

Contributions à l'étude des réseaux sociaux: propagation, fouille, collecte de données

Erick Stattner

Soutenance de Thèse
pour obtenir le titre de Docteur
de l'université des Antilles et de la Guyane

Mention: Informatique

Guadeloupe, le 10 Décembre 2012



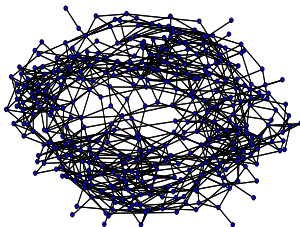
Introduction

Les réseaux aujourd'hui

Aujourd'hui :

- Omniprésence des réseaux :

Réseaux : sociaux, de collaboration, de communication, d'échange, ...

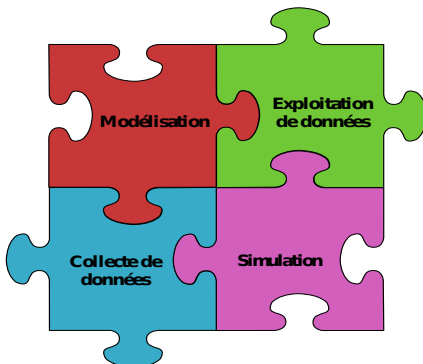


- Rôle des réseaux dans de nombreux phénomènes
 - ▶ Diffusion, marketing viral, influence, formation de groupes, ...

Les réseaux aujourd'hui

Etude des réseaux :

- Domaine émergent du 21e siècle
- "**Nouvelle science des réseaux**" [Watts2004, Newman2010]
- Quatre grands axes de recherches :

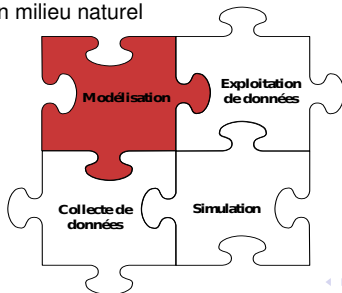


Introduction

Les réseaux aujourd'hui

3 problèmes abordés :

- ❶ **Phénomènes de diffusion dans les réseaux sociaux**
 - ▶ Impact de la dynamique du réseau
- ❷ Fouille de réseaux sociaux
 - ▶ Motifs fréquents basés sur la structure et les propriétés
- ❸ Collecte d'interactions sociales
 - ▶ Application en milieu naturel

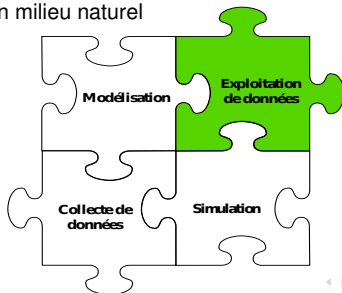


Introduction

Les réseaux aujourd'hui

3 problèmes abordés :

- ❶ Phénomènes de diffusion dans les réseaux sociaux
 - ▶ Impact de la dynamique du réseau
- ❷ **Fouille de réseaux sociaux**
 - ▶ **Motifs fréquents basés sur la structure et les propriétés**
- ❸ Collecte d'interactions sociales
 - ▶ Application en milieu naturel

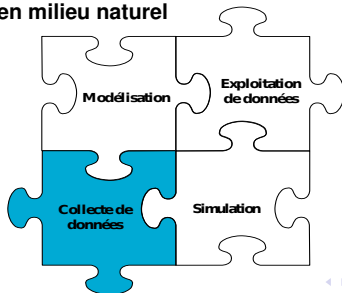


Introduction

Les réseaux aujourd'hui

3 problèmes abordés :

- ❶ Phénomènes de diffusion dans les réseaux sociaux
 - ▶ Impact de la dynamique du réseau
- ❷ Fouille de réseaux sociaux
 - ▶ Motifs fréquents basés sur la structure et les propriétés
- ❸ **Collecte d'interactions sociales**
 - ▶ **Application en milieu naturel**



Sommaire

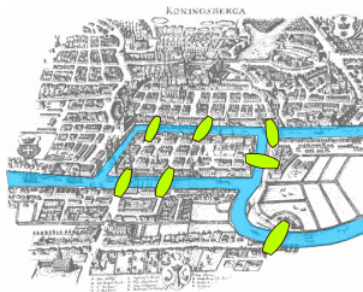
- 1 État de l'art des approches réseaux
 - Origines
 - Définitions et notations
 - Structure des réseaux
- 2 Diffusion dans les réseaux dynamiques
- 3 Vers une analyse conceptuelle
- 4 Collecte de données sociales
- 5 Conclusion et perspectives

État de l'art des approches réseaux

Origines

Origines

- Un réseau communément modélisé par un **graphe**
- Première résolution : *Problème des 7 ponts de Königsberg*
- "*Promenade traversant chaque pont une et une seule fois ?*"

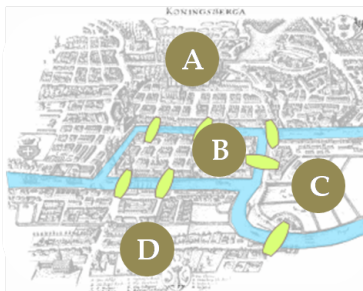


État de l'art des approches réseaux

Origines

Origines

- Un réseau communément modélisé par un **graphe**
- Première résolution : *Problème des 7 ponts de Königsberg*
- Solution par la représentation sous forme de graphe [Euler1741]

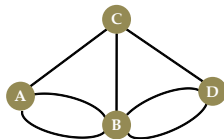


État de l'art des approches réseaux

Origines

Origines

- Un réseau communément modélisé par un **graphe**
- Première résolution : *Problème des 7 ponts de Königsberg*
- Solution par la représentation sous forme de graphe [Euler1741]



