



POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE



Une approche de l'interdisciplinarité

Mathieu Farina, *La main à la pâte*

Mardi 29 mars 2016

INTRODUCTION DE L'ACTIVITE

Résumé

Cette activité a été conçue pour une formation inscrite au Plan National de Formation. Elle est destinée à sensibiliser des adultes à une modalité de mise en place d'interdisciplinarité et à l'intérêt de pratiquer une telle démarche (en l'occurrence un travail autour d'une compétence transversales : comprendre les enjeux de la modélisation en science). Le but de cette formation est également de proposer un support de réflexion pour la mise en place des futurs EPI au cycle 4. Dans le cadre de cette activité, il s'agira d'associer les mathématiques et la biologie mais également aussi l'histoire-géographie autour du thème de la propagation des épidémies et des méthodes de lutte mises en place. Ces activités sont en cours de test en classe et ont bénéficié des relectures et améliorations de différents professeurs du collège Colette Besson à Paris. Le choix a été fait de mettre en activité les participants, ce qui a permis de faire émerger des représentations multiples de la notion de modèle en fonction des disciplines.

1. Diversité des formes de modèles en classe : de quel modèle parle-t-on dans cette activité ?

Il est possible de dégager 3 usages pédagogiques différents du modèle (1) :

- le modèle comme matériel d'observation et d'expérimentation (ex : étudier une souris pour construire des connaissances sur l'anatomie des vertébrés)
- le modèle comme outil d'explication (ex : les modèles moléculaires en plastique)
- **le modèle comme objet d'étude** : c'est celui utilisé dans la recherche en sciences. Et c'est précisément l'objet des activités présentées ici. Pourquoi s'intéresser à cette notion de modèle comme outil de progression dans la recherche scientifique ?

2. Les préconceptions et l'intérêt de travailler en classe sur la modélisation

« Le public voit souvent les modèles comme des « boîtes noires » où les données entrent et d'où des réponses sortent. Des chercheurs sont gênés par cette image parce que des connaissances scientifiques approfondies sont nécessaires pour construire un modèle ». (2)

« La traduction du mot modèle dans le domaine scientifique se heurte à l'obstacle que constituent les significations courantes du terme. Comprendre la signification scientifique de cette notion est pourtant un enjeu important de la formation ». (1)

« **L'importance de la notion de modèle dans la science d'aujourd'hui est telle que l'on peut souhaiter travailler sur lui directement. Il s'agit de montrer aux élèves, d'une part, comment se construit puis se perfectionne un modèle, d'autre part, comment il peut être utilisé comme outil de progression dans la recherche scientifique** ». (1)

C'est l'objectif poursuivi dans cette progression. Dans quel but ?

Le premier objectif poursuivi est d'aider l'élève à **comprendre comment on explore des relations causales** de façon fine en formalisant des hypothèses explicatives et en les mettant ensuite à l'épreuve, dans un cadre autre que celui de l'expérience.

Le second objectif est d'aider l'élève à **comprendre un aspect fondamental du fonctionnement de la recherche** pour mieux se positionner dans des débats de société qui impliquent des disciplines scientifiques utilisant de tels modèles. Outre les sciences de la santé, c'est aussi le cas des sciences du climat, de l'environnement...

3. Quelques précisions autour de l'activité

Parmi les modèles scientifiques, nous avons choisi de nous intéresser à ceux permettant d'**étudier des relations de causalité complexes** (modèles explicatifs qui permettent de rechercher des causes aux faits observés, et **modèles prédictifs** pour prédire l'évolution d'un système à partir d'une situation initiale).

L'activité présentée ici s'inscrit dans le cadre d'une production de ressource interdisciplinaire pour le cycle 4.

En **mathématiques**, les **connaissances** sont reliées aux thèmes suivants : *Organisation et gestion de données, Algorithmique et programmation* et les **compétences** du socle travaillées sont les suivantes : *Modéliser (traduire en langage mathématique une situation réelle, comprendre et utiliser une simulation, valider ou invalider un modèle, comparer une situation à un modèle connue (par exemple un modèle aléatoire))*.

En **SVT**, les **connaissances** sont reliées au thème : corps humain et santé et les **compétences** travaillées sont les suivantes : Pratiquer des démarches scientifiques (Proposer une ou des hypothèses pour résoudre un problème ou une question ; Communiquer sur ses démarches, ses résultats, ses choix en argumentant ; Identifier et choisir des notions, des outils ou des modèles simples pour mettre en œuvre une démarche scientifique).

