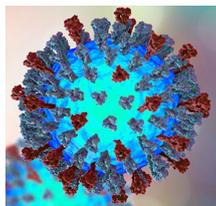


I3. Le taux de couverture vaccinale : exemple de la rougeole (version Edu'modèles)



Le virus de la rougeole
(vue d'artiste)

© Shutterstock.com/
Kateryna Kon

Entre le 1er janvier et le 31 décembre 2019, 2 636 cas de rougeole ont été déclarés (contre 2 919 cas au cours de l'année 2018), témoignant de la circulation active du virus :

- 752 personnes ont été hospitalisées (28,5 %) dont 31 en service de réanimation (1,2 %),
- 2 décès sont survenus dans un contexte d'encéphalite subaiguë chez deux jeunes adultes immunodéprimés,
- 86 à 88 % des cas de rougeole sont survenus chez des sujets non ou mal vaccinés.

En 2020, 240 cas ont été enregistrés et en 2021, seulement 16 cas de rougeole ont été dénombrés en France, dont 5 cas chez des patients venant de l'étranger. Ce nombre est très inférieur à celui de l'année 2019. La rougeole n'a fait aucun décès en 2021.

Outre les confinements et les autres mesures sanitaires instaurés (gestes barrières) pendant l'épidémie de Covid-19, cette baisse peut être expliquée par l'amélioration de la couverture vaccinale liée à l'extension des obligations vaccinales des nourrissons depuis janvier 2018, qui comprend la vaccination contre la rougeole.

A l'aide d'un modèle numérique, on veut déterminer le taux de couverture vaccinale minimum qui est indispensable pour prévenir l'épidémie de rougeole.

Pour répondre à la problématique, on considèrera comme suffisant le taux de couverture vaccinale lorsque le pourcentage maximal d'individus infectés sera strictement inférieur à 5.

Pour répondre à la problématique :

- **paramétrer** et **réaliser** le protocole de modélisation numérique d'une épidémie de rougeole ;
- en **présenter** les résultats sous la forme d'un tableau puis graphiquement ;
- **exploiter** vos résultats pour conclure.

Ressources complémentaires

Document 1. Quelques informations sur la rougeole.

- La rougeole est une maladie hautement contagieuse : une personne contagieuse peut contaminer 15 à 20 personnes qui n'ont jamais eu la rougeole ou ne sont pas vaccinées.
- Les signes de la rougeole (sensation de malaise, écoulement du nez, conjonctivite avec larmoiement, gonflement des paupières et rougeur des yeux, gêne à la vue de la lumière, toux, forte fièvre) durent environ trois à quatre jours. Ensuite, l'éruption cutanée débute. La maladie dans sa globalité dure environ 10 jours.
- Avant l'arrivée de la vaccination au début des années 1960, la rougeole était la première cause mondiale de mortalité par infection (135 millions de cas annuels entraînant 6 millions de décès).
- En Amérique, des campagnes de vaccination ont permis d'interrompre la transmission de la maladie sur tout le continent, le dernier cas endémique au continent étant survenu en 2002.

Matériel à votre disposition : tableur (Excel de préférence) et logiciel Edu'modèles (<https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/edumodeles/algo/index.htm>) à rechercher via un moteur de recherche.

Document 2. Le paramétrage de la simulation.

- **Ouvrir** Edu'modèles en ligne (fiche technique dans votre répertoire classe), puis « modèle algorithmique » et enfin **charger** le modèle « vaccination.modele » dans votre répertoire classe. Les paramètres des entités sont alors définis (vous pouvez vérifier avec le tableau ci-dessous).

| Nom de l'entité | Statut et informations pour le paramétrage des propriétés de l'entité (agent) |
|-------------------------|--|
| Virus-rougeole | Virus de la rougeole Le virus libéré reste dangereux pendant au moins 30 min. Il survit peu de temps sur les objets et dans le modèle on lui attribuera une courte demi-vie (50 tours). L'agent est mobile et la probabilité de déplacement par tour est de 100 %. |
| Sain-vacciné | Individu sain et vacciné contre la rougeole. $\frac{1}{2}$ vie infinie et probabilité de déplacement de 100 % |
| Sain-non-vacciné | Individu sain et non vacciné contre la rougeole. Mêmes $\frac{1}{2}$ vies et probabilités de déplacement. |
| Infecté | Individu malade, infecté par le virus de la rougeole. Mêmes $\frac{1}{2}$ vies et probabilités de dplct. |
| Sain-immunisé | Individu guéri après une première infection par le virus de la rougeole. Mêmes $\frac{1}{2}$ vies et probabilités de déplacement. Les différentes personnes sont toutes mobiles. |

