

# Modéliser la diffusion d'une maladie nosocomiale dans une unité gériatrique

## Un exemple d'analyse des réseaux

**Nathan ELBAZ    Marie LABUSSIÈRE**

8ÈME JOURNÉE ROUENNAISE DE FORMATION ET D'INFORMATION  
HYGIÈNE ET PRÉVENTION DU RISQUE INFECTIEUX EN  
ÉTABLISSEMENTS MÉDICO-SOCIAUX

1er décembre 2016

# Introduction

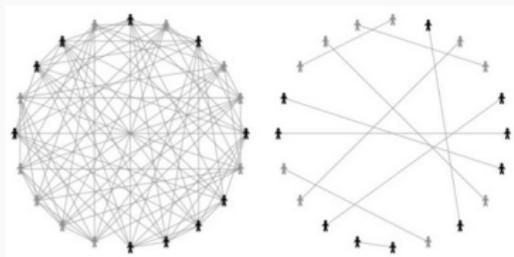


Projet réalisé dans le cadre  
d'une scolarité à l'ENSAE.

- ▶ Étude de la diffusion d'une maladie nosocomiale, la grippe saisonnière, dans l'unité gériatrique d'un hôpital.
  - ▶ Tester l'impact de différentes politiques de vaccination.
- ⇒ **Un exemple d'utilisation de l'analyse des réseaux, aux ambitions modestes !**



# Qu'est-ce qu'une analyse en termes de réseaux ?



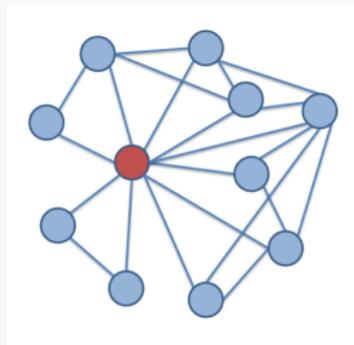
**Figure 2** – Mise en évidence de la densité

Décrire un réseau...

- ▶ Densité
- ▶ Connexité

ou une partie

- ▶ Centralité
- ▶ Degré



**Figure 3** – Mise en évidence de la centralité

# Les données

## *Les capteurs de proximité : des outils innovants*

**Mode de collecte** : des capteurs de proximité

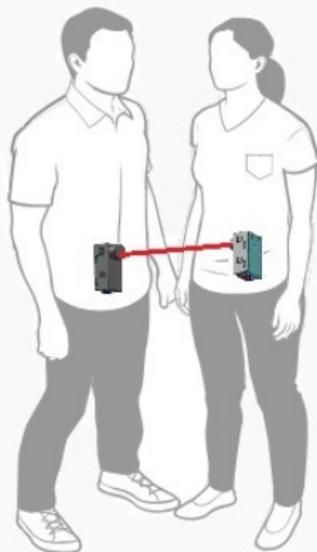
Avantages :

- ✓ plus fiables que les questionnaires
- ✓ la recension est quasi-exhaustive

**Exemples d'application** :

lycées, musées, hôpitaux

↔ Étude réalisée en 2013 à l'hôpital Herriot de Lyon



**Figure 4** – capteurs de proximité

# L'étude de Lyon (2010)

Données fournies par SocioPatterns.

**Champ** : l'ensemble du personnel et des patients de l'unité gériatrique ( $N = 75$ )

**Durée** : capteurs portés pendant 4 jours et nuits.

**Paramétrage** : distance inférieure à 1,5 mètres, d'une durée supérieure à 20 secondes.

On connaît également **la fonction** de chaque individu au sein de l'unité : patient, infirmier et aide-soignant, médecin, personnel administratif.

⇒ **Choix de modéliser la diffusion de la grippe saisonnière**

---

# Description du réseau observé à Lyon

## Premières caractéristiques :

- ▶ Moyenne de 374 contacts par personne, d'une durée moyenne de 46 secondes.
  - ▶ **Hétérogénéité selon la fonction exercée** : 75% des échanges impliquent au moins un-e infirmier-e.
  - ▶ **Hétérogénéité dans le temps** : pic des échanges en matinée, au moment où les malades reçoivent les soins.
  - ▶ On peut identifier huit *super-spreaders*, dont six infirmier-e-s
- ⇒ Une structure de contacts propice à la diffusion de la grippe ?
-

# Modélisation

On distingue quatre états (modèle SEIR) :

