

Dossier Coronavirus / Séance 4

Enrayer la maladie

A partir du Cycle 4

Résumé

La séance suivante permet de découvrir le rôle de la modélisation dans la compréhension de l'épidémie de COVID-19 et des moyens de lutte (distanciation sociale, gestes barrières, vaccination). La première partie de l'activité se fait sans outil informatique. La seconde partie se fait à l'aide du logiciel Scratch installé sur un ordinateur ou une tablette.

Durée	1 heure pour la partie débranchée. 1 à 3 heures selon ton niveau sur <i>Scratch</i> pour la partie sur ordinateur ou tablette : cette deuxième partie peut être faite en 4 ou 5 étapes ou plus ! Ce sont des petites missions de 5-10 minutes chacune.
Matériel	Ce document uniquement pour la première partie ; logiciel <i>Scratch</i> et un ordinateur ou une tablette pour la seconde partie.
Notions scientifiques	Argumenter l'intérêt des politiques de prévention et de lutte contre la contamination et/ou l'infection.
Compétence scientifique	Modèle et modélisation. Situation témoin.
Message esprit critique	Les experts disposent d'outils sophistiqués comme des modèles informatiques pour évaluer l'intérêt d'une méthode de prévention ou de lutte contre l'épidémie. Ces outils sont indispensables pour produire une connaissance fiable.

Comprendre l'intérêt du confinement

Une épidémie d'une maladie respiratoire a émergé dans la ville de Wuhan en Chine en décembre 2019. La France a été touchée par la maladie et il a été décidé que le mardi 14 mars à midi le pays entrerait dans une période de **confinement**. Durant toute cette période, les habitants sont invités à rester chez eux autant que possible, et à ne sortir que pour des motifs bien précis.

Quel est l'intérêt d'une telle mesure ? Comment les scientifiques peuvent-ils évaluer l'intérêt d'une mesure de prévention sur le développement de l'épidémie ?



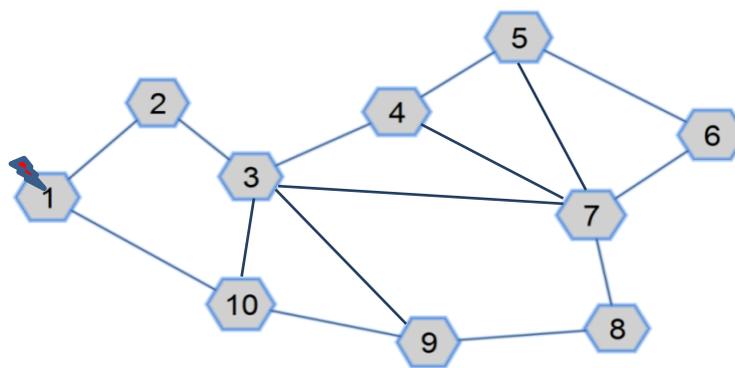
Comprendre la notion de modèle et de modélisation

Il est difficile de réaliser des expériences pour comprendre comment se propage une maladie : on ne va pas faire de telles études sur des vraies populations ! Dans ce cas, on utilise un outil indispensable en science : les **modèles**.

Construisons ensemble un premier modèle très simple pour comprendre comment se propage la maladie au sein d'un groupe de personnes. Soit « 1 » le premier individu infecté. A chaque « tour », « 1 » peut infecter les personnes avec qui il est en contact. Lance une pièce ou un dé pour chaque personne en contact avec un malade : si tu tires « pile » ou un nombre pair, alors la personne est contaminée.

Faisons le premier tour ensemble :

- Au début du tour, seul « 1 » est contaminé (il est malade) : pour représenter ça, je pose un jeton (n'importe quel petit objet fera l'affaire) ou je mets une croix près de la case 1 ;
- Il y a donc deux personnes en contact avec un malade : « 2 » et « 10 ».
- Je lance un dé pour « 2 » : j'obtiens la face 6 : c'est un nombre pair, 2 est malade maintenant alors je pose un jeton ou je mets une croix sur sa case ;
- Je lance le dé pour « 10 » et j'obtiens un 5. « 10 » n'est pas contaminé. Le tour est terminé.



Au bout de combien de tours la maladie a-t-elle touché tous les individus ?

.....

Correction :

Bravo, tu as créé ton premier **modèle** d'épidémiologie ! Ce modèle est une représentation simplifiée de la réalité.

