



Utilisation de capteurs électroniques afin d'estimer la diffusion du virus grippal pandémie H1N1 dans une communauté

Nicolas Voirin, Juliette Stehlé, Alain Barrat, Ciro Cattuto,
Jean-François Pinton, Corinne Régis, Marie-Christine Nicolle,
Vittoria Colizza, Lorenzo Isella, Nagham Khanafer, Wouter
Van den Broeck et Philippe Vanhems

Hospices Civils de Lyon, Hôpital Edouard Herriot, Service d'Hygiène, Epidémiologie et Prévention, Lyon, France
Université de Lyon; université Lyon 1; CNRS UMR 5558, laboratoire de Biométrie et de Biologie Evolutive, Equipe
Epidémiologie et Santé Publique, Lyon, France
Centre de Physique Théorique de Marseille, CNRS UMR 6207, Marseille, France
Complex Networks and Systems Group, Institute for Scientific Interchange (ISI), Torino, Italy
Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, CNRS UMR 5672, Lyon, France

1

Introduction

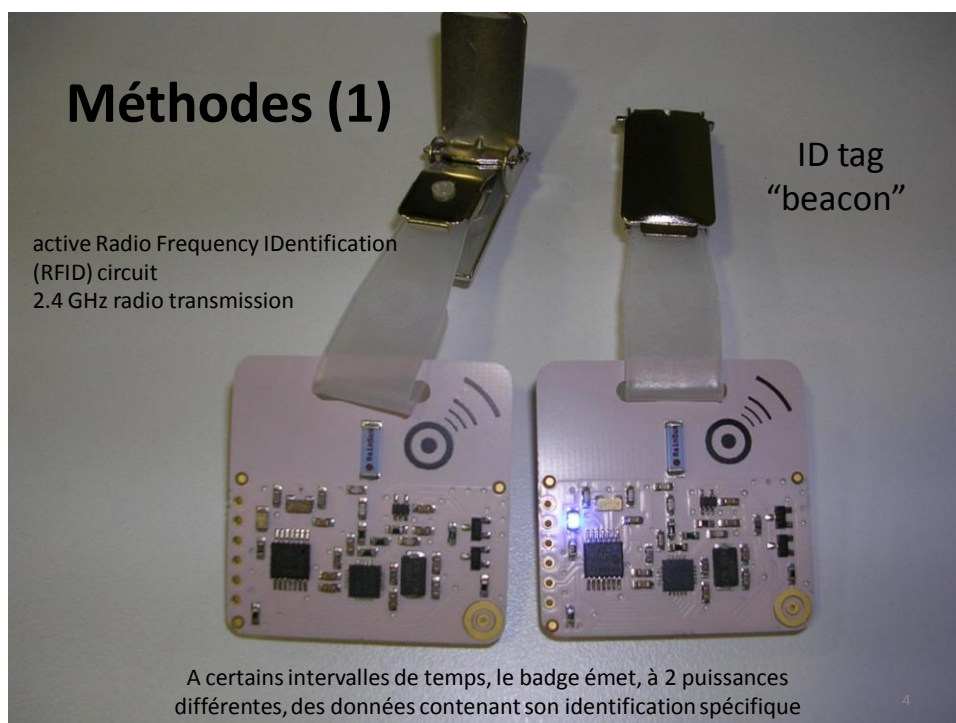
- La plupart des infections se transmettent lors d'un contact rapproché (patients, soignant, visiteur ou environnement)
- Mesurer les contacts permet de
 - Comprendre la diffusion des agents infectieux
 - De proposer des mesures de contrôle
- Les effets de la **structure de contacts** sont très peu connus
- Les données de questionnaires et d'observation ont des limites
- La technologie RFID permet d'étudier les réseaux de contacts de façon dynamique