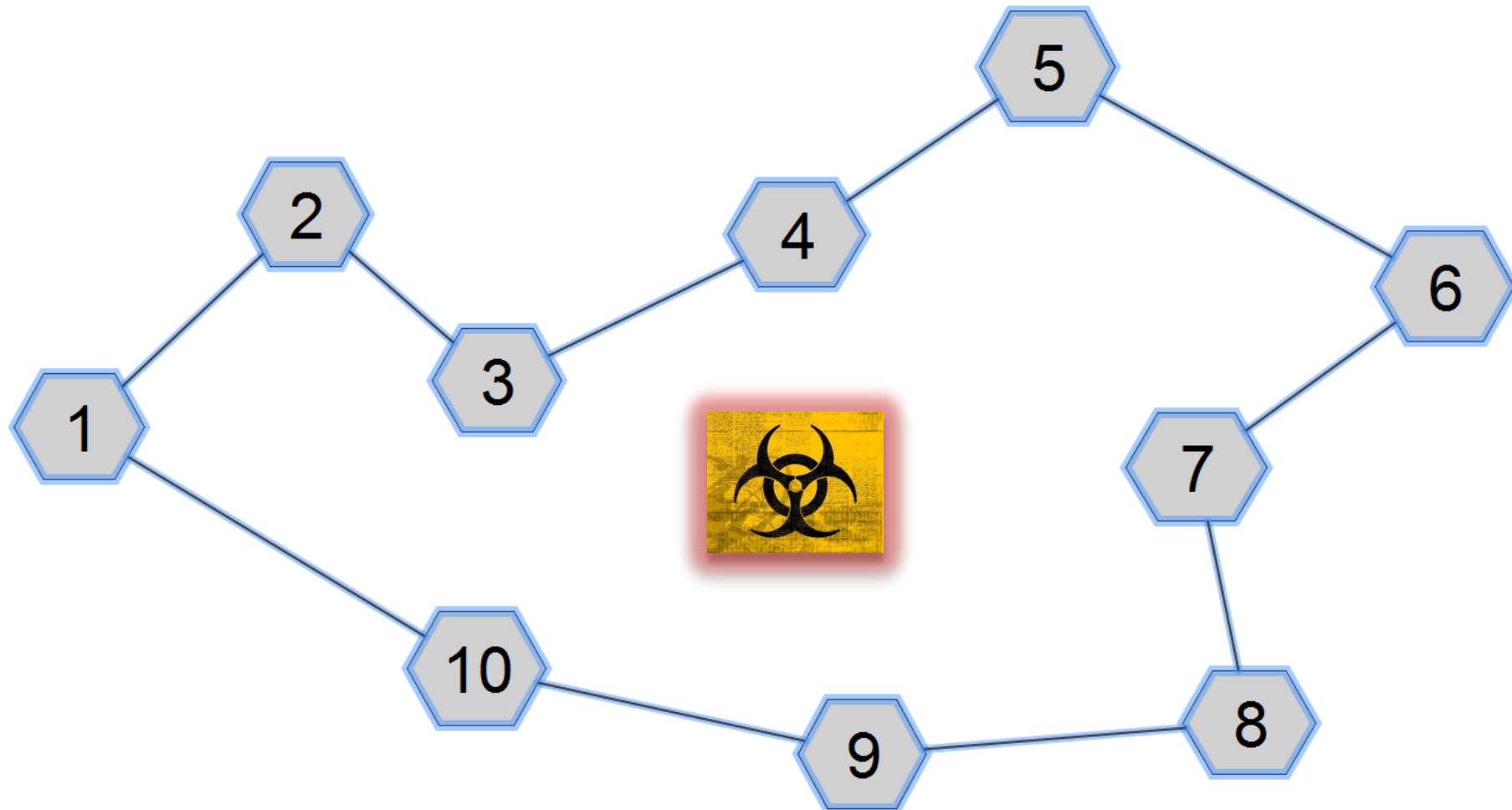
En **histoire-géographie**, les **connaissances** sont reliées aux thèmes : Les mobilités humaines transnationales et Des espaces transformés par la mondialisation. Les **compétences** travaillées sont : Raisonner, justifier une démarche et les choix effectués et Coopérer et mutualiser.

La production attendue de cette partie du projet qui pourrait faire l'objet d'un EPI serait la construction d'un jeu de plateau avec ses règles. Un tel jeu représenterait en fait un modèle simple de propagation d'une maladie, que les élèves construiraient progressivement à partir de ressources interdisciplinaires.