- Il permet de simuler une situation de départ (ici un individu infecté) et de voir comment la situation va évoluer dans différentes conditions.
- Tout modèle repose sur des règles ou instructions (exemple : si un individu malade est en contact avec un autre alors il peut l'infecter). Si ces règles ne représentent pas la réalité, le modèle ne sera pas efficace et il faudra l'améliorer.

Utiliser le modèle pour répondre à des questions

Nous allons maintenant utiliser notre modèle pour répondre à une question : y a-t-il un intérêt à imposer aux gens d'être moins en contact les uns avec les autres ? Même si c'est une question simple pour commencer, cela va nous permettre de voir comme on se sert d'un modèle.

Imagine comment modifier le modèle précédent pour répondre à la question posée ?

.....

.....

Correction :

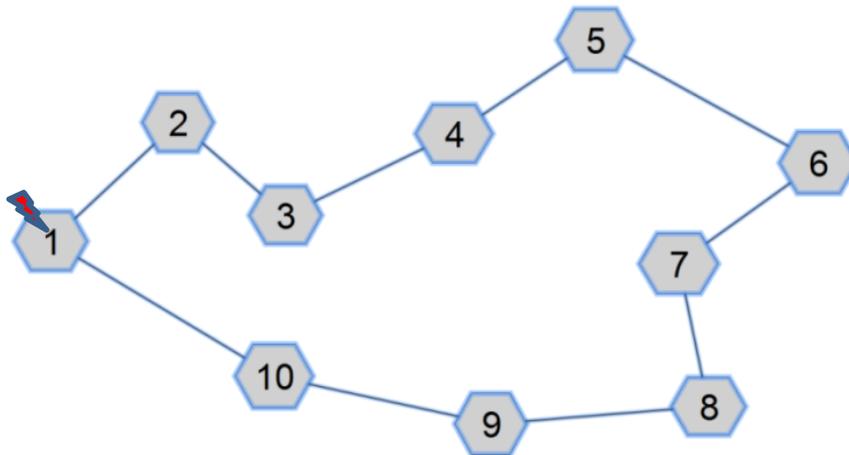
Pour arrêter l'épidémie de coronavirus, les autorités ont imposé aux citoyens de moins se voir et de ne pas se serrer la main ou se faire la bise pour se dire bonjour.

Pour représenter cela dans notre modèle, nous allons simplifier le plateau pour que chaque personne ne soit plus en contact qu'avec 2 personnes. C'est difficile d'interdire absolument tout contact du jour au lendemain mais il est possible de les restreindre.

Fais une nouvelle simulation avec le plateau modifié, compare ton résultat et rédige une conclusion

.....

.....



Correction :

Comme tu as pu t'en rendre compte, la maladie progresse bien moins vite lorsque l'on impose une distanciation sociale. De très nombreuses mesures ont été prises dans ce sens : fermeture des écoles, travail des parents à la maison quand c'est possible, annulation des festivités, interruption des compétitions sportives, etc. Ces mesures sont efficaces quand elles sont mises en place rapidement et maintenues pendant une durée suffisante.

Comprendre le rôle du hasard dans les phénomènes naturels

Recommence rapidement une partie avec le modèle précédent. Tu vas te rendre compte que tu n'obtiens pas forcément le même résultat d'une partie sur l'autre. Ceci est dû à l'action du dé. Dans la simulation, le dé représente le **hasard** qui existe aussi dans la réalité : une personne malade peut croiser deux personnes et contaminer l'une et pas l'autre, sans vraiment de raison précise.

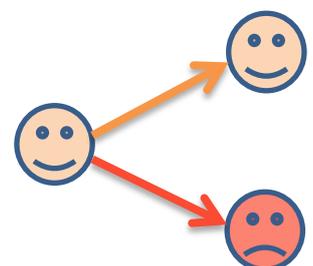
Découvrons un peu de vocabulaire :

- Une expérience est dite **aléatoire** lorsqu'elle a plusieurs résultats possibles et qu'on ne peut pas prévoir lequel sera obtenu. Chaque résultat possible de cette expérience aléatoire est appelé **issue** de l'expérience.

Ainsi, l'individu « 2 » pouvait ou non tomber malade. Sa contamination est donc une expérience aléatoire avec deux issues : « tomber malade » et « ne pas tomber malade ». On peut représenter ces deux issues avec le schéma suivant.

- On peut calculer la **probabilité** pour l'individu de tomber malade.