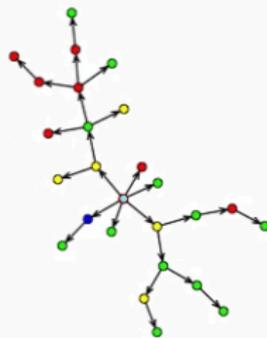
1. sain
  2. exposé
  3. infecté
  4. remis (dans notre cas, mise à l'écart)
    - ▶ Un **individu choisi au hasard** est considéré comme infecté.
    - ▶ Les personnes avec lesquelles il entre en contact sont potentiellement infectées, selon la contagiosité de la maladie.  
↪ **question de la valeur des paramètres** (appui sur des études consacrées à la grippe pandémique)
    - ▶ On effectue des **simulations** : on observe comment la maladie se propage **en moyenne**.
-

## Exemple de simulation

Résultats des cent simulations :

- ▶ En moyenne, plus de 16 personnes ont été infectées par la grippe.
- ▶ Importante variabilité d'une simulation à l'autre.
- ▶ Le personnel paramédical et médical apparaît comme le principal véhicule de la propagation.

**Figure 5** – Exemple de réseau simulé



Un exemple de simulation, en visualisation dynamique : [vidéo](#)

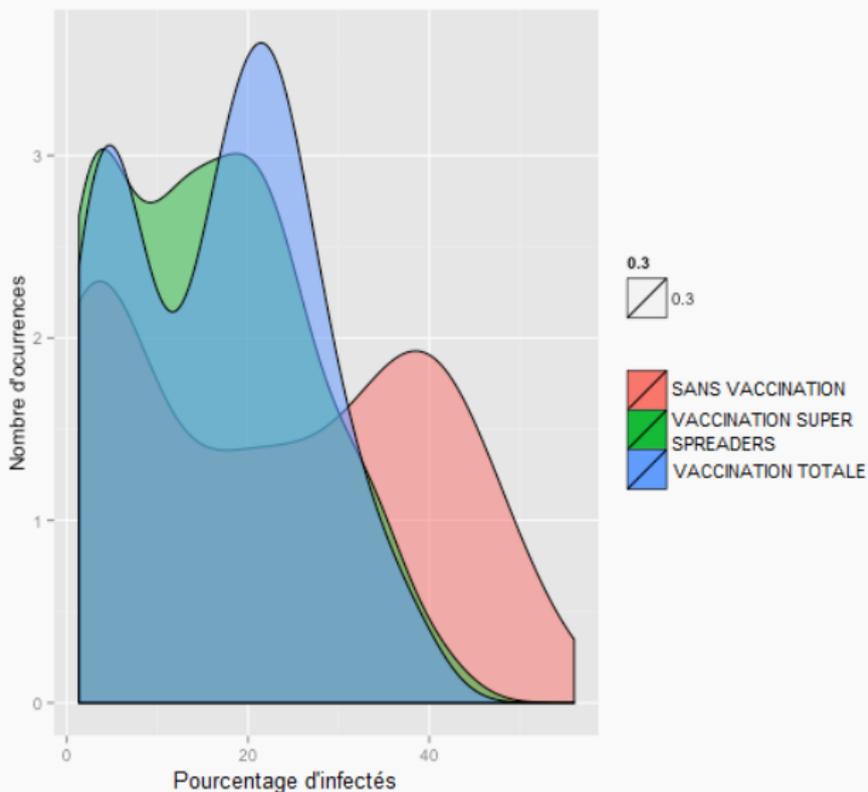
# Évaluer l'influence de la vaccination

On simule trois configurations :

- ▶ **Absence de vaccination**
- ▶ **Vaccination des infirmière-e-s**  
(couverture 36%)
- ▶ **Vaccination de 5 *super-spreaders*** (couverture 6%)

hypothèse de travail : vaccination = immunité

---



**Figure 6** – Distribution du pourcentage d'infectés selon la politique de vaccination

# Conclusion

- I La configuration des relations observée dans l'unité gériatrique paraît très favorable à la diffusion d'une maladie nosocomiale.
- II La vaccination ciblée paraît aussi performante que la vaccination totale des infirmier-e-s.