- Euler montre qu'un chemin "eulérien" n'existe que si les sommets ont un nombre pair de liaisons

État de l'art des approches réseaux

Définitions et notations

Définitions et notations :

- Un réseau est traditionnellement représenté par un **graphe**
- Réseau social : $G = (V, E)$
 - ▶ V : Ensemble des entités sociales
 - ▶ E : Ensemble de liens tel que $E \subseteq V \times V$
- $|V|$ Nombre de noeuds
- $|E|$ Nombre de liens
- $e = (v_i, v_j) \in E$, v_i et v_j sont voisins, liés ou connectés

État de l'art des approches réseaux

Définitions et notations

Mesures locales :

- Caractérisent localement un noeud ou un groupe de noeuds
 - ▶ Degré
 - ▶ Coeff. de clustering
 - ▶ Plus court chemin
 - ▶ Centralité

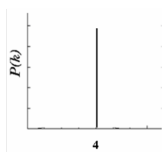
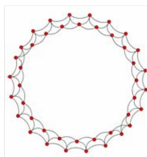
Mesures globales :

- Apportent une information sur l'ensemble de la structure
 - ▶ Densité
 - ▶ Distribution du degré
 - ▶ Composante connexe
 - ▶ Distance moyenne

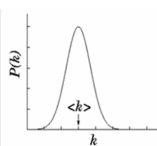
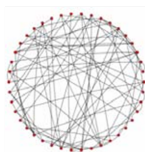
État de l'art des approches réseaux

Les réseaux aujourd'hui

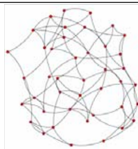
Principales structures :



Réseau régulier

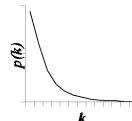
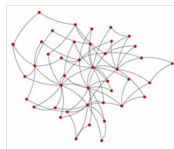


Réseau aléatoire



Distance
moyenne
faible

Réseau petit-monde



Réseau scale-free

Sommaire

- 1 État de l'art des approches réseaux
- 2 Diffusion dans les réseaux dynamiques
 - Contexte
 - Modèle unifié D2SNet
 - Mécanismes de formation élémentaires
 - Dynamique induite par la mobilité
- 3 Vers une analyse conceptuelle
- 4 Collecte de données sociales
- 5 Conclusion et perspectives

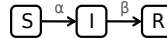
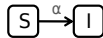
Diffusion dans les réseaux dynamiques

Contexte

Approches pour l'étude de la diffusion :

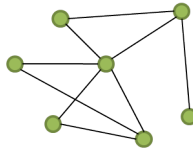
- Modèles mathématiques

- ▶ Population divisée en compartiments (Susceptible, Infected, Recovered, ..)



- Modèles basés sur les réseaux :

- ▶ Prendre en compte la complexité des relations



t1

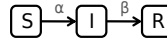
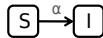
Diffusion dans les réseaux dynamiques

Contexte

Approches pour l'étude de la diffusion :

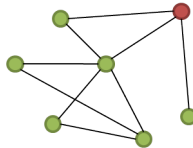
- Modèles mathématiques

- ▶ Population divisée en compartiments (Susceptible, Infected, Recovered, ..)



- Modèles basés sur les réseaux :

- ▶ Prendre en compte la complexité des relations



t2

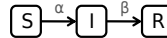
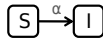
Diffusion dans les réseaux dynamiques

Contexte

Approches pour l'étude de la diffusion :

- Modèles mathématiques

- ▶ Population divisée en compartiments (Susceptible, Infected, Recovered, ..)



- Modèles basés sur les réseaux :

- ▶ Prendre en compte la complexité des relations



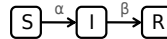
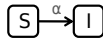
Diffusion dans les réseaux dynamiques

Contexte

Approches pour l'étude de la diffusion :

- Modèles mathématiques

- ▶ Population divisée en compartiments (Susceptible, Infected, Recovered, ..)



- Modèles basés sur les réseaux :

- ▶ Prendre en compte la complexité des relations



t4

Diffusion dans les réseaux dynamiques

Contexte

Travaux actuels :

- Comprendre, identifier des situations, des motifs
- Hypothèse d'un réseau statique

Contribution :

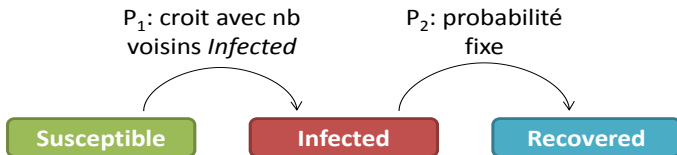
- Diffusion dans les réseaux dynamiques
- Modèle unifié D2SNet qui combine deux processus
 - ▶ Dynamique de la diffusion
 - ▶ Dynamique du réseau
- Effet de différentes stratégies d'évolution

Diffusion dans les réseaux dynamiques

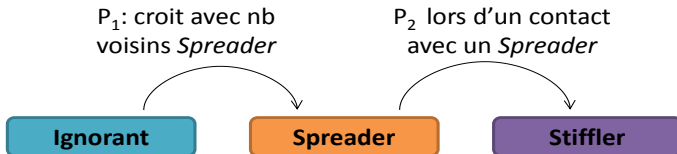
Modèle unifié D2SNet

Similarités des modèles de diffusion

- Maladie :



- Rumeur :



