

Animation scientifique Green
Sujet de thèse - Bruno Bonté – 16 Janvier 2009

Modélisation et simulation du contrôle d'un système dynamique multi-échelles

Application à l'épidémiosurveillance

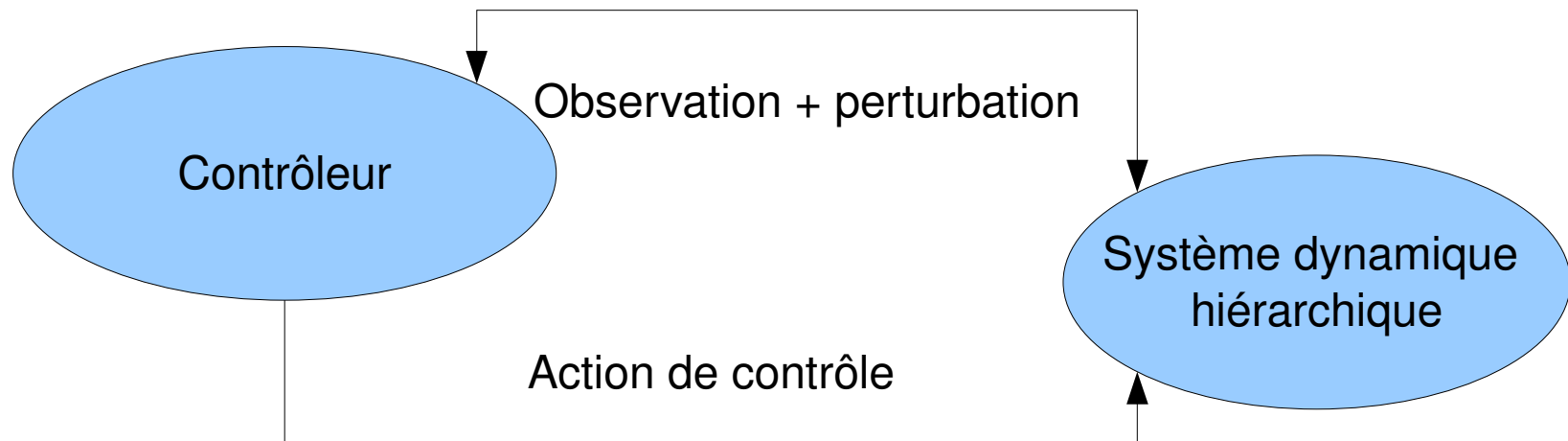
Thèse CIRAD

Directeur de thèse: Jean-Pierre Müller

Encadrant: Raphaël Duboz

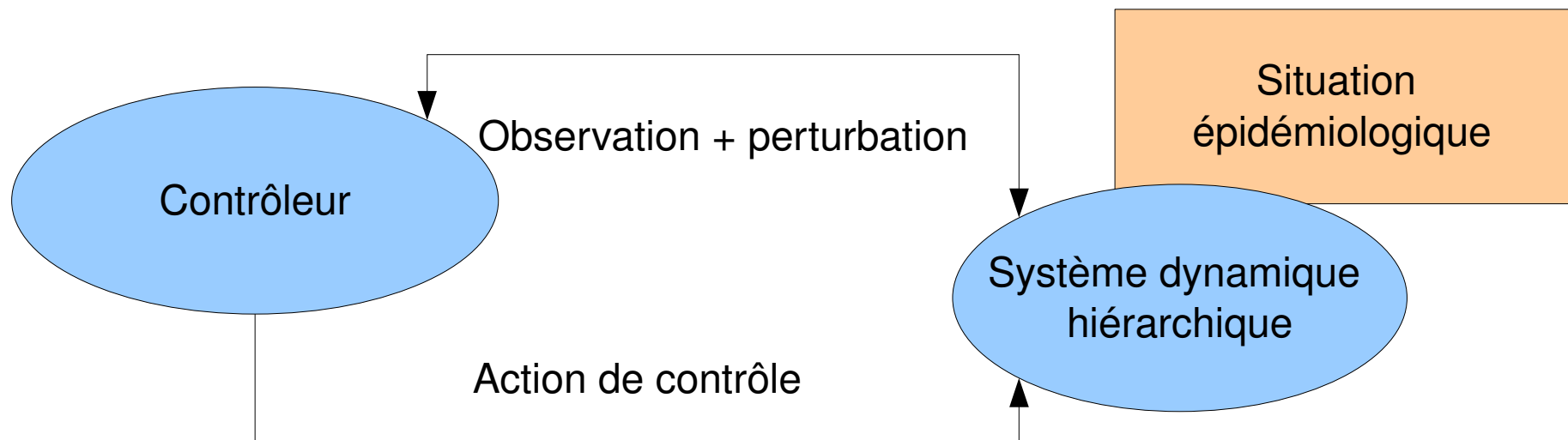
Modélisation et simulation du contrôle d'un système dynamique multi-échelles