2

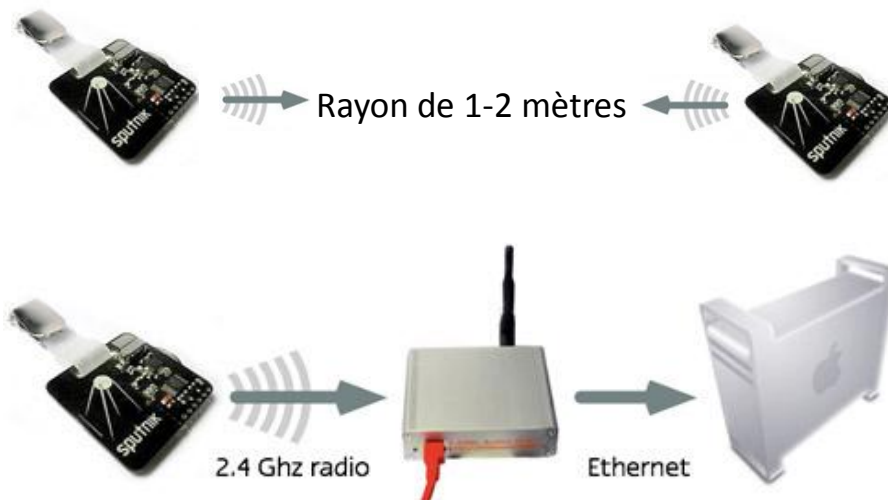
Objectif

- Comparer la propagation d'une infection entre:
 - Un réseau statique de contacts homogènes (HOM)
 - Un réseau statique de contacts hétérogènes (HET)
 - Un réseau dynamique de contacts hétérogènes (DYN)
- Discuter de l'utilité de cet outil dans le champ des infections nosocomiales

3



Méthodes (2)



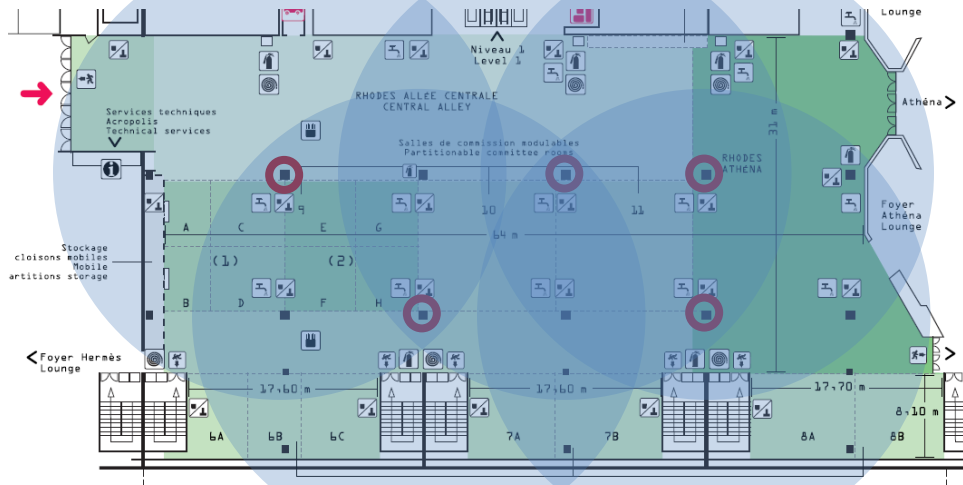
5

Nice Acropolis



6

Nice - Rhodes (2,000 m²)



Réseaux

- **DYN**amique : dynamique temporelle réelle des contacts avec leur durée
 - A →→ B puis B →→→→ C
- **HET**étérogène : suppression de la temporalité et conservation des durées de contacts
 - A →→ B
 - B →→→→ C
- **HOM**ogène : suppression de la temporalité et **durée homogène moyenne** de contacts
 - A →→→ B
 - B →→→ C

9

Modèle épidémiologique

S → E → I → R

	Incubation	Contagiosité
Scénario 1 (ex diphtheria)	Courte	longue
Scénario 2 (ex oreillons)	Longue	Longue
Scénario 3 (ex grippe)	Courte	Courte
Scénario 4 (ex varicelle)	Longue	Courte

10

Critères de jugement

Comparaison entre les réseaux de contacts:

