

## Quelques applications (potentielles) de nos travaux

Laboratoire de mathématiques d'Orsay

Université Paris-Sud — CNRS



Flux  
●○○

Fiabilité  
○○○

Transport opt.  
○○○

Var. cachées  
○○○

Géodésique  
○○○

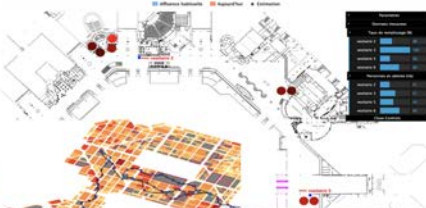
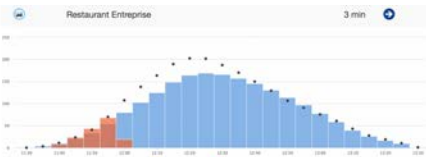
Incertitudes  
○○○

Boltzmann  
○○○

Agrégation  
○○○

Sylvain Faure





Flux  
○○○

**Fiabilité**  
●○○

Transport opt.  
○○○

Var. cachées  
○○○

Géodésique  
○○○

Incertitudes  
○○○

Boltzmann  
○○○

Agrégation  
○○○

Patrick Pamphile

## Comment appréhender le risque de panne ?



Accident Pensacola Floride 1996

- $T$  = première occurrence de panne (h,j,km,nb de cycles);

# Comment appréhender le risque de panne ?



Accident Pensacola Floride 1996

- $T$  = première occurrence de panne ( $h, j, km, nb$  de cycles) ;
- $(X_t)$  : état du système à l'instant  $t$  ;

# Comment appréhender le risque de panne ?



Accident Pensacola Floride 1996

- $T$  = première occurrence de panne (h,j,km,nb de cycles) ;
- $(X_t)$  : état du système à l'instant  $t$  ;
- $N(t)$  = Nb de défaillances sur  $[0; t]$ .



# Comment appréhender le risque de panne ?



Accident Pensacola Floride 1996

- $T$  = première occurrence de panne (h,j,km,nb de cycles) ;
- $(X_t)$  : état du système à l'instant  $t$  ;
- $N(t)$  = Nb de défaillances sur  $[0; t]$ .
- **Analyses statistiques de durées de vies très fortement censurées**

# Comment appréhender le risque de panne ?



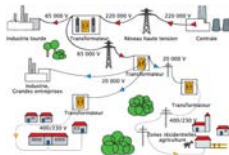
Accident Pensacola Floride 1996

- $T$  = première occurrence de panne (h,j,km,nb de cycles) ;
- $(X_t)$  : état du système à l'instant  $t$  ;
- $N(t)$  = Nb de défaillances sur  $[0; t]$ .
- Analyses statistiques de durées de vies très fortement censurées
- Modélisation stochastique de systèmes complexes

# Exemples de collaborations



SAFRAN-Snecma  
SAFRAN-Messier-Dowty



EDF  
Enedis



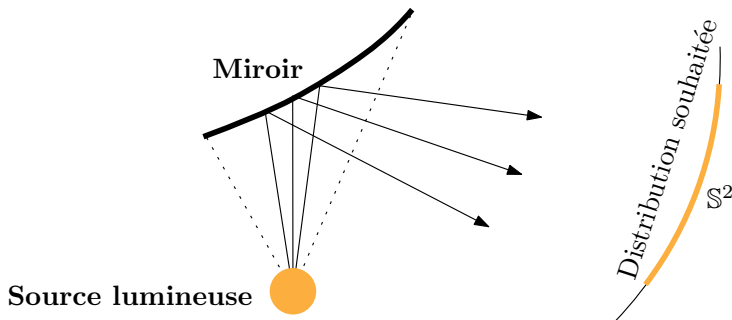
CEA



NEXTER System

# Quentin Mérigot

## Comment transporter optimalement la lumière ?



- ▷ Applications : phares, fours solaires, éclairage public, agriculture hydroponique, radiotélescopes... Résolution manuelle/paramétrique.
- ▷ Formulation mathématique : équation de type "Monge-Ampère",

$$g(\nabla\psi(x)) \det(D^2\psi(x)) = f(x)$$

## Échange mathématique/industrie

▷ Thèse Cifre avec Optis SA (2012–2015)  
Problème du réflecteur avec contraintes de fabrication ; première approche discrète.

▷ Thèse académique (2015–2018)  
Solvers efficaces et précis pour les éq. de Monge-Ampère apparaissant en optique anidolique.

