

# Presentation

Youssef BERDAI  
(E-mail: joseph.berdai@gmail.com)

Université d'Aix-Marseille  
**Faculté des Sciences -Luminy**

English course

**09 Dec 2015**

# Youssef BERDAI

Né le 05 Mars 1985 à Casablanca/Morocco

**Master 2R 'Modélisation et Systèmes'. Université HASSAN II de Casablanca.**

mention Bien, 3ème de promotion à l'écrit

**Internship de fin d'études 'Modélisation et Simulation d'un Système Etalable par Automates Cellulaires : Application en Océanographie'. Laboratoire IMAGES, financement by System theory group.**

## Formation :

**2009/2010 : Master 1 Modélisation et Systèmes**, mention Bien, Université HASSAN II de Casablanca.

**2008/2009 : Licence Mathématique et informatique**, Université HASSAN II de Casablanca.

# Youssef Berdai

## Stages/Projets

- Juin 2009** : Projet de fin d'études de Licence. Etude de la théorie locale des surfaces 3D en géométrie différentielle.
- 2009-2010** : Stage de 2 mois en pédagogie mathématique à l'école primaire Jeanne d'Arc - Casablanca.
- 2010** : Participation à la rencontre internationale de modélisation et méthodes mathématiques au laboratoire M.A.C.S, Casablanca.

## Expériences professionnelles :

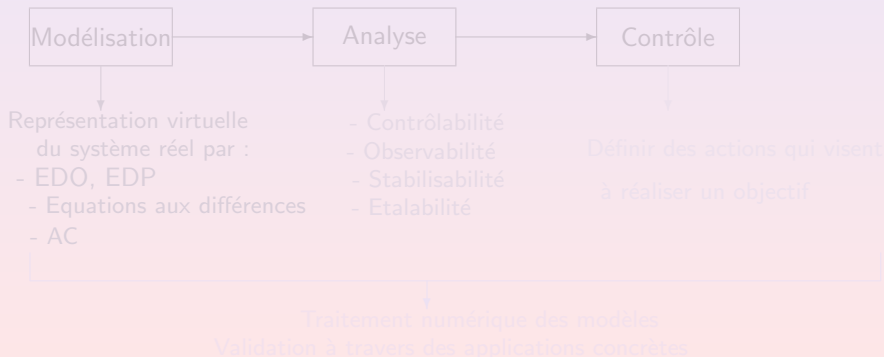
- 2007-2008** : Technicien à Hotline service technique pour Free F.A.I, 8 mois d'expériences en traitement des e-mails, Etude et suivi de câblage des lignes, Installation modem et Résolution des problèmes liés aux Réseaux et Architecture des DSLAM.

## Compétences en informatique

- Programmation C/C++, Java, Matlab v.2010 (Modélisation par éléments finis, EDP), Scilab (schémas numériques), Netbeans, Mathematica, SPSS, Maple, R.
- Systèmes Linux/Windows.
- Bureautique Latex, Microsoft Office.

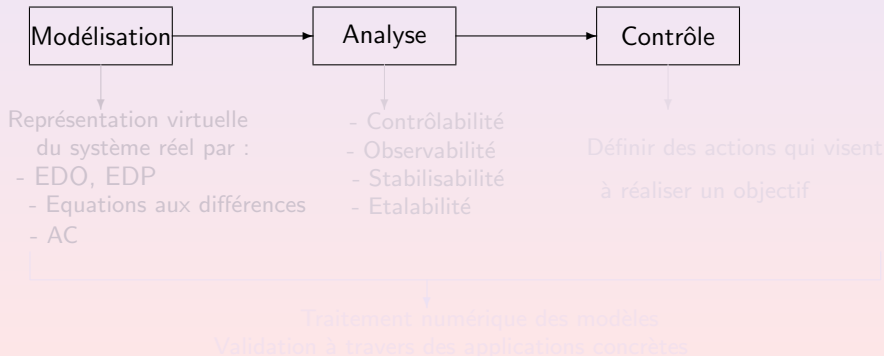
# Contexte général : Modélisation, Contrôle et Simulation numérique des systèmes complexes

