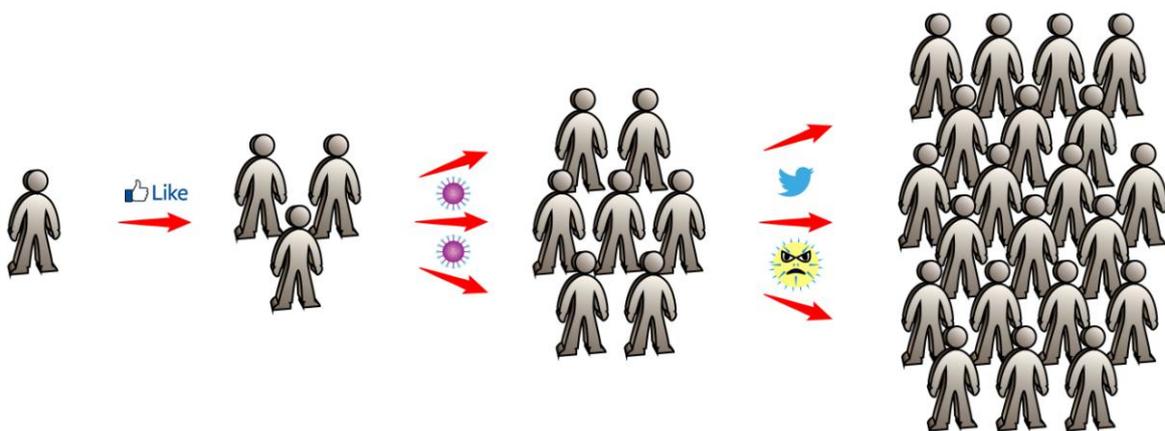


Viral

18 octobre 2016 – 27 août 2017
Enseignants de cycle 3, de cycle 4 et de lycée



Département éducation – formation

Palais de la découverte
 Avenue Franklin Roosevelt
 75008 Paris
www.palais-decouverte.fr

2016

Sommaire

I	Liens avec les programmes scolaires	4
II	L'exposition <i>Viral</i>	
II.1	Situation et plan de l'exposition	17
II.2	Propos et contenu de l'exposition	19
II.2.1	Qu'est-ce que la contagion ?	20
II.2.2	Définir la contagion	26
II.2.3	La diversité de la contagion	30
II.2.4	Immunité et isolement	39
II.2.5	Nous sommes contagieux	41
II.3	Glossaire	44
II.4	Deux descriptions mathématiques de la contagion	46
II.5	Quelques idées d'activités en classe	
II.5.1	De main en main	52
II.5.2	Contagion fruitière	53
II.5.3	De la vie dans la salive et la sueur ?	54
II.5.4	Vaccins : pour ou contre ?	55
II.5.5	La boîte surprise	55
II.5.6	Émotions contagieuses	56
III	Ressources	
III.1	Au Palais de la découverte	57
III.2	Suggestion bibliographique	57
III.3	Sites internet	59
IV	Informations pratiques	60

Ce dossier pédagogique s'appuie sur les ressources des dossiers didactiques conçus par le Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva (Pavillon des Connaissances – Science vivante, Portugal).



I Liens avec les programmes scolaires

Histoire

Étude de quelques grandes épidémies (peste de Justinien, peste noire, grippe espagnole, etc.) et de leur implication historique. Essor de la médecine moderne, des médicaments et de la vaccination.

Classe de CM1

Et avant la France ?

Le temps des rois.

Le temps de la Révolution et de l'Empire.

Classe de CM2

Le temps de la République.

L'âge industriel en France.

La France, des guerres mondiales à l'Union européenne.

Classe de 6^e

La longue histoire de l'humanité et des migrations.

Récits fondateurs, croyances et citoyenneté dans la Méditerranée antique au I^{er} millénaire avant J.-C.

L'empire romain dans le monde antique.

Classe de 5^e

Chrétientés et islam (VI^e-XIII^e siècles), des mondes en contact.

Société, Église et pouvoir politique dans l'Occident féodal (XI^e-XV^e siècle).

Transformations de l'Europe et ouverture sur le monde aux XVI^e et XVII^e siècles.

Classe de 4^e

Le XVIII^e siècle : Expansions, Lumières et révolutions.

L'Europe et le monde au XIX^e siècle.

Société, culture et politique dans la France du XIX^e siècle.

Classe de 3^e

L'Europe, un théâtre majeur des guerres totales.

Le monde depuis 1945.

Classe de 2^{nde}

Les Européens dans le peuplement de la Terre.

Sociétés et cultures de l'Europe médiévale du XI^e au XIII^e siècle.

Nouveaux horizons géographiques et culturels des Européens à l'époque moderne.

Révolutions, libertés, nations, à l'aube de l'époque contemporaine

Classe de 1^{re}

Enseignement spécifique de série S

Croissance économique et mondialisation depuis le milieu du XIX^e siècle.

La guerre et les régimes totalitaires au XX^e siècle.

La République française face aux enjeux du XX^e siècle.

Enseignement spécifique des séries ES et L

Croissance économique, mondialisation et mutations des sociétés depuis le milieu du XIX^e siècle.

La guerre au XX^e siècle.

Le siècle des totalitarismes.

Colonisation et décolonisation.

Classe de terminale

Enseignement spécifique de série S

Grandes puissances et conflits dans le monde depuis 1945.

Enseignement spécifique des séries ES et L

Idéologies et opinions en Europe de la fin du XIX^e siècle à nos jours.

Puissances et tensions dans le monde de la fin de la Première Guerre mondiale à nos jours.

Géographie

Facteurs influençant la propagation des épidémies : démographie, mobilités et migrations, économie, urbanisation, ressources naturelles.

Classe de CM2

Se déplacer.

Communiquer d'un bout à l'autre du monde grâce à l'Internet.

Classe de 6^e

Habiter une métropole.

Le monde habité.

Classe de 5^e

La question démographique et l'inégal développement.

Des ressources limitées, à gérer et à renouveler.

Prévenir les risques, s'adapter au changement global.

Classe de 4^e

L'urbanisation du monde.

Les mobilités humaines transnationales.

Des espaces transformés par la mondialisation.

Classe de 3^e

Dynamiques territoriales de la France contemporaine.

Classe de 2nde

Les enjeux du développement.
Gérer les ressources terrestres.
Aménager la ville.
Gérer les espaces terrestres.

Classe de 1^{re}

Enseignement spécifique de série S

Aménager et développer le territoire français.
L'Union européenne et la France dans le monde.

Enseignement spécifique des séries ES et L

Aménager et développer le territoire français.
L'Union européenne : dynamiques de développement des territoires.
France et Europe dans le monde.

Classe de terminale

Enseignement spécifique de série S

Dynamiques géographiques et grandes aires continentales.

Enseignement spécifique des séries ES et L

Les dynamiques de la mondialisation.
Dynamiques géographiques et grandes aires continentales.

Sciences et technologie

Cycle 3 (CM1 – CM2 – 6^e)

Le vivant, sa diversité et les fonctions qui le caractérisent (Unité, diversité des organismes vivants. Les fonctions de nutrition. Développement et reproduction des êtres vivants. Origine et devenir de la matière organique des êtres vivants).
La planète Terre. Les êtres vivants dans leur environnement (répartition des êtres vivants et peuplement des milieux).

Sciences de la vie et de la Terre

Description et modes d'action des bactéries et des virus. Hygiène et santé.

Cycle 4 (5^e – 4^e – 3^e)

La planète Terre, l'environnement et l'action humaine.

Le vivant et son évolution (la nutrition des organismes, la dynamique des populations, la classification du vivant, la biodiversité, la diversité génétique des individus et l'évolution des êtres vivants).

Le corps humain et la santé (ubiquité, diversité et évolution du monde bactérien, réactions immunitaires, mesures d'hygiène, vaccination, action des antiseptiques et des antibiotiques).

Classe de 2nde

La nature du vivant (cellule, universalité et variabilité de la molécule d'ADN).
La biodiversité, résultat et étape de l'évolution.

Classe de 1^{re}

Enseignement spécifique de série S

La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant (reproduction conforme de la cellule et réplication de l'ADN, variabilité génétique et mutation de l'ADN, l'expression du patrimoine génétique).

Enjeux planétaires contemporains (la production végétale : utilisation de la productivité primaire, la production animale : une rentabilité énergétique réduite, pratiques alimentaires collectives et perspectives globales).

Corps humain et santé (devenir femme ou homme, sexualité et procréation, patrimoine génétique et maladie, perturbation du génome et cancérisation, variation génétique bactérienne et résistance aux antibiotiques).

Enseignement spécifique des séries ES et L

Nourrir l'humanité.
Féminin / masculin.

Classe de terminale

Enseignement spécifique de série S

La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant (le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique, diversification génétique et diversification des êtres vivants, de la diversification des êtres vivants à l'évolution de la biodiversité).

Enjeux planétaires contemporains (la plante domestiquée).

Corps humain et santé (Le maintien de l'intégrité de l'organisme : quelques aspects de la réaction immunitaire. L'immunité adaptative, prolongement de l'immunité innée. Le phénotype immunitaire au cours de la vie. Motricité et plasticité cérébrale).

Enseignement moral et civique

Réactions individuelles et collectives face aux contagions et aux rumeurs.

Cycle 3 (CM1 – CM2 – 6^e) et cycle 4 (5^e – 4^e – 3^e)

La sensibilité : soi et les autres

Le droit et la règle : des principes pour vivre avec les autres.

Le jugement : penser par soi-même et avec les autres.

L'engagement : agir individuellement et collectivement.

Classe de 2nde

La personne et l'État de droit.
Égalité et discrimination.

Classe de 1^{re}

Exercer sa citoyenneté dans la République française et l'Union européenne.
Les enjeux moraux et civiques de la société de l'information.

Classe de terminale

Biologie, éthique, société et environnement.

Physique-Chimie

Cycle 4 (5^e – 4^e – 3^e)

Des signaux pour observer et communiquer.

Classe de 2nde

La santé (analyse médicale, médicaments).

Philosophie

Classe de terminale

La raison et le réel.

La politique.

La morale.

Technologie

Première approche du marketing viral et des virus informatiques.

Cycle 4 (5^e – 4^e – 3^e)

Les objets techniques, les services et les changements induits dans la société.

L'informatique et la programmation (comprendre le fonctionnement d'un réseau informatique.

Écrire, mettre au point et exécuter un programme).

Mathématiques

Mise en place et mise en pratique des outils nécessaires à la compréhension et à la modélisation de la contagion.

Cycle 3 (CM1 – CM2 – 6^e)

Nombre et calculs.

Grandeurs et mesures.

Cycle 4 (5^e – 4^e – 3^e)

Nombres décimaux. Fractions. Puissances. Calcul littéral.

Traitement de données. Probabilités. Proportionnalité. Fonctions.

Grandeurs et mesures.

Algorithmique et programmation.

Classe de 2nde

Fonctions (expressions algébriques, équations).

Statistiques et probabilités (statistique descriptive, analyse de données. Échantillonnage. Probabilités sur un ensemble fini).

Algorithmique (instructions élémentaires. Boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Classe de 1^{re}

Enseignement spécifique de série S

Analyse (étude de fonctions, dérivation, suites).

Statistiques et probabilités (statistique descriptive, analyse de données. Probabilités. Échantillonnage).

Algorithmique (instructions élémentaires. Boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Enseignement spécifique des séries ES et L

Algèbre et analyse (étude de fonctions, pourcentages, suites).

Statistiques et probabilités (statistique descriptive, analyse de données. Probabilités. Échantillonnage).

Algorithmique (instructions élémentaires. Boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Classe de terminale

Enseignement spécifique de série S

Analyse (suites, limites de fonctions, calculs de dérivées, fonction exponentielle, fonction logarithme népérien, intégration).

Probabilités et statistique (conditionnement, indépendance. Notion de loi à densité à partir d'exemples. Intervalle de fluctuation. Estimation).

Algorithmique (instructions élémentaires. Boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Enseignement spécifique et enseignement de spécialité de série ES

Enseignement de spécialité de série L

Analyse (suites, fonctions exponentielles, fonction logarithme népérien, convexité, intégration).

Probabilités et statistique (conditionnement, notion de loi à densité à partir d'exemples, intervalle de fluctuation, estimation).

Algorithmique (instructions élémentaires. Boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Sciences économiques et sociales

Des outils pour comprendre la contagion financière.

Enseignement spécifique de série ES

Classe de 1^{re}

Sciences économiques (les grandes questions que se posent les économistes, la production dans l'entreprise, la coordination par le marché, la monnaie et le financement, régulation et déséquilibres macroéconomiques).

Sociologie générale et sociologie politique (les processus de socialisation et la construction des identités sociales, groupes et réseaux sociaux, contrôle social et déviance).

Regards croisés (entreprise, institution, organisation. Action publique et régulation).

Classe de terminale

Science économique (croissances, fluctuations et crises. Mondialisation, finance internationale et intégration européenne).

Sociologie (classes, stratification et mobilité sociales. Intégration, conflit, changement social).

Regards croisés (justice sociale et inégalités. Travail, emploi, chômage).

Spécialité – sciences sociales et politiques (le système politique démocratique, la participation politique).

Spécialité – économie approfondie (économie et démographie, stratégies d'entreprises et politique de concurrence dans une économie globalisée, instabilité financière et régulation).

Droit et grands enjeux du monde contemporain

Vraies ou fausses, les informations se propagent très rapidement sur les réseaux sociaux. Que dit la loi ?

Enseignement de spécialité de terminale de série L

Les instruments du droit (la responsabilité, contrepartie de la liberté).

Des sujets du droit (internet et le droit).

Informatique et sciences du numérique

Réseaux de réseaux, virus informatiques, etc.

Enseignement de spécialité de terminale de série S

Représentation de l'information.

Algorithmique.

Langages et programmation.

Architectures matérielles.