Pour calculer cette probabilité, il faut regarder le nombre d'issues favorables sur le nombre total d'issues possibles :



- Si tu as utilisé une pièce, il y avait deux issues possibles : « tirer pile » ou « tirer face ». Seule la première issue était favorable donc $P = \frac{1}{2}$
- Si tu as utilisé un dé, il y avait six issues possibles : « tirer 1 », « tirer 2 », « tirer 3 », « tirer 4 », « tirer 5 », « tirer 6 » et seulement 3 favorables : « 2 », « 4 », « 6 ». La probabilité était donc : $P = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$ (on arrive bien au même résultat).

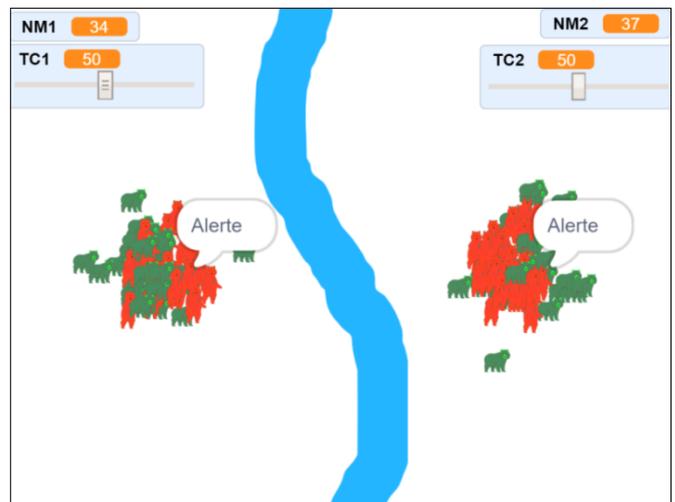
Les valeurs que l'on utilise dans ces simulations ne correspondent pas à la réalité. Sache qu'en moyenne, une personne atteinte de la grippe saisonnière touche 1,2 autre personne. Pour le coronavirus, on estime que cette valeur est supérieure à 2 mais on ne pourra affiner notre connaissance qu'avec le temps. Pour la rougeole, cette valeur est comprise entre 12 et 18 : cette maladie est donc très contagieuse.

Utiliser les modèles informatiques pour prendre des bonnes décisions

A partir d'ici il te faut un ordinateur ou une tablette et le logiciel Scratch (gratuit et disponible ici : <https://scratch.mit.edu/>)

Lors d'une épidémie, une crainte majeure concerne la saturation des lits et du matériel dans les hôpitaux. Un afflux trop important de patients en même temps peut entraîner des problèmes difficiles à gérer.

Nous allons construire un modèle informatique pour étudier cette question. L'avantage du modèle informatique c'est qu'il permet de répéter de nombreuses fois les mêmes simulations. Ceci nous permettra de tenir compte des effets du hasard. En effet, si on ne fait qu'une seule simulation, le scénario qui apparaît peut être particulier, non représentatif. Si on recommence plusieurs fois, on pourra obtenir des prédictions qui sont plus dignes de confiance.



Voilà le type de simulation que l'on cherche, au final, à obtenir. Il faut toujours comparer deux situations pour mettre en évidence les effets d'une condition - par exemple les effets de la distanciation sociale (voir la Séance 2 où ce concept a été développé). On va donc créer deux populations pour comparer ce qui se passe selon que l'on applique ou non certaines règles.

Phase d'entraînement pour ceux qui débutent avec le logiciel Scratch :

Ecrire un programme se fait simplement en emboîtant des blocs d'instructions. Lorsque l'on ouvre le logiciel, un lutin apparaît à l'écran (c'est un personnage si tu préfères). On peut lui donner des instructions simples.

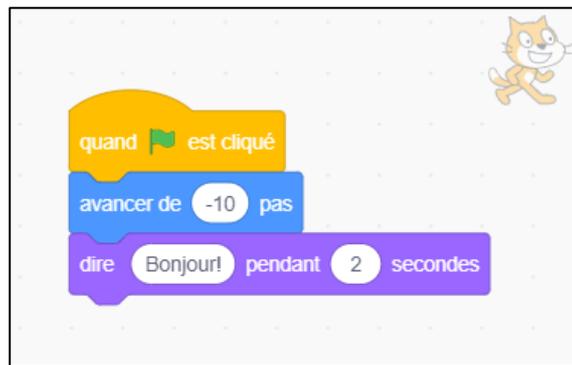
Trouve une façon de faire avancer le lutin de 10 pas (10 pixels à l'écran). Puis de 20 pas.