**Premiers prototypes physiques !**

▷ Retour vers l'industrie ?

## Échange mathématique/industrie

▷ Thèse Cifre avec Optis SA (2012–2015)  
Problème du réflecteur avec contraintes de fabrication ; première approche discrète.

▷ Thèse académique (2015–2018)  
Solvers efficaces et précis pour les éq. de Monge-Ampère apparaissant en optique anidolique.

**Premiers prototypes physiques !**

▷ Retour vers l'industrie ?



# Elisabeth Gassiat





## Géolocalisation en intérieur

Objectif : cartographie en temps réel ; utiliser le réseau wifi existant

Méthode «rudimentaire» avec calibrage a priori par apprentissage ; faible précision ; pas d'adaptation aux changements d'environnement

Récepteurs wifi : triangulation? Signaux wifi fluctuants et de grande variabilité

→ Tenir compte de la structure du déplacement

### Modèle stochastique dynamique

Identifier une trajectoire cachée dans du bruit ; algorithmes en ligne

**Brevet déposé** : solution de géolocalisation intérieure  
précision de 2m ; autocalibration



## Générateur multivarié de variables météo

Température ; pluie ; vent ; rayonnement

Générateur individuel ad-hoc pour chaque variable

Multivarié : prendre en compte la dépendance des variables ?

Modélisation par chaîne de Markov cachée non paramétrique.

Saisonnalité ; introduction de tendances

Grande flexibilité ; calibration sur séries observées

Performance : **très bonne adéquation** aux caractéristiques attendues

Flux  
○○○

Fiabilité  
○○○

Transport opt.  
○○○

Var. cachées  
○○○

**Géodésique**  
●○○

Incertitudes  
○○○

Boltzmann  
○○○

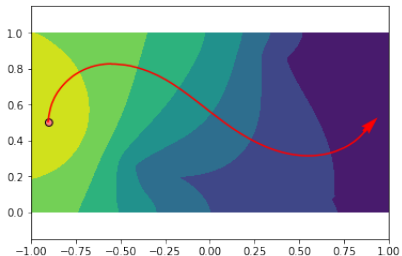
Agrégation  
○○○

François Desquilbet

## Calcul du plus court chemin

Algorithme HFM (Hamilton Fast Marching) : calcul du plus court chemin, pour une notion de distance qui peut dépendre de la position et de l'orientation du trajet.

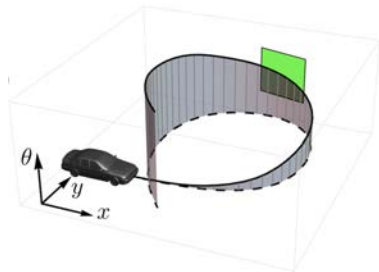
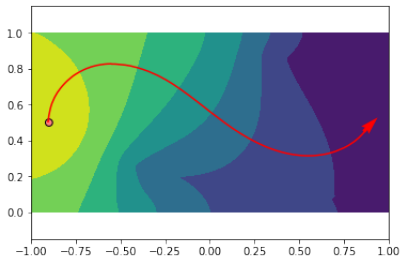
Il est aussi possible de prendre en compte une pénalisation de la courbure, en effectuant une propagation dans un espace 3D.



## Calcul du plus court chemin

Algorithme HFM (Hamilton Fast Marching) : calcul du plus court chemin, pour une notion de distance qui peut dépendre de la position et de l'orientation du trajet.

Il est aussi possible de prendre en compte une pénalisation de la courbure, en effectuant une propagation dans un espace 3D.

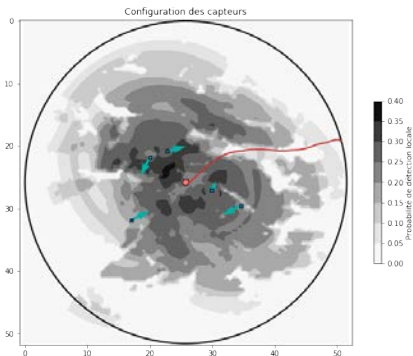


## Configurer un réseau de radars

THALES

On optimise la configuration d'un réseau de radars, à partir du calcul des trajectoires menaçantes.

On cherche la configuration qui maximise la probabilité de détection du chemin de coût minimal.