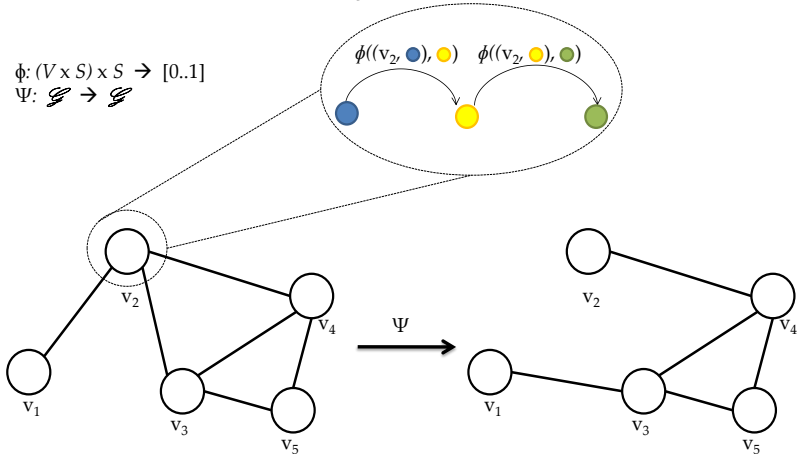
Diffusion dans les réseaux dynamiques

Modèle unifié D2SNet

Modèle D2SNet (Diffusion on Dynamic Social Networks)

$$\phi: (V \times S) \times S \rightarrow [0..1]$$

$$\Psi: \mathcal{G} \rightarrow \mathcal{G}$$



Diffusion dans les réseaux dynamiques

Modèle unifié D2SNet

Modèle D2SNet (Diffusion on Dynamic Social Networks)

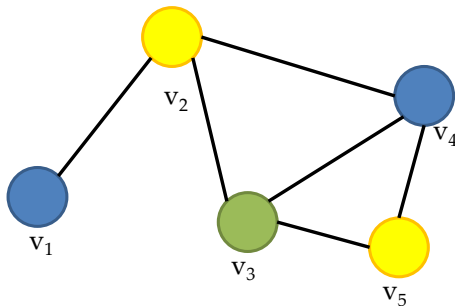


FIGURE: Réseau à l'instant t

Diffusion dans les réseaux dynamiques

Modèle unifié D2SNet

Modèle D2SNet (Diffusion on Dynamic Social Networks)

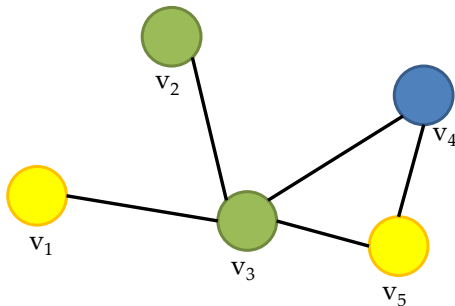


FIGURE: Réseau à l'instant ($t + 1$)

Diffusion dans les réseaux dynamiques

Modèle unifié D2SNet

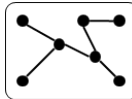
Modèle D2SNet (Diffusion on Dynamic Social Networks)

- μ : Nombre de mises à jour des noeuds
- Q : Vitesse d'évolution du réseau
- NB_{init} : Nombre d'individus qui initient le processus
- ToS : Instant de l'infection
- T_{max} : durée de l'étude

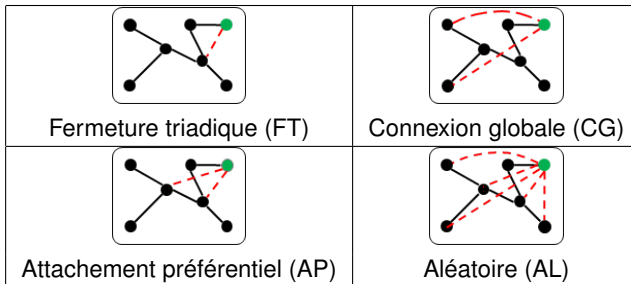
Diffusion dans les réseaux dynamiques

Mécanismes de formation élémentaires

Mécanismes élémentaires étudiés :



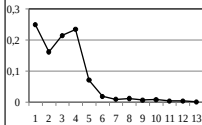
Réseau de référence



Diffusion dans les réseaux dynamiques

Mécanismes de formation élémentaires

Réseau étudié :

Nb. nœuds	Nb. liens	Densité	Degré Moyen	Degré Max.	Distribution Degré	Coeff. Clustering
4829	7455	0.0006395	3.087	17		0.6088

Condition des expériences :

- Modèle *SIR*
- $\mu = 1$, $NB_{init} = 1$, $ToS = 0$, $T_{max} = 120$

Objectif :

- Comparer et comprendre l'effet de ces mécanismes sur le processus de diffusion

Diffusion dans les réseaux dynamiques

Mécanismes de formation élémentaires

Impact sur les courbes d'incidence :

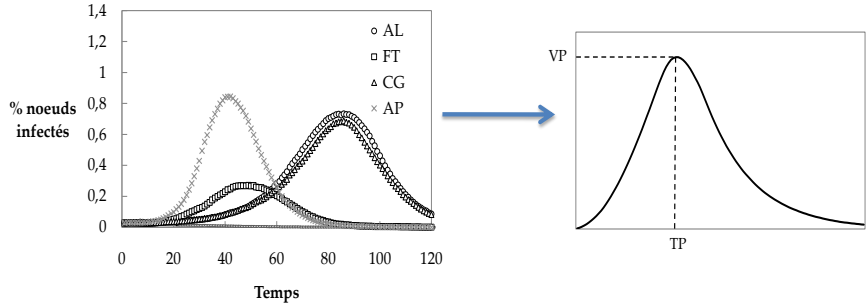
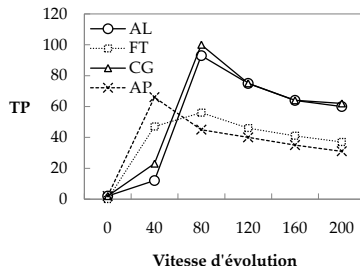
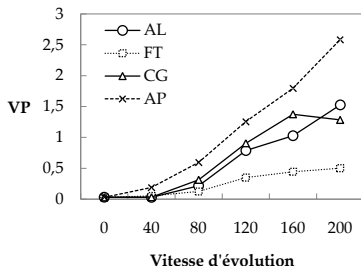