Dans le logiciel, les comportements sont modélisés comme des équations en chimie. Voilà ceux mis en équation :

| Comportement | Équation et paramétrage de la probabilité de réalisation du comportement |
|--------------|---|
| Infection | Virus-rougeole + sain-non-vacciné → virus-rougeole + infecté Attention : il faut modifier la probabilité de réaction à 10 %. |
| Transmission | Infecté → infecté + virus-rougeole + virus-rougeole + virus-rougeole + virus-rougeole P = 50 % (probabilité importante car la rougeole est une maladie hautement contagieuse) |
| Guérison | Infecté → sain-immunisé L'individu infecté est naturellement protégé d'une infection ultérieure par le biais de cellules mémoires formées lors de la première rencontre avec le pathogène Ce comportement a une faible probabilité (P = 0,1 %), tenant compte de la durée de la maladie |

Document 3. L'utilisation du modèle.

On teste différentes simulations où la variable est le nombre de personnes vaccinées.

Afin d'éviter d'engorger l'environnement et de faciliter le suivi des effectifs (pourcentages), on suit une population de **100 individus**. Pour chaque simulation, la même quantité du virus est introduite dans la population (**10 virus**). D'une simulation à l'autre, **on fait varier exclusivement le nombre de personnes vaccinées et non vaccinées**. La simulation de la propagation d'une épidémie de rougeole étant lancée, on « mesure » d'une part le nombre maximum d'individus infectés (pic épidémique) et d'autre part la durée totale de l'épidémie (ici, le temps au bout duquel il n'y a plus aucun individu infecté dans la population).

Simulation n°1 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont aucun n'est vacciné (soit 100 sains-non vaccinés)

Simulation n°2 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont un seul est vacciné (soit 99 sains-non vaccinés)

Simulation n°3 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 10 sont vaccinés (soit 90 sains-non vaccinés)

Simulation n°4 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 50 sont vaccinés (soit 50 sains-non vaccinés)

Simulation n°5 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 90 sont vaccinés (soit 10 sains-non vaccinés)

Simulation n°6 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 95 sont vaccinés (soit 5 sains-non vaccinés)

| | | |
|---|---|---|
| Disposer les acteurs de la simulation (= placer les entités souhaitées dans l'environnement) |  Crayon | Disposer les acteurs de manière unitaire avec le crayon |
| |  Gomme | Gommer une entité précise |
| |  Corbeille | Vider l'environnement |

Pour chaque simulation **exploiter** la courbe du pourcentage d'infectés au cours du temps. **Noter** alors le pourcentage de personnes vaccinées contre le virus de la rougeole dans la simulation, le pourcentage maximal de personnes infectées (= pic épidémique) et la durée de l'épidémie de rougeole (= plus de personnes infectées, en nombre de tours) Pour obtenir la durée exacte de l'épidémie, **faire** un export de courbe. **Présenter** vos résultats dans un tableau.

| | | |
|----------------------|---|--|
| Lancer la simulation |  | Appuyer sur le bouton « lecture » Faire si nécessaire une pause pendant la simulation La flèche en rotation ramène à la situation initiale |
|----------------------|---|--|

- **Traiter** ensuite graphiquement les résultats en reportant en X le pourcentage d'individus vaccinés et en Y le pourcentage maximal d'individus infectés.
- **Privilégier** le graphique « nuages de points » et **tracer** ensuite la droite de régression avec son coefficient directeur.
- **Ajouter** également le coefficient de détermination R^2 sur le graphique.
- Les plus rapides pourront faire le même travail pour représenter la durée de l'épidémie en fonction du taux de couverture vaccinale.

Focus mathématiques : Le coefficient de détermination R^2 détermine à quel point l'équation $y = ax + b$ est adaptée pour décrire la distribution des points. En effet, plus le R^2 se rapproche de 1, plus le nuage de points se rapproche de la droite de régression. On admet que si le coefficient de détermination dépasse 0,87, la figure la plus pertinente pour relier le nuage de points est ladite droite de régression.

Note. Il est impératif que toutes les personnes nées à partir de 1980 aient reçu deux doses de vaccin rougeole-oreillons-rubéole (ROR) et que tous les enfants soient vaccinés contre la rougeole dès l'âge d'un an. La vaccination contre la rougeole, la rubéole et les oreillons est devenue obligatoire pour les nourrissons nés depuis le 1er janvier 2018.

Comme le virus de la rougeole était très présent dans l'environnement avant la généralisation de la vaccination, les scientifiques admettent que les personnes nées avant 1980 ont nécessairement rencontré le pathogène. Il n'est donc pas nécessaire qu'elles se fassent vacciner

Sources : <https://www.ameli.fr>

<https://svt.ac-versailles.fr>

<http://acces.ens-lyon.fr>

<https://lewebpedagogique.com/bouchaud> 23_1spe_I3_pratique.docx