

Réseau de la BPCO au sein d'APHP.6

B. Granger¹ S. Tézenas du Montcel¹ M.Fages² F.Tubach¹
T.Similowski³ P.Rufat¹

¹Biostatistique, Santé Publique, Information Médicale, Hôpitaux Universitaires Pitié Salpêtrière – Charles Foix, APHP.6, IPLESP UMRS 1136, Sorbonne Université, INSERM

²Département d'information médicale, HUEP, APHP.6

³Service de Pneumologie, médecine intensive et réanimation, Hôpitaux Universitaires Pitié Salpêtrière – Charles Foix, APHP.6



Unité mixte de recherche en santé n° 1136 (UMR-S 1136)
Directeur : Fabrice Cosset



Une réponse !

- Manque de satisfaction
- Problèmes d'organisation
- Difficultés de financement
- Manque de pertinence

Une nécessité !

- Évolution des pathologies des patients
- Évolution des modes de vies
- Évolution du progrès médical

Un accompagnement par la modélisation des trajectoires

- Compréhension des organisations et des *process*
- Réflexion orientée objet
- Identification d'acteurs pilotes (pivots de la PEC)

1. TASK FORCE "RÉFORME DU FINANCEMENT DU SYSTÈME DE SANTÉ" (2019). *Réformes des modes de financement et de régulation*. Ministère des Solidarités et de la Santé. URL : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dicom_rapport_final_vdef_2901.pdf

Un domaine d'étude de diffusion récente en santé²

Théorie

Étude des relations entre des entités sociales, de leurs formes et des implications qui en découlent

Changement de paradigme analytique

Un domaine d'étude approprié à l'étude des parcours

Hypothèse

Le réseau des unités de soins (US), vu par le biais de ses composantes structurelles et le positionnement de ses acteurs est associé à l'efficacité de la prise en charge

Organisation du pilotage, identification de filières

2. Stanley WASSERMAN et Katherine FAUST (1997). *Social network analysis methods and applications*. Albert-László BARABÁSI et Márton PÓSFAL (2016). *Network science*. Kate SABOT et al. (oct. 2017). "Use of social network analysis methods to study professional advice and performance among healthcare providers : a systematic review.". In : *Systematic reviews* 6 (1)

Objectif général

Analyser le réseau de la BPCO au sein des GH PSL-CFX et HUEP pour accompagner leur fusion dans le cadre de la création d'APHP.6

Objectifs spécifiques : Analyse du réseau des US

- Organisation du pilotage
- Identification de services pivots et des filières
- Impact des structures pré-existantes sur la dynamique du réseau
- Questions spécifiques : différences entre GH historiques, intégration de la filière pédiatrique, prévision de croissance et adaptaton du capacitaire...

Matériel et méthodes : type d'étude

Étude observationnelle transversale de type "réseau complet"

Population :

- Patients index : au moins 1 séjour avec code diagnostic J41-4 (BC simple ou mucopurulante, emphysème ou autres maladies pulmonaires obstructives chroniques) courant 2017
- Extraction E des séjours de ces patients en 2017

Data $G_d(N, L)$: données relationnelles, séjours issus du PMSI périmètre APHP.6

- Nœuds $N = n_1, n_2, \dots, n_g$: US
- Relations $L = l_1, l_2, \dots, l_L$: Transfert de patients entre 2 US

"*dirigé*" par sens des transferts

"*valué*" par nbr de transferts

Matériel et méthodes : plan d'analyse

$G_d(N, L) \Rightarrow$ Matrice d'adjacence X

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1g} \\ \vdots & \ddots & \\ x_{g1} & & x_{gg} \end{bmatrix}$$

Nbr de sommets : g

Nbr de relation : L

N dyades $\langle n_i, n_j \rangle$: 4 isomorphismes
(*nulle, asymétriques, mutuelle*)

N triades $\langle n_i, n_j, n_k \rangle$: 16 isomorphismes
(*Davis et Leinhardt*)

Description des caractéristiques du réseau "Graph Level Indice" (GLI)

Mesure de l'activité et de la mécanique relationnelle

- **Densité** : $\Delta = \frac{L}{g^2}^3$
- **Réciprocité** : $r = \frac{L^{<->}}{L}$
- **Transitivité** : si $i \rightarrow j$ et $j \rightarrow k$ puis $i \rightarrow k \Rightarrow Pr(X_{ij}^{[2]} = X_{ij})$