FIGURE: $Q = 50$

Diffusion dans les réseaux dynamiques

Mécanismes de formation élémentaires

Impact de l'évolution du réseau :



Diffusion dans les réseaux dynamiques

Mécanismes de formation élémentaires

Effets sur les propriétés du réseau :

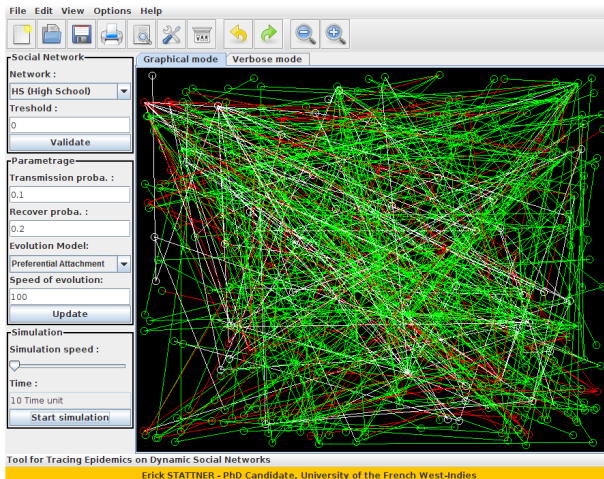
- AP : renforce les liens des noeuds les plus connectés
- FT : renforce les liens dans un groupe de noeuds
- CG et AL : réduisent l'effet communautaire

	Degré Min.	Degré Moy.	Degré Max.	Coefficient Clustering
AP	1.0	4.25	33.31	0.4588
FT	1.0	3.95	23.40	0.6204
CG	1.0	4.58	18.77	0.3763
AL	1.0	4.54	18.88	0.3882

Contribution

Mécanismes de formation élémentaires

Outil DynSpread :



Contribution

Mécanismes de formation élémentaires

Outil DynSpread :

File Edit View Options Help

Social Network

Network :

 Threshold :

Graphical mode **Verbose mode**

Nb. Noeud : 489
 Nb. Liaison : 527
 Densité : 0.004416842669885011
 --
 Degré Min : 1.0
 Degré Moy : 2.1554192229038853
 Degré Max : 12.0
 CC Moyen : 0.039164800207744994

Parametrage

Transmission proba. :

 Recover proba. :

 Evolution Model:

 Speed of evolution:

Simulation

Simulation speed :

 Time :

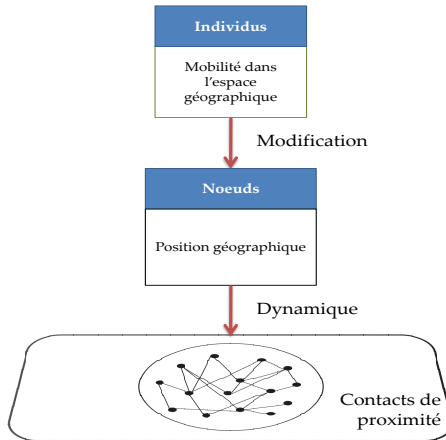
Time	Nbl.	%Nbl.	NbL	AVG Deg.	Density	CC
0	2.0	0.408	527	2.155	0.004	0.039
1	5.0	1.022	537	2.196	0.004	0.037
2	2.0	0.408	547	2.237	0.004	0.036
3	4.0	0.817	557	2.278	0.004	0.036
4	9.0	1.840	567	2.319	0.004	0.037
5	20.0	4.089	577	2.359	0.004	0.036
6	24.0	4.907	587	2.400	0.004	0.035
7	29.0	5.930	597	2.441	0.005	0.035
8	33.0	6.748	607	2.482	0.005	0.037
9	52.0	10.63	617	2.523	0.005	0.038
10	66.0	13.49	627	2.564	0.005	0.039
11	78.0	15.95	637	2.605	0.005	0.039
12	92.0	18.81	647	2.646	0.005	0.038
13	99.0	20.24	657	2.687	0.005	0.038
14	109.0	22.29	667	2.728	0.005	0.035
15	105.0	21.47	677	2.768	0.005	0.037
16	97.0	19.83	687	2.809	0.005	0.038
17	84.0	17.17	697	2.850	0.005	0.037
18	73.0	14.92	707	2.891	0.005	0.037
19	70.0	14.31	717	2.932	0.006	0.037
20	62.0	12.67	727	2.973	0.006	0.037
21	56.0	11.45	737	3.014	0.006	0.037
22	48.0	9.815	747	3.055	0.006	0.036
23	37.0	7.566	757	3.096	0.006	0.036
24	28.0	5.725	767	3.137	0.006	0.039
25	24.0	4.907	777	3.177	0.006	0.039

Tool for Tracing Epidemics on Dynamic Social Networks
 Erick STATTNER - PhD Candidate, University of the French West-Indies

Diffusion dans les réseaux dynamiques

Dynamique induite par la mobilité

Dynamique induite par des comportements individuels :



Diffusion dans les réseaux dynamiques

Dynamique induite par la mobilité

Travaux actuels :

- Modèles de mobilité : marche aléatoire, point de passage, ...
- Modèles controversés

