
Journées Normandes de Modélisation et Applications 2023
Applications aux Sciences du Vivant

JNMA23 – UFR des Sciences – Campus 2
Université de CAEN Normandie
11 et 12 mai 2023

Résumés

Matthieu ALFARO (*LMRS, Université de Rouen Normandie*)

Zoonoses et EDP : "To be three or not to be"

Selon l'OMS environ 60% des maladies humaines sont des zoonoses. Pour décrire ces phénomènes, nous considérons des modèles mathématiques (EDP) pour l'adaptation d'un pathogène à H hôtes. Le devenir du pathogène (peristance vs. extinction) est donné par le signe d'une valeur propre principale. Une grande partie de l'étude porte sur le cas $H=3$ qui est très riche. Nous comparons notamment avec le cas $H=2$ et montrons que la présence d'un troisième hôte peut favoriser ou entraver l'adaptation.

Christèle ETCHEGARAY (*INRIA, Université de Bordeaux*)

Modélisation mathématique de la dynamique de Cellules Tumorales Circulantes dans le sang

Nous nous intéressons à la dynamique des Cellules Tumorales Circulantes (CTC) dans la circulation sanguine. Il s'agit d'un phénomène crucial impliqué dans l'invasion métastatique, elle-même responsable d'environ 90% des décès chez les patients atteints de cancer. En effet, certaines cellules réussissent à contrer les forces hydrodynamiques pour adhérer à la paroi vasculaire, leur permettant ainsi de s'extraire des vaisseaux et d'envahir de nouveaux tissus. Cette compétition entre vitesse du sang et dynamique d'adhésion est notamment étudiée par l'équipe de Jacky Goetz (GoetzLab for Tumor Mechanics) à Strasbourg, par des expériences *in vitro* (microfluidique) et *in vivo* (embryon de zebrafish). Dans cet exposé, nous introduirons cette problématique, avant de présenter une approche de modélisation mathématique à base d'Équation Différentielle Ordinaire ou Stochastique. Nous établirons des propriétés asymptotiques des modèles, permet par la simplicité du cadre choisi. Enfin, nous aborderons la confrontation à des données expérimentales *in vitro*, et l'adaptation du modèle suivant les informations apportées par les mesures.

Joséphine BRYERE-THEAULT (*ANTICIPE, Université de Caen Normandie*)

Épidémiologie géographique : principe, modélisation et exemple d'une étude portant sur l'analyse de l'influence de l'environnement social sur l'incidence des cancers en France.

L'épidémiologie géographique regroupant la description et l'analyse des variations géographiques dans la maladie à l'égard de facteurs de risques démographiques, environnementaux, comportementaux, socioéconomiques, génétiques et infectieux a connu un essor ces dernières décennies et ses spécificités ont conduit à l'élaboration de différents modèles mathématiques intégrant les exigences et contraintes qui lui sont propres. Différents types d'analyse faisant intervenir une approche géographique peuvent être identifiés : la représentation cartographique du risque de maladie, la détection d'agrégats spatiaux de cas (clusters) autour ou non d'un point source ou encore l'évaluation de l'association entre risque et exposition environnementale en fonction de facteurs de risque connus. Une étude menée au sein de l'unité U1086 ANTICIPE de Caen ayant pour objectif d'étudier les disparités sociales d'incidence afin de déterminer les localisations cancéreuses dont l'incidence est associée à l'environnement social a notamment mobilisé ces méthodes en utilisant une approche bayésienne permettant d'intégrer la variabilité extra-poissonienne induite par la nature géographique des données ainsi que l'autocorrélation spatiale résultant du fait que les zones géographiques voisines ne sont pas indépendantes.

Olivier ETARD (*COMETE, Université de Caen Normandie*)

La connectivité cérébrale fonctionnelle : un problème de tuyauterie qui raisonne ?

L'imagerie fonctionnelle de repos permet d'explorer simplement l'organisation cérébrale. Le principe consiste à acquérir des images IRM successives du cerveau d'un individu lorsque celui-ci présente un état de repos conscient avec des pensées spontanées non structurées. Dans ces conditions, on observe des oscillations spontanées du signal IRM. Si l'on considère que ce signal repose sur l'activité neurale on peut ensuite définir différents réseaux de régions cérébrales qui présentent un même profil de variation temporelle et qui sont considérées comme fonctionnellement interconnectées, on parle alors de connectivité cérébrale. De façon non exclusive, on peut également considérer que le signal IRM, d'origine vasculaire, varie sous l'effet de deux oscillateurs pseudopériodiques partiellement corrélés que sont le pouls et la respiration ...