Enseignements pratiques interdisciplinaires

Cycle 4 (5^e – 4^e – 3^e)

→ Thématique « Corps, santé, bien-être et sécurité »

Chimie et santé : fabrication des médicaments, prévention.

Implique la physique-chimie, en lien avec l'éducation physique et sportive, les sciences de la vie et de la Terre, les mathématiques, la technologie.

Aliments, alimentation : gestion mondiale des ressources alimentaires (production, transport, conservation) ; chaînes alimentaires incluant l'être humain ; concentration des contaminants ; produits phytosanitaires, OMGs ; rôle des micro-organismes dans la production alimentaire ; cultures et alimentation ; épidémie d'obésité dans les pays riches ; sécurité alimentaire.

Implique les sciences de la vie et de la Terre, en lien avec la géographie, l'éducation physique et sportive, la chimie, les mathématiques, la technologie, les langues vivantes, l'éducation aux médias et à l'information.

→ Thématiques « Sciences, technologie et société » et « Information, communication, citoyenneté »

Santé des sociétés : épidémies, pandémies au cours du temps ; maladies émergentes ; gestion de la santé publique, enjeux nationaux et mondiaux ; prévention (vaccinations, traitement de l'eau, etc.) ; campagnes de protection (ouïe par exemple) ou de prévention (consommation de tabac par exemple, qualité de l'air) ; sciences et transmission de la vie ; le rapport à la maîtrise de la reproduction dans différents pays ; statistiques, risque et gestion du risque ; sécurité routière.

Implique les sciences de la vie et de la Terre, en lien avec la géographie, l'éducation physique et sportive, la technologie, le français, les mathématiques, les langues vivantes, l'éducation aux médias et à l'information.

→ Thématique « Sciences, technologie et société »

Biotechnologies : innovations technologiques ; réparation du vivant, être humain augmenté ; handicap ; industrie du médicament ; industrie agro-alimentaire ; biotechnologies pour l'environnement (eau, déchets, carburants).

Implique la technologie, en lien avec les sciences, la chimie, l'éducation physique et sportive, l'enseignement moral et civique.

→ Thématique « Information, communication, citoyenneté »

Information et communication : signaux sonores (émetteurs et récepteurs sonores : micro...), signaux lumineux, signaux électriques.

Implique la physique-chimie, en lien avec la technologie, l'éducation aux médias et à l'information.

En lien avec l'éducation aux médias et à l'information, les sciences de la vie et de la Terre, les mathématiques, le français, des travaux peuvent être proposés sur la distinction entre les connaissances et les croyances, la sécurité pour soi et pour autrui.

Société et développements technologiques : mesure de l'impact sociétal des objets et des systèmes techniques sur la société.

Implique la technologie, en lien avec l'éducation physique et sportive, les sciences, l'enseignement moral et civique.

➔ Thématique « Transition écologique et développement durable »

Chimie et environnement : transformations chimiques : sources de pollution, dépollution biochimique, chimie verte.

Recyclage des matériaux : tri des déchets, protection de l'environnement.

Qualité et traitement des eaux (purification, désalinisation...) : potabilité de l'eau, techniques d'analyse, protection et gestion de l'eau, station d'épuration.

Implique la physique-chimie, en lien avec les sciences de la vie et de la Terre, la technologie, les mathématiques, l'histoire et la géographie, le français.

Enseignements d'exploration de 2^{nde}

Sciences économiques et sociales : ménages et consommation, entreprises et production, marchés et prix, individus et culture.

Principes fondamentaux de l'économie et de la gestion : les décisions de l'entreprise, nouveaux enjeux économiques.

Santé et social : action humanitaire, vivre ensemble sur un territoire, handicap au quotidien, hôpital : image et réalités, les âges extrêmes de la vie, accueil de la petite enfance.

Biotechnologies : bio-industries. Industries agro-alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques. Santé : diagnostic, traitement, prévention. Environnement : pollution, dépollution, amélioration de la production, contrôles de la qualité de l'eau, de l'air et du sol.

Sciences au laboratoire : utilisation des ressources de la nature. Préventions des pollutions et des risques.

Méthodes et pratiques scientifiques : science et aliments. Science et cosmétologie. Science et prévention des risques d'origine humaine.

Informatique et création numérique : l'un des modules travaillés pourrait être « Réaliser un site internet et comprendre les enjeux de la publication d'information ».

Création et innovation technologique : acquérir les bases d'une culture de l'innovation technologique.

Filières technologiques

Histoire

Étude de quelques grandes épidémies et de leur implication historique. Essor de la médecine moderne, des médicaments et de la vaccination.

Classe de 1^{re} des séries STI2D, STL et STD2A

Histoire du quotidien (vivre et mourir en Europe du milieu du XIX^e siècle aux années 1960, vivre et mourir en temps de guerre, la pénicilline : du laboratoire à la société, naissance d'un médicament).

Classe de 1^{re} de la série ST2S

Parmi les sujets d'étude au choix, on trouve « La pénicilline : du laboratoire à la société, naissance d'un médicament ».

Géographie

Classe de 1^{re} de la série ST2S

Parmi les sujets d'étude au choix, on trouve « Soigner en France : disparités et maillage ».

Mathématiques

Mise en place et mise en pratique des outils nécessaires à la compréhension et à la modélisation de la contagion.

Classe de 1^{re} des séries STI2D et STL

Analyse (dérivation, suites).

Statistiques et probabilités (statistique descriptive, analyse de données. Probabilités. Échantillonnage).

Algorithmique.

Classe de 1^{re} de la série STMG

Feuilles automatisées de calcul.

Information chiffrée (proportion, évolution).

Suites et fonctions.

Statistique et probabilités (statistique, probabilités, loi binomiale, échantillonnage et prise de décision).

Classe de 1^{re} de la série ST2S

Information chiffrée et suites numériques.

Statistique et probabilités.

Analyse.

Classe de terminale de la série STMG

Feuilles automatisées de calcul.

Information chiffrée.

Suites et fonctions (suites arithmétiques et géométriques, dérivation).

Statistique et probabilités (statistique descriptive à deux variables, conditionnement, loi binomiale, échantillonnage et prise de décision, estimation).

Algorithmique (instruction élémentaires, boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Classe de terminale de la série STI2D

Analyse (suites, limites de fonctions, dérivées et primitives, fonctions logarithmes, fonctions exponentielles, intégration, équations différentielles).

Probabilités et statistique (exemples de lois à densité, prise de décision et estimation).

Algorithmique (instruction élémentaires, boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Classe de terminale de la série STL spécialité "sciences physiques en laboratoire"

Analyse (suites, limites de fonctions, dérivées et primitives, fonctions logarithmes, fonctions exponentielles, intégration, équations différentielles).

Probabilités et statistique (exemples de lois à densité, prise de décision et estimation).

Algorithmique (instruction élémentaires, boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Classe de terminale de la série STL spécialité "biotechnologies"

Analyse (suites géométriques, limites de fonctions, dérivées et primitives, fonctions logarithmes, fonctions exponentielles, intégration, équations différentielles).

Probabilités et statistique (statistique descriptive à deux variables, exemples de lois à densité, prise de décision et estimation).

Algorithmique (instruction élémentaires, boucle et itérateur, instruction conditionnelle).

Classe de terminale de la série ST2S

Suites numériques.

Statistique et probabilités (séries statistiques à deux variables, probabilité conditionnelle).

Analyse (fonction dérivée, fonctions exponentielles, fonction logarithme décimal).

Physique-chimie

Classe de 1^{re} des séries STI2D et STL

Prévention et soin (antiseptiques et désinfectants).

Classe de 1^{re} de la série ST2S

Chimie et santé (antiseptiques et désinfectants).

Classe de terminale de la série ST2S

Chimie et santé (solutions aqueuses d'antiseptiques).

Biotechnologies

Classe de 1^{re} de la série STL

Biotechnologies : historique, enjeux et environnement de travail (origine et évolution des biotechnologies, laboratoires, équipements et démarches spécifiques aux activités de biotechnologie, méthodes spécifiques aux cultures biologiques, mise en œuvre de la prévention des risques).

Microscopie et structures cellulaires (observations microscopiques, diversité des structures cellulaires).

Nutrition, culture et dénombrement de cellules (nutrition et culture de micro-organismes, dénombrer des cellules : méthode de détermination de la concentration cellulaire dans un échantillon par ensemencement en milieu solide, numération directe d'une préparation microscopique).

Caractérisation, identification et classification des micro-organismes (caractères morphologiques des micro-organismes utiles pour l'identification, métabolismes cellulaires et caractères métaboliques ou biochimiques, identification et classification).

Thématiques de projet :

- domaine des biotechnologies appliquées à la santé (exploration fonctionnelle et diagnostic médical, prophylaxie et traitement) ;
- domaine des biotechnologies appliquées aux bio-industries (produits laitiers, boissons fermentées, production de médicaments, bio-insecticides) ;
- domaine des biotechnologies appliquées à l'environnement (l'eau, le sol, hygiène des locaux et du personnel, dépollution).

Classe de terminale de la série STL

Analyse microbiologique d'un produit polymicrobien.

Croissance microbienne.

Microorganismes eucaryotes.

Biologie et physiopathologie humaines

Classe de 1^{re} de la série ST2S

Alimentation (troubles nutritionnels).

Classe de terminale de la série ST2S

Respiration (pathologies respiratoires).

Cellules, chromosomes, gènes (processus tumoral et cancer).

Immunologie (soi et non-soi, les acteurs de l'immunité, un exemple de mise en jeu des défenses immunitaires : une infection virale, la grippe. Un exemple d'immunodéficience : le sida, syndrome d'immunodéficience acquise).

Sciences et techniques sanitaires et sociales

Classe de 1^{re} de la série ST2S

État de santé et de bien-être social (préoccupations de santé publique et reconnaissance des problèmes sanitaires par la collectivité, notions de risques en santé publique, de crise sanitaire, de problème de santé, reconnaissance des problèmes de santé par l'individu, par la collectivité).

Classe de terminale de la série ST2S

Quels politiques et dispositifs de santé publique pour répondre aux besoins de santé ? (politiques de santé publique, priorité sanitaire et planification, organisation des politiques de santé publique, politique de l'OMS, dispositif de veille sanitaire, structures et actions de prévention et de promotion de la santé, systèmes de soins).

Chimie-biochimie-sciences du vivant

Classe de terminale de la série STL

Les virus sont des systèmes biologiques non cellulaires.

Le maintien de l'intégrité de l'organisme par les mécanismes immuns nécessite la reconnaissance du soi et une coopération entre cellules immunocompétentes.