Contributions :

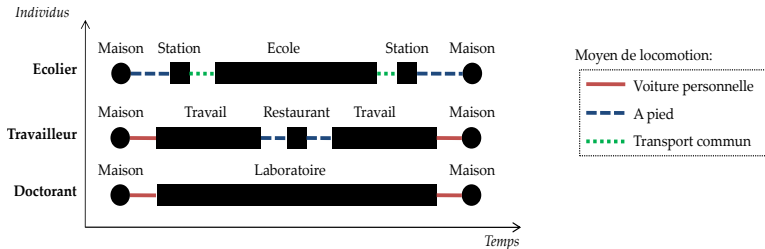
- Effet de la mobilité sur la diffusion
- Modèle de mobilité *ER* (Eternal-Return)
- Tient compte des observations récentes

Diffusion dans les réseaux dynamiques

Dynamique induite par la mobilité

Observations récentes : [Daude2006, Belik2011]

- Périodicité du mouvement
- Hétérogénéité de l'amplitude des déplacements

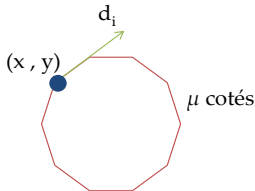


Diffusion dans les réseaux dynamiques

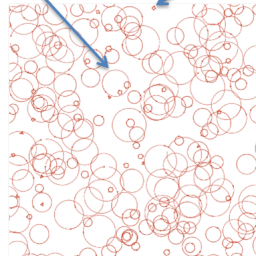
Dynamique induite par la mobilité

Modèles de mobilité Eternal-Return

- Approche multi-agents
- Chaque agent :
 - ▶ Polygone régulier
 - ▶ Position : (x, y)
 - ▶ Sens : $d_i \in \{-1, 1\}$
 - ▶ Mobilité : $\mu_i \in [3..360]$



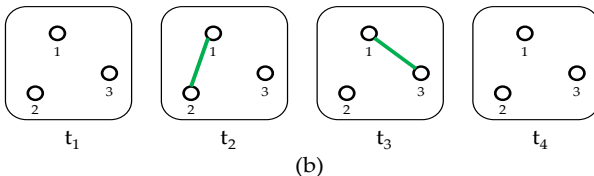
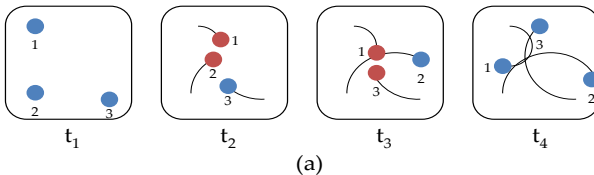
Voyageur Sédentaire



Diffusion dans les réseaux dynamiques

Dynamique induite par la mobilité

Contacts dynamiques induits par la mobilité

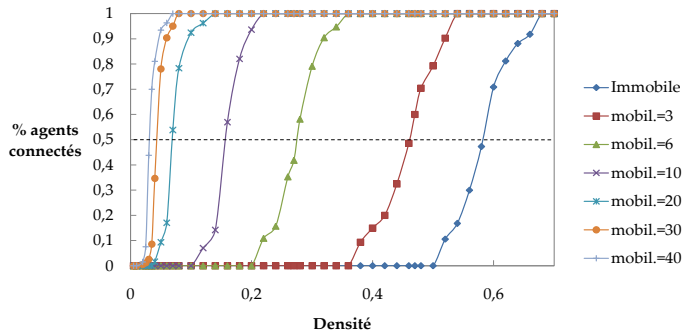


Diffusion dans les réseaux dynamiques

Dynamique induite par la mobilité

Étude structure

- Seuil nécessaire pour obtenir une composante connexe qui connecte au moins 50% des agents

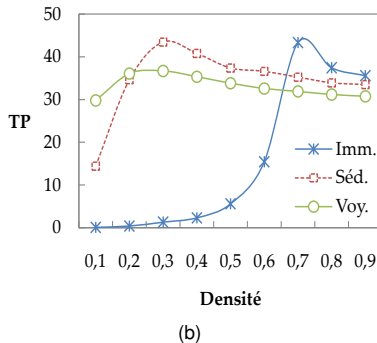
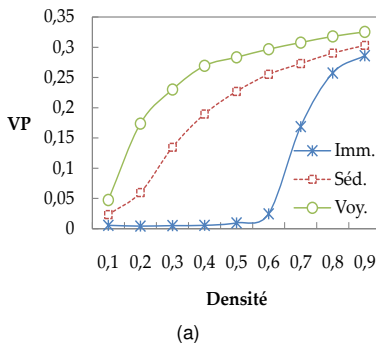


Diffusion dans les réseaux dynamiques

Dynamique induite par la mobilité

Étude diffusion

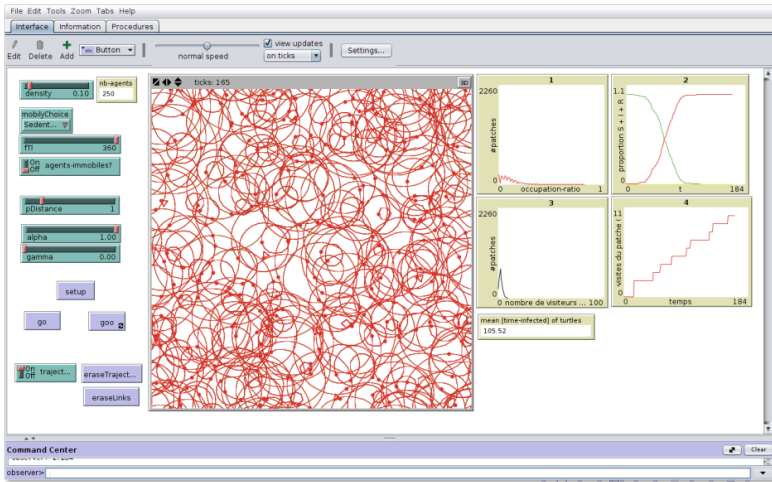
- Effet de la mobilité sur la diffusion



Diffusion dans les réseaux dynamiques

Dynamique induite par la mobilité

Outil ER-Net :



