

Activités scientifiques du LAREMA et connexions avec Pôle Santé

Mikael Escobar-Bach, Fabien Panloup

Séminaire SFR MathStic et SFR ICAT

15/11/2024

Plan

Présentation générale du LAREMA

Thèmes de recherche hors statistique (potentiellement) liés aux applications santé

Thèmes de recherche en statistique

Historique

A vertical timeline with a red line and horizontal tick marks. The years are listed on the left, and the corresponding events are listed on the right.

2019	Renouvellement du labex CHL (2020-2025)
2017	Création du master data science
2015	Le LAREMA devient partenaire du labex CHL
2008	Fédération de recherche des Pays de Loire
2004	Création du master ingénierie mathématique
2000	Le laboratoire devient UMR CNRS
1991	Création du master recherche (DEA)
1978	Création d'une équipe de mathématiques

Deux équipes de recherche

Algèbre et géométries

Géométrie algébrique
réelle

Géométrie algébrique et
analytique complexe

Méthodes géométriques en
physique mathématique

Singularités

Topologie algébrique

20 membres permanents

Analyse, probabilités, statistique

Analyse asymptotique et
harmonique/stochastique

Méthodes Numériques pour
les EDP

Probabilités

Statistique

Applications

18 membres permanents

Séminaires hebdomadaires (et sous-équipes)

- ▶ Séminaire de topologie et géométrie algébrique
- ▶ Séminaire systèmes dynamiques et géométrie
- ▶ Séminaire de Probabilités et Statistique
- ▶ Séminaire 2PMA (Probabilités, Physique Mathématique et Analyse)

Analyse qualitative d'équations différentielles et Politiques d'Intervention COVID

- ▶ Article (Disponible sur arxiv) : *“Geometric approach for non pharmaceutical interventions in epidemiology”*
- ▶ Contributeurs : Laurent Evain (Equipe “Algèbre et Géométrie”) et Jean-Jacques Loeb (Analyse, Emerite).
- ▶ Objectif : Optimisation “mathématique” du choix de politiques d'intervention (mitigation) en épidémiologie.
- ▶ Thème mathématique : “Analyse qualitative d'équations différentielles” (géométrie-analyse).
- ▶ Contexte : Modèle d'épidémiologie de type SIR

$$\begin{cases} \dot{s}_t = -\beta_t s_t i_t \\ \dot{i}_t = -\mu i_t + \beta_t s_t i_t \\ \dot{r}_t = \mu i_t. \end{cases}$$

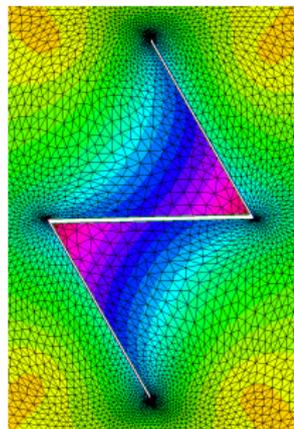
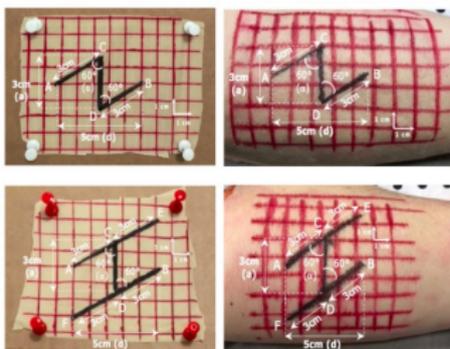
μ : taux de guérison, β_t : taux d'incidence à l'instant t
 (“contrôlable”) $R_t = \frac{\beta_t}{\mu}$: nombre de reproduction à l'instant t .

Analyse qualitative d'équations différentielles et Politiques d'Intervention COVID

- ▶ Article (Disponible sur arxiv) : *“Geometric approach for non pharmaceutical interventions in epidemiology”*
- ▶ Contributeurs : Laurent Evain (Equipe “Algèbre et Géométrie”) et Jean-Jacques Loeb (Analyse, Emerite).
- ▶ Types de résultats obtenus (en version simplifiée)
 - ▶ Meilleure manière de positionner un temps de confinement (de longueur fixée) pour réduire au maximum R_T (solution d'un problème de contrôle optimal). Réponse : période d'un seul bloc positionnée “ni trop tôt, ni trop tard”.
 - ▶ Détermination de la politique optimale d'intervention face à une contrainte de saturation hospitalière donnée (pour garantir un taux de “remplissage” inférieur à un seuil donné).
- ▶ Intérêt : proposer des réponses mathématiques théoriques alternatives/complémentaires de méthodes de simulation souvent privilégiées en pratique.

Etude de la géométrie de plasties de la main

- ▶ Contributeurs LAREMA : L. Meersseman (Pr, Spécialité : Géométrie complexe, Feuilletages, espace de modules), C. Lothodé (Ingénieur Recherche CNRS, Calcul Scientifique).
- ▶ Article déjà publié : "*Modeling and concepts of the Malingue plasty compared to Z-plasty*". T. Albert, L. Meersseman, G. Raimbault, Y. Saint-Cast, N. Bigorre.
- ▶ Objectif : Comparaison (mathématique) de différentes techniques de plastie.
- ▶ Thème mathématique : Géométrie différentielle des surfaces.

