

Modélisation de la propagation d'une infection avec eBug

Stéphanie BRUNEL (enseignante de SVT, GRENOBLE),
Nathalie DAVOUST NATAF (ENS de LYON)

immunité
vaccination



Modélisation de la propagation d'une infection en fonction de la couverture vaccinale de la population.



Résumé	<p>Si vous souhaitez montrer à vos élèves comment la vaccination peut limiter la propagation d'une infection, vous pouvez utiliser une modélisation de la propagation d'une infection en fonction de la couverture vaccinale de la population en utilisant les cartes extraites du livret e-bug. Ces cartes permettent à chaque participant de se positionner face à une maladie en étant « infecté », « convalescent mais toujours contagieux », « immunisé », « vacciné », ou « non vacciné ».</p> <p>La modélisation de la contamination proposée peut se faire dans différentes conditions : dans une population non vaccinée, dans une population vaccinée à 25% contre une maladie contagieuse et dans une population vaccinée à 75%</p> <p>Animation Stéphanie Brunel, enseignante de SVT, académie de Grenoble & Nathalie Davoust, enseignante-chercheur à l'ENS de Lyon</p>
Niveau	<p>Collège (cycle 4) Lycée (tous niveaux), classe entière</p>
Objectifs	<p>Montrer, à l'aide d'une modélisation, comment la vaccination peut limiter la propagation d'une infection dans une population vaccinée ou non.</p>
Pré-requis	<p>Connaitre les bases de la réaction immunitaire face à un micro-organisme pathogène</p>
Matériel	<p>- Les différentes cartes du jeu :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; text-align: center;"> <div style="border: 2px solid purple; border-radius: 20px; padding: 10px; width: 15%;"> <p>Convalescent mais toujours contagieux</p> </div> <div style="border: 2px solid purple; border-radius: 20px; padding: 10px; width: 15%;">  <p>Immunisé</p>   </div> <div style="border: 2px solid purple; border-radius: 20px; padding: 10px; width: 15%; background-color: red; color: white;"> <p>Infecté</p> </div> <div style="border: 2px solid purple; border-radius: 20px; padding: 10px; width: 15%; background-color: pink;"> <p>Non Vacciné</p> </div> <div style="border: 2px solid purple; border-radius: 20px; padding: 10px; width: 15%; background-color: yellow;">  <p>Vacciné</p>   </div> </div> <p>Prévoir un lot de cartes pour chaque élève.</p> <p>- Un tableau sur lequel écrire les résultats observés</p>

Déroulement
de l'activité

Situation déclenchante

Pour introduire la notion de contamination, on peut s'appuyer sur une situation concrète qui a touché de près ou de loin les élèves.

Exemple 1

« En début d'année 2011, une recrudescence de la rougeole a été observée en France et plus particulièrement dans l'académie de Grenoble : plus de 1400 cas ont été déclarés en moins de 3 mois. La rougeole est une maladie très contagieuse, qui peut être évitée par la vaccination. »

Exemple 2

« L'hiver 2016-2017 a été marqué par une forte recrudescence des cas de grippes avec.... d'hospitalisations et de décès » (appui possible sur un article de journal)

Pour chacun de ces exemples, on pourra montrer aux élèves qu'il existe un vaccin pour se protéger contre la rougeole et la grippe et qu'une intense campagne de vaccination a été déclenchée suite à ces nombreux cas de malades.

Problématique

Avec la modélisation eBug, les objectifs seront d'essayer de comprendre :

- pourquoi une campagne de vaccination intense s'est mise en place
- et comment la vaccination permet de limiter la propagation d'une infection, voire même d'éradiquer une maladie.

La modélisation pourra être réalisée à l'échelle de la classe ou du groupe, et dans différents cas de figure :

- population non vaccinée
- 25 % de la population vaccinée
- 75 % de la population vaccinée

Déroulement de l'activité :

1. Précisions à donner avant de démarrer

La maladie étudiée est moyennement contagieuse (une seule personne infectée par jour pour chaque personne contagieuse) et d'évolution rapidement favorable (2 jours).

2. Distribution des jeux de cartes, un par participant. Les participants sont disposés dans un espace délimité.

3. Présentation des différentes cartes utilisés dans un premier temps :

Une personne infectée ne peut infecter qu'une seule personne à la fois.

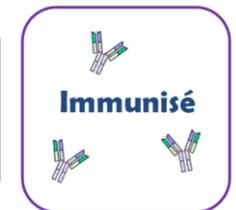
Une personne infectée le premier jour devient convalescente mais toujours contagieuse le 2^{ème} jour

Une personne convalescente mais toujours contagieuse peut infecter une autre personne.