- La taille finale de l'épidémie
- Le moment du pic de l'épidémie
- R_0

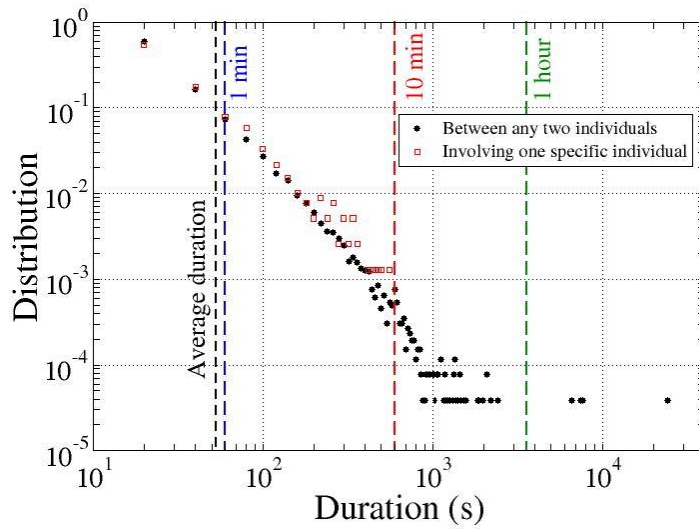
11

Résultats (1)

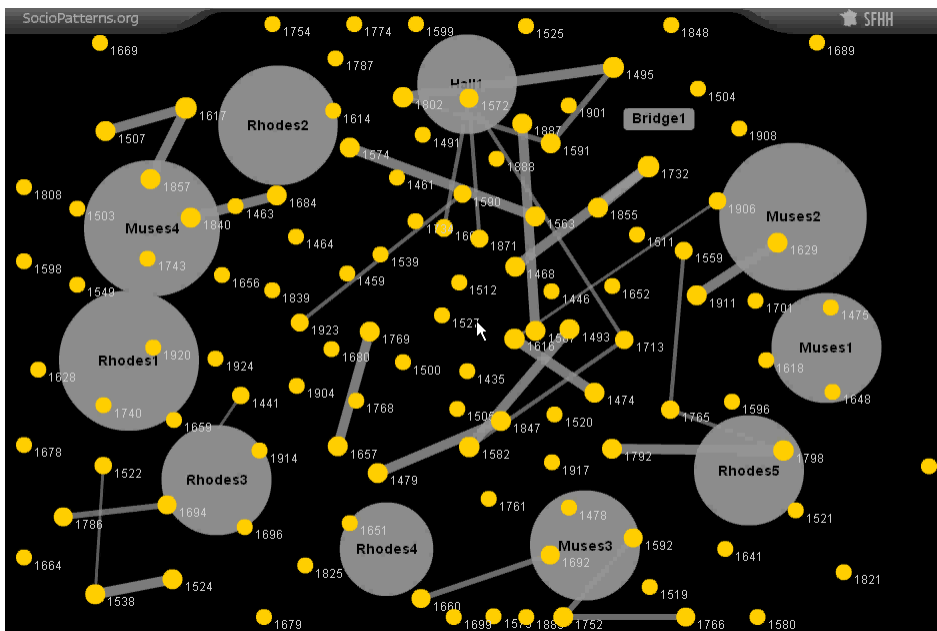
- Les participants au 20^e congrès de la SFHH du 3 au 4 Juin 2009 ont été invités à participer
- Les interactions face-à-face entre **402 individus** volontaires parmi 1 200 participants ont été recueillies au cours de 2 jours
- **26 040 contacts**
- Durée moyenne : **54 secondes (20 sec - 2h max)**.
- Grand nombre de contacts avec courte durée
- Peu de contacts de longue durée

12

Résultats (2)



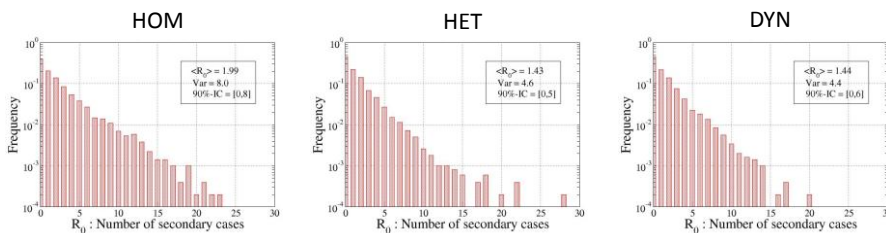
13



14

Résultats (3)

