



HAL
open science

Connaissance et optimisation de la prise en charge des patients : la science des réseaux appliquée aux parcours de soins

Marc-Olivier Jaffré

► To cite this version:

Marc-Olivier Jaffré. Connaissance et optimisation de la prise en charge des patients : la science des réseaux appliquée aux parcours de soins. Médecine humaine et pathologie. Université de Technologie de Compiègne, 2018. Français. NNT : 2018COMP2445 . tel-02101198

HAL Id: tel-02101198

<https://theses.hal.science/tel-02101198>

Submitted on 16 Apr 2019

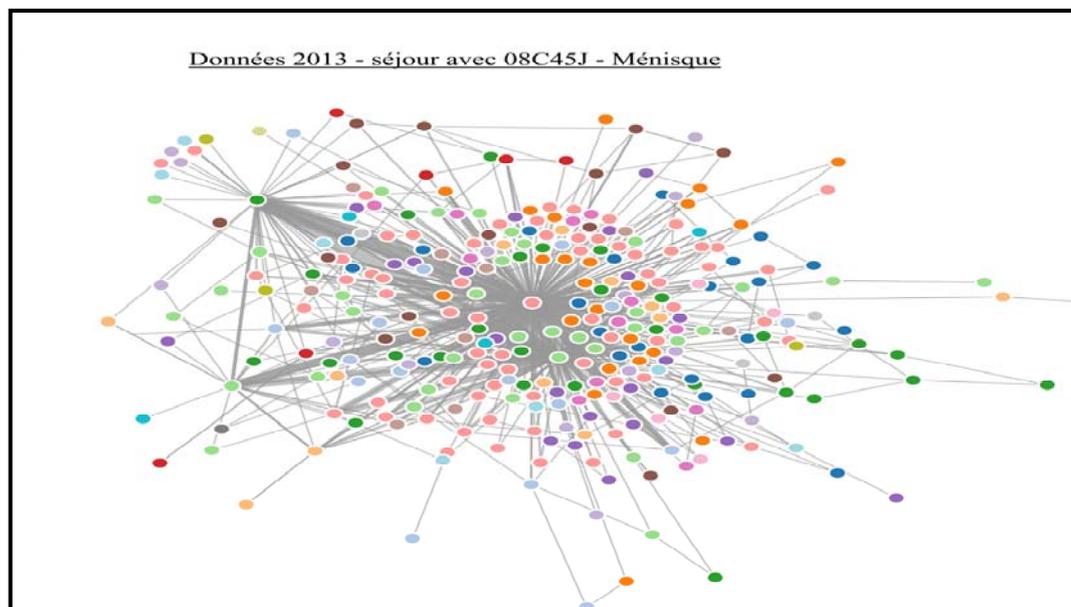
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Par **Marc-Olivier JAFFRÉ**

Connaissance et optimisation de la prise en charge des patients : la science des réseaux appliquée aux parcours de soins

Thèse présentée
pour l'obtention du grade
de Docteur de l'UTC



Soutenue le 26 octobre 2018

Spécialité : Connaissance, Organisation et Systèmes
Techniques : Unité de recherche COSTECH (EA-2223)

D2445

Thèse de doctorat

Université de Technologie de Compiègne (UTC)

Spécialité "Connaissance, Organisation et Systèmes TECHniques"

Marc-Olivier JAFFRÉ

Connaissance et optimisation de la prise en charge des patients :
La science des réseaux appliquée aux parcours de soins

Soutenue le 26 octobre 2018

Directeur de thèse : François LANGEVIN, UTC / EHESP

Co-directeur : Philippe MARIN, EHESP

Jury :

Rodolphe BOURRET	Directeur Général – HDR, CH de Valenciennes	Rapporteur
Philippe WIESER	Professeur, Ecole Polytechnique de Lausanne	Rapporteur
Bruno BACHIMONT	Professeur, Université Technologique de Compiègne	Examineur
Gérard DE POUVOURVILLE	Professeur, ESSEC de Paris	Examineur
Thierry NOBRE	Professeur, Ecole de management de Strasbourg	Examineur
Sandrine ROUSSEL	Ingénieur Biomédical – HDR, CHU de Besançon	Examineur
Michel GOURGAND	Professeur, ISIMA de Clermont-Ferrand	Invité

UTC

Connaissance, Organisation et Systèmes TECHniques (COSTECH)

UMR CNRS, F-60203 COMPIEGNE, FRANCE



Paul Ford

@ftrain

Suivre



One commonality between writing and coding is that everything you do is in a nightmarish state of total failure until the moment it is not.

19:45 - 22 avr. 2014

893 Retweets 835 J'aime



REMERCIEMENTS

Avant tout je tiens à remercier Monsieur François LANGEVIN, enseignant-chercheur à l'Université de Technologie de Compiègne, titulaire de la chaire de Management des Technologies de santé à l'EHESP pour ces six années consacrées à la direction et l'encadrement de cette thèse. Il m'a porté durant tout ce temps avec la force que sa solidité naturelle lui permet, en exemple permanent d'une vie consacrée au travail, à l'intelligence, aux sciences, au Savoir, aux autres. Une telle rencontre et un tel engagement me marqueront à jamais.

Je remercie également Monsieur Philippe MARIN, directeur d'hôpital et enseignant à l'EHESP, pour sa bienveillance ; que lui permet son extraordinaire lucidité. Au cours de ce travail, chaque échange a constitué un jalon et s'est soldé de vraies prises de conscience. Peut-être faut-il une vie pour tout accepter et tout assimiler ? Je remercie Monsieur Michel GOURGAND, professeur à l'Université Blaise Pascal. Ses enseignements méthodologiques concentrés ont été essentiels. Leurs applications dépassent très largement le seul cadre de cette thèse.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur Rodolphe BOURRET, Directeur d'Hôpital, ainsi qu'à Monsieur Philippe WIESER, Professeur, de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être rapporteurs de cette thèse. Merci aux membres du jury pour leur consentement et l'intérêt porté à ce travail.

J'adresse toute ma considération aux Directeurs du CHIC Castres Mazamet qui se sont succédés : Monsieur Jean-Louis DARDÉ, Monsieur Pierre PINZELLI et Monsieur Philippe PERIDONT qui ont compris ce projet. De la même manière, je souhaite souligner ma vive reconnaissance à Monsieur Thierry CHAGOT, directeur-adjoint, et son équipe – *Aurélie, Marion, Nadine*, pour leur soutien logistique. Je pense également à Madame Sylvie CARLIER de l'UTC pour tout ce qu'elle a permis sur le plan administratif. Et de manière générale, je tiens à remercier l'UTC et l'école doctorale pour avoir autorisé ce parcours et cette recherche.

Tout ce travail n'était évidemment pas possible sans mon équipe technique à l'hôpital : *Alain, Bernard, Christophe, Franck et Vincent*, sans quelques fidèles complices du "3^{ème} étage" : *Patrice, Philippe, Serge* ; sans l'équipe de l'IRM : *Cathy, les deux Françaises, Marie au secrétariat et Adeline, Christine, Céline, Emilie, Sinthurry à la console*. L'autonomie, la gentillesse et la compréhension de tous ont compté ; chaque jour.

Surtout, je dois plus qu'un remerciement à Marie-Claude BONNAURE, directeur-adjoint du CHIC Castres Mazamet, qui a cru en ce projet et a fait tout son possible pour m'aider.

Bien évidemment je remercie les étudiants de la chaire MTS, Claire IMBAUD et Pauline BERGEONNEAU pour leur aide et tous les échanges et débats structurants. Je remercie Franck FONTANILI et Elyes LAMINE, maitres de conférences à l'EMAC, pour l'intérêt et l'aide qu'ils m'ont témoignés ou proposés régulièrement. Je remercie enfin les dirigeants de la société HEVA pour m'avoir mis à disposition les accès à leur solution ADAPT.

Merci à tous les autres, que j'oublie sans doute et fautivement ; ce travail dépend de tant de monde...

Mes pensées les plus fortes vont enfin à mes enfants Agathe, Clément et mon épouse Anne. La suspension de ce travail leur revenait en priorité et à tout moment. Ils ont été mes supporters jusqu'au bout, partageant avec tant de confiance mon quotidien, ma vie...et s'étonnant même d'être cités ici alors que tant de leurs matinées, après-midis, vacances, années ont été rythmés par cette thèse.

Le 15 août 2018 – Castres – France

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	II
TABLE DES MATIERES.....	IV
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES ACRONYMES.....	X
INTRODUCTION	1
- CHAPITRE 1 - OPTIMISATION ET PERFORMANCE DU SYSTEME DE SOINS	4
1.1. Santé, hôpital, système de soins : enjeux et contexte.....	4
1.1.1. Eléments de situation en matière de santé publique	4
1.1.2. Evolution dans les hôpitaux.....	6
i. Des contraintes exogènes	6
ii. La poussée des technologies de santé	10
iii. La chirurgie ambulatoire et le <i>fast-track</i>	12
1.1.3. Evolution du système de soins	16
i. Une nouvelle donne : le maillage territorial	16
ii. Taille, complexité, rationalité limitée	19
1.2. Performance et résultats en santé	23
1.2.1. Mesure de la performance dans le domaine de la santé	23
i. Rappel sur les principaux déterminants de la santé	23
ii. Performance des systèmes de santé	24
iii. De la performance des hôpitaux à la valeur en santé.....	25
1.2.2. Rappel sur le mécanisme objectif-résultat.....	27
i. Notion originelle de performance	27
ii. De l'objectif au résultat	28
iii. Calcul de pertinence, d'efficacité et d'efficience	30
iv. Optimiser et décider	31
- CHAPITRE 2 - ANALYSE ET BILAN DE DEMARCHES D'OPTIMISATION	33
2.1. Optimisation au bloc opératoire : Proposition d'une classification des démarches.....	35
2.1.1. Contexte et objectif.....	35
2.1.2. Matériel et méthode.....	38
2.1.3. Les approches intrusives ou « open box »	40
i. Approche processus.....	40
ii. Approche relations humaines	43
iii. Approche zéro-défaut	46
iv. Approche ressource	49
2.1.4. Les approches externes ou « black box »	54
i. Approche objectif et benchmarking.....	54
ii. Approche BIGDATA	55
2.1.5. Synthèse et conclusion.....	58

2.2.	Optimisation par massification : Exemple de la fusion de deux hôpitaux.....	59
2.2.1.	Introduction.....	60
2.2.2.	Contexte	60
	i. Le contexte local et historique	60
	ii. Le contexte national et international	61
2.2.3.	Résultats	62
	i. Les facteurs d'une prise de conscience.....	62
	ii. Un processus technique et social	63
2.2.4.	Discussion	64
2.2.5.	Conclusion.....	65
2.3.	Objectifs et suite de la recherche	67
- CHAPITRE 3 - EXPLOITATION ET VISUALISATION DES DONNEES MASSIVES		69
3.1.	Exploitation des données massives.....	69
3.1.1.	Emergence et usage des données massives	69
	i. Activité numérique et BIG DATA.....	69
	ii. BIG DATA versus SMALL DATA	72
	iii. BIG DATA et données de santé.....	74
	iv. Les bases de données de santé.....	75
3.1.2.	Visualisation des données et théorie des réseaux	77
	i. Transformation des données en graphe	77
	ii. Processus de visualisation des données	80
	iii. Proposition du début d'un mode opératoire des mesures des réseaux.....	82
3.2.	Le PMSI comme source de données.....	84
3.2.1.	Naissance, objectifs et production du PMSI	84
	i. Naissance et objectifs du PMSI	84
	ii. Principes et mécanisme global du PMSI.....	85
	iii. Référentiels d'origine du PMSI.....	87
3.2.2.	Présentation des données du PMSI	90
	i. Présentation de l'architecture de la base de données.....	90
	ii. Présentation et choix des données	92
	iii. Détails de la base PMSI et éléments de chaînage	94
3.3.	Matériel et méthode	96
3.3.1.	Données retenues pour l'étude	96
	i. Sélection des séjours d'intérêt.....	96
	ii. Sélection des données et principe de chaînage	98
3.3.2.	Choix de l'environnement graphique	100
	i. Choix technique de l'environnement de visualisation.....	100
	ii. Choix technique de l'environnement de visualisation	101
	iii. Test de graphes et choix de l'outil principal.....	103
	iv. Précisions techniques sur la projection graphique choisie	108
- CHAPITRE 4 - NOUVELLES APPROCHES GRAPHIQUES DES PARCOURS PATIENT		115
4.1.	Approche analytique du séjour « ménisque ».....	116
	i. Typologie générale du patient « ménisque »	116
	ii. Recherche d'homologie des séquences de co-séjours	132
4.2.	Approche analytique du séjour « PTH »	139