Application à l'épidémiosurveillance



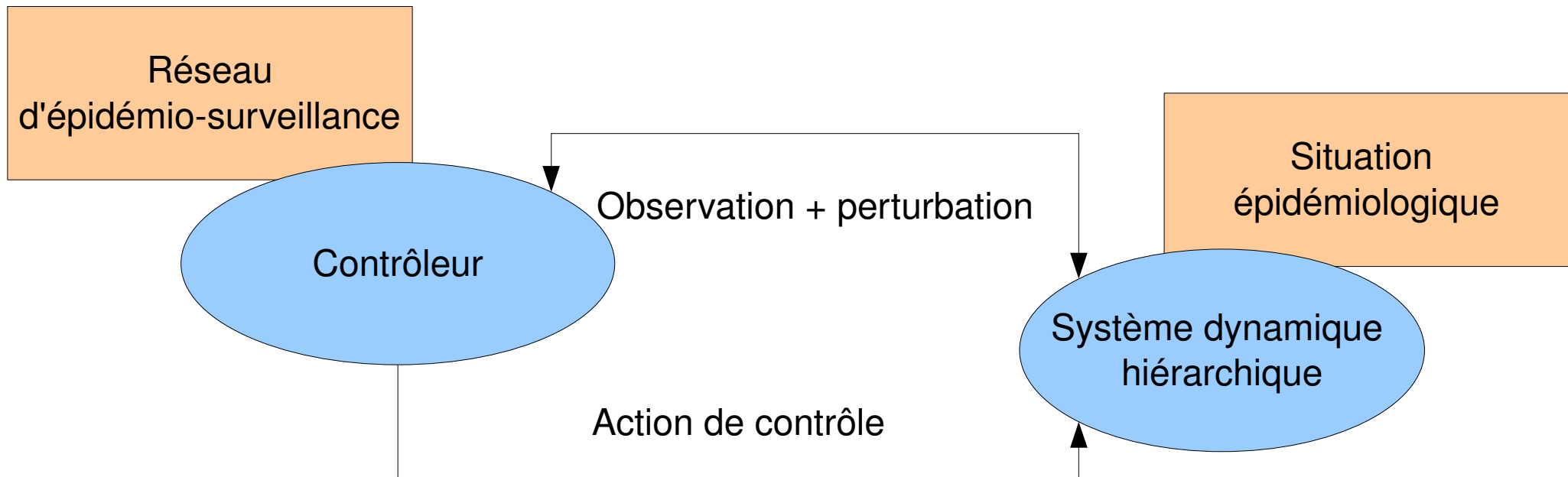
Modélisation et simulation du contrôle d'un système dynamique multi-échelles

Application à l'épidémiosurveillance



Modélisation et simulation du contrôle d'un système dynamique multi-échelles

Application à l'épidémiosurveillance



Plan de la présentation

I. Contexte

II. Problématique

- Théorie

- Application

III. Moyens, supports et collaborations

IV. État d'avancement et chemin à suivre

I. Contexte

UR 22 - Animal et Gestion Intégrée des Risques

- Objectif pour l'UR:

« Modéliser un réseau de surveillance pour pouvoir automatiser l'évaluation d'un très grand nombre de scénarii et de calculer le réseau de surveillance optimal sous certaines contraintes (notamment économiques). »

Méthodes: méthode empiriques ou optimisation par simulation

Nécessite: Un modèle du réseau d'épidémio-surveillance en interaction avec un modèle d'évolution de la situation épidémiologique

I. Contexte

Enjeux pour l'informatique, la Modélisation et la Simulation

- Système dynamique à contrôler de très grande taille
- Stratégies de contrôle à définir jusqu'à des échelles spatio-temporelles très fines
 - Stratégie de contrôle au niveau régional ou national mais différents scénarios envisageables sur des processus à l'échelle de l'animal
 - => Représentation et simulation des processus du système dynamique et de son contrôle à toutes ces échelles

II. Problématique

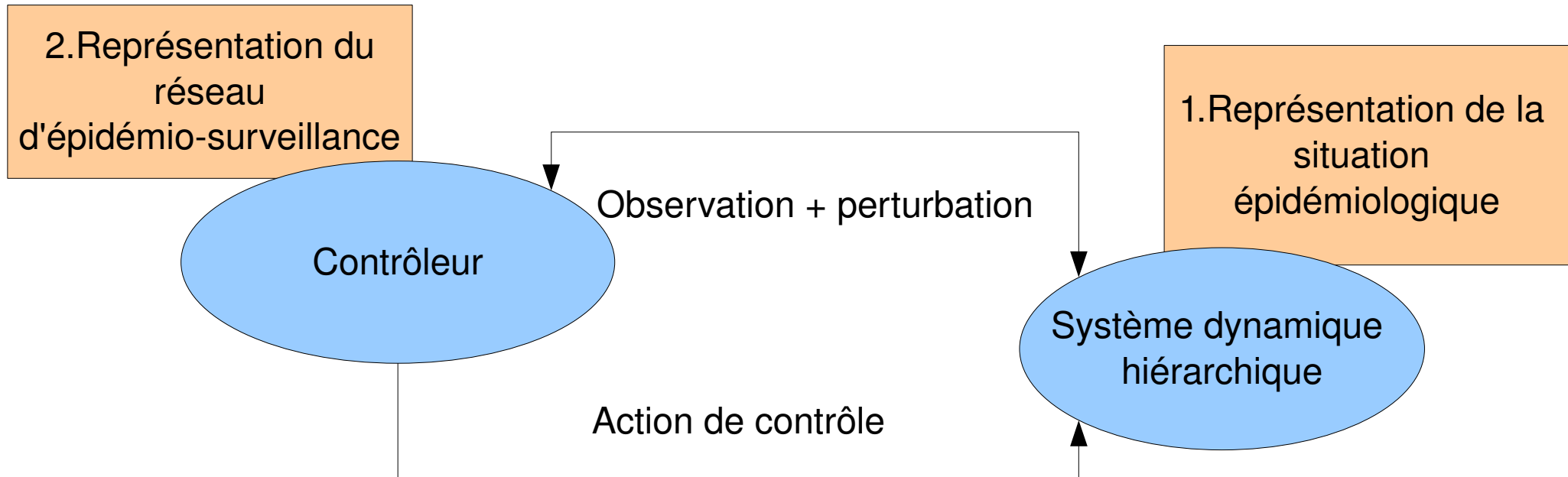
Questions théoriques

- Problème 1: simulation d'un système de grande taille en laissant une possibilité d'observation et d'action à un niveau fin.
 - Solutions abordées: Simulation multi-échelles, agrégation et désagrégation de variables, simulation récursive, multi-formalisme.