La démarche s'inscrit dans le cadre de la théorie des systèmes



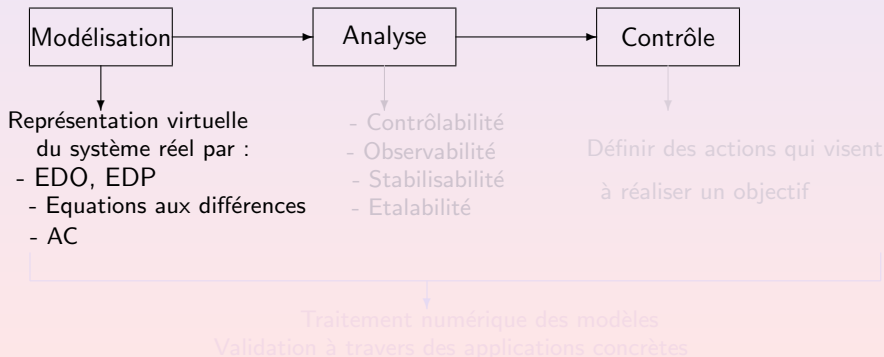
# Contexte général : Modélisation, Contrôle et Simulation numérique des systèmes complexes

La démarche s'inscrit dans le cadre de la théorie des systèmes



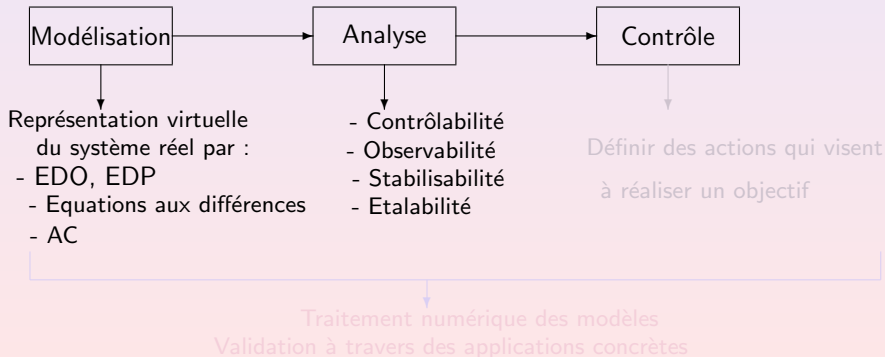
# Contexte général : Modélisation, Contrôle et Simulation numérique des systèmes complexes

La démarche s'inscrit dans le cadre de la théorie des systèmes



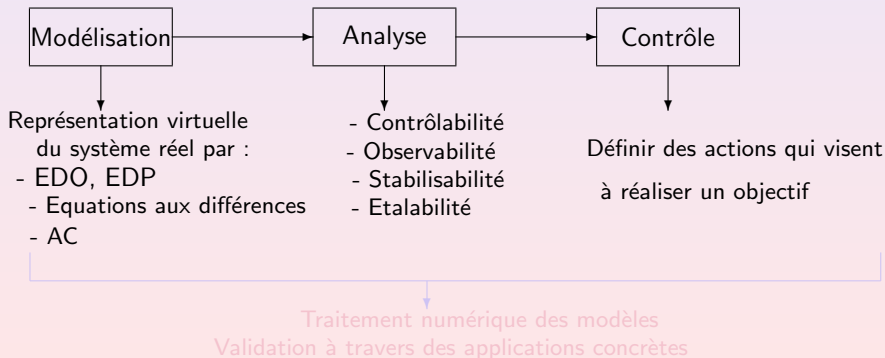
# Contexte général : Modélisation, Contrôle et Simulation numérique des systèmes complexes