Sommaire

- 1 État de l'art des approches réseaux
- 2 Diffusion dans les réseaux dynamiques
- 3 Vers une analyse conceptuelle
 - Motivations
 - Concepts de liens et de vues conceptuels
 - Vue conceptuelle
 - Résultats expérimentaux
 - Outil GT-FCLMin
- 4 Collecte de données sociales
- 5 Conclusion et perspectives

Vers une analyse conceptuelle

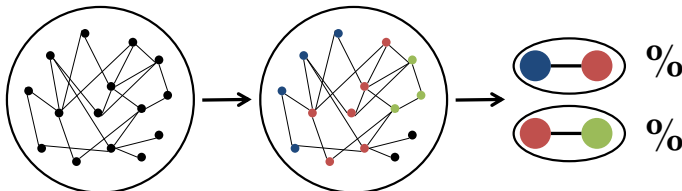
Motivations

Travaux actuels :

- **Social mining**
- Méthodes traditionnelles exploitent uniquement la structure
 - ▶ Clustering → communautés
 - ▶ Motifs fréquents → sous-graphes fréquents

Contributions :

- Recherche de motifs fréquents
- Nouvelle approche : **Liens conceptuels fréquents**
- Exploiter structure et propriétés



Vers une analyse conceptuelle

Concepts de liens et de vues conceptuels

Définition :

- $G = (V, E)$: Un réseau social
- V défini comme une relation $R(A_1, \dots, A_p)$ où A_i est un attribut
- Chaque noeud $v \in V$ est défini par un **itemset**
 $(A_1 = a_1 \text{ et } \dots \text{ et } A_p = a_p)$ ou $(a_1, \dots, a_p)$
- m **itemset**
On note V_m l'ensemble des noeuds vérifiant la propriété m

Vers une analyse conceptuelle

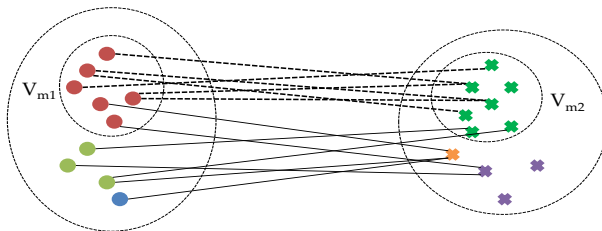
Concepts de liens et de vues conceptuels

Définition :

- m_1 et m_2 **deux itemsets**

(m_1, m_2) : **Lien conceptuel**

$$(m_1, m_2) = \{e \in E; \quad e = (a, b) \quad a \in V_{m_1} \text{ et } b \in V_{m_2}\}$$



- $v_1 \in V_{m_1}, v_2 \in V_{m_1}$ et $v_3 \in V_{m_2}, v_4 \in V_{m_2}, v_5 \in V_{m_2}$

$$(m_1, m_2) \leftrightarrow ((\{v_1, v_2\}, m_1), (\{v_3, v_4, v_5\}, m_2))$$

Vers une analyse conceptuelle

Concepts de liens et de vues conceptuels

Définition :

- (m_1, m_2) : **lien conceptuel**

Support de (m_1, m_2)

$$\text{support}[(m_1, m_2)] = \frac{|(m_1, m_2)|}{|E|}$$

- β : **seuil de support**

(m_1, m_2) est un **lien conceptuel fréquent** si

$$\text{support}[(m_1, m_2)] > \beta$$

Vers une analyse conceptuelle

Concepts de liens et de vues conceptuels

Définition :

- (m'_1, m'_2) est un **sur-lien conceptuel** de (m_1, m_2) ssi

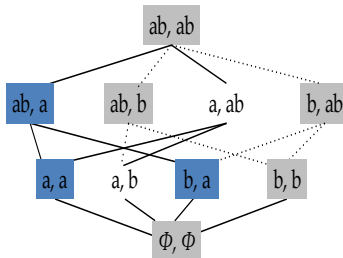
$$m_1 \subseteq m'_1 \quad \text{et} \quad m_2 \subseteq m'_2$$

Ex. (ab, b) sur-lien conceptuel de (a, b)

- (m_1, m_2) est un **sous-lien conceptuel** de (m'_1, m'_2)

Concepts de liens et de vues conceptuels

- Si (m_1, m_2) est non-fréquent, tous ses sur-liens sont non-fréquents
- Si (m_1, m_2) est fréquent, tous ses sous-liens sont fréquents



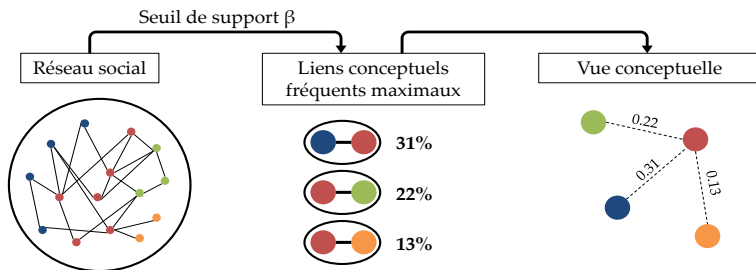
- (m_1, m_2) **Lien conceptuel fréquent maximal** si
 $\nexists$ pas de sur-lien conceptuel (m'_1, m'_2) de (m_1, m_2) qui soit fréquent