i.	Typologie générale du patient « PTH ».....	139
ii.	Recherche d'homologie des séquences de co-séjours en 08C481	152
4.3.	Calculs et mesure sur les graphes	163
4.3.1.	Centralité de voisinage	166
i.	Degré de distribution	166
ii.	Centralité de vecteur propre (Eigenvector)	167
4.3.2.	Centralité distante.....	170
i.	Centralité d'intermédiarité.....	170
ii.	Centralité de proximité.....	172
4.3.3.	Indicateurs de densité et de partition.....	177
i.	Densité.....	177
ii.	Modularité et détection des communautés.....	177
4.4.	Discussion.....	181
i.	A propos des résultats des mesures et des graphes	181
ii.	A propos des graphes NŒUDS-LIENS sous JavaScript.....	184
iii.	L'impact sur le management.....	186
CONCLUSION.....		191
LEXIQUE.....		193
BIBLIOGRAPHIE.....		194
ANNEXES.....		210
	Annexe 1 : Calendrier de l'hôpital neuf du CHIC CASTRES MAZAMET.....	I
	Annexe 2 : Graphes historiques	II
	Annexe 3 : Indicateurs de performance hospitalière.....	IV
	Annexe 4 : Illustration des différentes démarches d'optimisation	V
	Annexe 5 : Notion de base sur la théorie des graphes	VI
	Annexe 6 : Proposition d'un début de mode opératoire des mesures sur les réseaux (extrait)	VII
	Annexe 7 : Structure de la base de données PMSI 2013 à disposition	VIII
	Annexe 8 : Diagrammes de Pareto des séjours d'orthopédie.....	IX
	Annexe 9 : Code JavaScript – Graphes NŒUDS-LIENS (extrait).....	XI
	Annexe 10 : GRAPHERS 2013 sous GEPHI dans le cadre des mesures	XIII
	Annexe 11 : Proposition de sélection du contexte	XV
	Annexe 12 : Code JavaScript – Pyramide des âges (extrait)	XVI

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Évolution de la chirurgie ambulatoire par type de structures aux États-Unis	14
Figure 2 : De l'objectif au résultat.....	28
Figure 3 : Les moyens comme intermédiaires entre objectif et résultat.....	29
Figure 4 : Synthèse des types de moyens mis en œuvre.....	30
Figure 5 : Synoptique objectif-résultat pour le bloc opératoire.....	34
Figure 6 : Illustration des données PMSI	86
Figure 7 : Pyramide de production du PMSI – adaptée de F. LAURENT (LAURENT F. , 2016)	89
Figure 8 : Structure générale des bases PMSI	90
Figure 9 : Processus d'exploitation des bases PMSI	91
Figure 10 : Enrichissement des données PMSI initiales.....	91
Figure 11 : Structure de requête initiale pour chaînage des séjours	98
Figure 12 : Données initiales renvoyées pour le chaînage des séjours.....	99
Figure 13 : Arbre "généalogique" des séjours; racine 08C481	104
Figure 14 : Graphe matriciel croisé des séjours de 08C481	105
Figure 15 : Premier graphe NOEUDS-LIENS avec données de 08C481	106
Figure 16 : Gestion des intitulés pour les graphes nœuds-liens.....	107
Figure 17 : Type de graphe NOEUDS-LIENS utilisé dans l'étude	107
Figure 18 : Enchaînement des séjours et identification des parcours récurrents	108
Figure 19 : Données et format type pour des nœuds	109
Figure 20 : Données et format type pour des liens	110
Figure 21 : Mise en graphe de la figure 11	111
Figure 22 : Variation du diamètre des nœuds en fonction de l'incidence	111
Figure 23 : Facteur de compression mathématique des épaisseurs des liens.....	112
Figure 24 : Palette de 20 couleurs pour les groupes de nœuds	113
Figure 25 : Création de la variable 'color' dans le code JavaScript	113
Figure 26 : Structure générale des requêtes exécutées	116
Figure 27 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C45J en 2013	118
Figure 28 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C45J en 2014	118
Figure 29 : Département d'origine des patients avec 08C45J	120
Figure 30 : Code JavaScript pour projection géographique sous d3 et LEAFLET	121
Figure 31 : Origine géographique des patients ayant eu 08C45J en 2013.....	122
Figure 32 : Projection des établissements de santé de Midi-Pyrénées	123
Figure 33 : Illustration de l'exactitude de projection relative aux objets réels.....	123
Figure 34 : Schéma Source-Target / patients-établissement.....	124
Figure 35 : Fichiers nœuds et liens pour les projections patients-établissements	124
Figure 36 : Structure de requête pour constituer le fichier des LIENS.....	125
Figure 37 : Structures des requêtes pour constituer le fichier des NOEUDS	125
Figure 38 : Flux des patients 08C45J entre résidence et établissements de santé en 2013	126

Figure 39 : Zoom sur les flux du Tarn en matière de séjour 08C45J.....	127
Figure 40 : Vue toulousaine avec filtrage sur les flux denses en 08C45J - 2013	128
Figure 41 : Données nécessaires au calcul distance-temps / patient-établissement	129
Figure 42 : Requête pour extraction distance-temps / patients-établissement.....	129
Figure 43 : Graphe par décile des durées et distances <i>GOOGLE</i> pour les patients 08C45J.....	130
Figure 44 : Projection initiale des séjours des patients ayant eu un 08C45J en 2013	133
Figure 45 : Mise en évidence de séjours excentrés type '28', séances - 2014.....	135
Figure 46 : Illustration de la fonction zoom	135
Figure 47 : Utilisation des propriétés dynamiques pour fouiller le graphe – 2013 – 08C45J.....	136
Figure 48 : Comparaison des graphes de force 2013 et 2014 pour 08C45J.....	137
Figure 49 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C481 en 2013	141
Figure 50 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C481 en 2014	141
Figure 51 : Modes de sortie observés pour les séjours des patients ayant eu 08C481	142
Figure 52 : Répartition des modes de sortie par type de séjour en 2013 et 2014	143
Figure 53 : Provenance géographique des patients en 08C481.....	144
Figure 54 : Flux des patients entre résidence et établissements - séjour 08C481 - 2013.....	146
Figure 55 : Zone des flux dans le Tarn pour 08C481.....	147
Figure 56 : Flux les plus importants pour 08C481	148
Figure 57 : Comparaison des flux 2013-2014 pour 08C481 [2 graphes].....	149
Figure 58 : Distances-temps entre patients-établissement pour 08C481	150
Figure 59 : Graphe par décile des durées et distances <i>GOOGLE</i> pour les patients 08C481	150
Figure 60 : Projection initiale des séjours des patients ayant eu un 08C481 en 2014	153
Figure 61 : Utilisation des propriétés dynamiques pour fouiller le graphe – 2014– 08C481	155
Figure 62 : Comparaison des graphes de force 2013 et 2014 pour 08C481.....	156
Figure 63 : Code de création des nœuds dans les graphes	157
Figure 64 : Graphe complet des données 2014 pour 08C481	158
Figure 65 : Graphe 2014 - 08C481 - Nœud 90Z00Z.....	159
Figure 66 : Graphe 2014 - 08C481 - Nœuds 06K04J et 02C05J	159
Figure 67 : Mise en évidence des séjours liés aux pathologies cardiaques et vasculaires	160
Figure 68 : Comparaison des graphes 08C45J (gauche) et 08C481 – année 2013	162
Figure 69 : Projection du réseau 08C45J sous GEPHI - données 2013.....	164
Figure 70 : Projection du réseau 08C481 sous GEPHI - données 2013	165
Figure 71 : Comparaison des degrés de distribution - 2013	166
Figure 72 : Centralité d'intermédiarité - 2013	171
Figure 73 : Centralité de voisinage - 2013	173
Figure 74 : Mise en évidence des scores par strate – centralité de voisinage	174
Figure 75 : Excentricité - 2013	176
Figure 76 : Détection des communautés - 2013	179
Figure 77 : Vers une cartographie des parcours de soins	189

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des différentes approches d'optimisation proposées.....	58
Tableau 2 : SMALL DATA versus BIG DATA d'après BERMANN	72
Tableau 3 : Données PMSI disponibles pour la recherche	92
Tableau 4 : Indicateurs sur les bases de données à disposition	93
Tableau 5 : Autres agrégats de qualification des bases	93
Tableau 6 : Nombre de patients dans les bases disponibles.....	94
Tableau 7 : Haut du classement des séjours les plus fréquents en orthopédie.....	97
Tableau 8 : Extrait du tableau croisé dynamique Patient-GHM pour chaque mois en 2013	99
Tableau 9 : Socle de patients en 08C45J en 2013 et 2014	116
Tableau 10 : Ensemble des séjours enregistrés par les patients ayant eu au moins 08C45J	117
Tableau 11 : Age moyen des patients en 08C45J	117
Tableau 12 : Mode d'entrée et de sortie des patients 08C45J	119
Tableau 13 : Provenance des patients par département	120
Tableau 14 : Séjours 08C45J pour 1 000 habitants et par département d'origine.....	128
Tableau 15 : Distances-temps / patients-établissement pour 08C45J.....	130
Tableau 16 : Part des séjours par type d'établissement (privé et public)	132
Tableau 17 : Fréquence des types de séjour en 08C45J pour 2013 et 2014	138
Tableau 18 : Socle de patients ayant eu 08C481 en 2013 et 2014	139
Tableau 19 : Ensemble des séjours enregistrés par les patients ayant eu au moins 08C481	139
Tableau 20 : Age moyen des patients en 08C481	140
Tableau 21 : Mode d'entrée et de sortie des patients 08C481	142
Tableau 22 : Provenance géographique des patients ayant eu 08C481	144
Tableau 23 : Rapport entre population et activité 08C481 par département	145
Tableau 24 : Part des séjours par type d'établissement (privé et public) pour 08C481.....	152
Tableau 25 : Fréquence des types de séjour en 08C481 pour 2013 et 2014.....	161
Tableau 26 : Tableau du TOP10 des degrés d'incidence pour 2013.....	167
Tableau 27 : Distribution de la centralité de vecteur propre - 2013	168
Tableau 28 : TOP10 des scores d'Eigenvector - 2013	169
Tableau 29 : Centralité d'intermédierité - 2013	172
Tableau 30 : Principaux séjours et mesure de centralité de voisinage (closeness) - 2013	174
Tableau 31 : Mesure de la densité des graphes - 2013.....	177
Tableau 32 : Modularité et communautés - 2013.....	178
Tableau 33 : Valeur de modularité pour les séjours très connectés - 2013.....	180

LISTE DES ACRONYMES

ADSP	Actualité et dossier en santé publique
AFP	Agence France Presse
AMBU	Ambulatoire
ANAP	Agence Nationale pour l'Amélioration de la Performance
ANSM	Agence Nationale de la Santé et des Médicaments
APD	Avant-Projet Détaillé
APS	Avant-Projet Sommaire
ARH	Agence Régionale d'Hospitalisation
ARS	Agence Régionale de Santé
ASCI	American Standard Code for Information Inter change
ATIH	Agence Technique de l'information de l'hospitalisation
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
BCG	Boston Consulting Group
CCAM	Classification Commune des Actes Médicaux
CCLIN	et Centres de Coordination de Lutte contre les Infections Nosocomiales
CHIC	Centre Hospitalier Intercommunal
CHIVA	Centre Hospitalier Intercommunal du Val d'Ariège
CHT	Centre Hospitalier de Territoire
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CIMA	Centre d'Imagerie Médical Avancé
CI-SIS	Cadre d'Interopérabilité des Systèmes d'Information de Santé
CLIN	Comité de Lutte contre les Infections Nosocomiales
CIM-10	Classification internationale des maladies - 10ième version
CME	Communauté Médicale d'Etablissement
CMD	Catégorie Majeur de Diagnostic
CNAMTS	Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés
CNC	Conseil national de la chirurgie
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CNOM	Conseil National de l'Ordre des Médecins
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
COSTECH	Connaissance, Organisation et Systèmes TECHniques
CPEF	Centres de Planification et d'Education Familiale
CREX	Comité de retour d'expérience
CRM	Crew Ressource Management
CSBM	Consommation de soins et de biens médicaux
CSS	Cascading Style Sheets
DCIR	Datamart de consommation inter régime
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DGOS	Direction Générale de l'Offre de soins
DMS	Durée Moyenne de Séjour
DREES	Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques
DRG	Diagnosis-related group
ECHI	European Core Health Indicators
EDH	Elève directeur d'hôpital
EHESP	Ecole des hautes études en santé publique
EHPAD	Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes
EIG	Evènement Indésirable Grave
EMAC	Ecole des Mines Albi-Carmaux
ENC	Étude nationale de coûts
EPP	Evaluation des Pratiques Professionnelles
EVCI	Espérance de vie corrigée de l'incapacité
FINESS	Fichier National des Établissements Sanitaires et Sociaux
FMR	flux, matrices, réseaux
GCS	Groupement de Coopération Sanitaire
GHM	Groupe homogène de malades
GHS	Groupe Homogène de Séjour
GHT	Groupement Hospitalier de Territoire