- Problème 2 : Contrôle d'un système hiérarchique
 - Solution abordée : modélisation et simulation du système de contrôle, exploration des scénarii & optimisation par simulation.

II. Problématique

Application: Epidémiologie surveillance de grippe aviaire - Vietnam



Réseau d'épidémiologie-surveillance
(d'après C. Trevenec)

Laboratoire de
référence, experts
nationaux, ministère

Services vétérinaires
départementaux,
provinciaux

Vétérinaire,
technicien
d'élevage...

Elevages, marchés,
abattoirs,
observatoires...

Flux d'informations

Flux de donn

és

Réseau d'épidémiologie-surveillance
(d'après C. Trevennec)

Situation épidémiologique

Flux d'informations

Flux de donn

ÉCHELLES

Laboratoire de référence, experts nationaux, ministère

Services vétérinaires départementaux, provinciaux

Vétérinaire, technicien d'élevage...

Elevages, marchés, abattoirs, observatoires...

Région, département

Fermes, villages, marchés, abattoirs

Individus en interaction

Agr & Dégation
sagr gation

Réseau d'épidémiologie-surveillance
(d'après C. Trevennec)

Situation épidémiologique

Flux d'informations

Flux de donn

Laboratoire de référence, experts nationaux, ministère

Services vétérinaires départementaux, provinciaux

Vétérinaire, technicien d'élevage...

Elevages, marchés, abattoirs, observatoires...

ÉCHELLES

Région, département

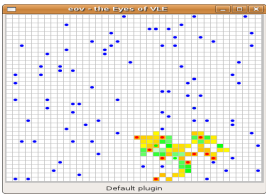
Fermes, villages, marchés, abattoirs

Individus en interaction

MODÈLES DISPONIBLES

Agrégation & Disaggrégation

IBM



Réseau d'épidémiologie-surveillance (d'après C. Trevennec)

Situation épidémiologique

Flux d'informations

Flux de donn

Laboratoire de référence, experts nationaux, ministère

Services vétérinaires départementaux, provinciaux

Vétérinaire, technicien d'élevage...

Elevages, marchés, abattoirs, observatoires...

ÉCHELLES

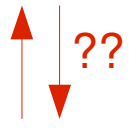
Région, département

Fermes, villages, marchés, abattoirs

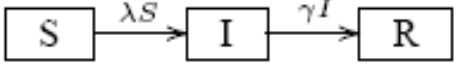
Individus en interaction

MODÈLES DISPONIBLES

Processus de contact dans un graphe



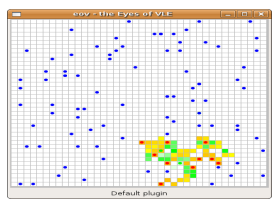
Modèles à compartiments



Agrégation & désagrégation



IBM



II. Problématique

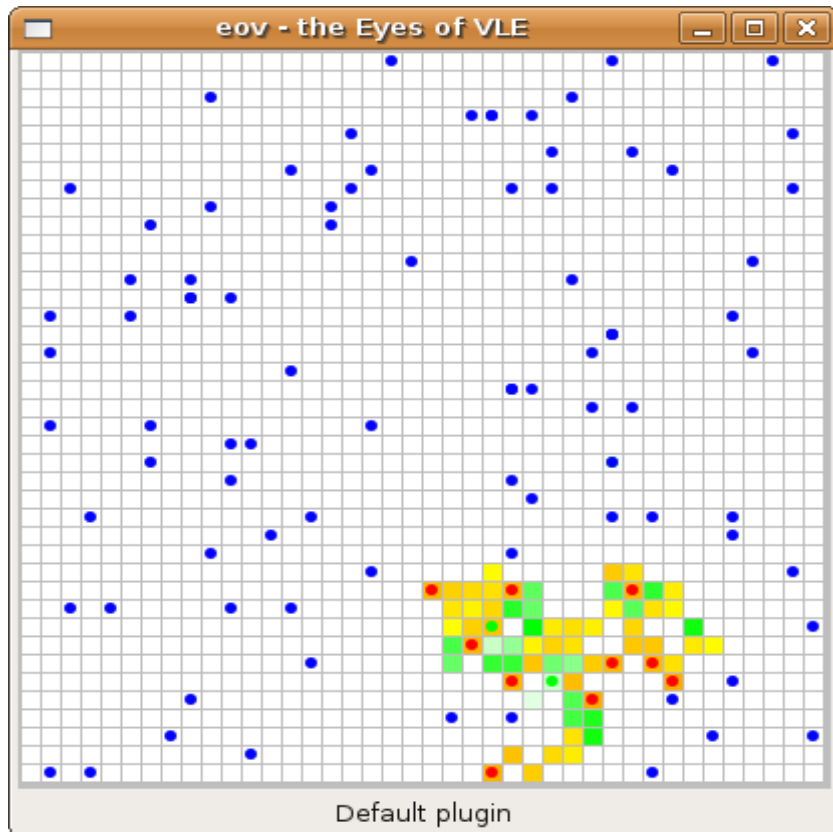
Illustration: Représentation de la situation épidémiologique