La démarche s'inscrit dans le cadre de la théorie des systèmes



# Contexte général : Modélisation, Contrôle et Simulation numérique des systèmes complexes

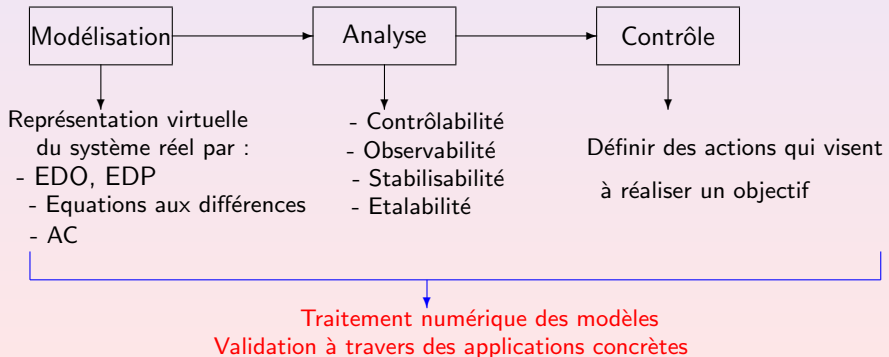
La démarche s'inscrit dans le cadre de la théorie des systèmes





# Contexte général : Modélisation, Contrôle et Simulation numérique des systèmes complexes

La démarche s'inscrit dans le cadre de la théorie des systèmes



# Contexte particulier : étude des processus épidémiologiques par automates cellulaires

Questions essentielles à considérer :

- 1 Pourquoi l'épidémiologie ?
- 2 Quel est l'intérêt de la modélisation en épidémiologie ?
- 3 Pourquoi les modèles d'automates cellulaires ?

# Contexte particulier : étude des processus épidémiologiques par automates cellulaires

## Pourquoi l'épidémiologie ?

- Le fléau des maladies émergentes surprend et inquiète les pouvoirs politiques. Les chiffres révélés par l'OMS sont alarmants.
- Les changements climatiques peuvent encore modifier profondément les équilibres microbiologiques existants.
- Un système d'aide à la décision est nécessaire et exige le développement d'un ensemble d'outils de gestion de l'information.

# Contexte particulier : étude des processus épidémiologiques par automates cellulaires

## Quel est l'intérêt de la modélisation en épidémiologie ?

- L'analyse des données acquises ne peut pas se faire entièrement à partir de techniques statistiques. Une conceptualisation des processus dynamiques en jeu est nécessaire.
- La démonstration de lois générales, expliquant la diffusion des épidémies.
- L'estimation des paramètres qui ne peuvent être directement mesurés dans une observation ou une expérience.
- La prévision des cas futurs et l'optimisation de plans expérimentaux.

# Contexte particulier : étude des processus épidémiologiques par automates cellulaires

## Pourquoi les modèles d'automates cellulaires ?

- Les limites des modèles classiques de type EDO ou EDP
- L'étude des phénomènes épidémiologiques dans leur contexte spatio-temporel et les possibilités offertes au niveau de la prise en compte des facteurs géographiques environnants.
- La possibilité de faire émerger une phénoménale complexité à partir de règles d'évolution extrêmement simples.
- La prise en compte des facteurs *hétérogénéité et variété d'échelle spatiale et temporelles*.
- La facilité de mise en oeuvre numérique et des possibilités d'implémentation surtout après l'avènement de la plate-forme parallèle.

# Objectifs de la thèse

- Comprendre et décrire l'évolution spatio-temporelle des épidémies dans le but de prédire leur émergence et d'en réduire les risques.
- S'appuyer sur la démarche "Systèmes" pour laquelle la modélisation joue un rôle majeur.
- Développer un modèle de calcul puissant qui permet de simuler le phénomène.

# Objectifs de la thèse

- Comprendre et décrire l'évolution spatio-temporelle des épidémies dans le but de prédire leur émergence et d'en réduire les risques.
- S'appuyer sur la démarche "Systèmes" pour laquelle la modélisation joue un rôle majeur.
- Développer un modèle de calcul puissant qui permet de simuler le phénomène.

# Objectifs de la thèse

- Comprendre et décrire l'évolution spatio-temporelle des épidémies dans le but de prédire leur émergence et d'en réduire les risques.
- S'appuyer sur la démarche "Systèmes" pour laquelle la modélisation joue un rôle majeur.
- Développer un modèle de calcul puissant qui permet de simuler le phénomène.