GIE	Groupement d'Intérêt Economique
GIP	Groupement d'Intérêt Public
GIR	Groupe iso-ressources
GISEH	Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers
GPS	Global Positioning System
HAD	Hospitalisation à domicile
HAS	Haute Autorité de Santé
HCCAM	Haut conseil pour l'avenir de l'assurance maladie
HDP	Hospital Data Project
HPA	Hôpital du Pays d'Autan
HPST	Hôpital, Patients, Santé et Territoires
HTML	HyperText Markup Language
ICR	Indice des Coûts Relatifs
ICWSM	International Conference on Web and Social Media
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFSI	Institut de formation en soins infirmiers
IGAS	Inspection générale des affaires sociales
INSA	Institut National des Sciences Appliquées
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
ISARE	Indicateurs de santé des Régions Européennes
ISIMA	Institut Supérieur d'Informatique, de Modélisation et de leurs Applications
JS	JavaScript
MCO	Médecine, chirurgie, obstétrique et odontologie
MEAH	Mission nationale d'expertise et d'audit hospitalier
MOP	Maîtrise d'ouvrage publique
MTS	Management des Technologies de Santé
NIR	Numéro d'Inscription au Répertoire
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PC	Personal Computer
PHP	Hypertext Preprocessor
PIB	Produit Intérieur Brut
PIP	Patient In Progress
PMSI	Programme Médical du Système d'Information
PSMI	Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information
PTH	Prothèse Totale de Hanche
RGPD	Règlement général sur la protection des données
ROADEF	Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision
RMM	Revue de Morbi-Mortalité
RPPS	Répertoire partagé des professionnels de santé
RSA	Résumé de sortie anonyme
RSS	Résumé de Sortie Standardisé
RUM	Résumé d'Unité Médicale
SFAR	Société Française d'Anesthésie Réanimation
SHAM	Société Hospitalière d'Assurances Mutuelles
SIH	Système d'Information Hospitalier
SMR	Service Médical Rendu
SMUR	Service Mobile d'Urgence et de Réanimation
SNDS	Système national des données de santé
SNIIRAM	Système National d'Information Inter-Régime de l'Assurance Maladie
SQL	Structured Query Language
SROS	Schéma Régional d'Organisation Sanitaire
SSPI	Salle de Soins Post Interventionnelle
SSR	Soins de suite et de réadaptation
SVG	Scalable Vector Graphics
TMD	Temps de Mise à Disposition
TOC	Theory Of Constraints
TPS	Toyota Product System
TROS	Temps Réel d'Occupation des Salles

TROV	Temps Réel d'Occupation de la Vacation
TVO	Temps de Vacation Offert
UCC	Unité
UMR	Unité mixte de recherche
URL	Uniform Resource Locator
USB	Universal Serial Bus
USLD	Unité de Soins de Longue Durée
UTC	Université Technologique de Compiègne
WAMP	Windows Apache MySQL PHP
WIP	Work In Progress

*
**

INTRODUCTION

En 2016, la consommation de soins et de biens médicaux (CSBM) était estimée, en France, à 198,5 milliards d'euros soit 8,9 % du PIB. En comparaison le budget de l'éducation représente 6,7 % du PIB et celui de la défense est limité à moins de 2%.

Les dépenses d'hospitalisation représentent, quant à elles, 46,5 % de la CSBM ; soit elles-mêmes presque 4% du PIB et 92,3 milliards d'euros. Ces dépenses ont connu, avant 2008, des progressions situées entre 4 et 6 % avant de s'établir autour 1,5 % à 3,3 % depuis. Ceci souligne l'importance portée au suivi de l'activité des établissements de santé publics ou privés.

Devant ce volume et cette croissance des dépenses consacrées à la santé, la rationalisation des moyens, les objectifs en termes de santé publique et la poussée des progrès médicaux et technologiques ont abouti à une concentration des ressources qu'elles soient humaines ou techniques. Mais cette concentration s'est accompagnée d'une augmentation de la complexité des structures avec parfois une perte d'agilité alors même que s'engageait une dynamique d'adaptation permanente au gré des injonctions des autorités et des besoins des patients.

Dans cet environnement concentré, technologique et complexe, le décideur hospitalier fait face à des problématiques d'interdépendance des processus internes et externes où des aspects combinatoires, incertains et concurrentiels se côtoient. Le seul sens commun s'avère souvent dépassé pour permettre d'embrasser certaines problématiques d'autant que les règles "métier" – c'est-à-dire les processus unitaires simples – restent malgré tout mal connues, parfois décrites de façon partielle, sous forme littérale et donc faiblement exploitable. Concrètement, rares sont les personnes d'un hôpital pouvant décrire le parcours, même simple, d'un patient hospitalisé de son entrée à sa sortie. Où l'on perçoit bien que toute modification, développement, remise en cause des processus en place posent la question de l'estimation des impacts liés, qu'il s'agisse de projets à vocation opérationnelle, tactique ou stratégique. L'hôpital en tant que macro-objet technologique en adopte la complexité fonctionnelle.

Le décideur hospitalier évolue dans un univers contraint et dynamique. Grandes réformes de l'hôpital public, démographie médicale, ressources budgétaires réduites, concurrence des filières, renforcements normatifs, ou nouvelles technologies sont autant d'enjeux cruciaux, permanents et à gérer de front. Les cycles décisionnels s'avèrent particulièrement courts eu égard au caractère stratégique souvent engagé. La question de la pertinence du niveau d'information se pose alors. Car si l'information est effectivement disponible, comme désormais dans toutes les organisations modernes de notre économie numérique, son extraction et son traitement doivent se faire dans le *tempo* décisionnel. Sa présentation doit rester simple,

compréhensible et significative, tout simplement utile. Il ne s'agit pas d'ajouter du complexe au complexe.

Or les hôpitaux font clairement face à des situations complexes, à des impératifs d'adaptation rapide et des problématiques informationnelles. Dans un tel contexte, de nombreuses initiatives de compréhension et d'amélioration ont été engagées avec une réelle volonté des tutelles et des acteurs de santé eux-mêmes. Les travaux de l'ANAP en sont la démonstration la plus manifeste avec des apports méthodologiques et des accompagnements sur le terrain. D'autres initiatives, menées par des chercheurs et universitaires, s'intéressent également aux problèmes complexes posés par les systèmes de santé : la gestion des urgences, la programmation du bloc opératoire et le dimensionnement d'infrastructures sont des thèmes abordés par des écoles d'ingénieurs depuis plus d'une quinzaine d'années (INSA Lyon, Mines de Saint-Etienne, ISIMA de Clermont-Ferrand et Mines d'Albi). Malgré le savoir-faire indubitable, le transfert méthodologique reste difficile. C'est d'ailleurs une constante observée au niveau international : les systèmes de santé semblent particulièrement hermétiques aux influences extérieures. On remarque d'ailleurs, à propos des grandes théories organisationnelles débattues et testées dans toute l'industrie mondiale (TOC, SIX SIGMA, TPS) qu'elles n'ont pas souvent été empruntées dans le milieu de la santé.

Notre travail s'intéresse à la problématique de l'optimisation des systèmes et organisations complexes des plateaux techniques de santé. En dehors des méthodes et outils d'optimisation déjà déployés et qui sont présentés dans une étude bibliographique, il s'agit de mettre en valeur les données et outils d'analyse à caractère cartographique et visuel dans le but d'apporter de nouvelles solutions en matière d'analyse et d'aide à la décision. La recherche et la mise en évidence de motifs graphiques significatifs est l'une des grandes attentes du travail engagé, avec l'objectif de participer à une nouvelle ère décisionnelle : celle où le décideur pourrait décider en un seul coup d'œil et à bon escient ; ce que Google présentait en 2014 comme le projet "*Decide with Instant Insight*"¹.

Le premier chapitre de cette thèse de doctorat rappelle tout d'abord le contexte et les enjeux contemporains en matière de santé et de soins en France. Il initie une réflexion sur la notion de performance dans ces domaines. Le second chapitre tente de mettre en évidence différentes approches d'optimisation de la performance d'un système. Le bloc opératoire, choisi en tant qu'environnement complexe et emblématique, servira de base expérimentale. La méthodologie

¹ Décider à l'aide d'un aperçu instantané

systémique employée permet de spécifier une série d'approches complémentaires et concourantes au processus général d'optimisation. A ce chapitre s'ajoute l'analyse d'une fusion d'établissements en tant qu'exemple concret d'une approche d'optimisation par massification telle que nous l'observons désormais dans le milieu de la santé. Les deux thèmes traités dans ce chapitre permettent d'établir des premiers résultats et de dégager une nouvelle voie d'intérêt pour notre recherche.

Le troisième chapitre à vocation méthodologique s'intéresse à l'approche d'optimisation liée à la science des réseaux qui appartient désormais au corpus des outils disponibles pour la compréhension des systèmes et leur optimisation. En dehors des définitions proposées, il s'agit aussi de présenter de façon hiérarchique différentes notions et indicateurs valables lorsque les données sont vues sous la forme d'un réseau de données. Un rappel sur le socle des sources de données utilisées pour produire le PMSI est également engagé. Le chapitre se clôt par le choix des données du PMSI et la sélection d'outils graphiques pour la suite de notre étude.

Le quatrième chapitre présente nos résultats. Il s'attache à étudier en détail les données d'activité issues du système de soins en lien avec la chirurgie orthopédique. Après une étude conventionnelle de ces données, une analyse graphique émergente tente d'améliorer la connaissance des parcours de soins. Elle est suivie de mesures objectives appliquées aux graphes. Le chapitre se termine par une discussion selon trois axes : en premier lieu, les résultats liés aux mesures et graphes réalisés, puis ensuite l'intérêt de l'outil développé au cours de notre travail ensuite et enfin l'inscription de la démarche dans le volet managérial des systèmes de soins.

La conclusion dresse le bilan de la contribution de la thèse et présente les perspectives de travaux à venir.

*
**

- CHAPITRE 1 -

OPTIMISATION ET PERFORMANCE DU SYSTEME DE SOINS

Face à une mobilisation toujours plus grande des richesses nationales consacrées à la santé et alors que les ressources apparaissent toujours plus contraintes, la question de l'optimisation de notre système de santé se généralise et devient l'enjeu de tous les acteurs de santé.

Dans ce premier chapitre, nous présentons quelques grandes tendances observées sur les infrastructures de soins, les hôpitaux et les technologies qui participent à l'optimisation de nos services de soins (1^{ère} partie). Nous abordons ensuite la notion de performance, d'objectif et de résultats (2^{ème} partie).

1.1. SANTE, HOPITAL, SYSTEME DE SOINS : ENJEUX ET CONTEXTE

1.1.1. Eléments de situation en matière de santé publique

Les rapports annuels de la DRESS² constatent invariablement que les Français sont globalement en bonne santé par rapport aux pays de niveau de richesse similaire, et à plus forte raison en regard de la population mondiale. Les Français bénéficient d'une espérance de vie élevée : elle est de 85,0 ans pour les femmes en 2015, parmi les plus élevées d'Europe, et 78,9 ans pour les hommes, dans la moyenne européenne.