Description des indices de centralité-prestige "Node level Indice" (NLI)

Mesure de l'implication d'un acteurs dans des relations avec d'autres, contrôle des flux

- **Degré**⁴ : $d_i(n_i) = \sum_{j=1}^g x_{ji} = x_{+j}$, $d_o(n_i) = \sum_{j=1}^g x_{ij} = x_{i+}$
- **Intermédiation** : $C_B(n_i) = \sum_{j < k} \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}$
 g_{jk} nbr de géodésiques entre j et k , $\frac{1}{g_{jk}}$ proba de communication entre j et k selon 1 géodésique, $g_{jk}(n_i)$ nbr de géodésiques entre j et k contenant i
- **Valeur propre** :
$$P_R n_i = x_{1i} P_R(n_1) + x_{2i} P_R(n_2) + \dots + x_{gi} P_R(n_g)$$

Analyse des équivalences structurales et "block modelling"

- **Équivalences structurales** : détermination de collections d'acteurs similaires dans leurs relations aux autres
- **Block-modelling** : définition du système relationnel entre les collections

Estimation par clustering :

1. Mesure de la matrice de dissimilarité : distance euclidienne

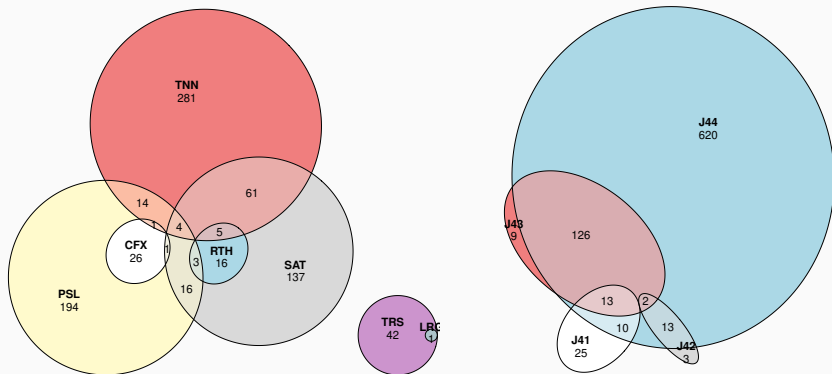
$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^g [(x_{ik} - x_{jk})^2 + (x_{ki} - x_{kj})^2]}$$

2. Partitionnement Classif Ascendante Hiérarchique (Ward)

Regroupement itératif en k classes de taille n et de centre de gravité g de façon que l'augmentation de l'inertie intra-classe I_a soit minimum

$$I_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} d(e_j, g_i)^2$$

Résultats : Population BPCO



822 patients (0.5%) dont 65 DC (8%)

2152 séjours (0.9%) dont 1568 RAD (73%)

E des sites du GH concernés, 159 (19%) patients PEC sur plusieurs sites

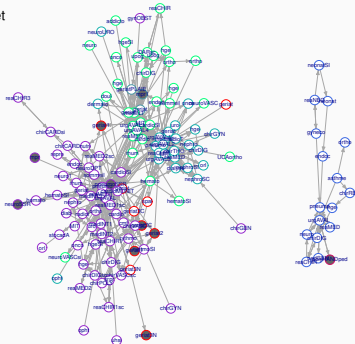
1531 (71%) séjours expriment en DP, DR ou DA J41-4

DMS "séjour based" 9(13) jours, "patient based" 24(33) jours

Résultats : GLI - US

Légende sommet

- CFX
- LRG
- PSL
- RTH
- SAT
- TNN
- TRS
- MCO
- SSR



140 sommets et 705 relations (71 boucles, 164 symétriques, 306 asymétriques)

Densité = 0.036 : faible connectivité au regard du nbr d'acteurs

Réciprocité = 0.35 : forte tendance à l'asymétrie relationnelle

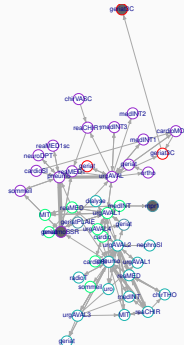
Transitivité = 0.23 : faible connectivité entre les acteurs périphériques