Au 3^{ème} jour la personne convalescente mais toujours contagieuse devient immunisée et ne peut plus contaminer personne.

4. Mise en œuvre des différents scénarios (voir ci-dessous)

5. Analyse des résultats, critiques de la modélisation, ouvertures et discussions.



1^{er} Scénario :
Propagation de l'infection dans une population non vaccinée

2^{ème} Scénario :
Propagation de l'infection dans une population vaccinée à 25 ou 75%

Non Vacciné

Vacciné

Tableaux à remplir au fur et à mesure du jeu :

Population Temps (en unités arbitraires)	Infectés	Convalescents mais toujours contagieux	Immunisés
T = 1			
T = 2			
T = 3			
T = 4			
T = 5			
T = 6			
T = 7			

Population Temps (en unités arbitraires)	Infectés	Convalescents mais toujours contagieux	Immunisés
T = 1			
T = 2			
T = 3			
T = 4			
T = 5			
T = 6			
T = 7			

Résultats :

Population Temps (en unités arbitraires)	Infectés	Convalescents mais toujours contagieux	Immunisés
T = 1	1	0	0
T = 2	1	1	0
T = 3	2	1	1
T = 4	3	2	2
T = 5	5	3	4
T = 6	8	5	7
T = 7	13	8	12

Pour ce 2^{ème} scénario, les résultats seront variables et fonction de la répartition des personnes vaccinées dans la salle.

CRITIQUES ET OUVERTURES

- Dans ce modèle, la contamination se fait **instantanément et par contact**.
→ Dans la réalité, la transmission de l'agent infectieux dépend de la durée et de la fréquence de l'interaction mais également de la distance et du mode de transmission.
- Dans ce modèle, une personne infectée ou convalescente n'infecte que **des personnes réceptrices ou non vaccinées**.
- → Dans la réalité, les personnes n'affichent pas et ne peuvent pas afficher ouvertement leur caractère réceptif ou immunisé pour chaque agent pathogène. On peut faire évoluer le 1^{er} scénario dans la mesure où chaque participant peut cacher sa carte et donc la transmission de l'agent infectieux se fait à l'aveugle.
- Dans ce modèle la réponse immunitaire adaptative se met en place **rapidement**, l'individu n'a plus de symptômes de la maladie en une seule unité de temps et est immunisé en deux unités de temps.
→ Dans la réalité, suivant les pathogènes, les symptômes de la maladie peuvent être différés par rapport à la date de l'infection. Par exemple, les porteurs du virus de la rougeole peuvent le transmettre pendant les quatre jours qui suivent (source : OMS). La réponse immunitaire adaptative est plus longue à se mettre en place : elle nécessite la reconnaissance de l'antigène par les lymphocytes au sein des organes lymphoïdes secondaires puis leur activation, leur prolifération clonale et leur différenciation en cellules effectrices ce qui prend cinq à six jours dans le cas d'une réponse primaire (première rencontre avec le pathogène).

RESULTATS DE LA SIMULATION ET OUVERTURES POSSIBLES

Les résultats dépendent du **nombre de participants**, du **taux de vaccination de la population** et de la **localisation des personnes vaccinées par rapport aux personnes non vaccinées**.

Il y a une tendance décroissante des personnes infectées au fur et à mesure que le taux de vaccination de la population augmente.

Une ouverture peut être envisagée sur la notion **d'immunité de groupe**, sur la **diminution de personnes vaccinées dans une communauté** (réémergence de maladie)

Le logiciel de Philippe Consentino (Académie de Nice) permet de réaliser le même type de modélisation à plus grande échelle et avec plus de variables (degré de couverture vaccinale, taux de mortalité, durée de la maladie, efficacité du vaccin...)

Lien : <http://www.ac-nice.fr/svt/productions/flash/couvac/>



COUVERTURE VACCINALE,
PROTECTION INDIVIDUELLE
ET COLLECTIVE

Couverture vaccinale
% d'individus vaccinés :

Probabilités (en %) qu'un
individu ...

transmette l'agent pathogène
à son voisin (par jour) :

soit immunisé
avant vaccination :
après vaccination :

décède des suites de la
maladie :

décède des suites de la
vaccination :

Autres variables...
Durée de la maladie (jours) :

Effectif : 256 Décès : ...

Malades : ... Total des contaminés : ...

PEUPLER RECOMMENCER

Légendes : sain vacciné mort
 malade immunisé guéri

TOUT REINITIALISER

P.COSENTINO (2013-2014)