En dix ans, l'espérance de vie des femmes a même progressé de 1,2 an et celle des hommes de 2,2 ans. Cette espérance de vie continue à augmenter, à la naissance ou à 65 ans. Cette progression entraîne, compte tenu du taux de natalité, un vieillissement global de la population et une augmentation du nombre de personnes atteintes de pathologies chroniques et d'incapacités fonctionnelles. Voilà le premier grand enjeu en termes de santé publique : faire face au vieillissement de la population et ses conséquences que sont les pathologies chroniques et les incapacités. Pour y répondre, les médecins libéraux comme les hospitaliers font souvent valoir l'importance de la qualité des soins, garantie, selon eux, par l'autonomie et les moyens qui leur sont accordés. Pour comprendre ce positionnement, il faut rappeler les principes au cœur de notre système de santé : libre choix du médecin par le patient, paiement

² Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques
<http://drees.solidarites-sante.gouv.fr/etudes-et-statistiques/publications/recueils-ouvrages-et-rapports/recueils-annuels/l-etat-de-sante-de-la-population/>

de l'acte médical par le patient, respect absolu du secret médical, liberté totale des prescriptions, liberté d'installation. Un tel système a ses avantages, notamment le choix laissé aux patients et aux médecins et la responsabilité également revendiquée par les médecins, condition *sine qua none* de la liberté donnée. Mais il a aussi ses limites : la France dépense beaucoup pour la santé (quatrième rang mondial pour la dépense par rapport au PIB) ; et surtout une offre de soins de bonne qualité ne suffit plus pour garantir à tous l'accès à la santé : selon les grands indicateurs de santé publique, il faut souligner les disparités notables qui perdurent tant entre hommes et femmes qu'entre territoires ou catégories sociales. Ce constat, directement cité au cœur de la loi de santé promulguée le 26 janvier 2016 dans son article L. 1411, rend prioritaire la lutte contre de telles inégalités et justifie de nouvelles modalités de prise en charge. L'approche par territoire est l'une des composantes majeure engagée.

Seulement quatre groupes de "maladies" rassemblent près de deux tiers des décès. Sur les 567 000 décès observés en France métropolitaine en 2013, les cancers et les maladies cardio-vasculaires constituent les causes les plus fréquentes (respectivement 27,6 et 25,1 %), suivies par les maladies de l'appareil respiratoire (6.6%), et les morts violentes (suicides, accidents...) qui représentent également 6.6%. Près d'un décès sur cinq a lieu prématurément avant 65 ans. Si l'essentiel de la mortalité se concentre désormais aux âges élevés avec, en 2015, des espérances de vie à 65 ans de 23,5 ans pour les femmes et de 19,7 ans pour les hommes – en tête du classement des pays européens – le décalage qui existe entre une espérance de vie à 65 ans très favorable et une espérance de vie à la naissance plutôt moyenne chez les hommes s'explique par le poids des décès prématurés. Le second enjeu de santé publique est lié à la prévention et à l'éducation à la santé. Dans le domaine de la mortalité prématurée, en effet, de gros progrès restent à faire en France : les maladies cardio-vasculaires, les cancers, les accidents de la route, les suicides constituent autant de causes de décès précoces qui pourraient être réduites par une action préventive sur les comportements (tabac, alcool, alimentation,...) et l'environnement (pollution, risques industriels, transports, santé au travail...). Malgré l'importance de cet enjeu devenu l'un des piliers de la politique de santé en France, notre travail ne traite pas de cet aspect de la santé publique.

Notre champ d'application se concentre sur les prises en charge de type aigu et notamment les parcours de court séjour. Ce secteur est plus souvent associé à la crise économique que connaît aujourd'hui le monde de la santé en France, avec de nombreux hôpitaux apparemment en déficit et un trou de la branche maladie de la sécurité sociale estimé à 6,2 milliards d'euros en 2016 (SAPIN, ECKERT, & TOURAINE, 2015). Si les indicateurs de santé publique sont plutôt positifs, la perspective du vieillissement de la population, la demande en soins toujours plus forte et la part de la richesse engagée et à la limite du soutenable conduisent à une recherche d'efficacité, c'est-à-dire à la maîtrise ou la diminution des coûts pour un résultat identique ou supérieur. Face à ces enjeux, des efforts et des choix de grande envergure ont été

engagés. On pense au déploiement d'infrastructures modernes, à la promotion des nouvelles technologies et récemment à l'exploitation du maillage territorial.

1.1.2. Evolution dans les hôpitaux

Penser aux organisations de soins renvoie à la question des hôpitaux, avec le plus souvent un abord historique et architectural. C'est un sujet passionnant qui démontre la richesse du patrimoine hospitalier, l'inscription des hôpitaux dans l'Histoire et les défis relevés pour faire face à chaque nouvel enjeu. Nous n'abordons pas ce thème puisque François LANGEVIN l'a largement traité au sein de sa chaire de Management des Technologies de Santé (MTS) à l'EHESP.

Nous présentons ici quelques grandes tendances qui semblent peser lourdement en matière d'organisation interne et qu'ont connues les hôpitaux au cours des 15 dernières années.

i. Des contraintes exogènes

Evoquons d'abord le domaine réglementaire qui touche tous les pans d'activité de notre société, tous secteurs confondus et auquel l'hôpital n'échappe pas. Les exigences réglementaires en matière de sécurité, d'hygiène, de gestion du risque ont explosé, entraînant des coûts directs sévères, sans doute très largement sous-estimés. Leur bénéfice est loin d'être évident même en cas de sinistre. La suprématie des exigences relatives à la sécurité incendie est bien connue. On citera seulement quelques conséquences habituelles : coupures électriques récurrentes, essais d'aspiration des fumées créant des courants d'air majeurs y compris dans les secteurs à risque infectieux, tirage à fond des adductions d'eau avec pollution du réseau, déclenchement presque hebdomadaire des alarmes auxquelles plus personne ne réagit, entretiens et contrôles coûteux. Certaines pratiques répondent à des exigences revendiquées comme obligatoires. Mais une large part d'interprétation reste du ressort de commissions locales avec lesquelles un processus de négociation et de contrôle doit nécessairement s'engager au risque de voir se constituer de nouvelles zones de pouvoir³.

Autre secteur emblématique, celui de l'hygiène sur lequel il faut rappeler qu'il existe un corpus réglementaire *stricto sensu* faible, avec essentiellement des recommandations issues de divers collègues locaux (CLIN⁴, CCLIN) et des autorités nationales (HAS, ANSM). Les conditions d'hygiène dans les hôpitaux sont confiées le plus souvent à des professionnels formés, respectables et sérieux. Il s'agit seulement de souligner ici la part d'incertitude et de fuite en avant qu'implique le cadre « des recommandations »⁵ dans une société où la prudence a cédé

³ En référence à CROIZER (CROZIER & FRIEDBERG, L'Acteur et le Système, 1977)

⁴ Comité de Lutte contre les Infections Nosocomiales et Centres de Coordination de Lutte contre les Infections Nosocomiales à vocation régionale

⁵ Ce qui est fascinant avec le cadre des recommandations c'est la facilité que certains acteurs ont de promulguer un cadre en dehors des considérations générales d'équilibre d'un système d'une part ; une sorte d'approche monolithique qui donne

au principe de précaution avant de faire place à celui de la suspicion (KOURILSKY & VINEY, 1999), réduisant de fait les marges de manœuvre décisionnelles.

Evoquons enfin le secteur de l'imagerie médicale où les règlements, normes et contrôles sont tels que le niveau de risque associé devient *quasi* inacceptable. Or en gestion du risque, lorsqu'un risque est à ce point critique, il faut se résoudre à abandonner la technique ou la substituer au maximum. Pourtant sur le secteur de l'imagerie, les rayons X restent d'usage préférentiel, au détriment de l'IRM ou de l'échographie par exemple.

Les trois sujets précédents ne constituent qu'une illustration des contraintes réglementaires et normatives qui pèsent actuellement sur les établissements de santé. Certains les justifieront en rappelant le contexte d'exigence de qualité renforcée autant par le consumérisme ambiant que par la diffusion du savoir et de l'information sur le web. C'est oublier que les patients considèrent "le bien et le bon" comme dus en matière de santé. Ils ne demandent pas forcément "le meilleur". Ils savent aussi la part d'incertitude et de variabilité dans ce domaine. Surtout, leurs critères de qualité évoluent dans le temps en fonction du contexte : lorsque les délais d'accès aux soins s'allongent anormalement et lorsque finalement l'accès aux soins est rendu trop difficile, ce seul critère du délai devient presque prépondérant. En jouant la différenciation sur les délais de rendez-vous et sur les conditions d'accueil, les établissements privés l'ont d'ailleurs bien compris depuis plusieurs années.

Autre grande évolution, celui du contexte managérial en général. Au cœur des hôpitaux publics, la nouvelle gouvernance introduit un bipartisme du pouvoir entre le corps médical et l'administration. Le pôle médical devient l'entité de base de l'organisation hospitalière, au sein duquel peut coexister des unités fonctionnelles, des centres de responsabilité d'activités ou des services. Une instance décisionnelle supérieure est créée avec le Directoire, dont les membres sont partagés entre Directeur d'Hôpitaux et médecins. Le Directoire est composé d'une majorité de médecins. Ce sont le plus souvent les chefs de pôles mais ils peuvent aussi être choisis parmi l'ensemble de la communauté médicale. Les membres du Directoire sont désignés par le directeur conjointement avec le président de la CME.

Ce Directoire devient la clef de voûte des décisions tactiques et stratégiques de l'établissement. Le Conseil d'Administration est remplacé par le Conseil de Surveillance dont le pouvoir est plus restreint. Dans le même temps, les établissements reçoivent des injonctions territoriales et régionales de la part d'Agences Régionales (ARH devenues ARS). Elles s'adressent bien évidemment au chef d'établissement qui reste le seul représentant légal de l'établissement. Mais les membres du Directoire deviennent également des interlocuteurs considérés.

Cette mutation crée finalement un premier couple "objectifs-responsables" normalement favorable au pilotage de chaque entité hospitalière. Elle s'accompagne d'un mécanisme de

priorité à un déterminant unique et sans moyen. Et d'autre part, la capacité de survivance des recommandations dans le temps puisqu'il n'existe aucune forme d'abrogation.

financement dont les bases seront aussi très différentes du précédent : la tarification à l'activité (T2A). Retenons que la T2A fut consubstantielle de la nouvelle gouvernance, le couple "objectifs-responsables" étant dépendant des nouvelles modalités de financement et inversement. C'est une sorte de triptyque "objectifs-responsables-T2A" que la nouvelle gouvernance a mis en œuvre. Cette mutation, vue par beaucoup comme essentiellement financière de prime abord, devait se solder par des gains d'efficacité. En dehors de considérations de réussite sur ce pari, force est de constater que les esprits comme les organisations – *et toute l'approche managériale*, en ont été largement et définitivement marqués.

Comment ne pas souligner également, les difficultés de recrutement des professionnels de santé depuis ces vingt dernières années. Sur le versant médical, personne ne semble en mesure de défendre la politique de gestion des étudiants en médecine et la régulation des effectifs par le *numerus clausus*. A l'heure où tant d'établissement de santé recrutent, par carence, du personnel médical formé originellement à l'étranger ; où tant d'étudiants en France sont rejetés depuis trois décennies par ce système, malgré leur vocation ; où même des filières de formation en médecine ouvertes aux étudiants français s'organisent à l'étranger ; où, pour finir, les générations actuelles de médecin consacrent moins d'heures quotidiennes à leur profession ; comment justifier un tel maintien et qui pénalise plus les hôpitaux que les établissements privés ?

On pourra toujours s'interroger sur la crise des vocations dans certaines spécialités (anesthésie), sur la faiblesse de la prise en compte des réels besoins de santé public par les autorités, sur les déserts médicaux, l'opportunisme statutaire voire le mercenariat avec des recrutements en dehors de toute référence réglementaire. Toutes ces considérations ne sont que les conséquences d'une raréfaction abusive de la ressource médicale. On a fait le pari qu'en réduisant l'offre, la demande en serait réduite. Or elle n'a pas diminué. L'offre, toujours rare, crée des rentes de situation qui s'entretiennent et s'amplifient. Le pari est perdu. La prudence ordonnerait qu'il faille seulement s'y résoudre et corriger⁶.