Solution : Dans Mouvement, choisis « avancer de 10 pas » et fais le glisser vers la partie centrale. Dans Événements, choisis quand (drapeau vert) est cliqué et fais le glisser vers la partie centrale. Emboîte les deux blocs et clique sur le drapeau vert. Tu peux ensuite recommencer en changeant « 10 » en « 20 ».



Fais reculer le lutin de 20 pas quand on clique sur le drapeau, puis fais lui dire « Bonjour ! ».

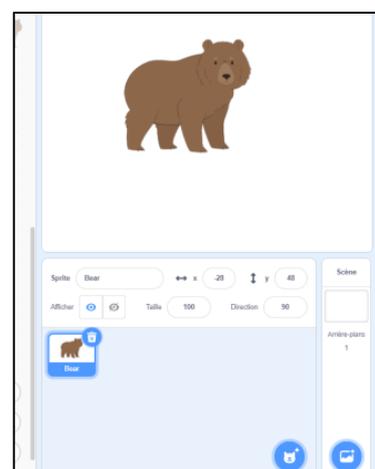
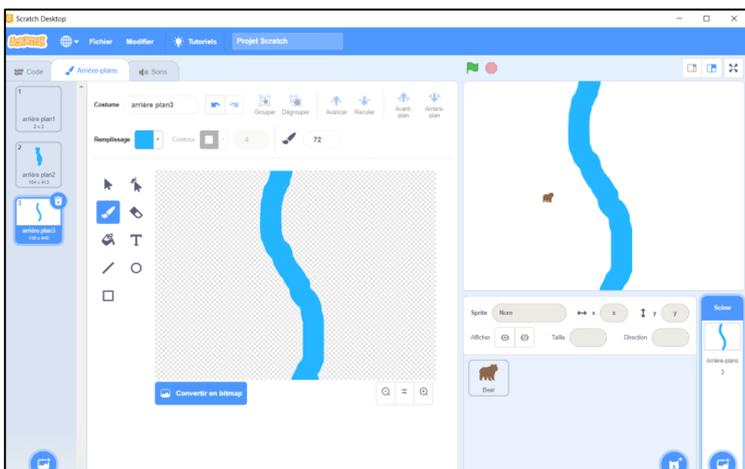
Solution : Mettre -10 et le lutin ira en arrière. Puis rajouter le bloc « dire Bonjour pendant 2 secondes ».



Pas facile de s'orienter au début car le logiciel *Scratch* propose de nombreuses instructions possibles. Amuse-toi à créer un petit programme (un programme est une suite d'instructions) en empilant les blocs de ton choix.

On va maintenant créer un décor.

Supprime le lutin et crée un ours (ou tout autre lutin de ton choix) en cliquant en bas à droite de la scène. Dessine une rivière au milieu du décor. Pour modifier le décor, clique sur Arrière-plans puis utilise les outils à disposition pour dessiner les figures de son choix.



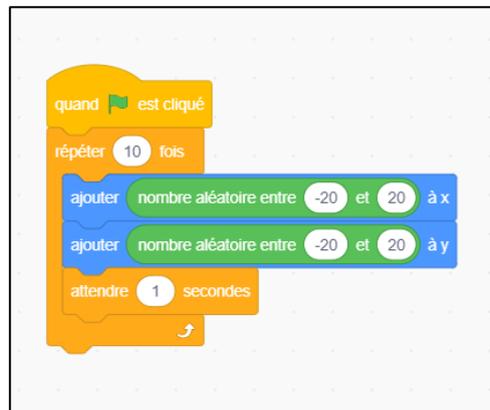
Phase de construction du modèle :

Tu vas avoir une série de missions à accomplir. A chaque fois, essaie de trouver la solution par toi-même puis regarde les réponses quand tu n'y arrives pas.