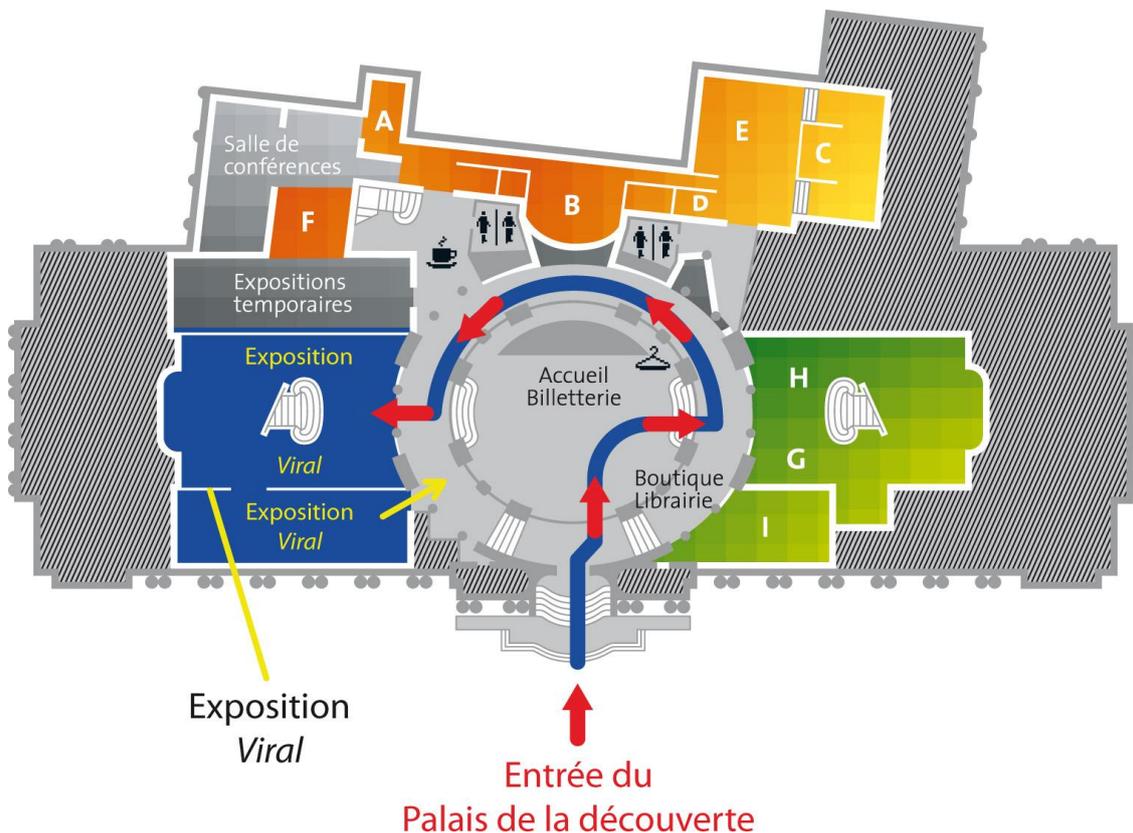


II L'exposition *Viral*

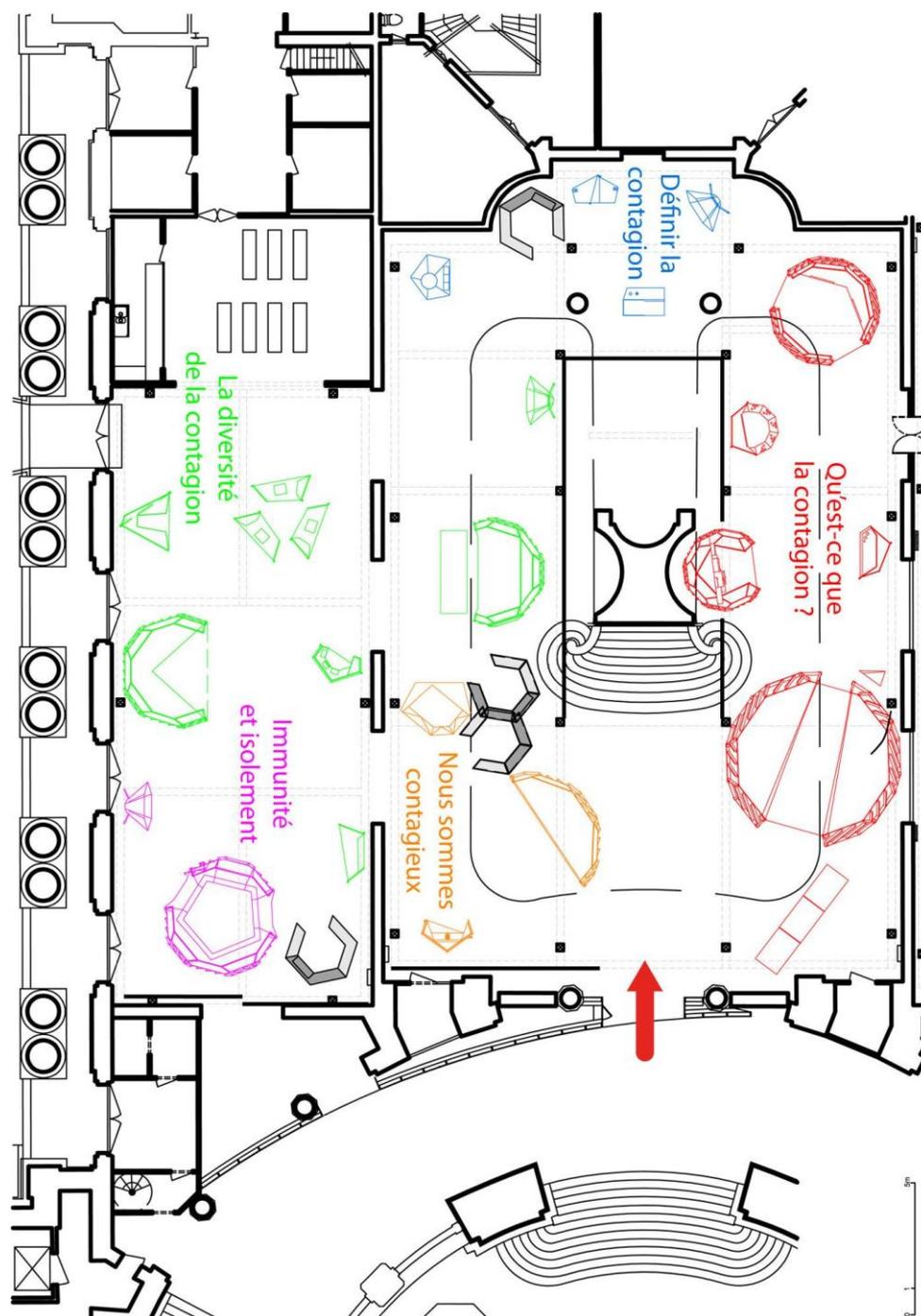
II.1 Situation et plan de l'exposition

Viral l'expo, du microbe au fou rire, tout s'attrape est la troisième exposition réalisée dans le cadre d'un consortium européen réunissant la Cité des sciences et de l'industrie (France), le centre scientifique Heureka (Finlande) et le Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva (Pavillon des Connaissances – Science vivante, Portugal). Elle a été conçue et réalisée par le Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva, les deux autres établissements ayant été associés aux différentes phases de conception du contenu.

L'exposition *Viral*, qui occupe une surface totale de 750 m², prend place au niveau 0 du Palais de la découverte, c'est-à-dire au rez-de-chaussée. En voici le plan.



Le plan présenté dans cette page est celui de l'exposition Viral.



Les **textes** que l'on trouve sur chacun des éléments d'exposition sont **disponibles en trois langues** : le français, l'anglais et l'espagnol.

II.2 Propos et contenu de l'exposition

Nous vivons une époque contagieuse. Depuis les nouvelles maladies infectieuses jusqu'aux crises financières, des émeutes à la panique sociale, du bug de l'an 2000 à l'influence des réseaux sociaux sur nos émotions et nos comportements, la contagion semble s'accélérer. Nous sommes aussi plus connectés via nos propres réseaux sociaux, qu'ils soient en ligne ou réels. Aujourd'hui, même les idées et les rumeurs peuvent devenir... virales.

Mots clés

Phénomènes biologiques. Épidémiologie. Santé publique. Modélisation mathématique et automatisation. Science des réseaux. Psychologie. Science sociale.

Il existe plusieurs définitions de la contagion, mais dans un sens général et pour cette exposition, la contagion est définie comme **la transmission d'un agent** (virus, bactéries, émotion, idée ou comportement) **d'une personne à une autre dans un réseau social** (en ligne ou hors ligne) **par un contact approprié**.

L'exposition *Viral*, composée de 24 éléments interactifs, se veut :

- **transversale et multidisciplinaire**. La contagion n'est pas uniquement biologique ;
- **surprenante**. La contagion peut être positive ;
- **inattendue**. Le visiteur réfléchit au fait qu'il est peut-être un produit de la contagion ;
- **provocatrice**. Elle pose la question de savoir si la contagion pourrait se traduire par des processus évolutifs ;
- **claire**. Elle révèle que la contagion est un sujet complexe, mais d'une manière simple ;
- **accessible**. Elle peut être explorée par tous : familles, groupes scolaires et adultes.

Les éléments d'exposition sont des formes géométriques simples, dont seules les arrêtes sont signifiées. Les couleurs extérieures de ces éléments varient en fonction des thèmes abordés.

Le visiteur explore le thème de la contagion à travers un parcours organisé en cinq thèmes :

1. **Qu'est-ce que la contagion ?**
2. **Définir la contagion**
3. **La diversité de la contagion**
4. **Immunité et isolement**
5. **Nous sommes contagieux**

Les photographies présentées dans les pages suivantes proviennent de l'exposition originale présentée au Portugal.

II.2.1 Qu'est-ce que la contagion ?

Ce premier thème répond aux attentes des visiteurs en leur montrant ce qu'ils imaginent être le domaine de la contagion : le domaine biologique. Bien sûr, la découverte des vaccins et la mise en œuvre des campagnes de vaccination ont permis, au cours des dernières décennies, le contrôle de la majorité des maladies infantiles telles que la rougeole et même l'extinction de la variole. Malgré ces succès, le risque de propagation d'épidémies diverses reste présent.

Mots clés

Maladies. Agents infectieux. Dispersion. Épidémies. Pandémies. Modèles épidémiques.

Le tunnel des virus

Quand ils entendent le mot « contagion », la plupart des gens pensent aux virus, aux bactéries et aux maladies. Le visiteur entre dans l'exposition en passant par un tunnel dans lequel il visualise des agrandissements en couleur d'agents infectieux (virus et bactéries), au milieu de sons d'éternuements et d'accès de toux.



Expérimenter la contagion

Nous jouons tous un rôle dans la dynamique de la transmission des maladies. À la sortie du *tunnel des virus*, les visiteurs ont la possibilité de récupérer un dispositif qui les identifie comme infectés, susceptibles de l'être ou immunisés. Qui échappera à la contagion ?



Visualiser la contagion

Un multimédia permet au visiteur de visualiser en temps réel la contagion opérant au sein même de l'exposition. En complément, un film montre comment les mathématiques nous aident à comprendre le phénomène de contagion. Combien de personnes seront infectées par une maladie donnée ? Combien de temps cela prendra-t-il ? Pour répondre à ces questions essentielles, les chercheurs développent des modèles mathématiques complexes pour simuler la progression des épidémies et évaluer l'efficacité des stratégies à adopter pour les enrayer.



Main dans la main

La plupart des micro-organismes que nous rencontrons quotidiennement sont inoffensifs. D'autres le sont beaucoup moins et peuvent être à l'origine de réactions allergiques voire d'infections graves. Les micro-organismes peuvent survivre longtemps sur les rampes d'escalier, les poignées de portes, les téléphones ou les jouets... et ils n'attendent que le bon moment pour passer sur nos mains ! Une fois qu'ils y sont, ils entrent en nous en passant par les yeux, le nez ou la bouche, que nous touchons souvent sans même en avoir conscience. Alors, se laver les mains est-il efficace ?... oui, et d'autant plus que nous les lavons vigoureusement avec du savon. À titre d'exemple, en 1847, sur recommandation du docteur Ignace Semmelweis, les médecins d'une maternité autrichienne ont commencé à se laver les mains avec une solution d'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. La mortalité chez les mères, causée par la fièvre puerpérale, a alors chuté de 12 % à 2 %.



Quelques chiffres qui donnent à réfléchir :

- Entre le bout des doigts et le coude résident 2 à 10 millions de bactéries ;
- Des mains humides éparpillent 1000 fois plus de germes que des mains sèches ;
- Le nombre de germes présents sur nos doigts double après un passage par les toilettes ;
- Se laver les mains réduit le risque d'infection de 60 %.

Contrôler l'épidémie

Sur cette borne multimédia interactive, le visiteur tente d'enrayer une épidémie de grippe. Quelle stratégie adopter ? Contrôler une épidémie nécessite une bonne connaissance de l'agent infectieux, de ses modes de propagation et de ses effets sur la population. La mission des experts en santé publique consiste, entre autres, à développer des stratégies de prévention et de traitement des épidémies.



MicroQuiz

À travers un quiz collectif, les visiteurs testent leurs connaissances sur des faits historiques et scientifiques en rapport avec les maladies. Quelle est la composition des vaccins ? Qui a découvert que les micro-organismes pouvaient être à l'origine de certaines maladies ?



II.2.2 Définir la contagion

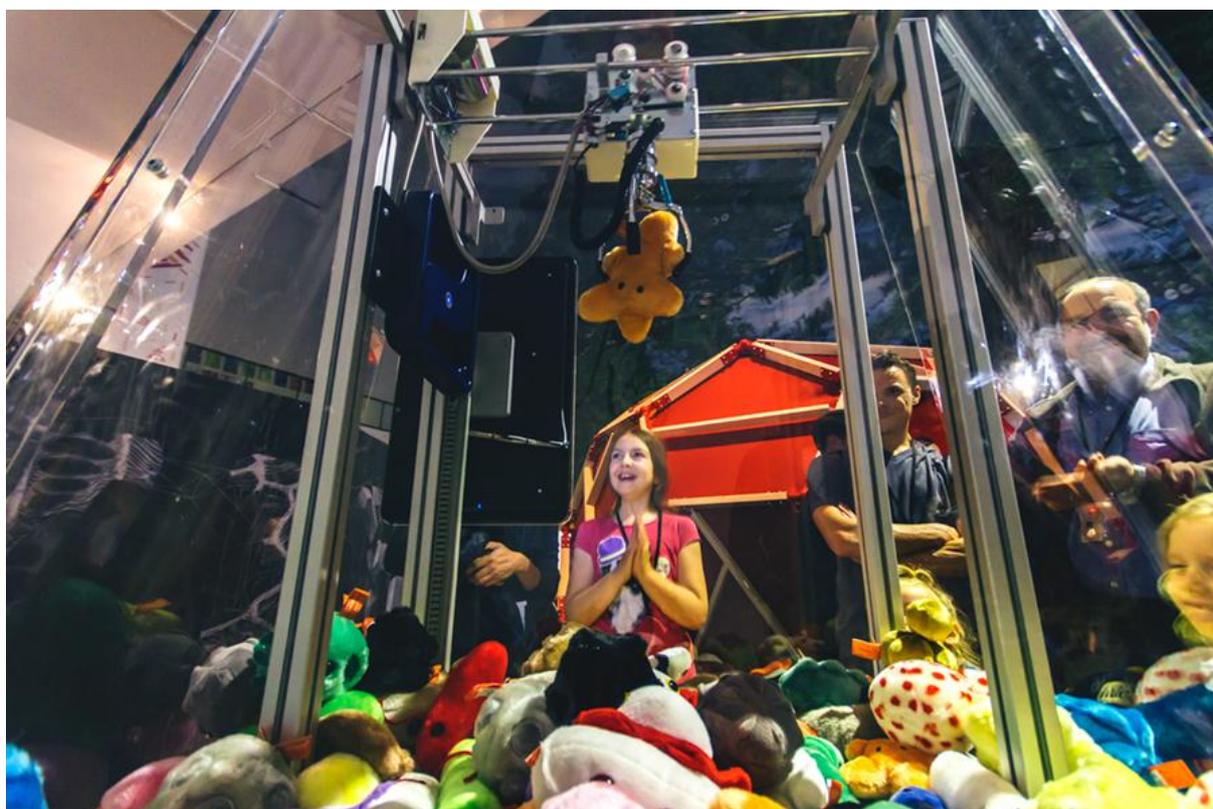
Ce petit espace permet de définir, à travers 4 éléments, ce qu'est la contagion. Il prépare le visiteur à explorer la suite de l'exposition, où il est question de la contagion au sens large du terme.