Les conséquences dans les établissements sont multiples. Afin de courtiser toutes les "vocations", les établissements de santé ont mis au point une série d'offres statutaires pour répondre aux besoins de rétribution d'une ressource "reine". Certains parlent de plusieurs dizaines de statuts différents dans les hôpitaux publics si l'on compte les montages opérés à travers des structures associées de type GCS. Dans les hôpitaux, le département des Affaires Médicales est devenu un centre hautement spécialisé en contrat de travail, en recrutement, en aide à l'installation et en gestion du *turnover* médical. Car la raréfaction de l'offre entraîne, à

⁶ Des corrections ont déjà eu lieu. Il n'y a sans doute jamais eu autant de médecins en France et dans les hôpitaux. Ces corrections sont insuffisantes tant qu'elles ne modifient pas la balance offre-demande. En outre, on ne discute pas ici de la question de la longueur des études médicales ni celle de l'idée ou opportunité, pour la France, de devenir un leader mondial des formations en médecine en ouvrant largement la filière par exemple.

l'instar de certains milieux sportifs, l'apparition d'une sorte de *mercato* : on va au plus offrant et pour certains acteurs, la moindre contrariété institutionnelle ou interpersonnelle, se solde par un départ. Cette situation est coûteuse à tous les niveaux. Pour les établissements, elle est également à l'origine d'un régime d'activité parfois chaotique sur certaines spécialités, au gré des départs et des arrivées.

Le contexte démographique, du côté des personnels paramédicaux, impacte moins les structures⁷. La durée des études ou des spécialisations, plus courtes, permet de corriger sous quelques années une diminution de certaines professions. De nombreuses professions paramédicales peuvent occuper des responsabilités élargies et dans toutes les secteurs : bloc opératoire, anesthésie, radiologie, etc. Ce sont les fameux « décrets » de compétence. Ces facultés ne sont pas exploitées. En dehors du clivage de classe entre médecins et personnels paramédicaux, que l'échec de tant de paramédicaux au concours de médecine entretient aussi, la T2A a peut-être renforcé le mépris vis-à-vis de ces professions qui ne rapportent pas, ou si peu puisque c'est l'acte médical qui cote.

Enfin, il ne faut pas oublier les évolutions inscrites dans la Loi modernisation de notre système de santé du 26 janvier 2016. Cette loi a défini juridiquement le parcours de santé " [...]. La politique de santé comprend : [...] 5° L'organisation des parcours de santé. Ces parcours visent, par la coordination des acteurs sanitaires, sociaux et médico-sociaux, en lien avec les usagers et les collectivités territoriales, à garantir la continuité, l'accessibilité, la qualité, la sécurité et l'efficacité de la prise en charge de la population, en tenant compte des spécificités géographiques, démographiques et saisonnières de chaque territoire, afin de concourir à l'équité territoriale [...]"⁸. De fait, le parcours de santé intègre le parcours de soins articulé en amont avec la prévention primaire et sociale et en aval avec l'accompagnement médico-social et social, le maintien et le retour à domicile. Le parcours de soins coordonné a été mis en place par la loi du 13 août 2004 relative à l'assurance maladie. Initialement il consistait à confier au médecin traitant les différentes interventions des professionnels de santé pour un même assuré, dans un objectif de rationalisation des soins. Son respect conditionne toujours la prise en charge normale des dépenses de santé pour le compte du bénéficiaire. A défaut, les patients s'exposent à des majorations financières. La nécessaire articulation entre l'ensemble des professionnels de soins et selon le contexte constitue un chantier complexe supplémentaire à mener.

Contraintes réglementaires, nouvelle gouvernance, ressources médicales, nouvelles coordinations impactent invariablement le fonctionnement interne des établissements de soins. Elles sont devenues des enjeux de gestion quotidienne pour les décideurs. Sur ces trois sujets,

⁷ Sauf pour certaines professions dont les kinésithérapeutes par exemple.

⁸ Article L.1411-1 du code de la santé publique

trouver une réponse pertinente et de long terme ne constitue pas l'assurance d'une performance en particulier mais évite sans doute d'en dégrader le potentiel.

ii. La poussée des technologies de santé

Les activités en matière de santé s'appuient sur l'utilisation de très nombreux outils et procédés : les technologies de santé englobent aussi bien les médicaments, les dispositifs médicaux et les procédures et systèmes de soins (par exemple les réseaux de télémédecine). Ces technologies de santé font l'objet de définitions assez convergentes entre l'*International Network of Health Technologies Assessment*, l'OMS, l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé (ANSM) ou même la Haute Autorité de Santé (HAS). Cette dernière estime aujourd'hui que les technologies de santé intègrent aussi bien « les équipements, dispositifs médicaux, médicaments et procédures médicales ou chirurgicales (...), ainsi que les systèmes organisationnels requis pour leur mise en œuvre. (...) » (ANAP, Ensemble pour le développement de la chirurgie ambulatoire : outils et recommandations économiques Note de cadrage, 2012).

Ainsi une dimension très large est donnée aux technologies de santé qui ne se cantonnent pas aux seuls équipements, outils ou même infrastructures mais englobent également les pratiques et savoir-faire.

Ces technologies médicales n'échappent pas au dynamisme des quarante dernières années en matière d'innovation. C'est même une évolution extrêmement rapide qui s'est opérée. FÉRY-LEMMONIER évoque quatre facteurs principaux (FÉRY-LEMMONIER, 2002) :

1. Les progrès dans les domaines non médicaux : Ils catalysent des transferts des techniques de pointe vers la médecine avec des impacts directs en imagerie, en robotisation, et en miniaturisation ;
2. La sur-spécialisation médicale : Les médecins surspécialisés utilisent et exigent des technologies de plus en plus sophistiquées ;
3. La dynamique de survie industrielle : Pour des raisons commerciales, les industriels recherchent la mise sur le marché la plus rapide possible de leurs produits afin d'amortir leurs budgets de recherche et développement et légitimement garder ou prendre le leadership, voire tout simplement survivre ;
4. La vulgarisation médicale : Accélérée par Internet, elle informe les patients qui souhaitent aussi bénéficier des techniques diagnostiques ou thérapeutiques les plus récentes ;

De manière générale, LANGEVIN (LANGEVIN, 2011) propose de retenir trois mécanismes principaux d'innovation : le "*demand pull*" suscité par l'utilisateur où l'usage est prédéfini avant sa réalisation, le "*technology push*" en provenance des avancées des sciences et des technologies extérieures et l'"*integrative*" qui correspond à un regroupement d'éléments

distincts au départ mais dont le tout donne un caractère définitivement innovant voire révolutionnaire : l'arrivée des Smartphones – *de l'iPhone en particulier* – a révolutionné le monde sans qu'aucun individu ou organisation – *ou si peu* – n'en ait mesuré auparavant les impacts.

Du côté des outils techniques, les règles méthodologiques de la Recherche & Développement (R&D) en matière d'innovation technologique méritent d'être également rappelées. Ces règles traduisent bien le processus de sélection indispensable face à la profusion des développements potentiels dans le secteur des technologies de santé. Avant tout, les industriels établissent une *roadmap* de leur projet R&D. Il s'agit d'arrêter la gamme à travailler, fixée par le marketing et la stratégie. A partir de ce cadre, les industriels vont établir :

1. La cartographie des ressources et des compétences disponibles ;
2. Une collecte d'idées par visite des clients inventifs, groupe de travail, observations ;
3. Un classement des idées en fonction des opportunités et des risques techniques [*Business Case*].

C'est seulement à l'issue de ce processus que la R&D pourra identifier les pistes jugées encourageantes puis éventuellement établir un pilote, réaliser des tests de faisabilité et enfin rédiger une documentation de transfert et de diffusion.

Malgré ces processus de sélection, les technologies de santé suivent un rythme de développement important et des cycles de vie courts, ponctués par des innovations qui modifient sensiblement les stratégies cliniques et les pratiques. Outre la veille nécessaire qui en résulte ainsi que les questions d'évaluation – on *parle de health technology assesment* (FÉRY-LEMONNIER, 2002), force est de constater que les relations d'interdépendance, dès leur phase de mise au point, mais aussi d'interopérabilité des composantes technologiques et humaines deviennent prépondérantes. Ce processus revient à encapsuler les objets technologiques et les processus associés à leur usage. Le niveau d'intégration est tel que nous sommes face à une macro-technologie de santé (LANGEVIN, 2011), une sorte d'horlogerie complexe où chaque objet ou processus dépend des autres sans dissociation simple. Les technologies de santé, initialement compliquées, présentent à la fois un profil complexe et un changement d'échelle, un hôpital pouvant être considéré comme un objet macro-technologique. Seule une approche globale parfois à l'échelle territoriale permet alors de décrypter l'ensemble des interdépendances et d'apporter un degré d'intégration ou d'optimisation.

Toujours en matière de technologie de santé, les applications de la e-santé et des applications sur Smartphones constituent des accélérateurs de développement remarquables. Ces outils possèdent une capacité de propagation supérieure à tout ce qui a été observé jusqu'alors, créant même des situations d'usage hors validation clinique ou juridique. A tel point

que le Conseil National de l'Ordre des Médecins (CNOM) a édité un livre blanc de cadrage sur le sujet (CNOM, 2015).

Pour terminer relevons que la recherche dans le domaine des technologies de santé nécessite d'accepter la part d'incertitude liée à l'innovation. Or plusieurs indicateurs de notre société conduisent à penser qu'en l'absence de certitude, il vaut mieux s'abstenir. Les scandales médiatiques dans le domaine des médicaments illustrent bien ce mécanisme. On pense à ceux concernant la vaccination avec au départ un fait divers de mise en cause des bien-fondés, une situation médiatique intenable pour les gouvernants, une décision d'arrêt et en retour, mais loin du bruitage médiatique cette fois, une augmentation des nouveaux cas contre lesquels le vaccin luttait efficacement.

Il faut dire que le législateur a largement participé à la lutte contre tous les risques – mêmes hypothétiques – en promulguant le principe de précaution⁹ à la lumière des connaissances¹⁰. La mécanique ainsi enclenchée a d'abord créé la notion d'expertise puis la notion du préjudice d'angoisse pour les patients. La commission ATTALI (octobre 2007) posait d'ailleurs la question de la suppression du principe de précaution dans le corpus constitutionnel et réglementaire. Ce conseil fut sans conséquence puisqu'il figure toujours dans le bloc de constitutionnalité. Certes les technologies de santé progressent de toute part, mais l'innovation dans le domaine de la santé reste certainement bridée par le carcan de la précaution.

La poussée des technologies de santé contribue pleinement à l'optimisation des systèmes de santé en apportant des fonctions et des informations supplémentaires aux usagers comme aux producteurs. En parallèle, elles requièrent d'être maîtrisées et accompagnées tout au long de leur cycle de vie : il s'agit d'investir dans celles qui apportent une vraie valeur ajoutée et garantir les transitions d'une solution vers une autre au meilleur moment.

iii. La chirurgie ambulatoire et le *fast-track*

Sur le plan organisationnel, la chirurgie ambulatoire constitue une nouvelle modalité de prise en charge au sein des plateaux techniques. Elle permet le retour à domicile du patient le jour même de son intervention chirurgicale. La pratique ambulatoire est réglementée par le décret n° 2012-969 du 20 août 2012 qui en établit les conditions officielles : « *les structures pratiquant l'anesthésie ou la chirurgie ambulatoire dispensent les prises en charge (...) d'une durée*

⁹ Loi n°95-101 du 2 février 1995 ; article L200-1 du code rural.

¹⁰ En adoptant la charte de l'environnement, le Parlement a inscrit, au même titre que les droits de l'homme et du citoyen, quelques principes dans la Constitution de 1958, à commencer par le fameux "principe de précaution". L'article 5 de la charte précise que les « autorités publiques veillent, par application du principe de précaution, à la mise en œuvre d'application des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage ». La Charte de l'environnement est un texte de valeur constitutionnelle, intégrée en 2005 dans le bloc de constitutionnalité du droit français, reconnaissant les droits et les devoirs fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement (Conseil Constitutionnel, 2004).

inférieure ou égale à douze heures, ne comprenant pas d'hébergement, au bénéfice de patients dont l'état de santé correspond à ces modes de prise en charge...».