# Automates cellulaires

## ● Généralités :

- Approche basée sur les notions de : uniformité, localité, espace/temps/état discrets,
- Ensemble d'automates organisés en réseau,
- Les entrées de chaque automate sont composées des états antérieurs de ses proches voisins,
- Des propriétés émergentes découlent des interactions entre entités, soumises à des dynamiques microscopiques simples.

## ● Historique :

- J. von. Neumann et S. Ulam 1950 : Modélisation de la nature auto-reproductive dans les systèmes biologiques
- J. H. Conway 1970 : Jeu de la Vie
- S. Wolfram 1980 : Étude de la complexité par AC
- B. Chopard, T. Toffoli 1990 : Modélisation et simulation des systèmes physiques par AC

# Automates cellulaires

## ● Généralités :

- Approche basée sur les notions de : uniformité, localité, espace/temps/état discrets,
- Ensemble d'automates organisés en réseau,
- Les entrées de chaque automate sont composées des états antérieurs de ses proches voisins,
- Des propriétés émergentes découlent des interactions entre entités, soumises à des dynamiques microscopiques simples.

## ● Historique :

- J. von. Neumann et S. Ulam 1950 : Modélisation de la nature auto-reproductive dans les systèmes biologiques
- J. H. Conway 1970 : Jeu de la Vie
- S. Wolfram 1980 : Étude de la complexité par AC
- B. Chopard, T. Toffoli 1990 : Modélisation et simulation des systèmes physiques par AC

## Définition

- Un AC est défini par la donnée  $\mathcal{A} = (\mathcal{L}, \mathcal{S}, N, f)$

- L'AC évolue par itération de sa règle globale  $F : \begin{array}{ccc} \mathcal{S}^{\mathcal{L}} & \rightarrow & \mathcal{S}^{\mathcal{L}} \\ s & \rightarrow & F(s) \end{array}$   
à partir d'une configuration initiale  $s_0$  :

AC.jpg

## Définition

- Un AC est défini par la donnée  $\mathcal{A} = (\mathcal{L}, \mathcal{S}, N, f)$

- L'AC évolue par itération de sa règle globale  $F : \begin{array}{ccc} \mathcal{S}^{\mathcal{L}} & \rightarrow & \mathcal{S}^{\mathcal{L}} \\ s & \rightarrow & F(s) \end{array}$   
à partir d'une configuration initiale  $s_0$  :

AC.jpg

# Tâches à réaliser

- Construire des modèles généraux pour décrire l'évolution spatio-temporelle d'épidémie en identifiant les processus biologiques pour en extraire des dynamiques microscopiques.

Les premiers modèles mathématiques en épidémiologie basés sur des équations différentielles reposent sur le principe de l'analyse compartimentale qui est une technique très utilisée en biologie et dont l'élément de base est le compartiment.

modele1.jpg

Ce qui permet d'écrire un système de  $n$  EDO traduisant le bilan instantané de matière où  $q_i$  désigne la quantité de matière :

$$\dot{q}_i = I_i - F_{oi} + \sum_j (F_{ij} - F_{ji})$$

## Exemple introductif

Nous utiliserons le même principe pour construire un AC probabiliste défini sur un réseau carré où chaque cellule peut être dans l'un des 3 états : **S** - **Susceptible**, **I** - **infecté** ou **R** - **Recouvert** et interagit avec ses 4 voisins : E/O/N/S selon la règle de transition :

$$\text{S} \xrightarrow{p_s} \text{I} \text{ si } x \geq \theta$$

$$\text{I} \xrightarrow{1-p_i} \text{R} \text{ si } x < \theta_1$$

$$\text{R} \xrightarrow{p_r} \text{S}$$

Nbre\_sirs.pdf

# Tâches à réaliser

- Utiliser des données réelles fournies par le biais d'une collaboration avec le Mexique pour valider le modèle et estimer ses paramètres.
  - Les données concernent la maladie de Chagas dans la péninsule du Yucatan au Mexique. La collecte concerne 4 villages, tous les 15 jours pendant 2-3 ans.
  - Les paramètres à estimer sont des probabilités puisqu'il s'agit de modèles stochastiques et la méthode d'estimation utilisée est basée sur l'approche bayésienne.