Sujets clés

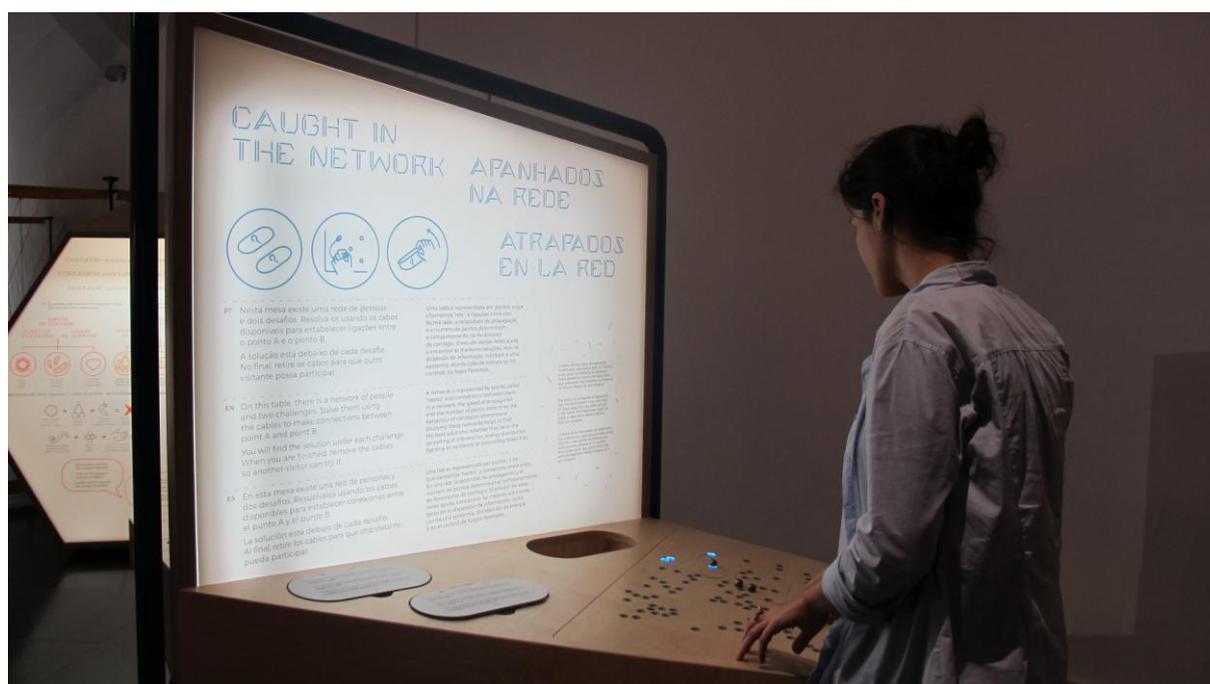
Contagion biologique et sociale. Réseaux sociaux. Agents infectieux. Contact approprié.

Qui est le coupable ?

À quel agent de contagion correspond une maladie donnée ? Dans cet élément interactif, le visiteur récupère à l'aide d'une pince du type « fête foraine » des peluches représentant des virus et des bactéries. Il découvre ensuite sur l'écran les maladies qu'ils provoquent.



Nous faisons tous partie d'un réseau social constitué de nombreuses personnes avec qui nous interagissons, qu'ils fassent partis des amis, de la famille ou des collègues. Mais qu'est-ce qu'un réseau et comment les maladies ou les informations s'y diffusent-elles ? Dans des domaines très variés, l'étude de ces réseaux nous aide à optimiser la diffusion de l'information, la distribution de l'énergie, l'enraiment des épidémies et la lutte contre les feux de forêts. Dans cet élément d'exposition, quatre défis sont présentés. Pour les surmonter, le visiteur doit établir les bonnes connexions entre les différents nœuds du réseau.



Nous avons tous déjà entendu l'expression « le monde est petit ! » Elle traduit une certaine part de vérité... En 1967, le sociopsychologue Stanley Milgram publia un article intitulé « The Small-World Problem », dans lequel il relata les résultats d'expériences menées aux États-Unis selon un protocole qu'il imagina. Il sélectionna 296 volontaires à Omaha (Nebraska) et Boston (Massachusetts) et leur demanda de faire suivre une lettre à un destinataire vivant à Sharon (Massachusetts). Les participants n'avaient le droit de transmettre la lettre qu'à des connaissances personnelles, qu'ils jugeaient capables d'atteindre l'objectif directement ou via des amis. 64 lettres arrivèrent à bon port. Pour celles qui venaient de Boston (à 25 km de Sharon), le nombre moyen d'intermédiaires s'éleva à 4,4. Pour celles qui provenaient d'Omaha (2 000 km plus loin), ce nombre s'éleva à 5,7... seulement. L'expérience confirma ainsi l'idée selon laquelle la distance, mesurée en degrés de séparation entre deux éléments d'un réseau de relations sociales, était très faible. Même pour la société américaine des années soixante !

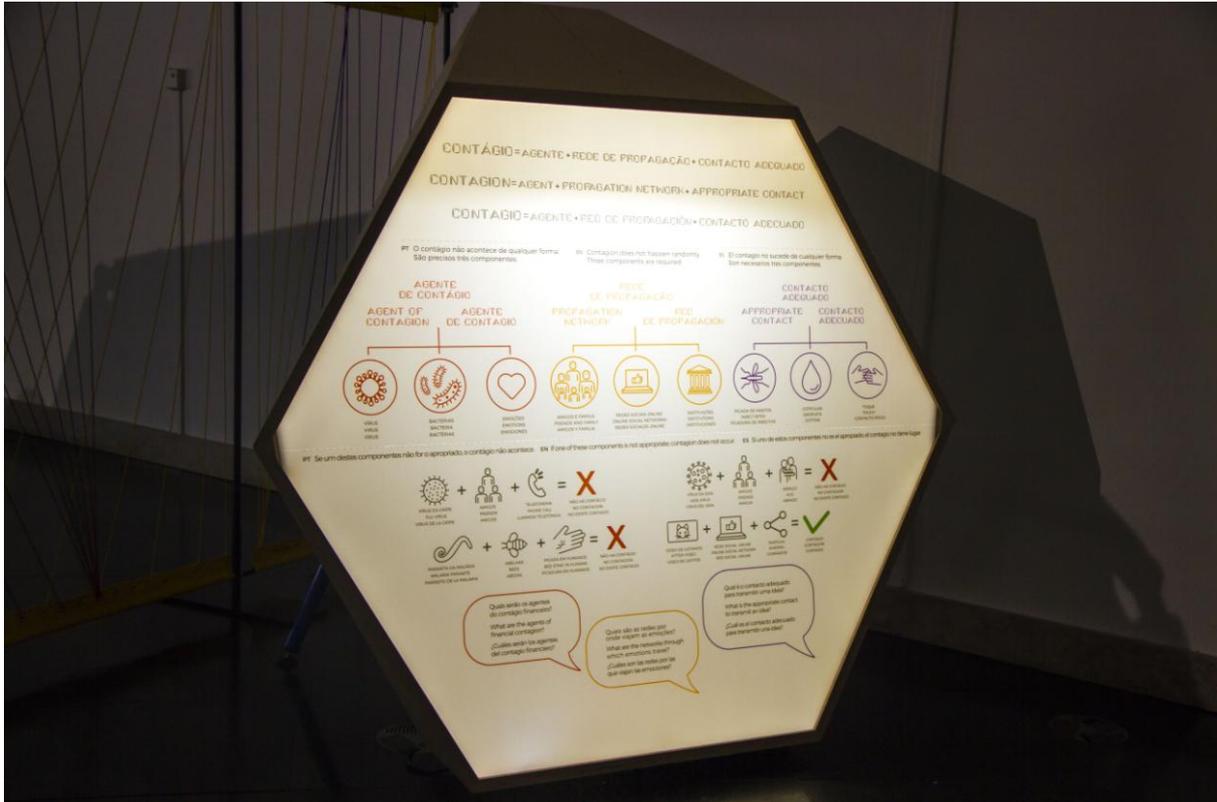
Le contact approprié

Il existe beaucoup de maladies contagieuses et chacune possède sa propre façon de se propager. Pour qu'il y ait transmission, il doit y avoir un contact approprié entre les personnes, que ce soit par la proximité, le contact direct ou par l'intermédiaire d'un vecteur (un moustique femelle, par exemple, dans le cas de la dengue, de la fièvre jaune, de la zika ou du chikungunya). Cet élément d'exposition invite le visiteur à faire correspondre à une série de maladies leur vecteur de propagation.



Définition

Ce panneau graphique redonne une définition de la contagion en se concentrant sur ses trois éléments essentiels : l'agent (virus, bactérie, émotion, comportement), le réseau (amis, famille, réseaux sociaux en ligne) et le contact approprié (toucher, piqure d'insecte, etc.). Si l'une de ces trois composantes n'existe pas, il n'y a pas de contagion.



II.2.3 La diversité de la contagion

Ce troisième thème explore une multiplicité de phénomènes liés à la contagion sociale, comme le rire et le bâillement.

Sujets clés

Contagion émotionnelle et comportementale. Rire et bâillement contagieux. Influence sociale. Contagion financière. Vidéos virales.

Attention : hautement contagieux

Le rire est une forme de contagion émotionnelle. C'est pourquoi l'on utilise des rires préenregistrés dans beaucoup d'émissions à la télévision. Le spectateur est convié à rire au « bon » moment. En 2006, des scientifiques ont exposé des volontaires à des sons que l'on pourrait qualifier de plaisants (rires) et de déplaisants (hurlements). L'étude de leur cerveau a permis de montrer que les sons plaisants induisaient en eux une réponse plus forte sur le cortex prémoteur que les sons déplaisants. Or, cette partie du lobe frontal du cerveau prépare les muscles du visage à réagir aux sons. Cela pourrait expliquer pourquoi le rire peut être contagieux. Rire nous aide à interagir socialement et à construire des liens solides avec les autres.



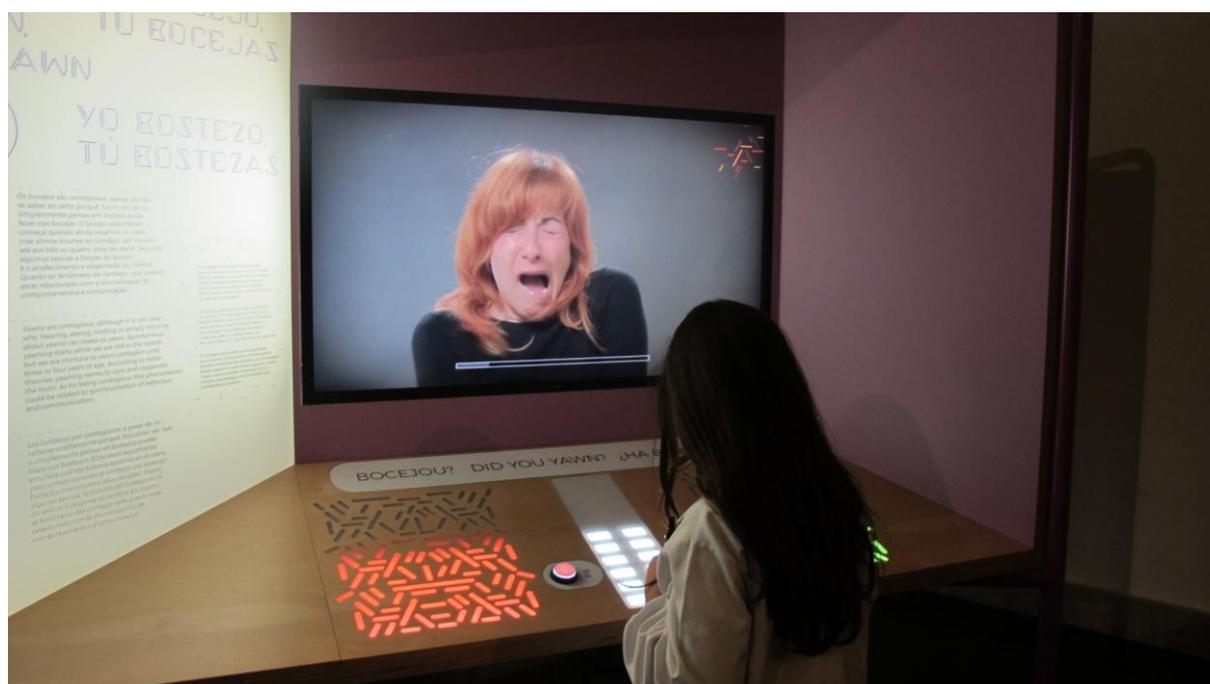
Miroir, mon beau miroir

Dans cet élément, le visiteur est invité à regarder un petit film traitant des neurones miroirs, de l'empathie ainsi que de l'apprentissage et découvre comment ils sont liés à la contagion émotionnelle. Les neurones miroirs sont une catégorie de neurones du cerveau qui sont activés non seulement lorsqu'un humain ou un animal exécute une action, mais également lorsqu'il observe un congénère exécuter la même action ou même simplement lorsqu'il imagine une telle action. Les neurones miroirs pourraient être à l'origine de l'apprentissage par imitation, une capacité qui a rendu possible la culture. Où serions-nous sans la contagion des idées et des connaissances ?



Un bon bâilleur...

Ici est projeté en permanence l'un des films les plus excitants jamais réalisés : des personnes prises en flagrant délit de bâillement ! Le visiteur bâillera-t-il à son tour ? Bien que l'on ne sache pas vraiment pourquoi, le bâillement est contagieux. Que l'on entende quelqu'un bâiller, qu'on le voit ou qu'on l'imagine, le bâillement nous guette. Le fœtus bâille déjà, mais ce n'est qu'à partir de trois ou de quatre ans que les enfants sont susceptibles d'être contaminés par le bâillement des autres. Selon certaines théories, le bâillement aurait pour fonction de refroidir et d'oxygéner le cerveau. Son côté contagieux, lui, serait lié à la synchronisation du comportement et à la communication.



Ressentez-vous la même chose ?

Dans cet élément, le visiteur découvre à quel point il est sensible aux émotions des autres. Nous pouvons être infectés par la joie, la peur, la tristesse mais nous pouvons aussi infecter les autres avec nos propres émotions, intentionnellement ou non. Certaines personnes sont plus sensibles que d'autres aux émotions de ceux qui les entourent. Le psychologue William Doherty a créé une échelle de contagion émotionnelle qui évalue la facilité avec laquelle nous percevons les émotions des autres. Quinze questions issues de ses travaux permettent au visiteur de se questionner sur son empathie et de comparer ses résultats à ceux des autres.



