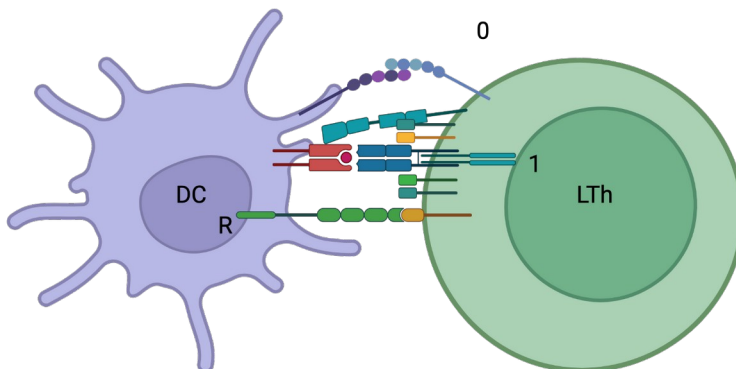


(0- adhesion)
 1- activation
 (reverse signal from LT to DC -> activate them more)
 2- Survival
 3- differentiation

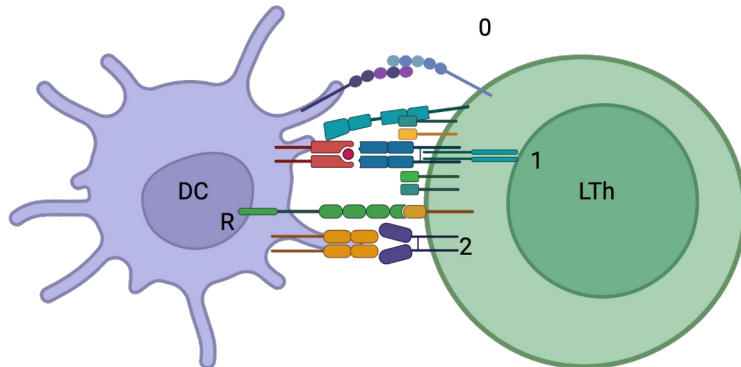
Signal 1 : Côté DC : MHC II + antigène/ côté LTh : TCR complet et CD4
 → activation LTh niveau 1 “activation”



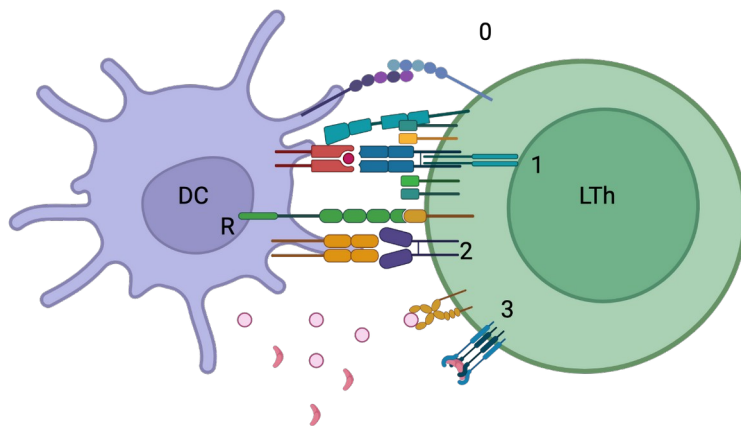
Signal Retour (R) : Côté DC : CD-40/ côté LTh : CD-40-L
 → activation DC niveau 2 “survival”



Signal 2 : Côté DC : CD80 (B7)/ côté LTh : CD28
→ activation LTh niveau 2



Signal 3 : Côté DC : production de molécules sécrétées IL-6 et TGF-beta/ côté LTh : IL-6 récepteur et TGF-beta récepteur → activation LTh niveau 3 “différenciation”



Affichage fin de scénario : le LTh est activé et prêt à l'action

Temporalité du projet

Le TP est à implémenter sous forme d'essai pilote pour la première fois en année scolaire 2024/2025 (entre le 21/01 et le 03/02).

Date de rendu 05 février 2025

Etapas du projet

- Conception de prototypes visuels (placeholder) visant à mettre en place les première interactions simples (grab, déplacements, observation)
- Conception d'un blockout de l'espace 3D (où placer chaque élément en restant pertinent dans le cadre du bon déroulement du TP)
- Développement des premières interactions avec les modèles placeholder
- Développement en parallèle de plusieurs ressources nécessaires sur unity (VFX Graph, shader graph)
- Conception des animations avec les placeholder
- Implémentation des Effect Graph, particle system et shader graph en remplacement des placeholder
- Correction des rendus

Cahier Des charges

1^{er} Octobre 2024 : Vincent Coissard, Anna Zaidman-Rémy

Mise en place d'un cahier des charges clair et détaillé avec l'enseignant tuteur du projet

Liste de rendu

Date de rendu

Raisonnement pédagogique

Scénario

Planning

Mise à disposition de visuel

Production

Octobre 2024 - janvier 2025 : Vincent Coissard, Alizée Calet

Modélisation molécule

Développement des interactions

Création de l'environnement immersif

Tests

janvier 2025 : Vincent Coissard, Alizée Calet

Test effectué avec un petit groupe d'étudiant

22/01 - uniquement avec enseignante

Correctif

En cours : Vincent Coissard, Alizée Calet

Correctif de bugs

Déploiement

Février 2025 : Vincent Coissard, Alizée Calet, Anna Zaidman-Rémy

Déploiement auprès d'un 1er groupe d'étudiants

Déploiement réel 2025-2026 (pas de semestre identifié - à voir avec empris du temps)

Suite au projet

Maintenance éventuelle et suivie des résultats de l'application.

Optimisation grâce au retour des étudiants suite au pilote ?

Evaluation questionnaire de suite après le TP / doc papier + fiche tuteur

Résultats

Rendu de l'application

Satisfaction