Clusterisation géographique et disciplinaire : réseau visuellement centralisé sur les US pneumologie et filière urgence-pneumo-réanimation, marginalisation de la filière pédiatrique et particularités géographiques (SSR, chirTHO)

Résultats : GLI - US

Légende sommet

- CFX
- PSL
- SAT
- RTH
- TNN
- TRS
- MCO
- SSR



140 sommets et 705 relations (71 boucles, 164 symétriques, 306 asymétriques)

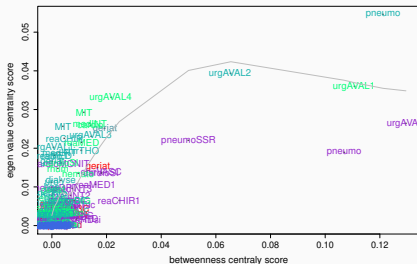
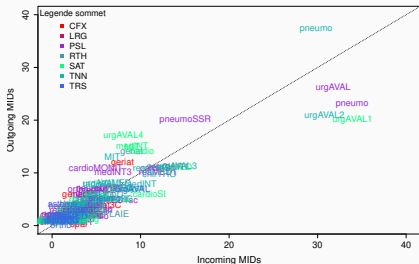
Densité = 0.036 : faible connectivité au regard du nbr d'acteurs

Réciprocité = 0.35 : forte tendance à l'asymétrie relationnelle

Transitivité = 0.23 : faible connectivité entre les acteurs périphériques

Clusterisation géographique et disciplinaire : réseau visuellement centralisé sur les US pneumologie et filière urgence-pneumo-réanimation, marginalisation de la filière pédiatrique et particularités géographiques (SSR, chirTHO)

Résultats : NLI - US



Distribution des degrés suit une loi de puissance ($\gamma = 2.17$)

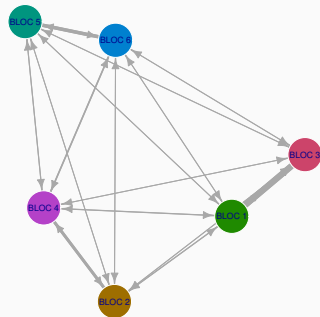
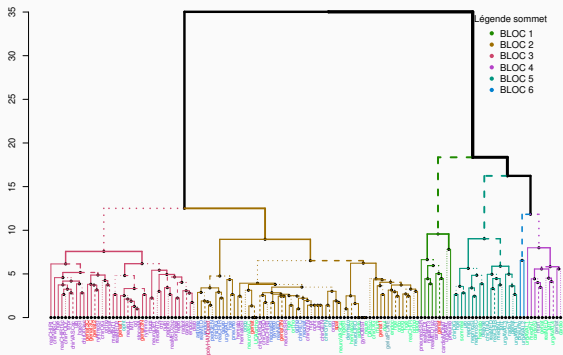
Centralité importante pneumo, SSRrespi, urgences : \emptyset différence interGH

"Prestige" plus important sur HUEP : concentration activité sur pneumo supérieure

Positionnement central US réanimation, gériatrie, cardio

"Scale free network", différences NLI entre 2 GH historiques témoin d'un fonctionnement/organisation différent de la filière (SSR/ChirTHO), identification de filières associées (cardiologique, gériatrique)

Résultats : block model - US



B1 et B6-B4 "noyaux" PSL / HUEP, forte activité, central, DMS basse, $\geq 70\%$ GHM IRC/BPCO : pneumo - urgence - cardio - gériat - réa - pneumoSSR

B3 et B5 "petite couronne" PSL / HUEP, faible activité, périphérique, DMS plus longue, $\leq 30\%$ GHM respi, fortes connections avec noyau : filières chirurgicales, medINT, SLDgeriat, PEC reliées/associées à atteinte respi

B2 "grande couronne", faible activité, peu de liaison avec noyau : filière pédiatrique et unités isolées

Une approche originale pour acquérir des connaissances et améliorer les organisations et les pratiques