Mission 1 : Fais avancer ton lutin de façon aléatoire dans le décor après que l'on ait cliqué sur le drapeau vert (on doit voir les mouvements). Tu dois :

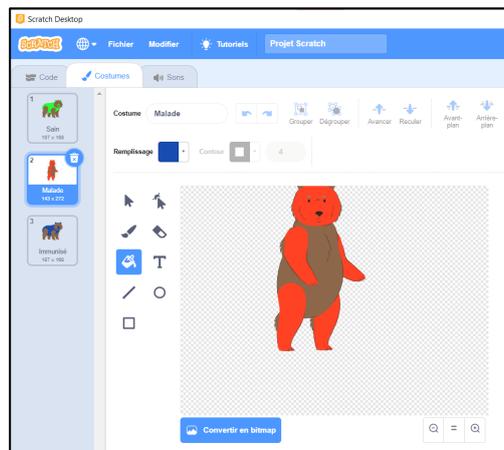
- 1) ajouter le bloc « quand on clique sur le drapeau vert » ;
- 2) ajouter le bloc « modifier les variables x ET y » qui correspondent aux coordonnées du lutin ;
- 3) ajouter un caractère aléatoire à l'aide de l'instruction « ajouter un nombre aléatoire compris entre a et b » ;
- 4) répéter cette action 10 fois ;
- 5) espacer les répétitions d'une seconde.

Solution :



Mission 2 : Pour distinguer les individus susceptibles, malades et remis, on va utiliser des costumes différents et leur donner un nom. Duplique le costume de base et choisis un code couleur et un nom approprié.

Solution :



Mission 3 : Crée 60 clones du lutin. Pour cela, il faut utiliser les deux blocs d'instructions nécessaires dans l'onglet « Contrôle ».

- Note : Un grand nombre de clones implique que les lutins soient de petite taille. Il est possible de modifier la taille du clone à partir de l'onglet « Costumes ».

Solution :



- Note : Si tu cliques sur le drapeau vert et que tu ne vois pas les clones apparaître, c'est normal : ils sont empilés les uns sur les autres. Tu peux les faire apparaître en les faisant glisser les uns à côté des autres à l'aide de la souris.

Nouvelle connaissance : Une **variable** est un nom que l'on donne à une valeur que l'on conserve en mémoire pour la réutiliser ou la modifier. C'est normal que cette définition te semble compliquée mais en utilisant des variables, tu comprendras mieux leur intérêt.

Exemple : Quand on utilisera le programme, on voudra parfois faire varier le nombre d'habitants dans une population. Cette valeur va nous servir plusieurs fois dans le programme, elle va apparaître dans plusieurs blocs d'instructions. Comme on ne veut pas la modifier à la main à chaque fois, on va créer une variable « NT1 » (pour nombre total d'individus de la population 1).

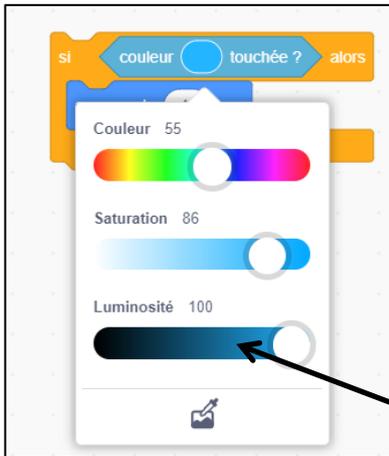
Mission 4 : Crée une variable « NT1 » puis modifie le programme pour qu'il crée un nombre de clones du lutin correspondant à cette valeur. Pour créer une variable, tu dois cliquer sur l'onglet « Données ». Pour attribuer une valeur à cette variable, utilise le bloc d'instructions « mettre NT1 à ». Pour utiliser une variable, fais-la glisser dans un bloc d'instructions.

Solution :



Mission 5 : Trouve une solution pour que les lutins ne traversent pas la rivière (comme ça les deux populations resteront séparées). Il y a plusieurs solutions possibles.

Solution :



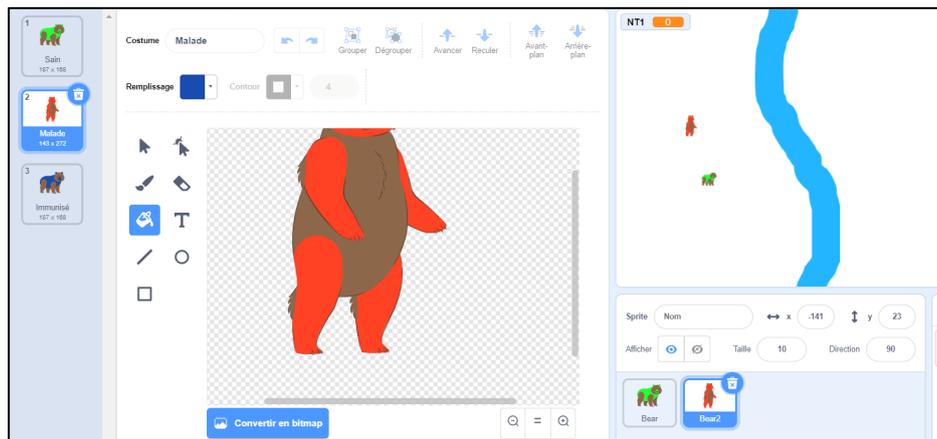
Cliquer sur la rivière pour choisir cette couleur