Soyez le déclencheur

Les sciences sociales tentent d'expliquer le comportement de la foule. En faire partie nous incite à agir en faisant abstraction de notre responsabilité individuelle. Cela peut aussi renforcer notre sentiment d'appartenance à un groupe auquel nous nous identifions. Enfin, la foule peut agir comme une soupape de sécurité permettant de relâcher la tension au sein d'une communauté. Parfois, le manque d'une structure ou d'une hiérarchie permet l'émergence spontanée de leaders temporaires capables d'influencer ceux qui les entourent. Votre mission dans cet élément d'exposition interactif : déclencher un mouvement de foule ! Vos gestes sont captés et servent de point de départ à des applaudissements.



J'ai entendu dire

Les rumeurs sont des histoires non confirmées habituellement propagées par le bouche à oreille. Que leur origine soit fondée ou pas, elles subissent souvent des modifications lors de leur transmission. La propagation des rumeurs tient à notre besoin de communiquer et de donner du sens au monde qui nous entoure. Les rumeurs négatives sont susceptibles d'être répandues plus efficacement pour des raisons liées à l'évolution : qu'un quidam nous apprenne qu'un lion se balade en liberté près de chez nous et notre instinct nous dira d'alerter les autres... et/ou nous dictera la fuite. Les rumeurs ont un impact certain dans des domaines aussi variés que la politique, le marketing, les marchés financiers ou la santé publique, comme le découvrira le visiteur à l'aide de divers exemples historiques.



La motivation se cachant derrière la propagation de rumeurs est bien souvent l'anxiété, comme l'ont montré des études menées par différents psychologues. Les légendes urbaines naissent ainsi presque toujours dans des circonstances difficiles et les propager sert de catharsis. Il n'est donc pas étonnant que les thèmes principaux qu'elles portent aujourd'hui soient relatifs à la xénophobie, aux trafics d'organes et aux épidémies.

Devenir viral

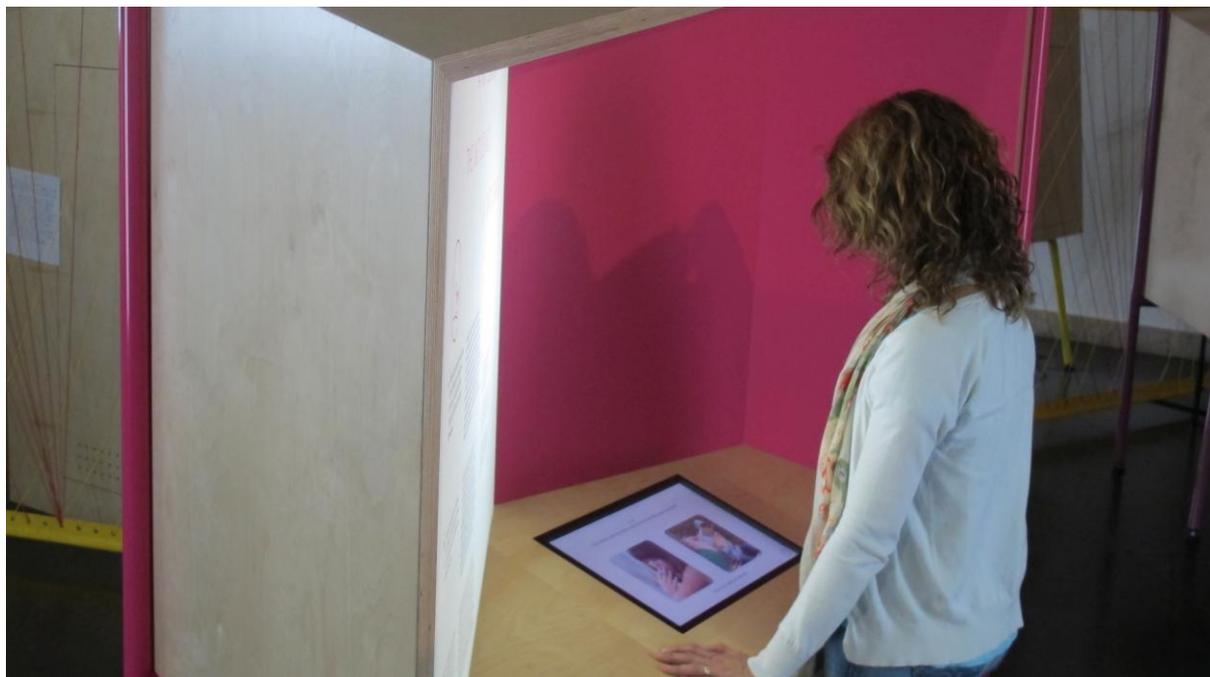
Chaque minute, environ 48 heures de vidéos sont déposées sur internet. Seule une infime fraction dépassera le million de spectateurs. Malgré l'impact qu'elle a potentiellement sur la société, il est très difficile de dire à l'avance qu'une vidéo donnée deviendra virale. Cependant, il y a des éléments récurrents qui donnent envie de partager une vidéo, comme les émotions qu'elle déclenche ou son utilité. Le visiteur est ici amené à réfléchir à ces critères. Dans cet élément d'exposition, on lui propose de regarder un certain nombre de vidéos à succès et de désigner les éléments qui, selon lui, les ont rendues virales. Il peut alors comparer ses choix à ceux des autres visiteurs.



À une époque où la communication numérique joue un rôle essentiel, il est important de bien connaître l'ensemble des stratégies que les entreprises mettent en place pour atteindre leur cible. L'une des plus prisées actuellement est le marketing viral : les consommateurs sont eux-mêmes impliqués en contribuant activement à sa diffusion.

Les influences

Quelle est l'influence des autres sur nos idées, la musique que nous écoutons, notre façon de nous habiller et d'occuper notre temps libre ? Nous influençons et sommes influencés. Où s'arrête la copie ? Où débute l'innovation ? Dans ce multimédia, les visiteurs seront amenés à réfléchir à ces influences.



Quand l'économie éternue

Une contagion financière se produit quand une crise, limitée en premier lieu à un pays ou à une région, se propage à d'autres endroits de la planète comme une épidémie. La contagion peut impliquer conjointement ou successivement la sphère financière (chute de la bourse), la sphère micro-économique (perte d'actifs des entreprises, licenciements ou faillite) et la sphère macro-économique (baisse de revenus des ménages, baisse de la consommation et augmentation du chômage). À l'inverse, l'amélioration des indicateurs économiques tels que l'emploi, le taux de natalité et le développement technologique peut déclencher un scénario de contagion positive. Est-il encore possible d'échapper à la contagion dans un monde où tout est connecté ? Le panneau graphique interactif présenté ici dévoile l'influence mondiale des principaux événements financiers au cours des XX^e et XXI^e siècles.



II.2.4 Immunité et isolement

Dans cet espace, les visiteurs expérimentent le concept d'absence de contagion.

Sujets clés :

Immunité. Quarantaine. Contagions biologiques, émotionnelles et comportementales. Influence sociale.

Immunité

L'immunité est la résistance innée ou acquise des organismes face à l'attaque d'agents infectieux ou toxiques. Qu'est-ce que l'immunité innée ? Qu'est-ce que l'immunité acquise ? La définition de l'immunité ne se limite plus désormais à son aspect biologique. Tout au long de notre vie, nous acquérons une « immunité culturelle ». Peut-on être immunisé contre les préjugés, les rumeurs et même les idées ? Le panneau graphique présenté ici permet aux visiteurs de comprendre ce qu'est la notion d'immunité.



Isolement

Que se passerait-il si nous pouvions nous isoler et échapper aux maladies, aux émotions et aux comportements contagieux ? Qui serait protégé ?... nous ou les autres ? Le visiteur expérimentera cette pensée curieuse en pénétrant dans une pièce qui l'isolera du bruit extérieur.



II.2.5 Nous sommes contagieux

Ce dernier thème questionne le visiteur sur son rôle dans le processus de contagion. Il se termine par une invitation à partager des idées, des pensées et des dessins.

Sujets clés

Contagions biologiques, émotionnelles et comportementales. Influence sociale. Évolution.

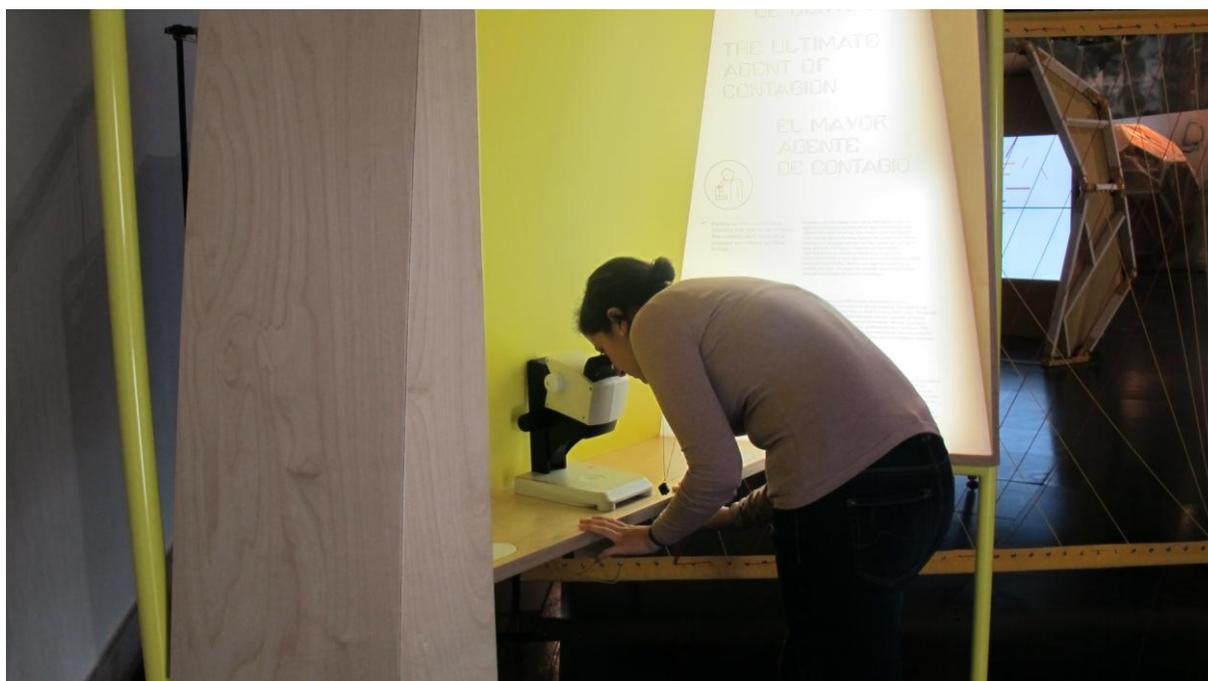
À l'échelle du corps

Nous sommes le produit de la contagion. En plus des cellules qui composent nos muscles ou notre sang, nous hébergeons des milliards de bactéries et de virus, que ce soit à l'intérieur de notre corps ou sur notre peau. Leur masse constitue une part non négligeable de la nôtre. Cette population résidente de micro-organismes nous aide à remplir des fonctions essentielles comme la digestion des aliments et le soutien du système immunitaire. Une balance permet au visiteur d'estimer la masse de micro-organismes présents en lui.



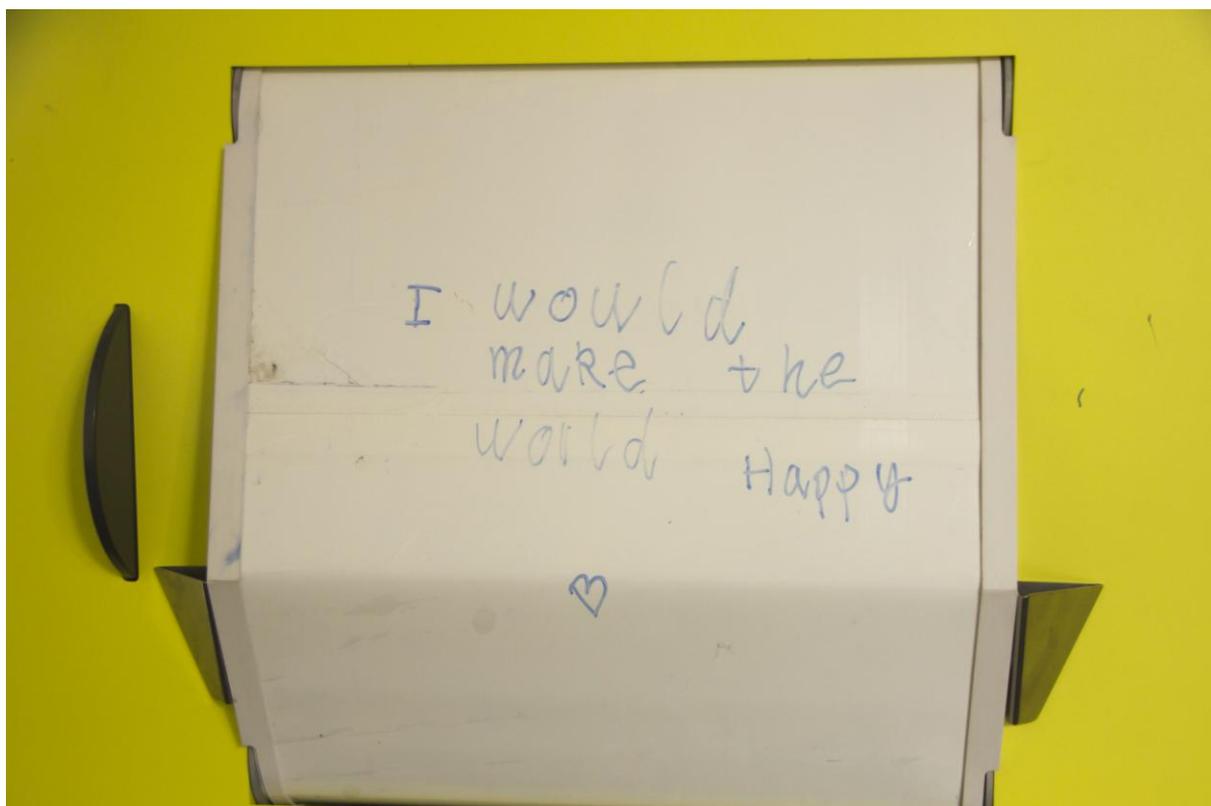
L'agent ultime de contagion

Le visiteur est invité à observer au microscope l'agent ultime de contagion : lui-même ! Nous pouvons être infectés par des virus, des bactéries et par d'autres agents biologiques par l'intermédiaire de l'air que nous respirons, des objets que nous touchons ou des insectes qui nous piquent. Bien que nous soyons capables de transmettre des maladies aux autres, nous sommes également contagieux par des voies qui n'ont rien de biologique. Nous vivons en société et exprimons constamment nos préférences et nos opinions. Cela signifie que la contagion peut être intentionnelle. Nous en sommes des agents puissants et notre rôle dans la propagation est capital, que nous décidions d'y participer... ou d'y mettre un terme.



