

Phénomènes de diffusion dans les réseaux

Clémence Magnien
magnien@shs.polytechnique.fr

Laboratoire J.-V. Poncelet - CNRS - HMY
CREA - CNRS - École Polytechnique

Outline

- 1 Contexte
- 2 Influence de la structure du réseau
- 3 Analyse des diffusions
- 4 Mesure

Outline

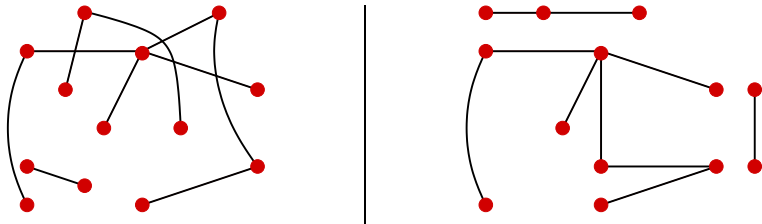
- 1 Contexte
- 2 Influence de la structure du réseau
- 3 Analyse des diffusions
- 4 Mesure

Phénomènes de diffusion

Phénomènes se propageant **de proche en proche** dans un **réseau**

- Maladie (contacts physiques)
- Rumeur (connaissance)
- Virus informatique (e-mail)
- Activation neuronale (cerveau)

Réseau



Ensemble de **nœuds** reliés par des **liens**.

On s'intéresse uniquement à la **structure** du réseau.

- **Réseau** (Network) $\longleftrightarrow$ Graphe (Graph)
- **Nœuds** (Nodes) $\longleftrightarrow$ Sommets (Vertices)
- **Liens** (Links) $\longleftrightarrow$ Arêtes (Edges)

Modélisation de phénomènes

Règles **simples**

Exemple : le modèle **SIS**

[Diekmann et Heesterbeek, 2000]

Deux états pour les nœuds :

- Sains (**S**usceptible)
- Contaminés (**I**nfected)

Règles :

- $S \longrightarrow I$ avec probabilité ρ (par voisin contaminé)
- $I \longrightarrow S$ avec probabilité δ

Modélisation de phénomènes

Règles **simples**

Deux raisons :

- Permet de dégager des tendances générales
- Permet de faire des analyses formelles

Modélisation de phénomènes

Règles **simples**

Deux raisons :

- Permet de dégager des tendances générales
- Permet de faire des analyses formelles

Pas d'attributs sur les nœuds et les liens du réseau.

Outline

- 1 Contexte
- 2 Influence de la structure du réseau**
- 3 Analyse des diffusions
- 4 Mesure

Réseaux aléatoires

Modéliser les réseaux

↪ Réseaux aléatoires ?

Liens placés entre des paires de nœuds **choisies au hasard**

Les nœuds ont approximativement tous le **même degré**

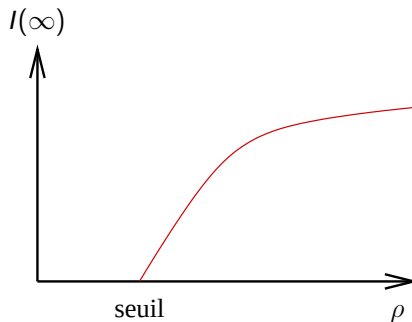
Résultat théorique

Réseau aléatoire :

Phénomène de seuil

[DH00]

État stationnaire : fraction de sommets contaminés constante.



Représentativité des réseaux aléatoires ?

distance moyenne

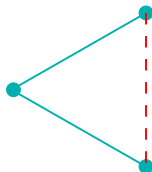
Moyenne sur toutes les paires de nœuds de leur distance (longueur d'un plus court chemin).

Représentativité des réseaux aléatoires ?

distance moyenne

clustering

Probabilité que deux voisins d'un même nœud soient liés.



Représentativité des réseaux aléatoires ?

distance moyenne

clustering

disribution des degrés

Pour tout k , P_k : nombre de nœuds de degré k

- Loi de Poisson : P_k décroît exponentiellement en fonction de k .
- Hétérogène: P_k décroît beaucoup plus lentement.

Représentativité des réseaux aléatoires ?

	en pratique	aléatoire
distance moyenne	courte	$\sim \log(n)$
clustering	large	$\sim \frac{1}{n}$
disribution des degrés	hétérogène	Poisson

↪ **Réseaux réels $\neq$ réseaux aléatoires.**

[Watts et Strogatz, 1998]

Modèle SIS, réseaux avec degrés hétérogènes

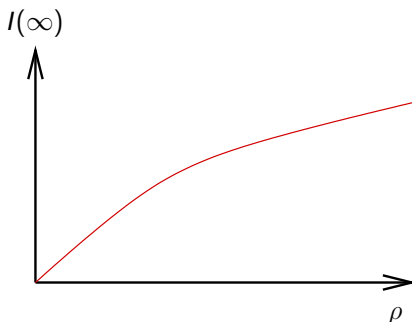
Degré moyen non **représentatif**

↪ Raisonnements précédents pas valides

Le seuil disparaît

[Pastor-Satorras et Vespignani, 2001]

Quel que soit la force de propagation, on a une épidémie.



Problématique

Comprendre l'interaction entre :

- Une règle **locale**
- Un **réseau**

Par exemple, prise en compte du **clustering**

Problématique

Comprendre l'interaction entre :

- Une règle **locale**
- Un **réseau**

Par exemple, prise en compte du **clustering**

Dépendant de l'étude de la structure des réseaux.

Outline

- 1 Contexte
- 2 Influence de la structure du réseau
- 3 Analyse des diffusions**
- 4 Mesure

Analyse

Dans ce qu'on a vu :

Caractérisation d'une diffusion $\iff$ Nombre de nœuds touchés

Besoin de statistiques plus fine pour décrire une diffusion.

Vitesse de propagation d'une épidémie

[Barthélémy et al, 2005]

Taux de **propagation** $\gg$ taux de **guérison**
étude de la **première vague** de l'épidémie.

Résultat théorique :

Propagation **plus rapide** sur des réseaux avec **degrés hétérogènes**.

Outline

- 1 Contexte
- 2 Influence de la structure du réseau
- 3 Analyse des diffusions
- 4 Mesure**

Mesure d'une diffusion

- Étudier les diffusions réelles
- Proposer des modèles réalistes

Mesurer :

- quels nœuds sont touchés à quels moments
- le réseau

Mesure d'une diffusion

Mesurer un réseau :
tâche très difficile, plusieurs problèmes (accès à l'information,
contraintes techniques, taille du réseau, ...)

Savoir quels nœuds sont touchés à quels moments :
encore plus difficile

Des avancées sont possibles

Conclusion

Influence
topologie

Analyse

Mesure

Conclusion