Mettre une valeur négative pour la population de gauche, afin de forcer les lutins à reculer

Mission 6 : Crée le patient 0, celui qui contamine la population. Ce doit être un nouveau lutin, qui commence directement dans son état « contaminé ».

Solution : Duplique le premier lutin (clic-droit, dupliquer). Puis dans costumes, sélectionne le costume rouge pour celui-ci.



Mission 7 : Crée les règles pour la contamination : lorsqu'un ours « sain » croise un ours « contaminé », alors il devient malade à son tour. Pour cela tu dois comprendre que :

- « Croiser un individu malade » revient à : un pixel vert touche un pixel rouge.
- « Devenir malade » revient à : basculer du costume Sain au costume Malade.

Solution :

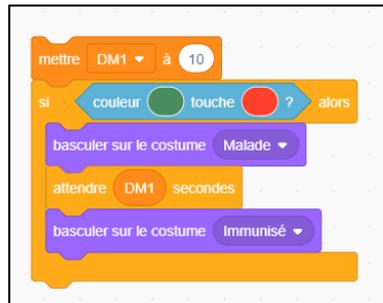


Mission 8 : Une fois que l'ours est tombé malade, il va guérir au bout d'une certaine période et il ne pourra plus tomber malade. Cela signifie que le lutin doit passer du costume Malade au costume Guéri mais après 10

secondes.

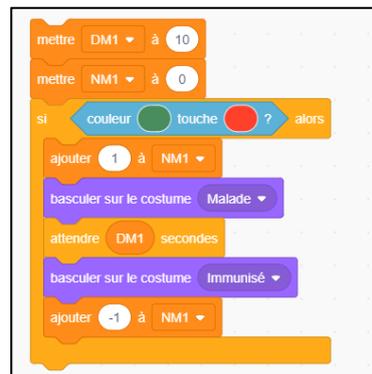
- Note : Tu peux directement créer une nouvelle variable : DM1 (pour durée de la maladie pour la population 1) et la fixer à 10 secondes.

Solution :



Mission 9 : Crée un système de comptage du nombre d'individus malades. Il va falloir réutiliser la variable « NT1 » mais cette fois la modifier pour que chaque fois qu'un ours bascule au costume « malade » la variable augmente de 1 et que chaque fois qu'un ours bascule au costume « guéri » la variable diminue de 1. Il suffit donc de créer une variable « NM1 » (nombre de malades dans la population 1) et rajouter deux instructions au bloc précédent.

Solution :



Mission 10 : Crée un système d'alerte dès que 50% des personnes sont malades.

Solution possible :



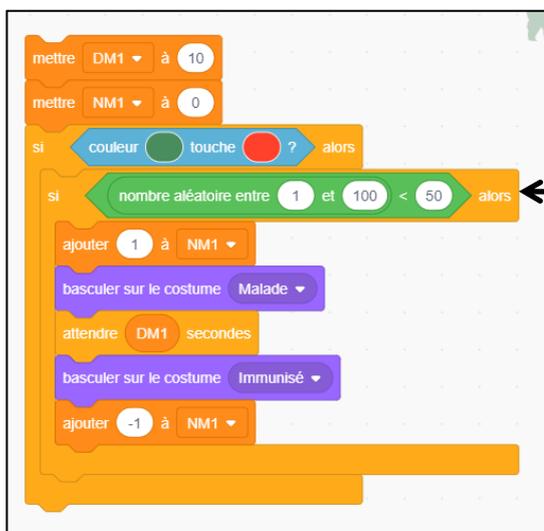
Mission 11 : On souhaite qu'à chaque fois qu'un individu malade rencontre un individu sain, celui-ci ait une chance sur deux de tomber malade (probabilité de l'événement : 0,5).