Avantages et limites :

- ✓ Possibilité de comparer les bénéfices des différentes politiques de vaccination au regard de leur coût.
  - ✗ Estimer plus précisément la valeur des paramètres pour mieux calibrer le modèle.
-

# Annexe I

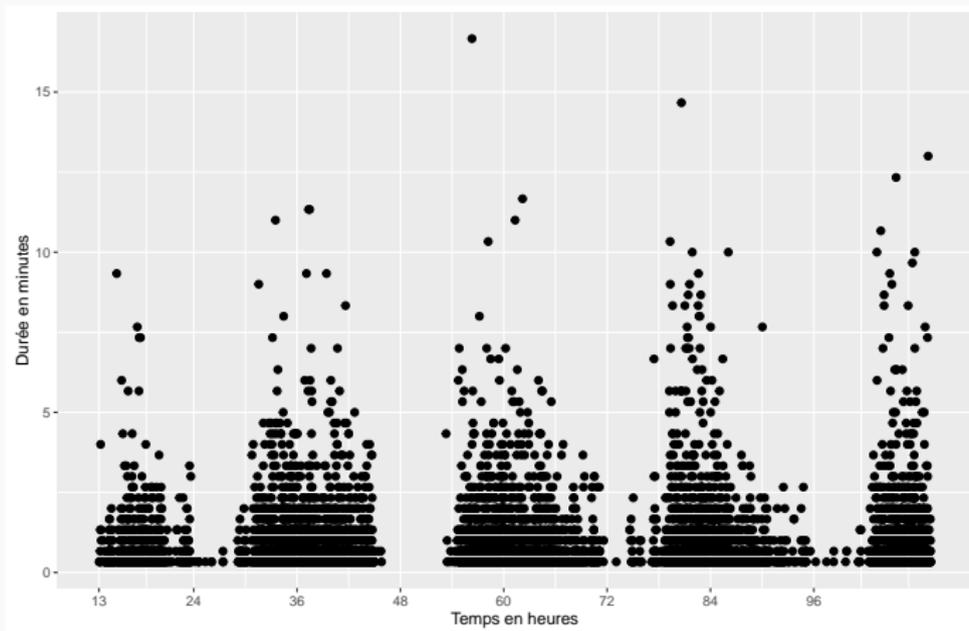
**Figure 7** – Nombre total et durée des contacts selon les personnes impliquées

| Contact      | Nombre (%)   | Durée en heures (%) |
|--------------|--------------|---------------------|
| Nur-Nur      | 5310 (37,8%) | 4232 (39,2%)        |
| Nur-Pat      | 2951 (21,0%) | 2281 (21,1%)        |
| Med-Med      | 2136 (15,2%) | 1886 (17,5%)        |
| Nur-Adm      | 1334 (9,5%)  | 865 (8,0%)          |
| Med-Nur      | 1021 (7,3%)  | 590 (5,5%)          |
| Med-Pat      | 574 (4,1%)   | 490 (4,5%)          |
| Med-Adm      | 272 (1,9%)   | 153 (1,4%)          |
| Adm-Pat      | 227 (1,6%)   | 147 (1,4%)          |
| Adm-Adm      | 115 (0,8%)   | 93 (0,9%)           |
| Pat-Pat      | 97 (0,7%)    | 70 (0,6%)           |
| <b>Total</b> | <b>14037</b> | <b>10808</b>        |

*Abbreviations : Nur : Infirmier-e-s, Pat : Patient-e-s,  
Med : Médecins, Adm : Personnel administratif*

# Annexe II

**Figure 8** – Durée des contacts (min) en fonction du temps (h)



# Bibliographie

- ▶ [Lire notre article](#)
  - ▶ Lien vers les données et leur présentation : [ici](#)
  - ▶ L'article qui a inspiré notre travail :  
Vanhems P, Barrat A, Cattuto C, Pinton JF, Khanafer N, et al. (2013). Correction : Estimating Potential Infection Transmission Routes in Hospital Wards Using Wearable Proximity Sensors. *PLoS ONE*.
-

## Bibliographie complémentaire

- ▶ Sur la diffusion d'une grippe pandémique dans un lycée américain :  
Salathé M et al. (2010). A high-resolution human contact network for infectious disease transmission. *PNAS*. 107(51).
  - ▶ Sur la diffusion de la grippe A dans un hôpital de soins tertiaires (comparaison données de réseaux et données virologiques) :  
Obadia T et al. (2015). Detailed Contact Data and the Dissemination of *Staphylococcus aureus* in Hospitals. *PLoS Comput Biol*. 11(3).
  - ▶ Sur l'utilisation des capteurs de proximité :  
Barrat A et al. (2014). Measuring contact patterns with wearable sensors : methods, data characteristics and applications to data-driven simulations of infectious diseases. *Clinical Microbiology and Infection*. 20(1) :10–16.
-