# Tâches à réaliser

- Utiliser des données réelles fournies par le biais d'une collaboration avec le Mexique pour valider le modèle et estimer ses paramètres.
  - Les données concernent la maladie de Chagas dans la péninsule du Yucatan au Mexique. La collecte concerne 4 villages, tous les 15 jours pendant 2-3 ans.
  - Les paramètres à estimer sont des probabilités puisqu'il s'agit de modèles stochastiques et la méthode d'estimation utilisée est basée sur l'approche bayésienne.

# Tâches à réaliser

- Utiliser des données réelles fournies par le biais d'une collaboration avec le Mexique pour valider le modèle et estimer ses paramètres.
  - Les données concernent la maladie de Chagas dans la péninsule du Yucatan au Mexique. La collecte concerne 4 villages, tous les 15 jours pendant 2-3 ans.
  - Les paramètres à estimer sont des probabilités puisqu'il s'agit de modèles stochastiques et la méthode d'estimation utilisée est basée sur l'approche bayésienne.

# Tâches à réaliser

- Faire une comparaison avec les modèles macroscopiques EDP ou EDO existant non seulement d'un point de vue numérique (qualitatif) mais aussi en démontrant mathématiquement qu'à partir de ces règles microscopiques, on peut obtenir des équations macroscopiques comme c'est le cas pour l'équation de diffusion ou de Navier-Stokes.

- La notion de contrôle en épidémiologie sera définie en utilisant le formalisme "théorie des systèmes" qui consiste à déterminer des actions visant à atteindre un objectif à moindre coût.

- Certains concepts d'analyse régionale, étalabilité, contrôlabilité ou stabilité seront étudiés et appliqués au domaine de l'épidémiologie.

- La notion de contrôle en épidémiologie sera définie en utilisant le formalisme "théorie des systèmes" qui consiste à déterminer des actions visant à atteindre un objectif à moindre coût.
- Certains concepts d'analyse régionale, étalabilité, contrôlabilité ou stabilité seront étudiés et appliqués au domaine de l'épidémiologie.

## Poursuite du travail

- Développer un simulateur d'AC pour l'épidémiologie. Le but étant d'offrir à un utilisateur non professionnel, un outil efficace pour simuler l'évolution spatiale d'une épidémie. Il permettra de décrire à la fois le phénomène de dispersion ainsi que la croissance démographique locale.
- Voir les processus épidémiologiques comme un phénomène de percolation avec un seuil de risque au dessous duquel l'épidémie reste confinée et ne pourra pas se propager. Cela afin d'augmenter les moyens de prévention.

## Poursuite du travail

- Développer un simulateur d'AC pour l'épidémiologie. Le but étant d'offrir à un utilisateur non professionnel, un outil efficace pour simuler l'évolution spatiale d'une épidémie. Il permettra de décrire à la fois le phénomène de dispersion ainsi que la croissance démographique locale.
- Voir les processus épidémiologiques comme un phénomène de percolation avec un seuil de risque au dessous duquel l'épidémie reste confinée et ne pourra pas se propager. Cela afin d'augmenter les moyens de prévention.

Planning.pdf



# Faisabilité et adéquation du sujet

## Le sujet de cette thèse

- concerne essentiellement la modélisation qui fait partie des axes prioritaires du laboratoire IMAGES (EA 4218), classé A par les experts de l'AERES.
- repose sur des compétences locales et constitue une suite logique de travaux déjà réalisés.
- est parfaitement adapté à mon profil.

# Faisabilité et adéquation du sujet

Le sujet de cette thèse

- concerne essentiellement la modélisation qui fait partie des axes prioritaires du laboratoire IMAGES (EA 4218), classé A par les experts de l'AERES.
- repose sur des compétences locales et constitue une suite logique de travaux déjà réalisés.
- est parfaitement adapté à mon profil.

# Faisabilité et adéquation du sujet

Le sujet de cette thèse

- concerne essentiellement la modélisation qui fait partie des axes prioritaires du laboratoire IMAGES (EA 4218), classé A par les experts de l'AERES.
- repose sur des compétences locales et constitue une suite logique de travaux déjà réalisés.
- est parfaitement adapté à mon profil.