Courte incubation et courte durée de contagiosité : **ex grippe**

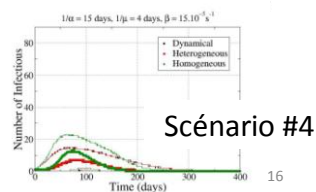
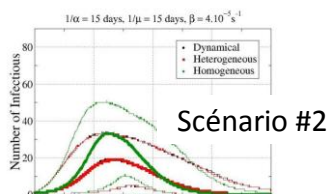
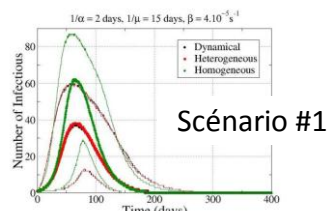
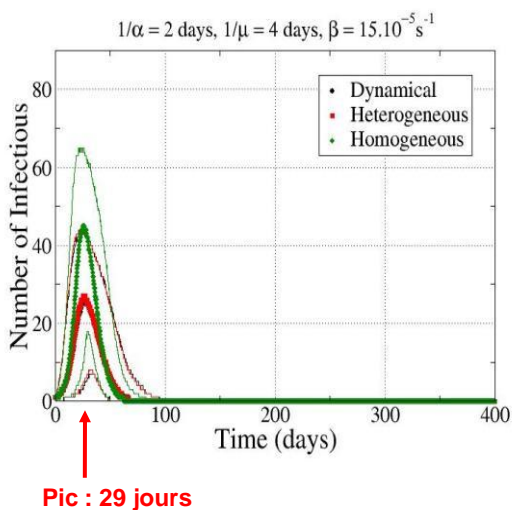


Le nombre de cas secondaires **à partir de l'individu contagieux initial** varie entre 0 et 20 (5 000 simulations)

15

Courbes épidémiques

Scénario #3 (Grippe)



Résultats (5)

Extinctions			Diffusion	
Scenarios Réseau		% extinctions	Plus de 40 cas finaux (TA>10%)	
			% de simulations	# cas moyen
#1	DYN	43.3	38.8	210
	HET	44.5	37.3	211
	HOM	39.0	49.8	287
#2	DYN	45.3	37.2	212
	HET	43.7	38.1	211
	HOM	37.8	50.5	287
#3 (grippe)	DYN	44.8	36.2	209
	HET	44.7	37.5	210
	HOM	38.7	49.9	287
#4	DYN	45.3	37.4	210
	HET	45.1	37.7	212
	HOM	39.3	49.4	288

La probabilité d'extinction est plus faible dans les cas HOM par rapport à HET et DYN.

En cas de propagation, la taille finale est plus élevée dans le réseau HOM par rapport à HET et DYN. Propagation sur HET et DYN conduit à une probabilité d'extinction et un nombre de cas final similaires.

Le nombre définitif de cas été très semblable pour les 4 scénarios.

17

Résultats (5)

Extinctions			Diffusion					
Scenarios Réseau		% extinctions	1 à 10 cas finaux (TA*≤2.5%)		11 à 40 cas finaux (2.5%<TA≤10%)		Plus de 40 cas finaux (TA>10%)	
			% de simulations	# cas moyen	% de simulations	# cas moyen	% de simulations	# cas moyen
			#1	DYN	43.3	17.4	2.4	0.6
HET	44.5	17.4		2.3	0.8	16.3	37.3	211
HOM	39.0	11.1		2.0	0.1	13.8	49.8	287
#2	DYN	45.3	16.6	2.3	0.8	17.2	37.2	212
	HET	43.7	17.6	2.2	0.6	16.0	38.1	211
	HOM	37.8	11.5	2.1	0.2	15.6	50.5	287
#3 (grippe)	DYN	44.8	18.2	2.4	0.8	15.8	36.2	209
	HET	44.7	17.2	2.3	0.7	16.0	37.5	210
	HOM	38.7	11.3	2.1	0.2	14.0	49.9	287
#4	DYN	45.3	16.7	2.4	0.5	15.4	37.4	210
	HET	45.1	16.4	2.4	0.8	17.0	37.7	212
	HOM	39.3	11.2	1.9	0.1	16.0	49.4	288

La probabilité d'extinction est plus faible dans les cas HOM par rapport à HET et DYN.

En cas de propagation, la taille finale est plus élevée dans le réseau HOM par rapport à HET et DYN. Propagation sur HET et DYN conduit à une probabilité d'extinction et un nombre de cas final similaires.