Ce type de procédure n'est pas nouveau. En France, elle est discutée depuis une trentaine d'années. Depuis 15 ans, les nécessités d'efficience et surtout l'évolution des techniques interventionnelles mini invasives en ont fait une priorité nationale. L'objectif d'un taux de chirurgie ambulatoire de plus de 50% avait été fixé pour l'horizon 2016. Cet objectif a récemment été relevé, en 2018, à 70% par la ministre des solidarités et de la santé¹¹. Tous les organismes de tutelles (HAS, ANAP, ARS, etc.) suivent avec attention son développement et l'enrichissent à travers une bibliographie abondante.

De cette pratique, on attend que le patient éligible (ANAP, Ensemble pour le développement de la chirurgie ambulatoire : éléments d'appréciation en vue de la prise en charge d'un patient, 2014) puisse bénéficier de résultats au moins identiques à un parcours en chirurgie classique, avec une mobilisation inférieure des moyens, sans sacrifier la sécurité. Le patient espère lui aussi une durée d'hospitalisation la plus courte possible. Il s'agit pour les établissements de réorganiser, en interne, les ressources et processus autour de ce nouveau parcours du patient. La brièveté du séjour nécessite également une continuité de prise en charge à la sortie, avec un lien médecine de ville-hôpital adéquat.

En quelques années, la chirurgie ambulatoire est devenue la pratique de choix, fortement encouragée par les autorités. En dehors des gains pour les patients, cette pratique promettait un avenir radieux sur le plan économique. Sur ce point la situation reste contrastée. Elle mérite d'être exposée car elle constitue un enjeu économique et organisationnel prioritaire pour lequel les établissements éprouvent parfois des difficultés d'adaptation.

Au lancement des premières campagnes incitatives en matière d'ambulatoire, une décote tarifaire avait été appliquée à l'ambulatoire par rapport aux séjours conventionnels (de sévérité 1). Le manque d'intérêt économique induit a justifié en partie le retard de développement initial. A partir de 2009, les établissements se sont vus proposer des tarifs identiques ambulatoire-conventionnel pour une liste déterminée de procédures ainsi que la suppression de certaines bornes basses de durée de séjour. Il s'agissait de rémunérer la chirurgie ambulatoire bien au-dessus de son coût de production mesuré dans l'échelle nationale des coûts (ENC). Mais à terme et en dehors de toute autre modification tarifaire, le développement de l'ambulatoire devait mécaniquement diminuer le coût constaté par l'ENC et donc le tarif, rendant ce tarif ambulatoire moins rentable tout comme ceux de la chirurgie conventionnelle. Du point de vue du payeur, la logique consistait à faire l'impasse sur les gains au départ, mais à terme, les récupérer au fur et à mesure que l'ENC se corrigeait. Entre encouragements et incitations financières, la chirurgie ambulatoire a décollé en France.

¹¹ En ouverture des entretiens de Bichat le 5 octobre 2017. Palais des Congrès de Paris.

En fait, le problème reste que les établissements de santé publics raisonnent plutôt « recettes » pour fixer ensuite leurs « dépenses ». Ajoutons que les hôpitaux sont des organisations parfois lourdes, conçues et organisées pour faire face aux situations les plus sévères. Viser des marges substantielles ne serait-ce que par prudence face à une éventuelle évolution tarifaire ou projeter sur les cinq prochaines années une baisse systématique des tarifs se fait rarement. Les organisations mises en place dans le cadre de la chirurgie ambulatoire se sont adossées aux moyens tarifaires initialement proposés et se sentent démunies lorsque le tarif baisse.

Sans doute a-t-on adopté une position assez dogmatique au sujet de la chirurgie ambulatoire en France en imposant le modèle sans avoir suffisamment expliqué qu'une certaine écologie des ressources engagées devait être observée dès le départ. Les centres indépendants de chirurgie ambulatoire le démontrent aux Etats-Unis. Les structures plus légères ont basé leur modèle économique sur les chirurgies ambulatoires. Après des mesures incitatives, elles se sont imposées en tant qu'acteur à part entière en matière de chirurgie ambulatoire comme le montre la figure suivante :

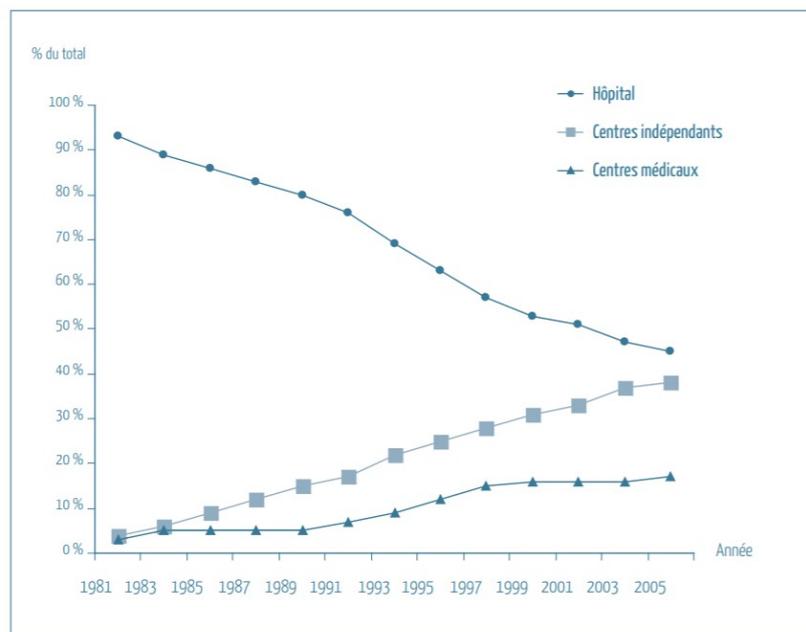


Figure 1 : Évolution de la chirurgie ambulatoire par type de structures aux États-Unis¹²

Aux Etats-Unis, les hôpitaux conventionnels, seuls acteurs au départ, pratiquaient initialement toute la chirurgie ambulatoire. Les centres indépendants dédiés ont progressivement pris le relais et réalisent désormais une majeure partie de l'activité lorsqu'associée à celle des centres médicaux.

¹² Source : AHA, Trendwatch Chartbook, 2008, Supplementary Data Tables, Organizational Trends

En résumé, l'acte plus court permet d'envisager une augmentation de la densité quotidienne des interventions. Il est donc possible de multiplier les actes et de jouer sur l'effet volume en termes de recettes. Augmenter le volume constitue le premier levier d'efficience en chirurgie ambulatoire. Dans le même temps, les ressources engagées devraient être nettement inférieures puisque les frais d'hôtellerie sont réduits, tout comme les frais médicotechniques : Réduire les charges unitaires représente le deuxième levier.

Dans la réalité, les établissements de santé ont du mal à mettre en œuvre ces deux leviers à un niveau suffisant. Il s'agit d'atteindre des ratios inhabituels, non pas de plus ou moins 20% en volume et en économie de charges, mais bien d'aboutir à des facteurs multiplicateurs de 2 ou 3 en volume et contraindre les charges à des baisses parfois de 50% ; ce que les centres indépendants, plus légers, savent mieux faire par destination.

Au-delà de ces considérations économiques, on ne peut écarter non plus la nécessaire adaptation des pratiques médicales : les techniques interventionnelles très différentes du modèle traditionnel de l'hospitalisation complète motivent les pratiques ambulatoires. Les nouvelles techniques d'anesthésie en constituent d'ailleurs un élément central.

Le concept de *fast-track* apparaît également et mérite de faire l'objet d'une définition explicite et consensuelle dans un contexte évoquant l'hypothèse ambulatoire. Le *fast-track* est rattaché à l'idée d'un temps court, plus court que celui proposé jusqu'à présent y compris en ambulatoire, résumant ainsi le séjour en un parcours hyperrapide.

Un certain nombre d'architectes interrogés sur le sujet (ENTIBI, 2016)) estiment que cette limitation du temps devrait conduire à augmenter l'intensité des relations : plus de convivialité, plus de confort, plus d'humanité. Cet aspect se révélerait d'autant plus important que le patient, pleinement conscient et d'autant plus sensible à son environnement, pourrait rechercher des espaces plus confortables et rassurants avec des retentissements sur l'architecture proposée en intérieur (ambiance, lumière, mobilier, intimité, etc.) et sur les services offerts (centres commerciaux, conciergeries, hôtels de suite).

Il s'agit également d'accepter l'idée de multiples parcours parallèles possibles, faisant naître une sorte de concurrence entre chacun d'eux. Les plus rapides, tels les *fast-track*, consisteraient à court-circuiter certaines étapes du parcours traditionnel dont la salle de réveil (SSPI¹³) par exemple. Il faudrait savoir "*sauter des étapes*". Ces nouveaux parcours nécessitent aussi que chaque acteur puisse se concentrer sur l'essentiel. Tous les temps inutiles doivent être supprimés. Ici la notion de dialogue et de réseau prend alors toute son importance pour garantir un parcours fluide, de l'accueil à la sortie.

Le concept de *fast-track* nécessite d'être envisagé dans toute ses composantes et non pas simplement dans ses seuls aspects immédiatement avantageux Ses limites doivent être

¹³ Salle de Surveillance Post-Interventionnelle

identifiées : quels patients sont réellement éligibles ? Quelle place pour des personnes couchées, fragiles ou à mobilité réduite ? On pense ensuite à ses exigences, aux éventuels nouveaux espaces de transit à créer et ses incertitudes qui nécessitent de choisir des espaces modulables, flexibles, faciles à corriger.

Un nouvel acteur indispensable au développement du *fast-track* voire de la médecine de demain émerge : l'accompagnant. Il permet d'atteindre les vraies performances du *fast-track* car il participe activement à la bonne prise en charge du patient. Le parcours de l'accompagnant doit aussi être traité : gestion de son temps d'attente, informations *quasi* temps réel, connexion Internet, espace de travail et de détente, solution de restauration, espaces commerciaux.

*
**

Les établissements de santé apparaissent parfois comme des institutions figées, issues parfois de leur inscription massive et historique dans le paysage urbain. Ils reflètent leur époque tant en matière de contraintes sécuritaires, de nouvelles technologies et de modifications des pratiques. Ces évolutions doivent faire l'objet d'une gestion suivie afin d'en bénéficier comme leviers d'optimisation et pour ne pas seulement les subir.

1.1.3. Evolution du système de soins

Au-delà des frontières de l'hôpital des évolutions majeures s'engagent également. En tant qu'outil de prise en charge des soins aigus, l'hôpital s'intègre dans un réseau de soins avec des partenaires en amont et en aval. Ce réseau s'étend sur l'ensemble de son bassin d'influence et au-delà, sur son territoire, faisant naître la notion de maillage territorial et de parcours de santé telle que définie par la loi du 26 janvier 2016 relative à la modernisation de notre système de santé. La question de l'ajout de points de prise en charge intermédiaires est posée tout comme celle de la taille et de la complexité.

i. Une nouvelle donne : le maillage territorial

L'idée d'une approche territoriale et géographique comme levier d'optimisation de l'offre de santé est défendue depuis longtemps (VIGNERON & PERICARD, 2006) (BERGOIGNAN-ESPER, 2009) (CHAUMONT, 2012). Evoquée dans les Ordonnances "Juppé"¹⁴ de 1996, cette solution propose d'aborder la problématique de santé sous le prisme de l'aménagement du territoire. Il s'agit de réorganiser la santé sur des bases territoriales afin de garantir l'égalité des prises en charges, (VIGNERON & PERICARD, 2006), anticiper le vieillissement de la population qui préfigure l'effacement de l'aigu au profit du chronique (VIGNERON E. , 2005) et ainsi préserver le système de santé à *la française* où *l'égalité* entre tous reste le mot d'ordre (TOURAINÉ, 17 décembre 2015).

¹⁴ Ordonnance n° 96-346 du 24 avril 1996 portant réforme de l'hospitalisation publique et privée

Considérer le problème à la bonne échelle (VIGNERON & PERICARD, 2006) c'est-à-dire à l'échelle du territoire apparaît pertinent (BERGOIGNAN-ESPER, 2009), suffisant en tout cas pour être consacré en 2009 dans la loi HPST¹⁵ (SEGUI-SAULNIER, Coopérations hospitalières : Stop ou encore ?, 2012). Néanmoins les actions concrètes de coopération, inévitables lorsqu'on parle de territoire, ont tardé à être observées (BLAT, 2007) (CHAUMONT, 2012). D'autres éléments de réforme dont certains pensaient qu'elles créeraient un choc exogène à même d'induire une amélioration du système de santé (T2A, certifications diverses, nouvelle gouvernance, SROS 3) (GAUDRON, 2007) (JOUBERT & LALA, 2014) n'ont visiblement pas eu l'impact escompté.