Flux  
○○○

Fiabilité  
○○○

Transport opt.  
○○○

Var. cachées  
○○○

Géodésique  
○○○

**Incertitudes**  
●○○

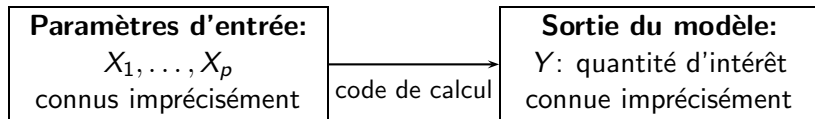
Boltzmann  
○○○

Agrégation  
○○○

Alexandre Janon

## Modèles à paramètres incertains

- **Modèle mathématique** : permet de simuler la réalité d'un système physique afin de mieux le comprendre, le concevoir et prévoir son comportement.
- Généralement, un modèle mathématique requiert la connaissance de **paramètres d'entrée** :
  - variables physiques (dimensions, température, géométrie, coefficients...)
  - variables économiques (prix, conjoncture...)
  - comportements humains (d'un client par exemple)généralement connus **imprécisément**.





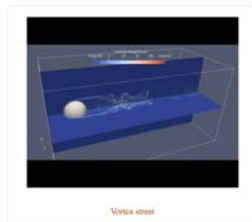
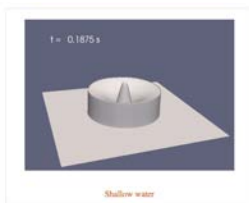
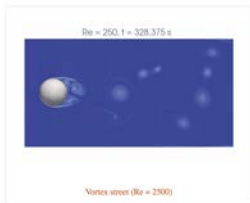
## Quantification d'incertitude

- Impact de l'incertitude attachée aux paramètres d'entrée sur la sortie du modèle ?
- **Classement** des paramètres d'entrée en fonction de l'importance de leur impact sur l'incertitude en sortie du modèle :
  - paramètres *peu influents* : peuvent être fixés (quasi) arbitrairement → **modèle plus simple**,
  - paramètres *très influents* : allouer du budget afin de les connaître plus précisément → **simulation plus fidèle**.
- Le bon fonctionnement du système est-il **robuste** aux incertitudes sur les paramètres en entrée ?
- **Challenges** :
  - **Modélisation de l'incertitude** en entrée
  - **Définition** d'indicateurs pertinents
  - **Calcul effectif** de ces indicateurs (coût de calcul)

# Benjamin Graille

## La méthode de Boltzmann sur réseau

- Simuler des équations aux dérivées partielles
  - systèmes conservatifs hyperboliques (Euler, Saint-Venant, MHD, ...)
  - systèmes elliptiques (Laplacien, non linéaires, ...)
  - systèmes de Navier-Stokes
  - couplage avec des termes sources (chimie, termes non conservatifs, ...)
- utilisation dans l'industrie pour la grande simplicité d'implémentation et sa bonne précision (Renault, Airbus, Total, ...)





- un module python opensource disponible sur github
  - ▶ <https://github.com/pylbm/pylbm>
- simulation numérique utilisant la méthode de Boltzmann sur réseau
- grande flexibilité :
  - simplicité pour définir le schéma, la géométrie
  - optimisé automatiquement (parallélisation via MPI, code généré automatiquement)
  - visualisation intégrée et/ou sortie hdf5

# Gilles Stoltz

## Comment profiter de l'embaras du choix ?

Plusieurs méthodes de prévisions

Méthode « maison » éprouvée, méthode d'un prestataire, celle d'un stagiaire, etc.

Pour un phénomène **quantitatif séquentiel**

Ex. déjà réalisés : pic d'ozone du lendemain, consommation électrique à 24h,  
taux de change du mois suivant, etc.

Agrégation possible de leurs prévisions

Garantie : prévoir presque aussi bien que la meilleure méthode individuelle

Moralité = produire des modèles divers

plutôt que vouloir construire un modèle parfait

→ Plus efficace et plus facile de construire plusieurs modèles moyens !



## Exemple de contrat

374 K-produits, organisés en hiérarchie

Prévoir volumes de ventes par semaine, 6 semaines à l'avance

Méthodes de lissage exponentiel, avec paramètre  $\alpha$

Au lieu de chercher à régler  $\alpha$

→ agrégation de prévisions issues de  $\alpha_1, \dots, \alpha_K$

Pour prévoir la hiérarchie mais pas les produits individuels

Méthode plus fine pour déduire la répartition en produits d'une sous-sous-famille

Performance : déjà **15% meilleure** qu'outil maison