Je me sens infecté(e) par...

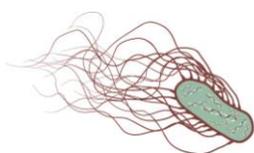
Qu'est-ce que la contagion pour vous ? Dans ce dernier élément d'exposition, le visiteur est invité à laisser une trace de son passage, en partageant ce qui l'a touché durant sa visite. Chacun a le pouvoir de diffuser des idées, de cultiver des valeurs et de susciter des émotions. Nous sommes capables de faire changer les autres ou de les laisser à l'identique, de les faire partir ou de les faire rester, de les faire pleurer ou de les faire rire. Nous pouvons infecter nos amis, des connaissances et même des étrangers, individuellement ou collectivement, positivement ou négativement, intentionnellement ou pas. Avec ce mur, on vous donne l'opportunité d'être contagieux, d'infecter les autres et pourquoi pas, le monde !



II.3 Glossaire

Agents infectieux : agents biologiques (bactéries, levures, moisissures, vers, virus, etc.) responsables de maladies infectieuses.

Bactérie : micro-organisme unicellulaire dépourvu de noyau (procaryote). La taille des bactéries est généralement comprise entre 0,5 μm et 10 μm . Elles peuvent être rondes, en forme de bâtonnets ou encore de virgules. Elles sont capables de s'adapter à des milieux très hostiles. On a trouvé des bactéries vivant à des températures supérieures à 100 °C et inférieures à 0 °C, des pressions exceptionnelles, dans des milieux très chargés en sel, des milieux très acides ou très basiques, des milieux radioactifs, privés de dioxygène ou non-éclairés.



Contagion financière : L'Institut Nord-Sud – un institut de recherche stratégique indépendant au Canada travaillant sur le développement international – définit la contagion financière comme un « phénomène par lequel les crises se déclenchent d'un pays à un autre ou d'un marché à un autre. Le recours excessif de bon nombre de banques aux leviers financiers accroît le risque de contagion par « crédeturs communs ». Ceci explique pourquoi des marchés ou des valeurs (ou voire dans ce cas des pays) entre lesquels il n'existe pas de corrélations se retrouvent pris au piège dans le même cycle de crise. Derrière ce type de contagion, on retrouve souvent un crédetur à fort levier financier qui a besoin de vendre ses valeurs pour répondre à ses propres obligations. Dans ce genre de situation, le dit crédetur vend ce qu'il peut dans un marché en récession, accélérant la spirale de propagation et accentuant la corrélation entre des valeurs et des marchés qui, en principe, n'ont rien à voir entre eux. »

Contagion sociale : elle décrit le phénomène de propagation et d'amplification de certaines émotions et sentiments au sein des foules. Un grand nombre de personnes imitent le comportement d'un modèle. Le modèle dominant de comportement se propage d'une personne à l'autre, un peu comme s'il s'agissait d'un virus.

Contamination biologique : elle indique la présence d'un élément biologique indésirable dans un produit ou dans l'environnement du produit (eau, air, surface). Les contaminants biologiques peuvent être des micro-organismes mais également les toxines que certains d'entre eux synthétisent. La contamination biologique peut avoir des conséquences importantes sur le plan économique et sur le plan de la santé humaine.

Épidémie : en médecine, l'épidémie désigne une augmentation inhabituelle du nombre d'individus atteints d'une maladie transmissible existant en permanence ou à l'état latent dans une région ou une population donnée. On utilise désormais ce terme pour d'autres phénomènes que les maladies infectieuses, par exemple pour caractériser le développement rapide de l'obésité sur la planète.

Immunité : c'est le fait de posséder les bonnes défenses biologiques pour combattre l'infection et la maladie tout en ayant une tolérance suffisante pour éviter l'allergie et la maladie auto-immune.

Modèles épidémiologiques : outils mathématiques développés pour étudier les mécanismes par lesquels se propagent les maladies, prédire la propagation des épidémies et évaluer l'efficacité des stratégies de lutte contre elles.

Pandémie : ce terme est construit à partir du grec ancien πᾶν / *pán* « tous », et δῆμος / *dêmos* « peuple ». Il désigne une épidémie qui s'étend à la quasi-totalité d'une population ou qui possède une répartition géographique très large. Parmi les pandémies historiques bien documentées, citons la peste noire, qui tua près de 50 % de la population européenne entre 1347 et 1352 du fait de la croissance des villes et de l'augmentation du commerce permettant à la maladie de se propager depuis l'Asie jusqu'à l'Afrique et l'Europe, la grippe espagnole de 1918-1919, qui ravagea la planète et fit environ 60 millions de victimes et la pandémie actuelle de sida.

Réseau social : Il s'agit d'un ensemble d'individus ou d'organisations reliés par des interactions sociales régulières.

Théorie des réseaux : discipline académique interdisciplinaire qui étudie les réseaux complexes tels que les réseaux de télécommunication, les réseaux informatiques, les réseaux biologiques, les réseaux cognitifs et sémantiques et les réseaux sociaux.

Vidéo virale : Cette expression désigne une vidéo qui a touché un vaste public sur internet, en général par le biais de courriers électroniques et de sites de partage de vidéos.

Virus : agent infectieux de petite taille – entre 10 et 400 nm, quoique les pandoravirus découverts en 2013 atteignent parfois 1 000 nm, soit 1 μm – qui nécessite impérativement un hôte dont il utilise le métabolisme et les constituants pour se répliquer. Lorsqu'ils sont en dehors des cellules qu'ils infectent, les virus se présentent sous des formes nommées virions. Ils se composent alors d'un filament d'acide nucléique (ADN ou ARN) enfermé dans une coque protéique protectrice appelée capsid et dans certains cas, d'une enveloppe lipidique qui entoure la capsid.



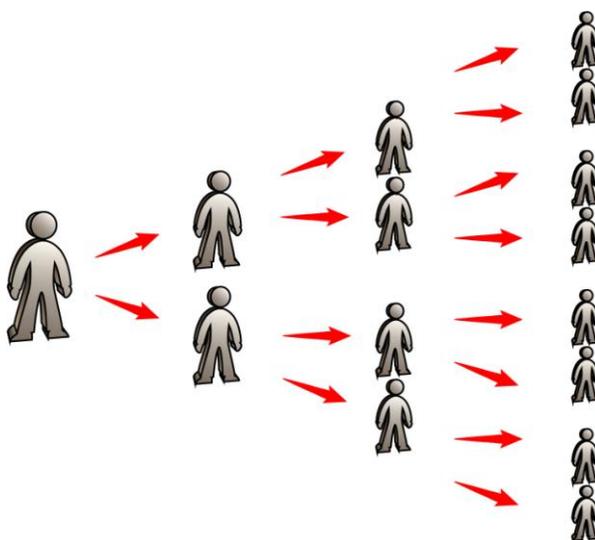
II.4 Deux descriptions mathématiques de la contagion

Le premier modèle que nous présentons permet de dénombrer de façon très simplifiée les individus ayant été « contaminés » par une maladie, une vidéo, une information, bref, par quoi que ce soit de transmissible et pouvant le transmettre à leur tour.

À un instant donné, le nombre de personnes infectées dépend de deux facteurs :

- Le temps moyen qu'il faut à l'agent (virus, vidéo, etc.) pour passer d'un individu à un autre ;
- Le nombre moyen de contacts auxquels un individu transmet l'agent.

Supposons d'abord qu'un individu infecté ne transmette l'agent qu'à deux de ses contacts.



- 1 Au début de notre expérience, il n'y a qu'un seul individu infecté.
- 2 Il transmet l'agent à deux contacts. C'est la première étape. Au total, il y a donc $1 + 2 = 3$ individus infectés.
- 3 Les deux individus nouvellement infectés transmettent **chacun** l'agent à deux nouvelles personnes de leur réseau. À la fin de cette deuxième étape, quatre nouveaux individus sont infectés. Le nombre total d'individus infectés est maintenant de $1 + 2 + 4 = 7$.
- 4 À la fin de l'étape suivante, la troisième, huit nouveaux individus sont infectés, portant le nombre total de personnes infectées à $1 + 2 + 4 + 8 = 15$.
- 5 L'étape suivante se clôt avec 16 nouvelles infections, pour un total de 31 infectés.

Notre hypothèse de départ impose au nombre d'individus infectés de doubler après chaque étape.

Mathématiquement, le problème se modélise à l'aide d'une suite géométrique. Une suite géométrique a la forme suivante : $u_0 = a$, $u_1 = aq$, $u_2 = aq^2$, $u_3 = aq^3$, $u_4 = aq^4$, etc., où a est le premier terme de la suite et q est la raison. Ici, avec $a = 1$ et $q = 2$, les dix premiers termes sont 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 et 512.

Le nombre d'individus nouvellement infectés après l'étape i n'est autre que le $(i+1)$ -ième terme de cette suite.

Le nombre **total** d'individus infectés après l'étape i est la somme des termes de la suite géométrique que nous venons de définir, calculés jusqu'à l'étape i incluse. Or, on démontre que la somme S_n des n premiers termes d'une suite géométrique vaut :

$$S_n = a \frac{1 - q^{n+1}}{1 - q} \text{ où } a \text{ est le premier terme de la suite et } q \text{ la raison.}$$



Avec $a = 1$ et $q = 2$, il vient $S_n = 2^{n+1} - 1$.

On vérifie facilement que cette formule donne des résultats exacts : après une étape $S_1 = 2^2 - 1 = 3$, après deux étapes $S_2 = 2^3 - 1 = 7$, après trois étapes $S_3 = 2^4 - 1 = 15$ et après quatre étapes $S_4 = 2^5 - 1 = 31$.

Au bout de combien d'étapes la population mondiale serait-elle infectée ?

Il y aurait aujourd'hui (2016) environ 7,4 milliards d'habitants sur Terre. Nous cherchons donc le plus petit entier n tel que la somme S_n soit supérieure à 7,4 milliards. On peut « tâtonner » pour trouver n mais le plus simple est de travailler avec les logarithmes. Comme les nombres concernés sont ici très grands, on peut tout à fait négliger 1 devant 2^{n+1} et écrire que S_n est très proche de 2^{n+1} .

$$\begin{aligned} S_n > 7,4 \cdot 10^9 &\rightarrow \log(S_n) > \log(7,4 \cdot 10^9) \\ &\rightarrow \log(2^{n+1}) > \log(7,4 \cdot 10^9) \\ &\rightarrow (n+1) \log(2) > \log(7,4 \cdot 10^9) \\ &\rightarrow n > [\log(7,4 \cdot 10^9) / \log(2)] - 1 \end{aligned}$$

On peut écrire $n = E(\log(7,4 \cdot 10^9) / \log(2))$ où E est la fonction partie entière. Il vient $n = 32$. Avec l'hypothèse qu'un individu infecté transmet l'agent à deux de ses contacts, il faut 32 étapes pour que la totalité de la population mondiale soit infectée. Combien de temps cela prendrait-il ? La réponse s'obtient en multipliant 32 par la durée de l'étape, c'est-à-dire par le temps moyen qu'il faut à l'agent pour passer d'un individu à un autre. En médecine, on l'appelle *intervalle de génération*.

Le modèle que nous venons de présenter est très simple. Il ne prend pas en compte, entre autres, le fait qu'une personne infectée peut guérir et donc ne plus être contaminée, que beaucoup d'individus sont isolés (dans le cas d'une vidéo virale, tout le monde ne dispose pas d'un ordinateur connecté à internet), ou encore que beaucoup d'autres sont immunisés et ne développeront pas de maladie dans le cas d'une infection biologique.

