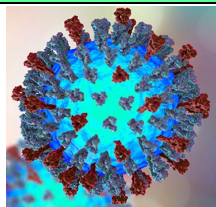


I3. Le taux de couverture vaccinale : exemple de la rougeole (version Edu'modèles)



Le virus de la rougeole
(vue d'artiste)

© Shutterstock.com/
Kateryna Kon

Entre le 1er janvier et le 31 août 2025, 828 cas de rougeole ont été déclarés témoignant de la circulation du virus (873 cas sur l'année, soit + 80 % par rapport à 2024). Parmi ces cas, 289 (35 %) ont été hospitalisés (dont 12 en réanimation), et 111 (13 %) ont présenté une complication (dont 65 pneumopathies et 1 encéphalite) ; 2 décès ont été rapportés.

L'âge médian des cas est de 16,6 ans. Les 3 classes d'âges les plus concernées sont les enfants de 1-4 ans (15 %), les adultes de 40 ans et plus (14 %) et les jeunes de 15-19 ans (12 %).

Parmi les sujets ciblés par la vaccination (âgés de plus d'un an et nés depuis 1980), pour lesquels le statut vaccinal était connu (n=578), 376 (65 %) étaient non ou incomplètement vaccinés, 186 (32 %) étaient vaccinés avec deux doses et 16 (3 %) cas étaient vaccinés sans que le nombre de doses reçues soit précisé.

Cette nette reprise est largement attribuée par les experts à un déclin des taux de 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. ½ vie infinie et probabilité de déplacement de 100 %
Sain-non-vacciné	Individu sain et non vacciné contre la rougeole. Mêmes ½ vies et probabilités de déplacement.
Infecté	Individu malade, infecté par le virus de la rougeole. Mêmes ½ vies et probabilités de dplct.
Sain-immunisé	Individu guéri après une première infection par le virus de la rougeole. Mêmes ½ 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 équation.
- **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. 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