Cela donne un peu plus de réalisme à la simulation, qui jusqu'à présent imposait une contamination automatique (probabilité de l'événement : 1)

- Indice 1 : On peut reformuler la consigne ainsi « Si un individu sain croise un individu malade, alors il a une chance sur deux de devenir malade à son tour ».
- Indice 2 : Pour introduire le caractère aléatoire, il faut utiliser la commande « nombre aléatoire entre 1 et 100 » qui consiste à tirer un nombre aléatoire entre 1 et 100 puis faire un test d'inégalité. Voici ci-dessous une partie du script intégrant cette commande.

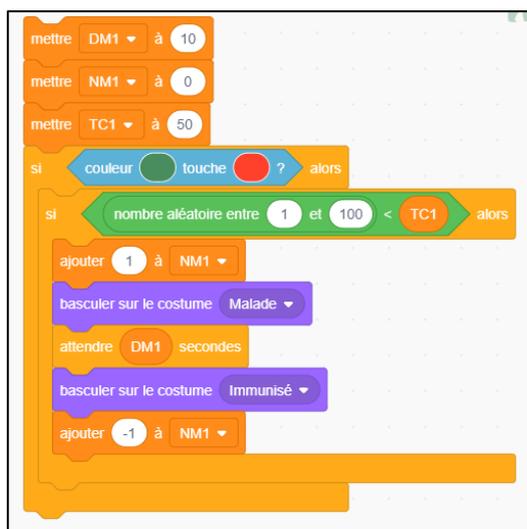
Complète le bloc de la mission 8 pour résoudre cette mission.

Solution :



Attention, après le « alors » on doit avoir les 5 instructions suivantes.

On va immédiatement remplacer la valeur de 50 par une nouvelle variable TC1 (pour taux de contagion dans la population 1). On la fixe à 50 mais on pourra l'augmenter pour simuler une maladie plus contagieuse (ou la diminuer pour une maladie moins contagieuse).



Le programme est maintenant écrit à 80%. Il reste quelques détails à régler (tu peux mener l'enquête tout seul) et à emboîter tous les blocs. Il faut aussi créer la même situation de l'autre côté de la rivière pour pouvoir comparer les conséquences d'une action ou d'une autre.

Dès que tu le souhaites, récupère le script pour passer à la suite. Comme tu verras, nous avons notamment rajouté une commande pour imposer le confinement à l'une des deux populations. Quand on clique sur la touche `c`, la population de gauche entre en confinement et limite ses mouvements.

Deux variables ont été rajoutées pour contrôler l'ampleur des mouvements (et donc du confinement) : `m1` et `M1` (respectivement les dimensions horizontales et verticales des mouvements). Tu pourras donc ajuster le moment où le confinement est imposé et l'intensité de ce confinement (si `m1 = M1 = 0`, plus aucun mouvement n'est possible).

Phase d'exploitation du programme :

Sur le script, les valeurs des variables ont été modifiées et les populations sont de 80 individus. On considère que les hôpitaux risquent d'être engorgés quand 25% de la population est malade.

1. Contagion

Rappelle-toi le premier modèle : on avait choisi comme valeur pour la probabilité qu'un individu malade en contamine un autre avec lequel il est en contact : $P = 0,5$ (« pile » au lancer de pièce ou « pair » au lancer de dé). Tu peux maintenant évaluer l'impact de cette probabilité sur le risque d'engorgement des hôpitaux.

Comment utiliser le programme pour répondre à la question suivante : Quel est l'impact du taux de contagion de la maladie sur l'engorgement des hôpitaux ?

.....

.....

.....

Coups de pouce :

1. Détermine d'abord la variable que tu dois faire varier entre les deux populations.
 - a. Lis la mission 11 si tu n'as pas d'idée.
 - b. Pense à mettre des valeurs différentes pour chaque population.

2. Détermine ensuite la variable que tu dois mesurer.
 - a. L'énoncé précise que l'on s'intéresse à l'engorgement des hôpitaux. Quelle mesure effectuer pour déterminer les conséquences de la contagiosité ?
 - b. Tu peux faire 5 mesures dans chaque situation et compter le nombre de fois où les 25% sont atteints.

Solution :

Il faut comparer deux situations dans les deux populations : on va par exemple fixer un taux de contagion à 50 pour la population 1 ($TC1 = 50$ signifie que la probabilité qu'un individu croisant un malade tombe malade est de 0,5) et à 0,90 pour la population 2. [Tu peux essayer d'autres valeurs].

Ensuite, on peut mesurer différentes choses :

- Atteint-on une proportion de 25% d'individus malades dans les deux situations ?
- Au bout de combien de temps atteint-on cette valeur dans les deux situations ?
- Combien de temps reste-t-on au-dessus de cette valeur dans les deux situations ?