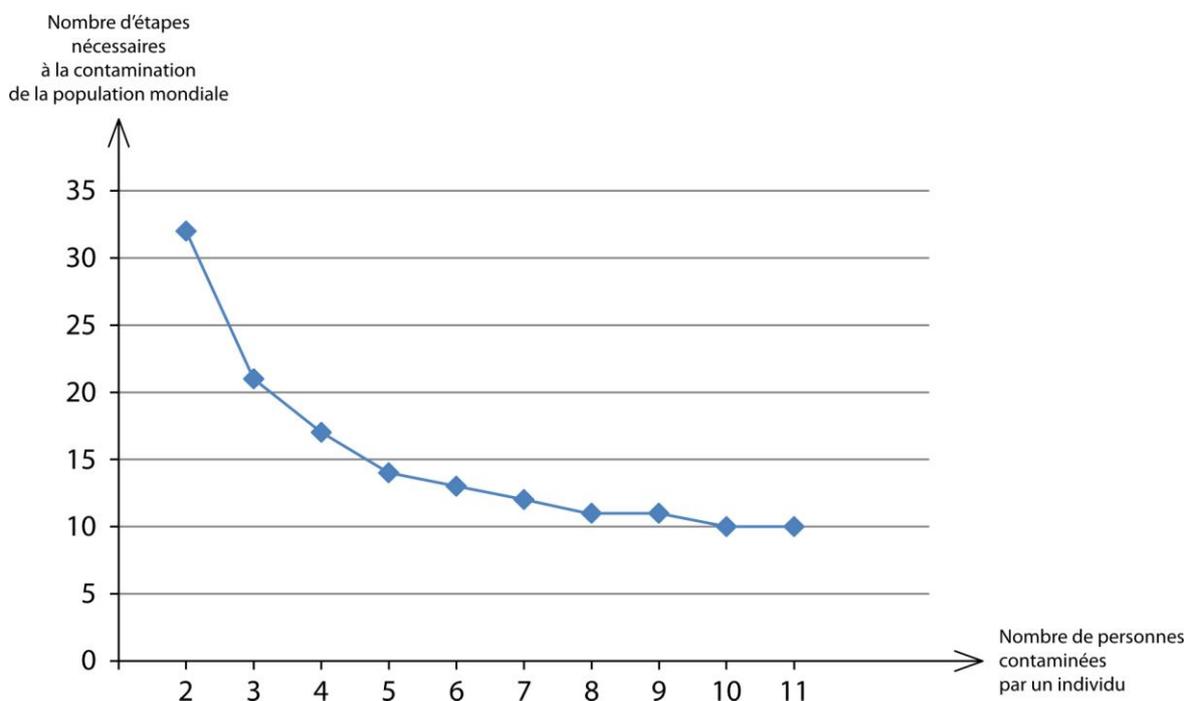
Que se passerait-il si un individu infecté transmettait l'agent non à pas à deux, mais à trois de ses contacts ? Intuitivement, on s'attend à ce que le nom d'étapes soit plus petit. Le calcul nous prouve que c'est bien le cas. Avec une raison q ne valant plus 2, mais 3, on obtient :

$$n = E((\log(2)+\log(7,4 \cdot 10^9)) / \log(3)) = 21. \quad 21 \text{ étapes seraient alors nécessaires.}$$

Dans le cas général, un individu infecté transmet l'agent à q de ses contacts. Le nombre d'étapes nécessaires à la contamination de la population mondiale devient :

$$n = E((\log(q-1)+\log(7,4 \cdot 10^9)) / \log(q))$$

Le graphique suivant présente le nombre d'étapes n nécessaires en fonction de q .



Le deuxième modèle est un peu plus sophistiqué et présente l'avantage de pouvoir être assez facilement amélioré (et donc complexifié) par l'ajout de différents paramètres. Il se présente sous la forme d'un système d'équations différentielles dont la résolution numérique s'opère à l'aide de l'outil informatique.

Le problème a été étudié et mis en équation par William Ogilvy Kermack (1898 – 1970) et Anderson Gray McKendrick (1876 – 1943) dans une série de trois articles fondamentaux parus en 1927, 1932 et 1933.

Dans le modèle le plus simple, où les effets démographiques (naissances, morts, migrations) sont ignorés, ce système s'écrit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS(t)}{dt} = -\beta I(t)S(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \beta I(t)S(t) - \gamma I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \end{array} \right.$$

$S(t)$ représente, à l'instant t , la fraction d'individus sains, encore non infectés... mais susceptibles de l'être.

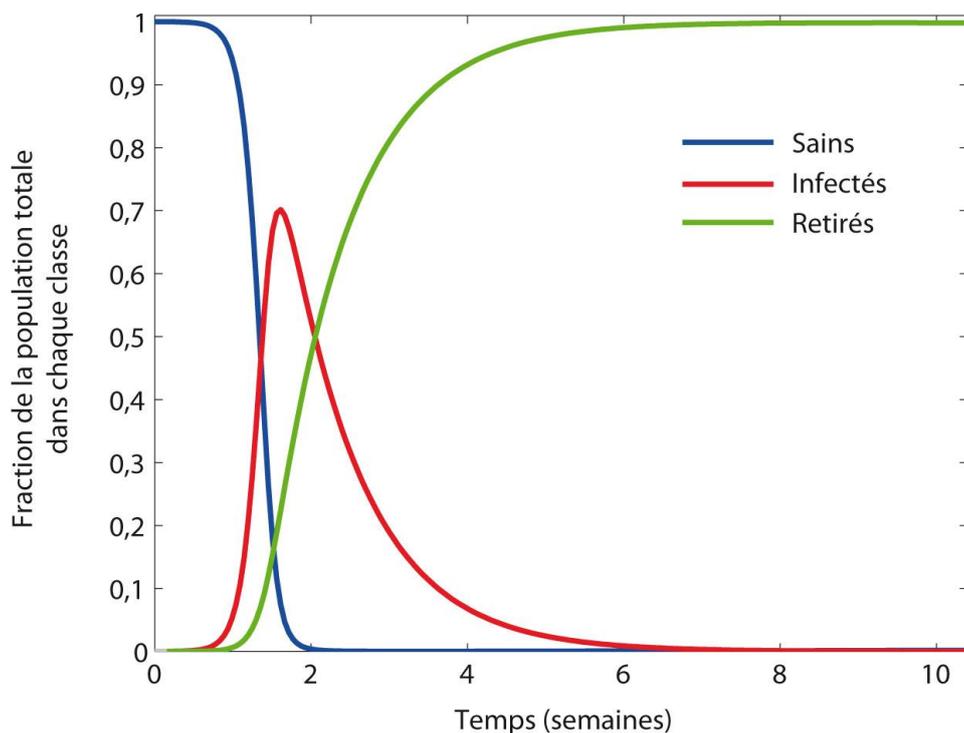
$I(t)$ représente, à l'instant t , la fraction d'individus infectés et capables de transmettre l'agent infectieux aux membres du groupe $S(t)$.

$R(t)$ représente, à l'instant t , la fraction d'individus retirés de la chaîne de transmission parce que (au choix) :

- ils possèdent une immunité innée face à la maladie, qui provient d'anticorps maternels transmis via le placenta ;
- après avoir été infectés, ils ont guéri, ont acquis une immunité et ne peuvent plus être infectés ;
- après avoir été infectés, ils ont été placés en quarantaine ;
- ... ils sont morts.

La première équation décrit le phénomène de contamination. Le paramètre β contient des informations à la fois sur le taux de contacts entre individus et sur la probabilité de transmission de l'agent infectieux.

La deuxième équation décrit la variation du nombre d'infectés au cours du temps. En fonction de la situation, le paramètre γ est appelé taux de guérison, taux de retrait ou taux de mortalité. Son inverse ($1/\gamma$) détermine la période moyenne d'infection, quelle que soit son issue. En page suivante, on présente un exemple de progression d'épidémie générée à l'aide de ces trois équations, avec $S(0) = 1$, $\beta = 520 \text{ an}^{-1}$ et $1/\gamma = 7$ jours.



En dépit de sa simplicité, ce modèle permet de mettre en évidence deux principes épidémiologiques fondamentaux : 1) l'effet de seuil et 2) la façon dont s'estompe une épidémie.

1) Réécrivons tout d'abord la deuxième équation sous la forme $\frac{dI(t)}{dt} = (\beta S(t) - \gamma)I(t)$.

Si la fraction initiale $S(0)$ d'individus susceptibles d'être infectés est plus petite que $\frac{\gamma}{\beta}$ alors

$\frac{dI(t)}{dt} < 0$: l'épidémie s'estompe. **Aussi, pour que la maladie se propage sous forme d'épidémie, la proportion d'individus susceptibles d'être infectés doit dépasser un certain seuil.**

La quantité $\frac{\beta}{\gamma}$ est appelée taux de reproduction. On le note R_0 . Il représente le nombre moyen de cas secondaires générés par un individu durant la période où il est infectieux. Si, dans une population entièrement susceptible d'être infectée ($S(0) = 1$), $R_0 < 1$ alors le nombre de cas diminue à chaque génération et la chaîne de transmission finit par s'interrompre. Au contraire, si $R_0 > 1$, une épidémie se développe.

Maladie	Hôte	R ₀ estimé
Rage	Chien	2,5
Grippe	Être humain	3 – 4
Varirole	Être humain	3,5 – 6
Rubéole	Être humain	6 – 7
Varicelle	Être humain	10 – 12
Rougeole	Être humain	16 – 18
Coqueluche	Être humain	16 – 18

Quelques exemples de taux de reproduction R₀.

2) Comment l'épidémie évolue-t-elle à long terme ? Divisons la première équation par la troisième. Il vient $\frac{dS(t)}{dR(t)} = -\frac{\beta S(t)}{\gamma} = -R_0 S(t)$. En supposant $R(0) = 0$, on obtient après intégration $S(t) = S(0)e^{-R_0 R(t)}$. Ainsi, alors que l'épidémie se développe, la proportion d'individus susceptibles d'être infectés diminue... mais reste supérieure à e^{-R_0} . Certains arriveront toujours à échapper à la contagion ! **La chaîne de transmission finit donc par se briser, non pas à cause du vidage complet du compartiment contenant les individus susceptibles d'être infectés, mais plutôt à cause de la régression du nombre d'individus infectés.** Il s'agit de la deuxième leçon, plutôt contre-intuitive, à tirer de notre modèle.

Proposer une description plus précise de la réalité nécessite l'introduction de nouveaux paramètres dans le système d'équations différentielles présenté en page 43, qui peuvent être, parmi d'autres :

- Une immunité de durée limitée (c'est le cas de la grippe) ;
- La vaccination ;
- La prise en compte des taux de natalité et de mortalité au sein d'une population ;
- Les déplacements de population ;
- La période de latence entre le moment l'individu est soumis à un agent pathogène et celui où il pourra transmettre la maladie ;
- Le fait que certains porteurs de la maladie n'en expriment pas les symptômes (voir le cas célèbre de Mary Mallon (1869 – 1938) dite *Mary Typhoïde*, première porteuse saine reconnue du bacille de la typhoïde, qui infecta 51 personnes).

II.5 Quelques idées d'activités en classe

II.5.1 De main en main

Avec cet exercice, vos élèves comprendront combien leurs mains sont des véhicules efficaces de contamination.

Matériel nécessaire

- De la levure de boulanger diluée dans un verre d'eau ;
- Un grand bol contenant de l'eau sucrée ;
- Un tube à essai et son bouchon ;
- Un entonnoir ;
- Du coton ;
- Quelques gouttes de bleu de bromothymol (un colorant utilisé comme indicateur coloré de pH).



Procédure

- . Demandez aux élèves de bien se laver les mains et divisez la classe en groupes de cinq.
- . Dans chaque groupe, le premier élève se met un peu de levure dans la main droite. Il salue alors un deuxième élève en lui prodiguant une poignée de mains. Celui-ci, à son tour, serre la main d'un troisième élève, qui serre la main d'un quatrième qui, enfin, salue le cinquième et dernier élève de son groupe.
- . Notre cinquième élève se lave les mains dans le grand bol d'eau sucrée.

- . À l'aide de l'entonnoir, versez un peu de cette eau sucrée dans le tube à essai.
- . Imbibez le coton avec le bleu de bromothymol, glissez-le dans le tube à essai sans qu'il ne touche l'eau et fermez ce dernier à l'aide du bouchon.

- . Attendez quelques jours...

→ La couleur du bleu de bromothymol a évolué. De bleu, il est devenu jaune, signe que le milieu est devenu acide.

Explication

Par le jeu des salutations entre élèves, de nombreuses levures sont parvenues sur les mains du cinquième élève de chaque groupe. Or, l'eau sucrée avec laquelle il se les est lavées constitue un milieu très favorable au développement de ces petits champignons unicellulaires de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae*. Ils ont alors dégradé le sucre et conduit à la formation et au dégagement de dioxyde de carbone, qui a acidifié le milieu.

II.5.2 Contagion fruitière

Chez certains fruits comme la pomme, la banane, la poire, la tomate et le melon, la présence d'un fruit mûr accélère le mûrissement d'autres fruits présents à ses côtés.

Matériel nécessaire

- Des bananes vertes, non mûres ;
- Une feuille de papier journal ;
- Un sac en plastique.



Procédure

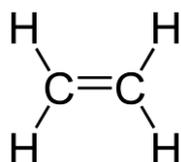
. Demandez aux élèves d'emballer une première banane verte dans du papier journal et une deuxième dans un sac en plastique. La troisième banane, laissée sur le côté, servira de témoin et atteindra la maturation naturellement.

. Pendant une semaine, observez quotidiennement le processus de maturation de chaque banane.

→ Les bananes enveloppées dans le papier journal et le plastique mûrissent plus vite que la banane témoin.

Explication

Un gaz incolore, l'éthylène (ou éthène, selon la nomenclature de l'Union internationale de chimie pure et appliquée), est responsable du mûrissement de certains fruits comme la banane. L'éthylène est un hydrocarbure insaturé de formule brute C_2H_4 .



Il agit comme une hormone végétale ou *phytohormone*. L'éthylène se forme à la suite d'une série complexe de réactions métaboliques (dite *cycle de Yang*) dont le premier maillon est un acide aminé, la méthionine. Ces réactions sont initiées par des facteurs environnementaux (blessure, froid, stress hydrique) mais aussi par des facteurs endogènes dont... la présence d'éthylène. On a donc affaire à un mécanisme d'autocatalyse : au cours de la maturation, la banane produit de l'éthylène et cet éthylène accélère la maturation. Ainsi, l'éthylène produit par un fruit mûr agit sur lui-même et sur les fruits à proximité. Envelopper une banane dans un sac en plastique ou dans du papier journal empêche donc l'éthylène rejeté de se diluer dans l'air, augmente sa concentration et accélère le mûrissement. C'est pourquoi il est recommandé de placer un fruit mûr avec les fruits trop verts dans une cloche. Celle-ci retiendra l'éthylène au profit des autres fruits, au lieu de le laisser se diffuser dans l'air.