Vers une analyse conceptuelle

Vue conceptuelle

Liens conceptuels :

- Connaissance sur les groupes de noeuds les plus connectés
- Fournissent un **"vue conceptuelle"**



Vers une analyse conceptuelle

Résultats expérimentaux

Approche naïve d'extraction :

- 1 Extraire tous les itemsets à partir de V
- 2 Rechercher tous les liens conceptuels fréquents
- 3 Extraire les maximaux

Contribution :

- **Algorithme MFCL-Min** (Maximal Frequent Conceptual Link Mining)
- Réduit l'espace de recherche :

1 Propriété de fermeture

2 Si (m_1, m_2) fréquent :

$$\begin{aligned} |\{e \in E; \quad e = (a, b) \quad a \in V_{m_1}\}| &> \beta \times |E| \quad \text{et} \\ |\{e \in E; \quad e = (a, b) \quad b \in V_{m_2}\}| &> \beta \times |E| \end{aligned}$$

Vers une analyse conceptuelle

Résultats expérimentaux

Jeu de test :

- Réseau de contacts de proximité
- Chaque noeud :
 - 1 classe d'age, i.e. $\lfloor \frac{age}{10} \rfloor$,
 - 2 sexe,
 - 3 statut professionnel,
 - 4 type de relation avec le chef de famille,
 - 5 classe de contacts, i.e. $\lfloor \frac{degre}{2} \rfloor$
 - 6 appartenance à une communauté

Vers une analyse conceptuelle

Résultats expérimentaux

Exemples de motifs extraits :

- $\beta = 0.1$

MFCL	Support
$((4; 1; 1; *; *; *), (*; 2; 2; *; *))$	0.117
$((2; *; 2; *; *; *), (*; *; 2; *; *))$	0.113
$((4; *; *; 1; *; *), (*; 1; *; *; *))$	0.149

- “11.7% des liens du réseau connectent des hommes de 40 ans qui ont un emploi à des femmes qui n'en ont pas”

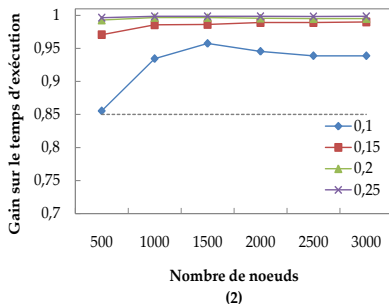
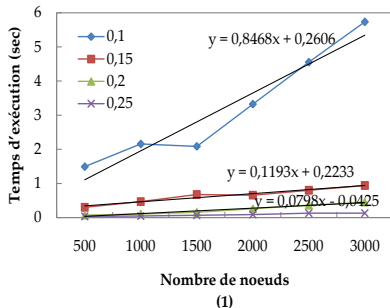


Vers une analyse conceptuelle

Résultats expérimentaux

Performances :

- Temps d'exécution et Gain comparé à l'approche naïve selon la **taille du réseau**
 - **Croît linéairement avec $|V|$**
 - **Bonnes performances $> 85\%$**

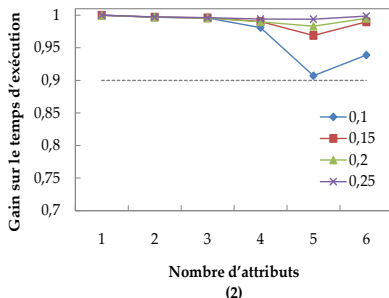
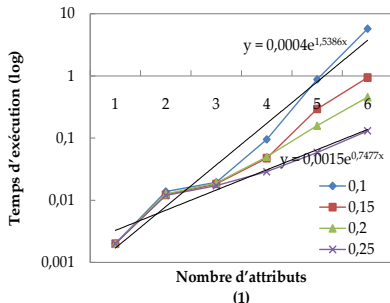


Vers une analyse conceptuelle

Résultats expérimentaux

Performances :

- Temps d'exécution et Gain comparé à l'approche naïve selon le **nombre d'attributs**
 - ▶ **Croît exponentiellement avec $|R|$**
 - ▶ **Bonnes performances $> 90\%$**



Vers une analyse conceptuelle

Outil GT-FCLMin

Outil GT-FCLMin

File Edit View Options Help

Calibrating

Network :
Geographical con... ▼

Attributes :
6 attributes ▼

Beta :
0.15

Measure :
Support ▼

☐ By reducing space

Alpha:
0.1

☐ By querying

Start

Graphical mode Node Attributes

Frequent Links

1. Extraction of Frequent Links...

--

((*,*,2;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.215]
((*,*,2;*,*),(*,*,1;*,*)), [0.295]
((*,*,2;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.287]
((*,*,2;*,*),(*,*,1;*,*)), [0.223]
((*,*,1;*,*),(*,*,1;*,*)), [0.193]
((*,*,1;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.294]
((*,*,1;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.194]
((*,*,2;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.343]
((*,*,2;*,*),(*,*,1;*,*)), [0.237]
((*,*,1;*,*),(*,*,1;*,*)), [0.181]
((*,*,1;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.157]
((*,*,2;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.194]
((*,*,2;*,*),(*,*,1;*,*)), [0.182]
((*,*,2;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.194]
((*,*,1;*,*),(*,*,2;*,*)), [0.182]
((*,*,2;*,*),(*,*,1;*,*)), [0.157]