Valentina LANZA (*LMAH, Université du Havre Normandie*)

La dynamique du comportement humain lors d'une catastrophe : une nouvelle approche interdisciplinaire

L'un des enjeux majeurs actuels dans le domaine de la sécurité et de la sûreté des populations est de progresser dans la capacité à comprendre et à anticiper les comportements humains face aux menaces ou aux catastrophes. Cet exposé vise à présenter les résultats d'une collaboration interdisciplinaire entre géographes, psychologues, mathématiciens, informaticiens, opérationnels et experts de la gestion des risques. Tout d'abord, nous introduisons le modèle Alert-Panic-Control (APC), un modèle mathématique basé sur des équations différentielles non linéaires, qui décrit les comportements collectifs humains en situation de catastrophe. Ensuite, on présente deux approches de modélisation que nous avons adoptées pour prendre en compte le rôle non négligeable joué par la configuration spatiale sur la dynamique des réactions humaines. Dans la première, l'environnement spatial est modélisé par des réseaux adaptés aux terrains étudiés. Les noeuds représentent une zone géographique dotée de certaines propriétés spécifiques (par exemple une surface), regroupant un ensemble d'individus soumis au panel de comportements du modèle APC. Les arêtes orientées entre deux noeuds modélisent le fait que les populations peuvent se déplacer d'un noeud à l'autre. On obtient alors un modèle de méta-populations. La deuxième approche consiste à modéliser l'espace comme un environnement continu et à étendre le modèle APC à un système d'équations aux dérivées partielles afin de décrire les dynamiques de diffusion dans le temps et l'espace. En particulier, on verra comment l'exploitation de données issues d'enquêtes et d'expériences de réalité virtuelle nous a permis de réaliser des simulations numériques de scénarios réalistes pour le modèle de méta-populations.

Justine LEQUESNE (*Centre François BACLESSE, Caen*)

Troubles cognitifs observés chez les patientes traitées pour un cancer du sein localisé : mesure avant traitement, évolution dans le temps et recherche de facteurs associés.

Les traitements anti-cancéreux sont connus pour altérer de façon transitoire la cognition des patientes traitées pour un cancer du sein. Leurs effets à long terme restent néanmoins peu étudiés, tout comme le retentissement de ces troubles cognitifs sur la qualité de vie, l'évolution de la maladie et l'après cancer.

L'étude CANTO-cog a pour objectif de mesurer l'évolution des fonctions cognitives chez des patientes atteintes d'un cancer du sein non métastatique, depuis le diagnostic de cancer jusqu'à 3 ans après la fin de leur traitement. Dans cet exposé, nous proposons de décrire cette évolution par un modèle de régression linéaire mixte ajusté sur les caractéristiques cliniques des patientes et leur traitement. Des modèles de régression logistique multivariés seront ensuite utilisés pour identifier d'éventuels facteurs associés à la survenue d'une toxicité cognitive, notamment parmi des facteurs biologiques et génomiques mesurés avant traitement et connus pour être impliqués dans le fonctionnement cognitif. Enfin, une analyse descriptive des données concernant le retour au travail de ces patientes sera présentée afin de mesurer l'impact de ces troubles cognitifs sur l'après cancer.

Mikaël NAVEAU (*CYCERON, Université de Caen Normandie*)

Modélisation et simulation des effets du mouvement sur les artefacts en Imagerie par Résonance Magnétique.

En imagerie biomédicale, l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) permet d'obtenir une visualisation interne des organes de manière non-invasive. Les images sont obtenues à partir de l'acquisition séquentielle de signaux organisés dans un espace fréquentiel en deux ou trois dimensions. Le remplissage de l'espace fréquentiel dépend de la séquence utilisée et peut nécessiter plusieurs minutes pour obtenir une image à haute résolution spatiale. Le sujet doit rester immobile dans le scanner pendant l'ensemble de l'acquisition pour ne pas perturber le remplissage de l'espace fréquentiel et donc l'image finale obtenue. Dans les cas où les mouvements sont inévitables (imagerie abdominale par exemple) ou lorsque le sujet bouge pendant l'acquisition, des méthodes de correction des artefacts de mouvements ont été proposées. Dans cette présentation, nous verrons en quoi la modélisation mathématique permet de mieux comprendre et corriger les artefacts de mouvements sur des acquisitions IRM.

Nathalie NIQUIL (*UMR BOREA, Université de Caen Normandie*)

Modélisation des réseaux trophiques marins et étude de l'impact des changements climatiques et des éoliennes en mer.

Les écosystèmes marins sont des systèmes complexes soumis à de fortes pressions locales comme globales. En Manche et en Mer du Nord, les effets du changement climatique se voient déjà sur la distribution de nombreuses espèces. De plus, l'occupation de l'espace est lié à de nombreuses activités humaines. La construction de parcs éoliens offshore est en particulier en plein essor.

Les réseaux trophiques sont formés par les différentes chaînes alimentaires. Leur caractérisation permet d'appréhender la complexité du fonctionnement des écosystèmes et ses changements sous différentes pressions. Pour cela, les propriétés émergentes de ces réseaux sont caractérisées par des indices numériques appelés ENA (Ecological Network Analysis). Les méthodes d'estimation des flux dans les réseaux trophiques avant / après un impact ou lors de leurs simulations, ainsi que l'analyse des changements des valeurs des indices ENA sont au cœur de mes recherches. Elles ont fait l'objet d'une collaboration avec Valérie Girardin du LMNO depuis plusieurs années et de différentes collaborations à la croisée de l'écologie, des mathématiques et de l'informatique. Je présenterai un historique de ces travaux, ainsi que les projets en cours.