- A. Les classes de modèles considérées et leur utilisation
 - 1. Individus centrés
 - 2. Modèles à compartiments
 - 3. Processus de contact dans un graphe
- B. Réunion des différents modèles pour une représentation de l'intégralité de la situation épidémique

II. Problématique

Illustration: Représentation de la situation épidémiologique

A. Les modèles: individus centrés



Échelle spatiale: la ferme, le village, ...

Échelle temporelle: courte (journée)

processus décrits: réaction de l'animal au virus (infection, sérologies, symptômes, excrétion), interactions

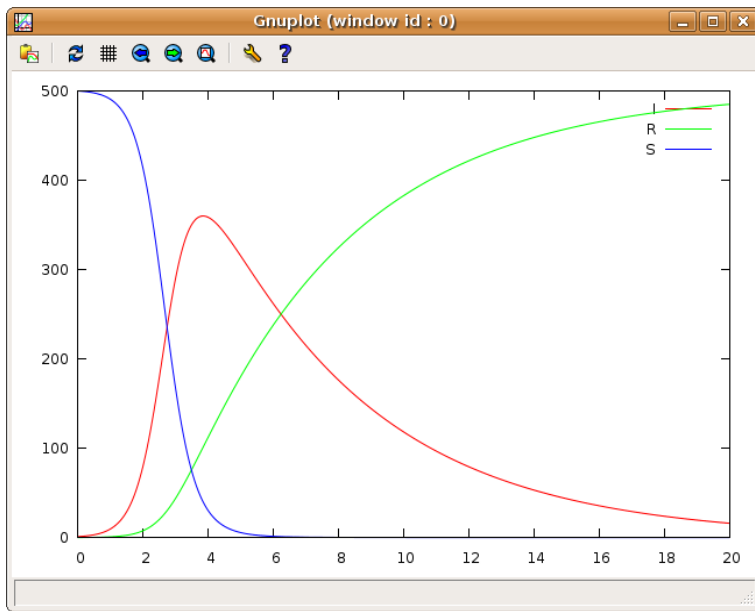
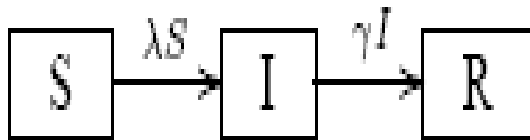
Résolution spatiale : petit (doit permettre de représenter les déplacements, la proximité, le rôle de l'environnement..)

Résolution temporelle: de préférence inexistante

II. Problématique

Illustration: Représentation de la situation épidémiologique

A. Les modèles: A compartiments



Échelle spatiale: la ferme, le village, ..