(1) ROJAT, Dominique. Modélisation et simulation : quelques aspects des relations entre l'idée et le réel. *Dossiers de l'ingénierie éducative* n°40, Octobre 2002, SCEREN (CNDP)

(2) Making sense of uncertainty. Why uncertainty is part of science, *Sense About Science*, juin 2013. Disponible sur <http://www.senseaboutscience.org>

1^{ère} phase de la modélisation : S'approprier un modèle très simplifié pour en comprendre les grandes caractéristiques



On veut mettre en forme un modèle qui nous permette d'étudier la vitesse d'évolution d'une maladie. Pour mettre en forme ce modèle, on va utiliser quelles connaissances déterminées par ailleurs et les convertir sous forme de règles.

▪ Nos connaissances scientifiques nous permettent de dire que :

1) La propagation d'une maladie est un **phénomène aléatoire**.

2) Les épidémies émergent généralement à un niveau local. Dans notre modèle, on considère qu'il n'y a au départ qu'un seul foyer contaminé, les autres foyers étant susceptibles de le devenir.

3) Une épidémie locale peut se propager et atteindre une échelle internationale : on parle alors de **pandémie**.

4) Dans notre modèle, chaque ville peut être dans deux états : « S » pour **susceptible** de déclencher la maladie OU « E » pour en état d'**épidémie**.

5) Dans notre modèle, la propagation se fait de proche en proche : une ville susceptible « S » peut passer au statut épidémique « E » chaque fois qu'elle est reliée à une autre ville « E » et ce **avec une probabilité de 1/3**.

▪ Vous disposez du **matériel** suivant :

1) 4 dés (deux de 6 faces et deux de 10 faces), des jetons.

2) Un plateau qui représente 10 villes reliées entre elles, c'est-à-dire entre lesquelles on observe des flux de populations (chaque ville est reliée à exactement 2 autres).

➤ **Défi** : On considère que la pandémie est atteinte quand 7 villes sont au stade Epidémie. En combien d'étapes atteignez-vous le statut de **pandémie** ?

Déterminez des règles du jeu et mettez-les en œuvre afin de répondre à cette question !

(coup de pouce : les règles ont été soulignées dans le texte !)

2^{ème} phase de la modélisation : Comprendre le rôle explicatif d'un modèle

Vous êtes chercheur dans un laboratoire de virologie qui travaille sur les maladies émergentes. Votre but est de comprendre dans quelles conditions se propagent les nouvelles maladies pour élaborer ensuite des protocoles qui permettront de lutter contre la propagation. Votre travail s'oriente sur la connexion des villes entre elles car vous pensez que c'est un facteur clé de propagation des maladies.



- **Défi : On veut élaborer la situation qui favorise l'expansion la plus rapide de l'épidémie. Le groupe qui gagne est celui qui atteint la pandémie en un minimum de tours !**

A partir de la situation initiale du plateau (phase 1), **vous pouvez rajouter 3 liens**. Discutez entre vous pour **formuler de façon explicite** une hypothèse sur l'organisation qui pourrait, selon vous, induire une expansion rapide de l'épidémie. Précisez ensuite comment vous allez rajouter les liens pour modéliser correctement votre hypothèse.

Remarque : toutes les idées sont bonnes, du moment que les liens sont placés de façon cohérente avec l'hypothèse formulée !

Attention : Le foyer initial sera tiré au sort après votre décision ! Vous pourrez recommencer 3 fois pour atteindre votre meilleur score mais dans chaque cas, vous devez retirer votre foyer initial (sauf si vous ne changez pas la disposition de vos liens).

WORST-CASE SCENARIO



WORST-CASE SCENARIO * WORST-CASE SCENARIO * WORST-CASE SCENARIO * WORST

3^{ème} phase de la modélisation : Rendre le modèle plus réaliste en augmentant le nombre de paramètres à partir de différentes disciplines

Votre laboratoire veut maintenant construire un modèle plus réaliste en intégrant des connaissances issues de deux disciplines : géographie et biologie. Grâce à la géographie, nous allons rendre le plateau plus réaliste en travaillant avec **11 villes réelles toutes connectées entre elles**, pour lesquelles vous disposez d'informations (voir CARTES) qui vous aideront à modifier **la phase de propagation**. Grâce à la biologie, nous allons intégrer une **phase de lutte contre la maladie** (après la propagation).

1) Nouvelles données pour la phase de propagation

Toutes les villes étant connectées entre elles dans notre nouveau modèle, il faut modifier les règles en prenant en compte l'intensité de la connexion de chaque ville aux autres.

La connexion de la ville aux autres est...	Probabilité de passer de « S » à « E »
... FAIBLE	1/10
... MOYENNE	2/10
... FORTE	2/5

Remarque pour le trafic aérien : toutes les villes ne se valent pas ! La connexion est particulièrement importante entre villes à connexion forte. Si deux villes à connexion forte sont touchées, les autres villes à forte connexion devraient devenir encore plus susceptibles de devenir touchée.