Identification du type de réseau, et de son fonctionnement

- Scale free network et clusterisation géographique et disciplinaire
- Optimiser adéquation ressources à l'échelle du GH (capacitaire, besoins en soins spécifiques ex : SSR)
- Optimiser le parcours du patient interGH (améliorer la transition pédiatrie-adulte)
- Optimiser le parcours du patient intraGH (comparer et identifier les organisations les plus efficaces)

Identification des "Hub"

- Pneumo, cardio, gériatrie et forte implication des services d'urgence et de réanimation
- Optimisation du pilotage de la prise en charge (Appui sur les services pivots pour diffuser RBP et stratégies de prévention)

Références

-  BARABÁSI, Albert-László et Márton PÓSFAL (2016). *Network science*. Cambridge : Cambridge University Press.
-  SABOT, Kate et al. (oct. 2017). "Use of social network analysis methods to study professional advice and performance among healthcare providers : a systematic review.". In : *Systematic reviews* 6 (1), p. 208.
-  TASK FORCE "RÉFORME DU FINANCEMENT DU SYSTÈME DE SANTÉ" (2019). *Réformes des modes de financement et de régulation. Vers un modèle de paiement combiné*. Ministère des Solidarités et de la Santé. URL : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/dicom_rapport_final_vdef_2901.pdf.
-  WASSERMAN, Stanley et Katherine FAUST (1997). *Social network analysis methods and applications*. Nouvelle édition avec corrections 1997. Structural analysis in the social sciences 8. Cambridge New York Melbourne [etc.] : Cambridge University Press, 1 vol. (xxxi-825 p.)

Remerciements

S. Tézenas du Montcel, M. Fages, P. Rufat

Département d'information médicale, Hôpitaux Universitaires Pitié Salpêtrière – Charles Foix et Est Parisien, APHP.6

D. Hajage, Y. de Ryck, F. Tubach

Biostatistique, Santé Publique, Hôpitaux Universitaires Pitié Salpêtrière – Charles Foix, APHP.6, IPLESP UMRS 1136, Sorbonne Université, INSERM

T. Similowski

Service de Pneumologie, Médecine Intensive et Réanimation, Hôpitaux Universitaires Pitié Salpêtrière – Charles Foix, APHP.6

J. Cadranel

Service de Pneumologie, Oncologie Thoracique et Maladies Pulmonaires Rares, Hôpitaux Universitaires Est Parisien, APHP.6

M.S. Fartoukh

Service de Réanimation et USC Médico-Chirurgicale, Hôpitaux Universitaires Est Parisien, APHP.6

Mesure des associations : connaître les déterminantes de la structure relationnelle

Entre GLI et qualifications des nœuds : test de permutation
"Existe-t'il une différence de densité ... entre les GH ... ?"

Principe :

1. Calcul du *GLI* par catégorie
2. Calcul des $\Delta(\text{GLI})$ entre chaque paire de catégories : $t_0(C_i, C_j)$
3. Permutation des catégories, répétition des étapes 1 et 2 : $t(C_i, C_j)$
4. Répétition de étape 3 : distribution empirique de T sous H_0
5. Positionnement de t_0 dans T : *p-value* empirique

Appendice : matériel et méthodes

Mesure des associations : connaître les déterminantes de la structure relationnelle

Entre la structure relationnelle du graphes et d'autres structures relationnelles sous-jacentes :

"Les relation entre les URM sont-elles conditionnées par une logique de GH ... ?"

Principe : approche bivariable - QAP test

1. Estimation de la corrélation ρ_0 entre 2 matrices

$$\boxed{\text{cor}(G, H) = \frac{\text{cov}(G, H)}{\sqrt{\text{cov}(G, G)\text{cov}(H, H)}}}$$
 et

$$\text{cov}(G, H) = \frac{1}{\binom{|V|}{2}} \sum_{\{i,j\}} (A_{i,j}^G - \mu_G)(A_{i,j}^H - \mu_H)$$

2. Permutation des labels, répétition de l'étape 1 : ρ
3. Répétition étape 2 : distribution empirique R de ρ sous H_0
4. Positionnement de ρ_0 dans R : p -value empirique

Mesure des associations : connaitre les déterminantes de la structure relationnelle

Entre la structure relationnelle du graphes et d'autres structures relationnelles sous-jacentes :

"Les relation entre les URM ... sont-elles conditionnées par une logique de GH ... ?"