Échelle temporelle: moyenne (la semaine, le mois)

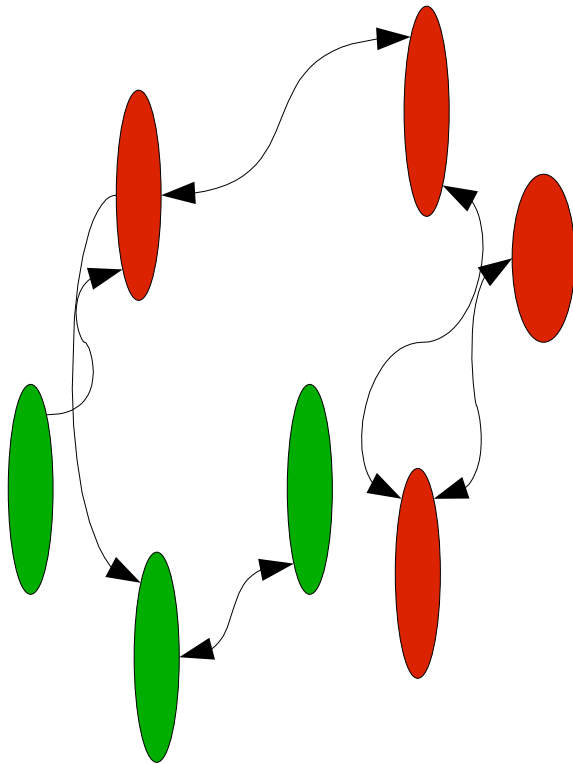
processus décrits: Proportion des différents états dans la population

Grain spatial et temporels: pas de représentation de l'espace. Temps continu

II. Problématique

Illustration: Représentation de la situation épidémiologique

A. Les modèles: processus de contact dans un graphe



Échelle spatiale : la région

Échelle temporelle : le mois voire l'année

Processus décrits : échanges d'animaux
entre les centres d'élevage

Grain spatial : Pas d'espace, une topologie

Grain temporel : idéalement pas de grain

II. Problématique

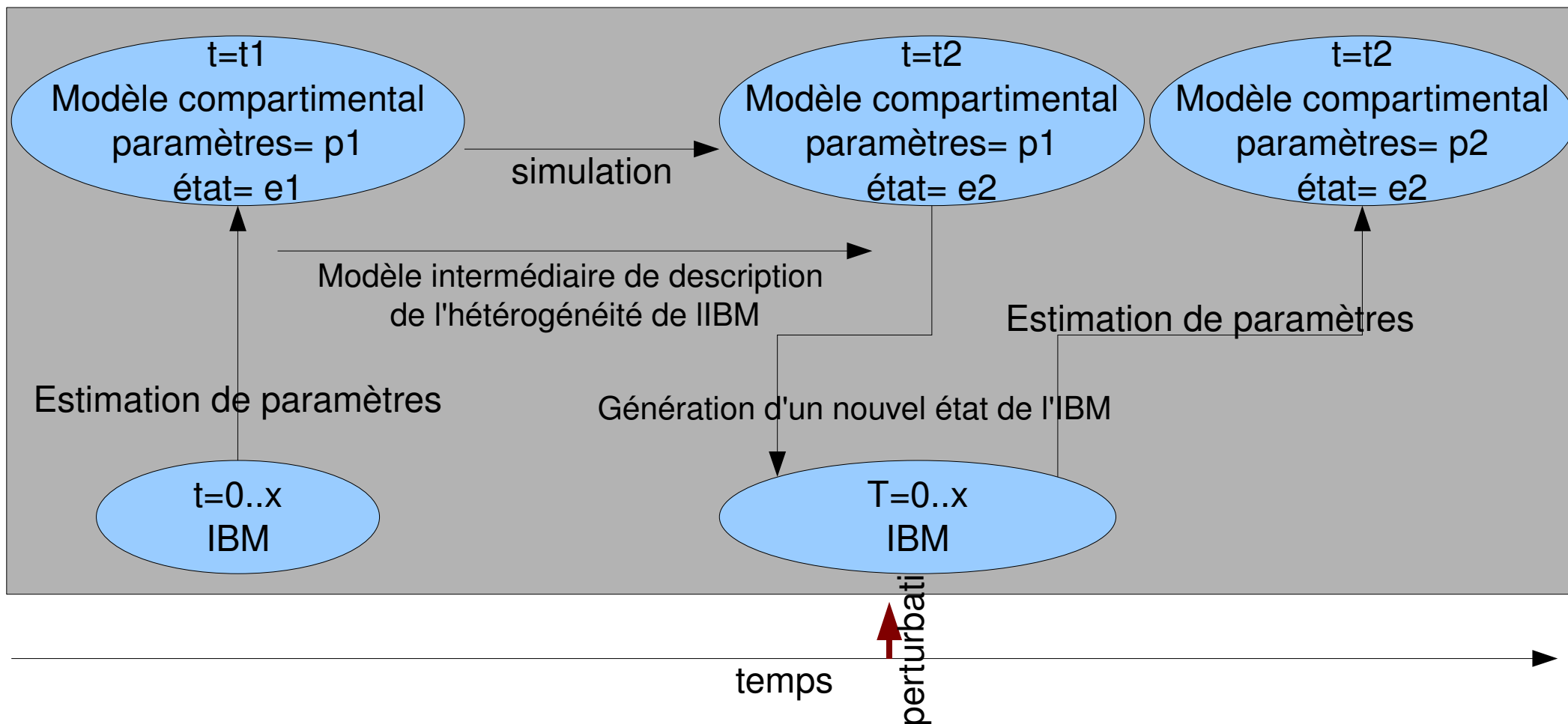
Illustration: Représentation de la situation épidémiologique