Le cas de la T2A est emblématique et mérite d'être posé. Nonobstant sa méthode de calcul et ses tarifs inadaptés dans certains cas (JUVEN, 2015), la T2A est considérée comme un frein à la coopération. Elle offre pourtant un avantage économique exceptionnel : celui de ne pas indexer – *pas encore* – l'effet volume. Autrement dit, le tarif n'est pas dégressif lorsque l'on double ou triple l'activité. Un tel modèle économique devrait pousser tous les établissements vers des situations de coopération pour atteindre les énormes marges potentielles sur coût variable (CHAUCHAT, 2013).

La politique induite par la nouvelle loi de 2016¹⁶ et qui impose aux établissements de coopérer, sur un plan hospitalier¹⁷, risque de ce point de vue d'apparaître bien plus brutale. Ainsi la notion de coopération jugée nécessaire pour recomposer une offre de santé atomisée et inégale et constatée, par exemple, entre métropoles et ruralité¹⁸ s'impose. Or coopérer reste, au-delà de l'acte contractuel et juridique (SEGUI-SAULNIER, Coopération : Comment fêter ses noces d'or ?, 2012), un processus complexe (BLAT, 2007) (LOUAZEL, 2013) : l'aspect économique bien que difficile à maîtriser (PAUL, 2014) ne constituait, jusqu'à peu, qu'un paramètre secondaire face aux réalités culturelles et politiques (PAUL, 2014) (BLAT, 2007). Les déviances sont aussi bien connues : celle de la coopération mutualisante, sans aucun intérêt que celle de créer une coquille vide pour que tout change sans que rien ne change ; où celle issue des incitations individuelles, pour répondre aux injonctions hiérarchiques (SEGUI-SAULNIER, Coopérations hospitalières : Stop ou encore ?, 2012). Il ne s'agit pas non plus d'user des outils juridiques de coopération que chaque loi a créé depuis 40 ans¹⁹ tels que SIH, GIP, GCS, GIE, CHT ou GHT sans objectif, en tant que fin en soi, en s'accrochant à leur usage pour y trouver une quelconque voie de salut. Les grandes entreprises privées choisissent principalement leurs montages juridiques sur fond de stratégies fiscales, financières ou

¹⁵ Loi n° 2009-879 du 21 juillet 2009 portant réforme de l'hôpital et relative aux patients, à la santé et aux territoires

¹⁶ Loi n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé

¹⁷ Le médico-social est exclu.

¹⁸ Voir atlas de la démographie médicale 2011 ou postérieur

¹⁹ En France, depuis 45 ans, chaque loi a apporté sa nouvelle terminologie et sa structure juridique : Loi Boulin pour le SIH, Loi Evin pour le GIP et le GIE, Ordonnance Juppé pour le GCS, Loi HPST pour le CHT et enfin Loi Touraine pour le GHT (ARNAUD, LEHERICEY, & TASSERY, 2011). Un processus de maturation longue où une véritable filiation s'instaure entre ces outils juridiques voulus comme pouvant s'adapter à toutes les situations.

d'expansion internationale mais toujours dans un contexte réel de survie ; ce à quoi les hôpitaux sont rarement confrontés.

La coopération véritable est, par définition, restructurante ; ou plus délicatement "*recomposante*". Coopérer c'est faire des choix, s'engager sur le moyen terme et accepter les crises diverses qu'un tel projet ne manquera pas de susciter (BLAT, 2007). Coopérer devrait être la solution immédiate dans un contexte de compétition et de contraintes renforcées (CHAUMONT, 2012). Coopérer nécessite le déploiement d'outils stratégiques donc introspectifs : Identifier ses valeurs, ses contraintes, ses forces et ses faiblesses²⁰ et se situer face aux données de contexte et d'environnement, concurrentielles ou non. La question de la *différenciation* se pose alors au décideur, avec deux options : se spécialiser et ainsi viser les économies d'échelle ou se diversifier et rechercher des effets de gamme et des économies d'envergure (PAUL, 2014). Dans les deux cas, les processus de coopération s'imposeront inmanquablement comme clé de réussite (PAUL, 2014) car chacune des options pose la question de l'abandon et de la complémentarité. Nous distinguons nettement qu'en quelques lignes, il s'agit bien d'une réflexion de *quasi-marketing* sur un domaine, la santé, lui-même devenu un *quasi-marché* (LOUAZEL, 2013).

Cette hypothèse, réputée outrancière dans le domaine de la santé, est souvent réfutée ou pour le moins nettement nuancée. Quelques démarches caractéristiques et désormais entreprises par les établissements de santé la renforcent pourtant : introduction du *benchmarking*, segmentation des activités, c'est-à-dire des produits et des services, segmentation des GHM c'est-à-dire des patients-consommateurs, estimation de l'attractivité, des fuites et finalement du potentiel de marché (COLLIN, DEMANET, & PAUL, 2015) : tous ces indices indiquent qu'une démarche marketing classique et non nommée est à l'œuvre dans les établissements de santé ; où le classement des produits et services dans des matrices BCG, Mc KINSEY R.CA selon qu'ils seraient « poids morts », « dilemmes », « vedettes » ou « vaches à lait » reste encore décentement écarté, sans doute parce que les décideurs publics se sentent encore investis d'une mission non marchande.

Mais cette hypothèse de *quasi marché* n'en est plus une, quand on observe des investisseurs internationaux – *qui ne sont pas là pour perdre de l'argent par définition*, s'emparer des structures privées à but lucratif et modeler progressivement un nouveau paysage concurrentiel en réseau. Un secteur privé dont on sent d'ailleurs qu'il est forcé d'abandonner les montages sous forme de conglomérats de cabinets privés spécialisés avec accords de réciprocité à l'"ancienne" : laboratoire, imagerie, spécialités médicales ou chirurgicales gravitant autour d'une polyclinique. Quand il est encore temps, il s'agit bien de se tourner vers des structures juridiques et financières beaucoup plus solides, capables d'ébaucher des approches au moins suburbaines pour ne pas dire territoriales et dotées d'une représentativité minimale

²⁰ Voir analyse SWOT, acronyme issu de l'anglais : *Strengths* (forces), *Weaknesses* (faiblesses), *Opportunities* (opportunités), *Threats* (menaces). Le SWOT est un outil de stratégie d'entreprise.

auprès des tutelles et des CHU, les uns pourvoyant les autorisations d'activité et les autres les ressources médicales futures. Ce sont des gages nécessaires mais pas suffisants de pérennité.

La modification du paysage hospitalier est en marche. Les structures hospitalières prennent désormais un caractère *quasi* industriel par leur taille aussi bien que par leur maillage territorial et régional. La mixité de certaines structures de coopération public-privé rendue possible par les outils juridiques de coopération tel le groupement de coopération sanitaire (GCS) renforce d'autant plus cette impression. En interne à toutes les structures de soins, la problématique du pilotage se pose depuis longtemps. Les établissements de santé produisent des flux matériels, décisionnels et informationnels où les facteurs du complexe (FAURE, LEMAIRE, & PICOULEAU, 2009) sont tous réunis : explosion combinatoire, phénomènes aléatoires et mêmes situations concurrentielles. Aligner une succession de choix rationnels ne suffisait déjà plus face à certaines situations. Ainsi l'approche cartésienne qui consiste à dissocier les problèmes en une succession de problème unitaire simple s'avère, en réalité, souvent inefficace car à la base non pertinente. Le rapport entre les objectifs décisionnels et les moyens investis ou disponibles pour décider est trop distant. Le décideur expérimente régulièrement cette rationalité limitée²¹ (WATERMAN, PETERS, & PHILLIPS, 1980) dépendante du niveau d'information disponible. Sans information, tout le monde convient que faire des choix est hasardeux. A l'inverse, une surabondance d'informations ne rend pas les choix moins difficiles voire tout aussi hasardeux. Or ajouter une composante territoriale aux problématiques de pilotage en santé, c'est bien ajouter du complexe au complexe. Dans ce contexte, la question de nouveaux outils d'aide à la décision mérite d'être posée.

Rappelons enfin le coût des transports de malades²² qui constituent 2.4% de la consommation de soins et de biens médicaux (CSBM) ; soit 4.8 milliards d'euros²³. Ces coûts sont supportés par les organismes de paiement – *Assurance Maladie et Mutuelles* et non les organismes de soins ou leurs tutelles. Dans le cadre des coopérations, on peut s'interroger sur les processus d'arbitrage qui permettront de faire les choix "*coûts tous confondus*", y compris la composante liée aux transports que les échanges supposent.

ii. Taille, complexité, rationalité limitée

Dans le cadre de sa chaire MTS, François LANGEVIN débute régulièrement ses séminaires en posant la question de la taille des infrastructures. Il s'interroge non seulement sur la taille minimale qui permettrait à une entité de bien fonctionner. Il pose tout autant la question de la taille maximale au-delà de laquelle les distances et la maîtrise des flux apportent plus de

²¹ *Bounded rationality* : Concept introduit par Herbert A. Simon, prix Nobel 1977, dans son ouvrage *Administrative Behaviour*.

²² Les dépenses de transport de malades recouvrent différents types de transports : service mobile d'urgence et de réanimation (SMUR), ambulances, véhicules sanitaires légers (VSL), taxis, véhicules personnels ou autres moyens de transport (transports en commun notamment).

²³ DRESS édition 2017, données 2016.

contraintes et de complexité que les bénéfices attendus par une massification. Quelles sont les bonnes tailles et les seuils critiques ?

En termes de dimensionnement des ressources dans les hôpitaux, c'est-à-dire de détermination du niveau optimal du nombre de salles, de surfaces, de locaux, de personnel et des ressources en général, la littérature se montre assez lacunaire.

Des secteurs comme le bloc obstétrical ou les secteurs de soins critiques (réanimation, soins continus et unité neuro-vasculaire) bénéficient par règlement de conditions liées et détaillées entre seuils d'activité et conditions architecturales, techniques et organisationnelles. Dans la pratique hospitalière, ces seuils sont souvent anticipés, c'est-à-dire qu'avant d'atteindre le seuil, les ressources sont déjà engagées et déployées. Il faut noter que si le sous-effectif engage le volet sécuritaire, le sureffectif réduit l'efficacité voire l'efficacités d'un système dans une situation de rareté de la ressource. D'autre part, le maintien de certaines règles après parfois 25 ou 30 ans d'application reste toujours énigmatique dans un monde aussi mobile que le nôtre.

Si l'on prend l'exemple du bloc opératoire, les indicateurs normés sont absents ou presque. Il existe des recommandations professionnelles touchant l'anesthésie, strictement appliquées dans les hôpitaux.

Sur le nombre de salles en bloc opératoire, il n'existe par contre ni classement ni seuil. L'ANAP envisage pourtant des effets seuils à l'issue de son BENCHMARKING 2007 ; distinguant autre niveaux différents : moins de 4 salles interventionnelles, moins de 6, entre 8 et 12 et plus de 20 ; avec d'ailleurs des indicateurs productifs défavorables sur la tranche 8-12. Cette étude n'a visiblement pas été poursuivie. Si les paramètres financiers sont toujours actuellement centralisés par l'ANAP (prix au m², activité, etc.), les détails pratiques tels le nombre, la taille et le positionnement optimal des salles interventionnelles ou des arsenaux stériles²⁴ n'est, à notre connaissance, pas disponible. Or on ne peut pas vraiment compter sur les études de dimensionnement lors d'un programme de construction ou de rénovation pour tout réinventer. Dans de tels projets, le temps effectif consacré au véritable dimensionnement, toutes ressources confondues, est réduit. Selon notre expérience, moins de 10% du temps d'un projet est consacré à son dimensionnement et de façon très éloignée de l'achèvement du projet – voir Annexe 1. Dans ces conditions, le dimensionnement se fait avec une rationalité limitée et sous influence des concepts et slogans du moment : la marche en avant, la salle vide, le sas de pré-anesthésie, le soignant auprès du patient ; aujourd'hui l'ambulatoire, le fast-track.