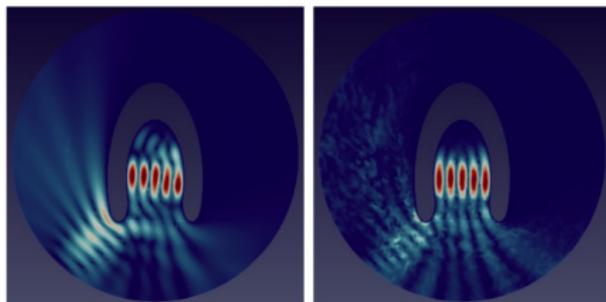


Etude de la géométrie de plasties de la main : quelques éléments

- ▶ Types d'études mathématiques :
 - ▶ Etude de la courbure en chaque point, calcul théorique des points de courbure maximale associés à chaque type de plastie.
 - ▶ Exemple de résultat : **Pour la plastie de Malingue, il y a plus de points de courbure non nulle mais la valeur absolue de la courbure en chacun de ces points est plus faible.**
 - ▶ Approche numérique du problème (C. Lothodé).
- ▶ Applications :
 - ▶ Identification des points où la peau est la plus sollicitée (et où la cicatrisation peut être potentiellement plus compliquée).
 - ▶ Meilleure mise en place des lambeaux (impliquant une meilleure cicatrisation).
 - ▶ Analyse et optimisation des méthodes de plastie.

Equation de Helmholtz et imagerie médicale

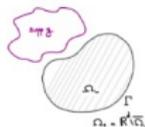
- ▶ Contributeur LAREMA : Martin Averseng (Chargé de Recherche CNRS, Analyse numérique des EDP).
- ▶ Article : "*Helmholtz FEM solutions are locally quasi-optimal modulo low frequencies*". M. Averseng, J. Galkowski, E. A. Spence.
- ▶ Objectif : Résolution numérique de l'équation de Helmholtz (connectée à l'équation des ondes de D'Alembert) avec condition de Dirichlet (absorption)
- ▶ Thème mathématique : méthodes numériques (éléments finis) pour les EDP de la propagation d'ondes.



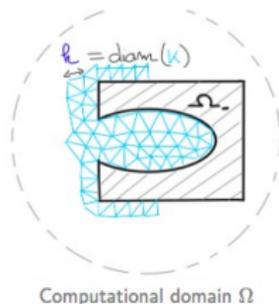
Equation de Helmholtz et imagerie médicale

Helmholtz Dirichlet Problem $k \gg 1$

$$\begin{cases} \operatorname{div}(A(x)\nabla u) + k^2 n(x)u = k^2 g & \text{in } \Omega_+ \\ u = 0 & \text{on } \Gamma \\ \partial_\nu u - ik u = o(r^{-\frac{d-1}{2}}) & \text{at infinity.} \end{cases}$$



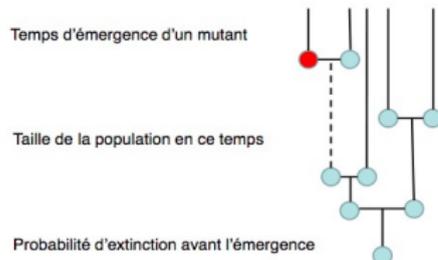
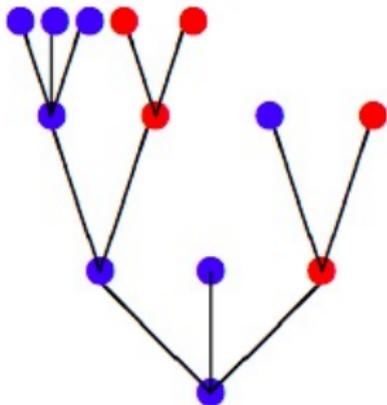
- ▶ Type de résultat (informel) : Maillage optimal et bornes précises de l'approximation par éléments finis de l'équation de Helmholtz adaptés à des obstacles "généraux".



- ▶ Applications potentielles : Imagerie Micro-onde, identification d'une tumeur par "problème inverse".

Etude des Processus de Branchement

- ▶ **Contributeurs** : plusieurs membres de l'équipe proba. Loïc Chaumont (Pr.) , Rodolphe Garbit (Mcf), Kilian Raschel (DR CNRS), Paul Thévenin (CPJ recruté en 2024 sur ce thème).
- ▶ **Thème** : Dynamique (aléatoire) de population avec "loi de reproduction".
- ▶ **Applications** : Génétique, Reproduction cellulaire,...



Etude des Processus de Branchement

- ▶ Quelques publications : On mutations in the branching model for multitype populations. L.Chaumont, T.N.A. Nguyen. Adv. in Appl. Probab. 50, no. 2, (2018). Critical exponential tiltings for size-conditioned multitype Bienaymé–Galton–Watson trees. 2023. P. Thevenin.
- ▶ Types de problèmes/extensions.
 - ▶ Questions de “base” : Evolution de la taille de la population/Temps d’extinction selon le type de modèle.
 - ▶ Branchement multitype (typiquement avec mutation) : Estimées du temps d’émergence.
 - ▶ Dynamiques de population en compétition (diverses familles de cellules par exemple).
 - ▶ Limites d’échelle en grande population ou en espace.
 - ▶ Thèmes connectés : marches aléatoires, systèmes de particules en interaction.

Thème 1