- A. Les classes de modèles considérées et leur utilisation
- B. Réunion des différents modèles pour une représentation de l'intégralité de la situation épidémique
 - Échelles de temps différentes: simulation récursive
 - Échelles d'espaces différentes: couplage de modèles

II. Problématique

Illustration: Représentation de la situation épidémiologique

- Idée: calibrer un modèle plus grossier mais « facile » à simuler (métapopulations) à l'aide d'un modèle plus fin mais plus lourd à simuler (individu-centré).



II. Problématique

schéma récapitulatif

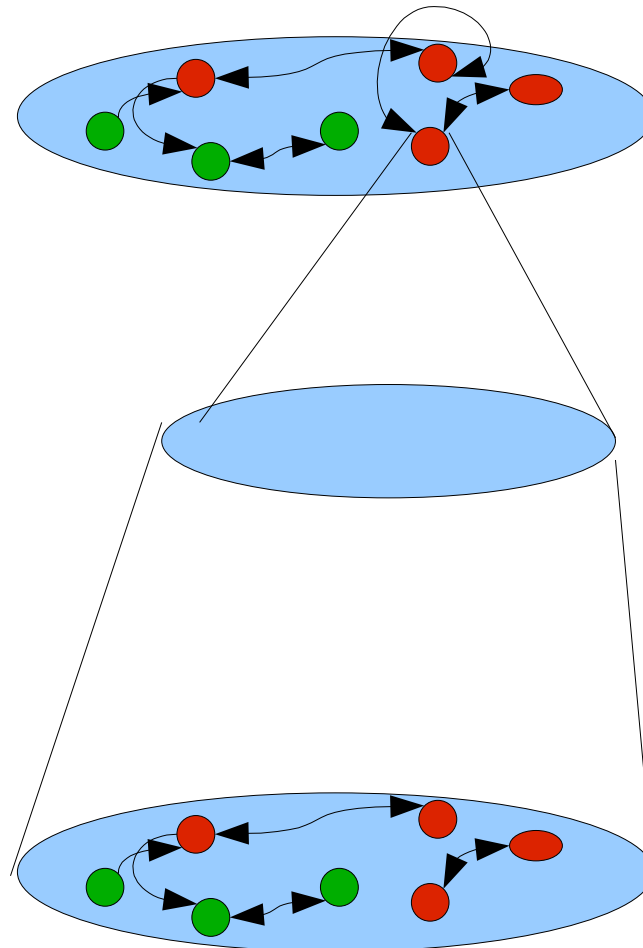
Système de contrôle

Échantillonnage &
action de contrôle

Observation et action
de contrôle

Échantillonnage &
Action de contrôle

Système dynamique



Métaphore de niveaux d'observation

Niveau
macroscopique:
observation
d'interactions entre
individus

Niveau individuel:
Connaissance de
schémas
comportementaux

Niveau
microscopique:
Connaissance des
processus en
oeuvre à ce niveau

II. Problématique

Objectifs d'applications pratiques

- Outil de construction de modèles simulables de situations épidémiologiques (au moins didactiques)
- Outil de mise en place d'un réseau d'épidémiologie virtuelle de ce modèle
- Évaluation de l'efficacité du réseau

III. Moyens, supports, collaborations

Supports théoriques et techniques:

- Simulation récursive, exploration de modèles:
 - Plateforme Vle et projet Mexico
- Outil de représentation multi-formalismes
 - Plateforme Mimosa et projet ANR SimoDEVS

III. Moyens, supports, collaborations

Collaborations sur la thématique

- Données du projet GRIPAVI recueillies notamment par Stephanie Desvaux:
 - Typologie d'éleveurs
 - Graphe des transferts d'animaux entre les fermes, les marchés et les intermédiaires (Aproche SNA)
 - Données de prévalences dans la biblio.

- Collaborations initiées avec:
 - Guillaume Fournié qui modélise et simule les dynamiques épidémiologiques des marchés