II.5.3 De la vie dans la salive et la sueur ?

Qu'est-ce qui rend les pieds et les aisselles malodorants lorsque nous transpirons ? Pourquoi devons-nous éviter de porter à la bouche les couverts destinés à servir les plats ? Dans cette expérience, vous pourrez mettre en évidence les bactéries et les champignons qui vivent en nous grâce à de la gélatine servant de milieu de culture.

Matériel nécessaire

- Des bocaux en verre bien lavés avec leur couvercle ;
- Une casserole ;
- De l'eau ;
- Des feuilles de gélatine du commerce ;
- Du sucre ;
- Des cotons-tiges.



Procédure

- . Faites bouillir 1 L d'eau.
- . Videz cette eau dans les bocaux en verre en prenant soin de ne pas toucher ces derniers, ni leur couvercle.
- . Pendant que l'eau refroidit dans les bocaux, utilisez ce qui reste d'eau (environ un demi-litre) pour imbiber puis dissoudre les feuilles de gélatine. Ajoutez deux cuillères à soupe de sucre.
- . Une fois la gélatine refroidie, versez-la dans chacun des trois bocaux. Refermez-les et placez-les au réfrigérateur jusqu'à ce que la gélatine soit solide.
- . Retirez les bocaux du réfrigérateur. Sur le premier, écrivez « Témoin ». Sur le deuxième, « Salive » et sur le troisième et dernier, « Sueur ».
- . Frottez l'extrémité d'un coton-tige sur l'intérieur de la joue d'un volontaire. Frottez-la ensuite à la surface de la gélatine contenue dans le bocal marqué « Salive ».
- . Passez un autre coton-tige entre les orteils d'un deuxième volontaire, de préférence après un effort physique. Frottez son extrémité sur la gélatine contenue dans le bocal « Sueur ».
- . Frottez enfin un troisième coton-tige, propre, à la surface de la gélatine du bocal « Témoin ».
- . Laissez les trois bocaux dans un endroit frais, à l'abri des rayons du Soleil.
- . Attendez 2 à 3 jours et observez.

Questions

- Que vous attendez-vous à voir apparaître dans chacun des bocaux ?
- Pourquoi utiliser un bocal témoin ?
- D'où provient donc la mauvaise odeur lorsque nous transpirons ?

II.5.4 Vaccins : pour ou contre ?

Cette activité peut prendre la forme d'un débat comme on en voit sur les plateaux télévisés, où les intervenants discutent des bienfaits et des inconvénients de la vaccination. Après une recherche sur ce sujet, l'enseignant divise sa classe en deux et pendant 45 minutes, anime et modère le débat.

Parmi les questions à discuter, on pourra retenir :

- Les vaccins sont-ils sûrs ?
- Comment agissent-ils ?
- Induisent-ils des effets secondaires ?
- Des organismes aussi fragiles que les nouveau-nés sont-ils prêts à recevoir de nombreux vaccins ?
- Est-on protégé de la maladie dès que la vaccination est effectuée ?
- Qui élabore la politique vaccinale en France ?



À la fin du débat, les groupes devraient être en mesure de tirer des conclusions sur le sujet.

II.5.5 La boîte surprise

Avec cette activité, vous en saurez un peu plus sur les émotions et le sens du toucher.

Matériel nécessaire

- des boîtes à chaussures ;
- des ciseaux ;
- des morceaux de polystyrène ;
- un objet « étrange au toucher » (choisi à l'avance par chacun des groupes) ;
- des aliments divers.



Procédure

- . Demandez aux élèves d'apporter en classe des boîtes à chaussures et aidez-les à y pratiquer une ouverture dans laquelle ils peuvent passer la main.
- . Chaque groupe place son objet étrange au fond de la boîte et le recouvre de polystyrène.
- . Lorsque les boîtes sont prêtes, les élèves des différents groupes essaient de deviner par le toucher ce qui est dans la boîte des autres groupes.

Explication

Le cerveau combine les différentes informations sensorielles envoyées par les sens, interprète ces signaux et coordonne les réponses corporelles. La boîte, dont le contenu est caché, induit un mélange de réactions et d'émotions... y compris la peur. Un élève qui aura mis la main dans cette boîte au contenu mystérieux sera-t-il suivi par les autres ?

II.5.6 Émotions contagieuses

Avez-vous remarqué que, lorsque nous sourions ou grimaçons, certains ne peuvent s'empêcher de faire la même chose que nous ? C'est une forme de contagion !

Matériel nécessaire

- Un miroir par groupe.

Procédure

. Demandez aux élèves de raconter une histoire courte, heureuse ou triste, avec un ton et une expression inadéquats : l'histoire triste est déclamée avec un air heureux, l'histoire gaie, avec toute la misère du monde sur les épaules.

Que se passe-t-il ? Dans le miroir, les élèves se surprennent avec une expression marquant la colère, la surprise, la joie, etc.

Explication

Il est possible de transmettre aux autres des émotions à l'aide de blagues ou d'histoires tristes. Lorsque l'on raconte une histoire avec un ton et une expression inadéquats, c'est l'expression corporelle qui dicte la réaction des auditeurs, plus que le contenu.



III Ressources

III.1 Au Palais de la découverte

Deux exposés d'environ 50 minutes sont proposés dans la salle de médiation de l'exposition.

→ **Épidémies et compagnie** (de la 3^e à l'enseignement supérieur)

Comment démarre une épidémie ? Quels sont les facteurs qui influencent sa propagation ? Qu'est-ce que la virulence, le pouvoir pathogène d'un virus ou d'une bactérie ? Comment émergent de nouvelles maladies ? Qu'est-ce qu'un vaccin ?... L'exposé répondra à quelques-unes de ces questions à l'aide d'un quizz et d'observations au microscope, entre autres.

→ **Des émotions contagieuses** (de la 4^e à l'enseignement supérieur)

Si on vous dit contagion, vous pensez aux maladies. Mais il n'y a pas que les virus et bactéries qui se transmettent. Ces dernières années, il a été possible de montrer que certains comportements humains sont contagieux. Le bâillement, la peur peuvent se répandre entre individus. Au cours de cet exposé, nous étudierons comment ces comportements se propagent et nous plongerons à l'intérieur du cerveau pour découvrir les mécanismes qui en sont responsables.

III.2 Suggestion bibliographique

La contagion comme phénomène biologique

- . Françoise Hildesheimer, *Fléaux et société. De la Grande Peste au choléra (XIV^e – XIX^e siècle)*, éd. Hachette éducation, 1993
- . Jacqueline Brossollet et Henri Mollaret, *Pourquoi la peste ? Le rat, la puce et le bubon*, éd. Gallimard, 1994
- . Jacques Ruffié et Jean-Charles Sournia, *Les épidémies dans l'histoire de l'homme. De la Peste au Sida*, éd. Flammarion, 1999 (nouvelle édition revue et augmentée)
- . Pierre-Marie Lledo, *Histoire de la vache folle*, éd. Presses Universitaires de France, 2001
- . Maxime Schwartz, *Comment les vaches sont devenues folles*, éd. Odile Jacob, 2001
- . Pierre-Marie Lledo, *Les maladies à prions*, éd. Presses Universitaires de France, 2002
- . Norbert Gualde, *Épidémies, la nouvelle carte*, éd. Desclée de Brouwer, 2002
- . Frédérique Audoin-Rouzeau, *Les chemins de la peste. Le rat, la puce et l'homme*, éd. Presses universitaires de Rennes, 2003
- . Patrice Bourdelais, *Les épidémies terrassées. Une histoire de pays riches*, éd. La Martinière, 2003
- . Jean-François Saluzzo, *La variole*, éd. Presses Universitaires de France, 2004

- . Sous la direction de Gérard Orth et Philippe Sansonetti, *La maîtrise des maladies infectieuses. Un défi de santé publique, une ambition médico-scientifique*, éd. EDP Sciences, 2006
- . Jean-François Saluzzo et Catherine Lacroix-Gerdil, *Grippe aviaire. Sommes-nous prêts ?*, éd. Belin, 2006
- . Claude Chastel, *Virus émergents. Vers de nouvelles pandémies ?*, éd. Vuibert, 2006
- . Antoine Gessain et Jean-Claude Manuguerra, *Les virus émergents*, éd. Presses Universitaires de France, 2006
- . Patrick Berche, *Une histoire des microbes*, éd. John Libbey Eurotext, 2007
- . François Moutou, *La vengeance de la civette masquée*, éd. Le Pommier, 2007
- . Antoine Flahaut et Patrick Zylberman, *Des épidémies et des hommes*, éd. La Martinière, 2008
- . Jean-Philippe Rogez, *Sida et autres infections sexuellement transmissibles*, éd. Hermann, 2008
- . Maxime Schwartz et François Rodhain, *Des microbes ou des hommes. Qui va l'emporter ?*, éd. Odile Jacob, 2008
- . Jean-Philippe Derenne et Bruno Housset, *Grippe A (H1N1). Tout savoir. Comment s'en prémunir*, éd. Fayard, 2009
- . Jaeho Eun, *Sida et action publique. Une analyse du changement de politiques en France*, éd. L'Harmattan, 2009
- . Jean-François Saluzzo, *À la conquête des virus*, éd. Belin, 2009
- . Jean Vitaux, *Histoire de la Peste*, éd. Presses Universitaires de France, 2010
- . Jean-Pierre Dedet, *Les épidémies. De la peste noire à la grippe A/H1N1*, éd. Dunod, 2010
- . Thibault Weitzel, *Le fléau invisible. La dernière épidémie de choléra en France*, éd. Vendémiaire, 2011
- . Peter Moore, *Le petit livre des grandes épidémies*, éd. Belin, 2015
- . Françoise de Lannoy, *Pestes et épidémies au Moyen Âge*, éd. Ouest-France, 2016



La contagion comme phénomène sociologique

- . Hippolyte Taine, *Les origines de la France contemporaine* (parution étalée de 1875 à 1893), éd. Bouquins, 2011
- . Gabriel Tarde, *Les lois de l'imitation* (1890), Presses Universitaires de France, 1989
- . Gustave Le Bon, *Psychologie des foules* (1895), éd. Presses Universitaires de France, 1995
- . Gabriel Tarde, *L'opinion et la foule* (1901), éd. Hardpress Publishing, 2013
- . Dan Sperber, *La contagion des idées*, éd. Odile Jacob, 1996
- . Philippe Aldrin, *Sociologie politique des rumeurs*, éd. Presses Universitaires de France, 2005
- . Seth Godin, *Les secrets du marketing viral*, éd. Maxima Laurent du Mesnil, 2011
- . Tracés (revue de sciences humaines) n°21, *Contagions*, éd. ENS Éditions, 2011
- . Louis Crocq, *Les paniques collectives*, éd. Odile Jacob, 2013
- . Jonah Berger, *Créer la tendance ! Du bouche à oreille au marketing viral*, éd. Pearson, 2013

→ Certains ouvrages de cette liste se trouvent à la **bibliothèque de la Cité des Sciences et de l'Industrie**, 30 avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris.

Métro : Porte de la Villette (Métro ligne 7 ou Tramway ligne 3b).

Horaires : du mercredi au dimanche, 12h-18h45, le mardi 12h-19h45.

Description La bibliothèque met à votre disposition 120 000 documents (livres, revues, films, cédéroms, DVD) dans tous les domaines scientifiques et techniques. Possibilité de consultation sur place et d'emprunt de documents.

III.3 Sites internet

La page « vaccination » du ministère des Affaires sociales et de la Santé.

<http://social-sante.gouv.fr/prevention-en-sante/preserver-sa-sante/article/vaccination>

Espace dédié à l'information sur les risques majeurs sur le portail du Gouvernement. Deux thématiques nous intéressent ici : risques sanitaires et risques cybernétiques.

<http://www.gouvernement.fr/risques>

Institut de veille sanitaire (InVS).

<http://www.invs.sante.fr>

<http://www.invs.sante.fr/fr../Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses>

Institut national de la recherche agronomique (INRA).

<http://www.inra.fr>

Direction générale de la santé publique et de l'évaluation des risques de la Commission européenne

http://ec.europa.eu/health/index_fr.htm

Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC).

<http://www.ecdc.europa.eu>

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

<http://www.fao.org/home/fr>

Organisation mondiale de la santé (OMS).

<http://www.who.int/fr>

Organisation mondiale de la santé animale (OIE).

<http://www.oie.int/fr>



IV Informations pratiques

Adresse

Palais de la découverte
Avenue Franklin D. Roosevelt
75008 Paris
Tél. : 01 56 43 20 20
www.palais-decouverte.fr

Accès

Métro : Champs-Élysées Clémenceau (ligne 1 et ligne 13) ou Franklin Roosevelt (ligne 9)
Bus : 28, 42, 52, 63, 72, 73, 80, 83, 93
R.E.R. : Invalides (ligne C)

Horaires d'ouverture

Du mardi au samedi de 9 h 30 à 18 h, le dimanche de 10 h à 19 h.
Fermeture le lundi, le 1^{er} janvier, le 1^{er} mai, le 14 juillet

Tarifs scolaires (valables au 1er septembre 2015 - susceptibles d'être modifiés)

Tarif : 4,50 €
Tarif Éducation prioritaire : 2,50 €
Supplément planétarium : 2,50 €

- 1 gratuité pour 5 entrées pour la maternelle
- 1 gratuité pour 12 entrées payantes pour l'élémentaire
- 1 gratuité pour 15 entrées payantes pour le secondaire

Le billet donne accès à toutes les expositions, aux ateliers scientifiques et aux exposés du Palais de la découverte (sur réservation et dans la limite des places disponibles).

Réservation groupes (à partir de 10 personnes)



groupe.palais@universcience.fr



01 56 43 20 25



01 56 43 20 29



Palais de la découverte
Bureau des groupes
Avenue Franklin Roosevelt
75008 Paris