Note : il faut multiplier les observations et faire des moyennes sans quoi le hasard risque de fausser les résultats.

2. Confinement

Comment utiliser le programme pour répondre à la question suivante : Comment faire en sorte que les mesures de confinement soient les plus efficaces possibles ?

.....

.....

.....

Coups de pouce :

1. Pense à modifier une caractéristique du confinement
 - a. Cela peut être le moment de démarrage ou l'intensité par exemple.
2. Détermine la variable à mesurer.
 - a. Aide-toi de la mission précédente.

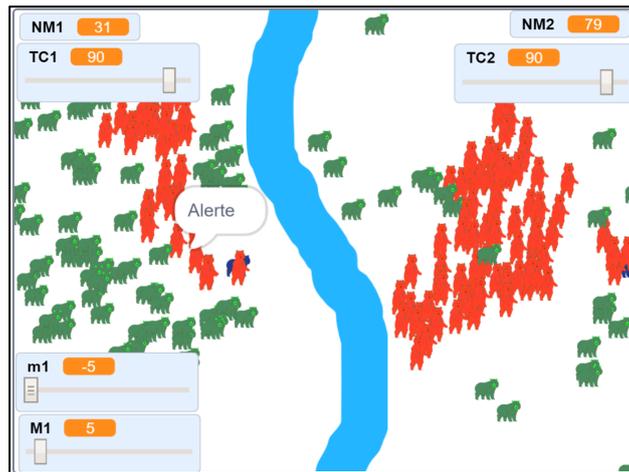
Solution :

Cette fois, on peut essayer de jouer de différentes façons :

- On peut imposer un confinement plus ou moins tôt.
- On peut imposer un confinement plus ou moins strict (en jouant sur les variables m_1 et M_1).

On se rend compte bien sûr que plus le confinement se fait de façon précoce et strict, et plus l'épidémie est ralentie.

Il faut ensuite se demander : ma population est-elle prête à accepter un confinement immédiat à 100% ? Cela semble peu probable. Comment trouver le meilleur compromis : un confinement suffisamment tôt et suffisamment fort – mais acceptable par la population ? Vous pouvez faire plusieurs tests pour trouver le compromis dans votre simulation.



Conclusion de l'activité sous Scratch :

Les modèles informatiques sont des outils précieux pour les chercheurs. Ils leur permettent de rechercher, par la simulation, les causes de certains phénomènes (pourquoi une maladie se propage par exemple) ou les conséquences d'autres (que se passe-t-il si on confine une population). Comme ces phénomènes font intervenir le hasard, les outils informatiques sont pratiques car on peut recommencer de nombreuses fois la simulation en faisant varier certains paramètres seulement.

Pour créer un modèle informatique, on construit un **programme**. Dans ce programme, on donne à la machine des **instructions** : certaines s'exécutent les unes à la suite des autres, d'autres dépendent d'un événement extérieur. Certaines instructions recréent les conditions d'une **expérience aléatoire** avec plusieurs **issues** possibles.

Pour résumer ce que l'on a appris

Message scientifique

Certains phénomènes naturels – comme les épidémies – font intervenir beaucoup de hasard (on parle d'expérience aléatoire). Par exemple, il y a une certaine probabilité qu'un individu malade contamine un individu sain lorsqu'ils sont en contact. Connaître cette probabilité aide les scientifiques à évaluer le devenir de l'épidémie.

Message esprit scientifique

Les scientifiques disposent de très nombreux outils pour faire progresser la recherche et la lutte contre les épidémies. Pour chercher les causes ou les conséquences de certains phénomènes, ils peuvent construire des modèles. Un modèle est un outil qui s'appuie sur les connaissances que l'on a d'une situation et permet par exemple de faire des prédictions sur son devenir. L'utilisation des modèles permet d'évaluer l'intérêt de certaines mesures et ainsi de guider la prise de décisions.

Message esprit critique

Beaucoup de gens peuvent avoir envie de donner leur avis personnel sur les solutions à employer pour faire face à une crise, ou pour prédire le devenir d'une situation. Mais seuls les experts qui savent maîtriser des connaissances et des outils sophistiqués sont capables d'évaluer l'impact de différentes solutions. Il est important de faire confiance aux messages délivrés par des experts, plutôt que d'écouter les opinions personnelles que l'on peut lire.