2. Summarizing...

--

|FL| = 16
Time = 0.269 sec

GT-FCLMin: Tool for Extracting Frequent Links in Social Networks

Erick STATNER - PhD Candidate, University of the French West-Indies

Sommaire

- 1 État de l'art des approches réseaux
- 2 Diffusion dans les réseaux dynamiques
- 3 Vers une analyse conceptuelle
- 4 Collecte de données sociales
 - Motivations
 - Architecture de collecte
 - Outil de simulation
 - Résultats expérimentaux
- 5 Conclusion et perspectives

Collecte de données sociales

Motivations

Contexte :

- Architecture de réseaux de capteurs pour la collecte
- Moqueur Gorge Blanche : Espèce endémique
- Projet CAPDOM ¹

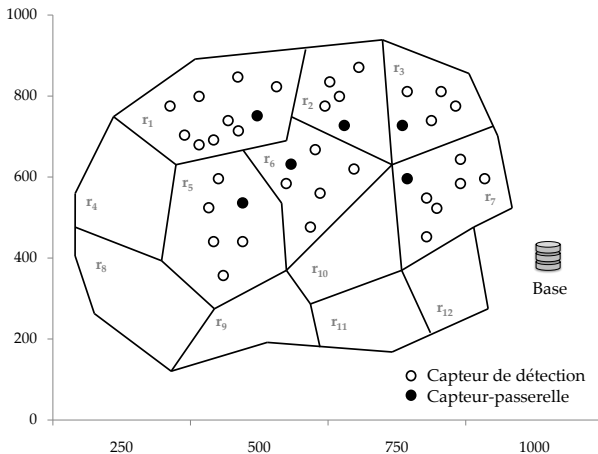


1. <http://www.lifecapdom.org/>

Collecte de données sociales

Architecture de collecte

Architecture de collecte :



Collecte de données sociales

Outil de simulation

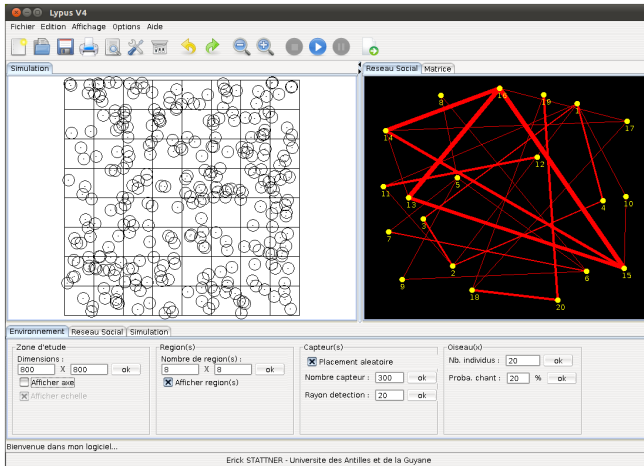
Outil Lypus

- Première étape avant un déploiement réel
- Simule :
 - ▶ L'habitat des oiseaux
 - ▶ Le comportement connu de l'espèce
 - ▶ Réseau de capteurs sans-fils virtuel
- Objectif :
 - ▶ Étudier la faisabilité de l'approche
 - ▶ Étudier l'impact des paramètres

Collecte de données sociales

Outil de simulation

Outil Lypus



Collecte de données sociales

Résultats expérimentaux

Résultats expérimentaux

- Réseau pondéré basé sur la proximité
- Réseau pour identifier les structures familiales
- Impact du type de placement des capteurs
 - ▶ La qualité des résultats
 - ▶ Le temps d'accumulation nécessaire

Sommaire

- 1 État de l'art des approches réseaux
- 2 Diffusion dans les réseaux dynamiques
- 3 Vers une analyse conceptuelle
- 4 Collecte de données sociales
- 5 Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion

Trois problèmes abordés :

- Diffusion dans les réseaux
 - ▶ D2SNet : Approche générique
 - ▶ 2 outils : DynSpread, ER-Net
- Extraction de connaissances des réseaux sociaux
 - ▶ Nouvelle approche : Liens conceptuels
 - ▶ 1 outil : GT-FCLMin
- Collecte de données sociales
 - ▶ Architecture basée sur un réseau de capteurs
 - ▶ 1 outil : Lypus

Conclusion et perspectives

Perspectives

Perspectives :

- Diffusion dans les réseaux dynamiques :
 - ▶ Évolution du modèle de mobilité
 - ▶ Interdépendance des processus
- Extraction de liens conceptuels :
 - ▶ Algorithme hybride
 - ▶ Nouveau modèle de génération
- Collecte de données :
 - ▶ Aspects éthologiques
 - ▶ Aspects techniques

Conclusion et perspectives

Diffusion :

- D2SNet : Dynamics of diffusion and dynamic human behaviour in social networks. Computer in Human Behavior (CHB), Elsevier, 2012
- Network-Based Modeling in Epidemiology : An Emphasis on Dynamics. International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD), IGI-Global, 2012
- Mobility and information flow : percolation in a multi-agent model. Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT), Elsevier, 2012

Liens conceptuels :

- Social-Based Conceptual Links : Conceptual Analysis Applied to Social Networks. Advances in Social Network Analysis and Mining (ASONAM), IEEE, 2012
- MAX-FLMin : An Approach for Mining Maximal Frequent Links and Generating Semantical Structures from Social Networks. Database and Expert Systems Applications (DEXA), Springer, 2012
- Extraction de Liens Fréquents dans les Réseaux Sociaux. Extraction et gestion des connaissances (EGC), RNTI, 2012

Collecte :

- Wireless sensor networks for social network data collection. Local Computer Networks (LCN), IEEE, 2011
- A Data Collection Framework for Tracking Collective Behaviour Patterns. Research Challenges in Information Science (RCIS), IEEE, 2010