 - Dominique Bicou qui modélise et simule les transferts d'animaux intra-filières

III. Moyens, supports, collaborations

Collaborations sur la thématique

- Collaborations envisagées avec:
 - Édouard Amouroux: thésard au Vietnam sur la modélisation individu centré de la propagation de la grippe aviaire à l'échelle du village
 - Vladimir Grosbois: biostatisticien de AGIRs pour l'évaluation statistique des stratégies d'échantillonnage

IV. État d'avancement et chemin à parcourir

1. Introduction de Modèles à une échelle donnée

- a. Modèles simples
 - Modèle de graph
 - Modèle IBM
 - Modèle métapop
- b. Introductions de nouveaux modèles ou enrichissement
- c. Mise à disposition d'une bibliothèque de modèles et de méthodes d'initialisations, d'observation, etc.

2. Réunion de plusieurs modèles à différentes échelles

- a. Réunion IBM- Métapop
 - Simulation récursive
 - Agrégation de variables
 - Restitution de l'hétérogénéité
- b. Réunion métapop-graph
 - Couplage de modèles
- c. Exploration, analyse du modèle globale
- d. Identification des limites, proposition d'un protocole de construction

IV. État d'avancement et chemin à parcourir

3. Construciton du modèle de contrôle

- a. Modèle conceptuel du réseau d'épidémio surveillance
- b. Modèle de simulation du réseau
 - Comportement des individus
 - Interactions avec le modèle épidémiologique
- c. Mesures d'évaluation du réseau
- d. Procédure de construction d'un réseau de surveillance virtuel

4. Etude sur le contrôle des systèmes hiérarchiques

- a. Optimisation par simulation
- b. hypothèses de contrôlabilités

IV. État d'avancement et chemin à parcourir

	09-1	09-2	09-3	10-1	10-2	10-3	11-1	11-2	11-3	
Modèles simples	X									
Enrichissement						X				
Bibli modèles							X	X		
Réunion 1	X	X								
Réunion 2			X	X						
Protocole réunion				X	X	X	X	X		
Réseau conceptuel		X	X							
Réseau simulation				X	X	X	X	X		
Réseau évaluation				X	X	X	X			
Protocole réseaux						X				
Contrôle syst_dyn							X	X	X	