Principe : approche multivariée - network regression

- OLS régression
- Modèle : $\text{logit}(\text{Pr}(Y_{ij} = 1)) = \beta_0 + \beta_1 X_{1ij} + \beta_2 X_{2ij} + \dots + \beta_p X_{pij}$
- Variable dépendante Y : matrice d'adjacence

Mesure des associations : connaître les déterminantes de la structure relationnelle

Entre les NLI et les variables qualifiantes :

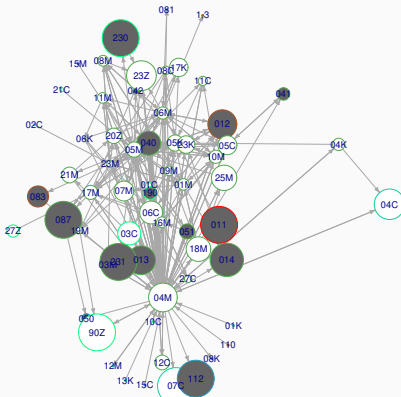
"La DMS ... est-elle associée à la centralité?"

Principe : tests usuels - MWW, ...

Appendice : Résultats GLI - GHM

Légende sommet

- LRG
- RTH
- MULTI
- PSL
- TNN
- CFX
- TRS
- SSR
- MCO



63 sommets et 308 relations dt 54 boucles, 69 mutuelles, 116 asymétriques

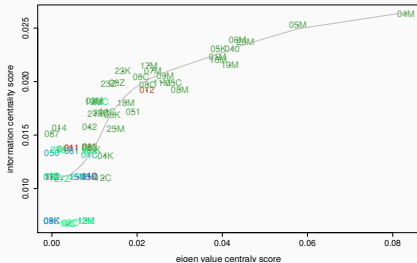
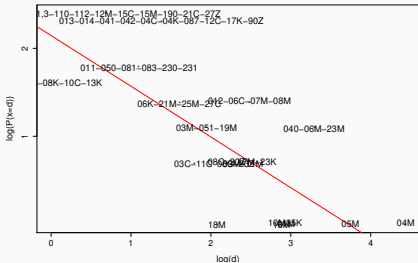
Densité = 0.08

Réciprocité "non nulles" = 0.37

Transitivité 0.22

Réseau hautement **centralisé** sur le MCO, organisé **hiérarchiquement** avec en périphérie le SSR, avec de nbx aller-retour témoignant de la fragilité de ces patients

Appendice : Résultats NLI - URM



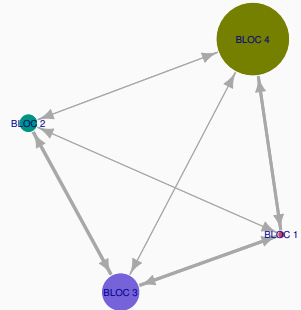
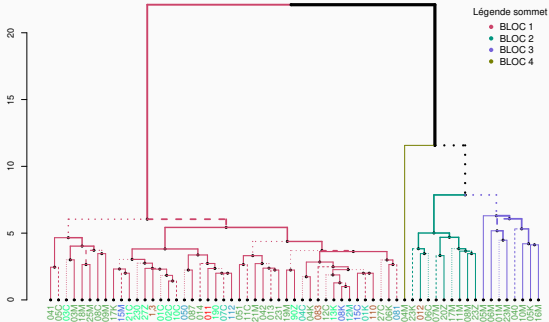
Distribution des degrés suis une loi de puissance

Centralité/prestige important de qqes GHM : 04M, 05M, 06M, 01M

Centralité plus importante des séjours MCO / SSR

"Scale free network" et **Identification des parcours associés** : maladie CVaire (IDM, AVC), onco, mais aussi traumato et maladie métabolique

Appendice : Résultats block model - URM



B1 "BPCO" : très forte activité, centralité et prestige important

B3 "parcours associés" : activité et centralité importante mais moindre prestige, affections de même terrain (pathologie CVaire, onco) et réhabilitation respiratoire en SSR, très lié à B1

B2 "épisodes associés" : faible activité, faible centralité, plus associé à B3 qu'à B1

B1 "Parcours rare" : très faible activité, très périphérique, épisodes cliniques distants de la BPCO ou associations rares.