2) Données pour la phase de lutte contre l'épidémie

- Elle fait intervenir des **actions de sensibilisation** pour conseiller sur les comportements à adopter et à éviter. Ces actions peuvent se mettre en place immédiatement au cours de la lutte contre la maladie. Leur réussite est aléatoire et dépend notamment de facteurs comme le PNB par habitant et le niveau de d'éducation de la population.
- Elle fait intervenir des **actions médicales** (détection, diffusion d'antiviraux, vaccination...). Ces actions ne sont pas opérationnelles dès le début de l'épidémie. Leur réussite est aléatoire mais cela dépend encore de la capacité de production du pays.

Information : L'**IDH** (Indice de développement humain) est un indice statistique composite, créé par le Programme des Nations Unies pour le Développement en 1990 pour évaluer le niveau de développement humain des pays du monde. Il se fonde sur 3 critères : le PNB par habitant, l'espérance de vie à la naissance et le niveau d'éducation. (Source *Wikipedia*).

La ville présente une capacité de lutte contre la maladie ...	Probabilité de réussir une action ... DE SENSIBILISATION (E → S)	Probabilité de réussir une action ... MEDICALE (E → S)
... NULLE	0	0
... MOYENNE	1/10	1/5
... ELEVEE	2/10	2/5
... TRES ELEVE	4/10	3/5

Du fait de limitations d'ordre technique et financier, seules 2 actions sont autorisées par tour. Quand une action est réussie, la ville passe du statut « E » au statut « S ».

- **Défi** : A partir des documents, construisez un jeu dont les règles se basent de façon pertinente sur le plus grand nombre possible d'éléments fournis dans les connaissances et les choix. Le défi sera remporté si un grand nombre de données sont intégrées dans les règles de façon pertinente.

Nouvelle règle à intégrer dans la phase de lutte

Découverte du vaccin :

Dès le début du jeu, la recherche d'un vaccin commence. La probabilité de découvrir le vaccin augmente à chaque tour.

Une fois le vaccin trouvé, on considère d'abord qu'il est racheté par tous les pays « développés », y compris ceux qui ne sont pas encore touchés par la maladie. On peut alors choisir d'immuniser n'importe quelle ville de pays « développés », y compris si elle n'est pas de statut « E ».

→ Une fois le vaccin trouvé, quand une carte action médicale est réussie (pour un pays « développé ») **la ville passe du statut « E » au statut « I » pour immunisée**. A partir de ce moment-là, elle ne peut plus redevenir « E ».

Tour	Probabilité de découverte du vaccin au début du tour (en %)
3	20
4	40
5	60
6	80
7	100

QUELQUES CONCLUSIONS AUTOUR DE L'ACTIVITE

Progression de la compréhension de la notion de modèle

Activité 1

- Un modèle intègre des connaissances.
- Un modèle fonctionne en suivant des instructions (algorithme).
- Un modèle cherche à répondre à une question précise.

Activité 2

- Un modèle peut être explicatif c'est-à-dire qu'il permet de chercher à valider une hypothèse causale.
- Il y a un intérêt à faire « tourner » le modèle un grand nombre de fois pour s'affranchir du hasard et pouvoir traiter les données avec des outils statistiques.

Activité 3

- On cherche à rendre le modèle plus réaliste en intégrant un plus grand nombre de paramètres.
- Un modèle n'est pas statique : il intègre sans cesse de nouvelles données à mesure que les connaissances progressent.
- L'interdisciplinarité est souvent nécessaire pour étudier une problématique réelle et elle est très utilisée en recherche.
- La plupart des phénomènes sont complexes, c'est-à-dire qu'ils ont de nombreuses causes et conséquences. Il est alors difficile de se servir de son intuition pour comprendre les effets de la modification d'un paramètre. Les scientifiques ont donc recours à des modèles pour étudier ces phénomènes.

Renforcement et évaluation des apprentissages

La recherche en didactique (1) dégage 2 éléments clés pour l'enseignement des capacités transversales comme celles en lien avec le fonctionnement de la science :

- un apprentissage explicite (ce qui a été présenté dans ces activités) ;
- une diversification des contextes d'étude. Remobiliser les notions autour du rôle de la modélisation en science pourrait se faire dans une situation issue d'un autre contexte mais qui présente des analogies structurelles profondes. Cela pourrait se faire par exemple à l'occasion d'un débat sur le réchauffement climatique, qui permettrait de retravailler différents aspects (types et intérêt de la modélisation, complexité des causes et des conséquences, notion d'incertitude en sciences...).

(1) Bransford, John et al. (2000). *How people learn*. National Academies Press