Le nombre définitif de cas été très semblables pour les 4 scénarios.

18

Résultats (6)

Scenarios	Réseau	$\langle t_{pic} \rangle$ jours
#1	DYN	72
	HET	71
	HOM	70
#2	DYN	148
	HET	147
	HOM	139
#3 (grippe)	DYN	29
	HET	29
	HOM	27
#4	DYN	93
	HET	92
	HOM	83

Dans tous les scénarios, le pic épidémique est atteint en moyenne au même moment sauf dans le scénario #4 pour le réseau HOM où il est atteint plus tôt.

19

Discussion (1)

- Dans les 3 réseaux, l'extinction de l'infection est aussi fréquente qu'une évolution épidémique.
- Différence de propagation entre le réseau HOM et les 2 autres réseaux avec un nombre systématiquement plus élevé de personnes infectées dans le réseau HOM (durées de contact homogènes)
- L'hétérogénéité des durées de contact entre les individus est associée à une réduction de la propagation
 - le fait qu'un individu ait des contacts de durées hétérogènes avec les autres réduit la propagation de la maladie
 - Ignorer l'hétérogénéité des durées de contact peut conduire à une forte différence dans l'estimation du nombre de cas

20

Discussion (2)

La comparaison entre la propagation sur les réseaux HET et DYN donne une idée de l'effet des contraintes temporelles entre contacts sur la propagation des infections.

Application directe à la fréquence et à la séquence des soins.

21

Discussion (3)

Limites

- Les personnes n'ont pas été suivies en dehors de la zone couverte par les antennes
- 1 200 participants au congrès, mais 402 (34%) ont participé à la collecte des données
- La période de temps limitée (deux jours) de collecte de données
- Susceptibilité de l'hôte et autres facteurs modulant la propension à acquérir des infections (type de germe, vaccination, maladies ou traitements immunosuppresseurs, malnutrition, etc...)

22

Perspectives

- Au début d'une nouvelle période d'utilisation d'outils « hi-tech »
- Applications dans d'autres contextes où les personnes sont en interaction étroite:
 - Écoles (étude menée à Lyon septembre 2009)
 - **Hôpitaux :**
 - Etude en préparation en gériatrie à HEH : personnels, patients, flacons de SHA, etc.
 - Etude finalisée pédiatrie à Rome
 - Déclinaison en fonction des germes (SARM [Projet MOSAR, AP-HP et coll], grippe, etc)
 - Etc.

23

Remerciements

Participants



Crédit Photo : SXC.HU Image d'archives. LCI.fr



<http://www.sociopatterns.org>

24

Résultats (4)

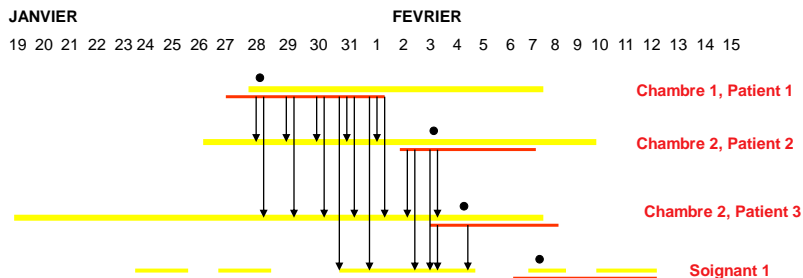
Scenarios	Réseau	$\langle R_0 \rangle$	Variance
#1	DYN	1.38	4.0
	HET	1.40	4.3
	HOM	1.88	7.2
#2	DYN	1.47	4.8
	HET	1.49	5.2
	HOM	2.04	9.1
#3 (Grippe)	DYN	1.44	4.4
	HET	1.43	4.6
	HOM	1.99	8.0
#4	DYN	1.48	5.2
	HET	1.48	5.3
	HOM	2.01	9.0

Dans tous les scénarios de maladie, des valeurs élevées de R_0 ont été observés dans le réseau HOM par rapport aux réseaux HET et DYN

26

Transmissions présumées 2007

Exemple de transmissions potentielles observées: saison 2004 - 2005



Aucun de ces patients ou soignants n'a de source familiale documentée