Chaque nouveau concept produit des avantages indéniables. Mais sa mise en place nécessite d'aller jusqu'au bout du raisonnement en termes de dimensionnement. Prenons l'exemple de celui du concept de la salle vide. Il doit permettre d'enchaîner les interventions. Aller jusqu'au bout du concept requiert de construire de nombreux locaux adjacents pour justement vider la salle. Sinon, le matériel est stocké dans les couloirs.

²⁴ Lieux dérisoires *a priori* mais finalement de niveau tactique *in fine* car ils vont déterminer le flux des matières et des personnes et les zones de stock.

La question de taille des hôpitaux ou de leurs sous-structures est une question difficile et mal renseignée. Quelle est la bonne taille pour un hôpital ? Ou même quelles sont les bonnes tailles pour les hôpitaux si jamais il existait finalement plusieurs bonnes tailles avec entre chacune des tailles intermédiaires pour lesquelles les indicateurs d'efficacité devenaient particulièrement défavorables. Autre question, celle de la définition d'une tendance ou d'une trajectoire concernant l'infrastructure des hôpitaux, construits en 10 ans, exploités pendant 30 ans pour une visibilité médicale de 3 à 5 ans au maximum. Ajoutons que la complexité augmente avec la taille des systèmes, non pas de manière linéaire, mais de manière exponentielle réduisant les économies d'échelle tant recherchées. De toute évidence, l'émergence du maillage territoriale ne fait que renforcer l'intérêt que l'on doit porter à ces sujets par les coopérations et mutualisations des outils que cette mise en réseau préfigure.

*
**

L'impact réel du management sur les systèmes est un sujet débattu au moins depuis l'avènement d'organisations étendues où la question de leur réelle maîtrise à commencer à se poser (WATERMAN, PETERS, & PHILIPS, 1980). Un des postulats consiste à penser que les décideurs des systèmes complexes disposent d'une information largement limitée et insuffisante. Dès lors, leurs décisions objectives et rationnelles ne peuvent qu'être limitées.

Ce premier postulat amène à la notion de rationalité limitée en termes de management des organisations. Ceci signifie que certaines décisions sont prises sans fondement consistant. Une décision et son contraire ont un égal potentiel d'aboutissement au cours du processus de décision. Cette rationalité limitée est perçue par certains managers ; mais il se peut que cette limite soit non ressentie en tant que facteur transcendantal généré par le système complexe lui-même.

Ce postulat rejoint également la théorie de la contingence qui annonce de la même manière un champ d'action limité : d'abord par les facteurs de taille et d'avance technologique qui empêchent la préhension complète des problèmes. Ensuite parce que les acteurs se situent dans un référentiel mobile²⁵ où l'environnement change en permanence et où chaque instant écoulé empêche l'application de la condition tant recherchée "toute chose égale par ailleurs". En l'occurrence, cette condition n'est jamais remplie.

Dans un système tel qu'un hôpital, évoquons enfin l'aspect combinatoire des ressources et des solutions, la trajectoire aléatoire du patient, les urgences, les schémas concurrentiels de prise en charge, les facteurs humains. Un hôpital ne constitue pas seulement un univers compliqué qu'il suffirait de sérier en petits éléments et dont la résolution élémentaire suffirait à produire une amélioration globale et déterminée. Il s'agit en fait d'un système complexe, constitué d'objets indissociables, interagissant entre eux et dont l'analyse et l'optimisation n'est

²⁵ Tels des voyageurs dans un train.

plus tout à fait du domaine déterministe. Dès lors seules des techniques approchées et quoiqu'il en soit partielle permettent de proposer des *scenarii* d'amélioration de leur performance. Dans un tel cadre, les notions d'objectif, de résultat et la notion de performance méritent d'être définis.

1.2. PERFORMANCE ET RESULTATS EN SANTE

1.2.1. Mesure de la performance dans le domaine de la santé

La mesure de la performance dans le domaine sanitaire est sans aucun doute apparentée à l'apparition des premières études épidémiologiques dans l'Angleterre de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, dont John SNOW apparaît comme le précurseur (SNOW, 2008). On citera également le travail remarquable de Florence NITHINGALE²⁶ à la même époque. Elle fera figure de pionnière avec ses *coxcomb diagram*²⁷. Son œuvre s'inscrit dans le processus de visualisation des données et dans lequel nous nous engageons progressivement dans ce rapport – voir Annexe 2.

Malgré ces racines déjà anciennes, la mesure de la performance sur les systèmes de santé n'est vraiment réalisée que depuis les années 1980-1990. C'est avec la problématique de partage de ressources limitées que s'engage la question initiale du bon usage de ces ressources et de l'impact obtenu en matière de santé. La pression des contraintes financières, le développement du recueil des données et l'émergence d'outils statistiques adaptés jetteront les bases d'une démarche malgré tout complexe, à la fois naissante et introspective dans le sens où les performances attendues renvoient aux objectifs fixés et nécessitant la collecte d'indicateurs de tous ordres.

i. Rappel sur les principaux déterminants de la santé

En 2017 le rapport de l'OCDE identifie la contribution des dépenses de santé comme un déterminant parmi d'autres en matière de santé (OCDE, PANORAMA DE LA SANTÉ : LES INDICATEURS DE L'OCDE, 2017). Les facteurs principaux restent le capital biologique des individus, les déterminants non médicaux liés au mode de vie (tabac, alcool, régime alimentaire) et les déterminants sociaux (revenus, niveau d'instruction, conditions de travail et de vie). Mais au cours des vingt dernières années, les dépenses de santé concourent de manière très positive à l'espérance de vie. L'OCDE détermine qu'une hausse de 10 % des dépenses de santé est associée à un gain de 3,5 mois d'espérance de vie.

On retiendra surtout à travers ces données la distinction toujours faite entre, d'une part, le système de santé, qui représente l'ensemble des composantes mises en œuvre pour améliorer l'espérance de vie à la naissance ou la qualité de vie ; entre, d'autre part, le système de soins qui correspond à la sphère d'intervention traditionnelle de l'ensemble des professionnels de

²⁶ <https://understandinguncertainty.org/coxcombs>

²⁷ "Diagram of the Causes of Mortality in the Army in the East can be found in Mathematics of the Coxcombs" October 1854, Turkey

soins ; et enfin entre système hospitalier, champ encore plus étroit dédié à des prises en charge à caractère relativement technique avec l'appui d'infrastructures hospitalières.

A l'évidence, ces trois systèmes, même si interdépendants, ne peuvent être concernés par des mesures de performance de même niveau et de même type, chacun possédant ses indicateurs propres et multidimensionnels. Nous ferons une distinction, sur le sujet de la performance, entre système de santé et système de soins.

ii. Performance des systèmes de santé

Les systèmes de santé pris dans leur globalité dépassent le champ de notre étude. Néanmoins, la proposition faite par DONABEDIAN en 1980 pour définir les dimensions de la performance des systèmes de santé (DONABEDIAN, 1980) constitue encore un point de départ traditionnel tant sa structure s'avère générale. Il distingue :

- 1- Les indicateurs de structure, représentant les moyens matériels et humains consacrés à la prise en charge des patients ;
- 2- Les indicateurs de processus, qui renseignent sur les pratiques professionnelles, les modalités de fonctionnement et de coordination ;
- 3- Les indicateurs de résultats intermédiaires relevant des indicateurs de processus ;
- 4- Les indicateurs de résultat finaux en termes de santé qui traduisent le changement d'état du patient ;
- 5- Les indicateurs de satisfaction des patients.

Depuis de nombreux auteurs ou organisations se sont lancés dans la mise au point et l'étude d'indicateurs de performance dans le monde de la santé. En s'engageant à traiter le sujet de la performance en santé dans tous ses rapports, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a marqué une étape décisive à partir de 2000 (OMS, 2000)²⁸. Cette initiative fit néanmoins l'objet de critiques relatives au choix de certains indicateurs et à la formation d'indicateurs composés d'un trop grand niveau d'agrégations. L'OMS choisit par exemple d'évaluer le niveau de santé général d'une population à partir d'un indicateur de morbidité-mortalité, l'Espérance de Vie à la naissance Corrigée de l'incapacité (EVCI). Cet indicateur, souvent disponible, permet une comparaison entre tous les pays mais reflète mal les inégalités entre populations. L'OMS usera aussi de techniques de pondération pour prendre en compte la réactivité des systèmes de santé et l'équité à la contribution financière, aboutissant à un indicateur composite devenu trop complexe. D'autres problèmes méthodologiques sont aussi relevés notamment des pondérations en fonction de processus d'enquête auprès d'experts et non des pays eux-mêmes. Le tout aboutit la production d'un *scoring* agrégé et à un classement général dont l'interprétation reste délicate et controversée.

²⁸ Dans ce rapport, l'OMS conclut que la France fournit à cette époque les meilleurs soins de santé généraux. Un rapport de l'OCDE 2013 mettra ensuite en garde sur le niveau des dépenses engagées en France ce qui donnera lieu à des débats nationaux et établira un classement différent.

Si la démarche a été accueillie avec ces réserves méthodologiques, elle est malgré tout considérée comme novatrice. Elle a contribué à poser la question générale de la performance des systèmes de santé et mis en évidence les problématiques de méthode en matière d'indicateurs de performance.

L'OMS a poursuivi ses mesures, en affinant sa méthodologie et tout en précisant encore en 2008 que « *Les systèmes de santé en sont toujours au stade expérimental avec le concept de la mesure de la performance* » (SMITH, MOSSIALOS, & PAPANICOLAS, 2008). Les publications récentes de l'OMS introduisent le facteur Développement Durable. Au niveau mondial, l'OCDE a engagé également des travaux comparables et réguliers (OCDE, *Systèmes de santé : efficacité et politiques*, 2011).

Au niveau européen, on assiste aussi à un foisonnement de projets non hiérarchisés en matière de mesure de la performance sur les systèmes de santé et/ou de soins : European Core Health Indicators (ECHI), Health Indicators in the European Regions" (ou ISARE - "Indicateurs de Santé dans les Régions d'Europe), Hospital Data Project (HDP), etc. Là encore, des problèmes de méthodologie sont constatés, rejoignant en définitive les constats relevés sur les domaines financiers ou économiques (emploi, chômage ou pauvreté) où la mesure de la performance relève plus du politique que des techniciens.

Les systèmes de santé ne sont encore qu'au tout début de la mesure de la performance et d'importantes initiatives doivent encore être prises pour accroître l'efficacité de leurs systèmes d'évaluation. Avant tout le domaine de la santé au sens large relève de la sphère politique. Les pays doivent partager des objectifs et des indicateurs communs s'ils souhaitent réellement aboutir à des mesures communes et comparables.

iii. De la performance des hôpitaux à la valeur en santé

La mesure de la performance en santé s'est également déclinée au niveau des soins et des infrastructures. Depuis de nombreuses années la performance des établissements de santé est basée sur un certains nombres d'indicateurs dont les plus récurrents sont traduits dans les rapports de gestion annuels. Ils présentent en général l'activité d'hospitalisation (les séjours), l'activité externe (les consultations), l'activité du plateau technique (urgence, bloc opératoire, biologie, imagerie) et les indicateurs budgétaires (balance recettes-dépenses). L'Annexe 3 donne une liste un peu plus détaillée en tant qu'illustration des indicateurs conventionnels utilisés pour qualifier la performance d'un hôpital.

Ces rapports font une place *quasi* exclusive aux indicateurs de moyens et de charge du système. On sait que les lits sont occupés, plus ou moins longtemps. On sait que les consultations sont pleines ou non, sans connaître d'ailleurs le délai de rendez-vous ou les temps d'attente pour les patients. On sait que les ambulances sont sorties, que les salles du

bloc opératoire sont bien occupées. Cette charge globale du système a généré des dépenses, compensées d'ailleurs par des recettes. Une petite place est laissée à l'activité dite de "qualité" qui dresse un bilan des événements indésirables, du travail d'introspection qui en découle voire du résultat des audits externes. Mais là encore, il s'agit de mesures sur le système, sur les moyens et jamais sur l'effet pour les patients. Si les moyens ont été bien exploités, on suppose que le service a été rendu.

En pratique, la mesure du résultat pour le patient, c'est-à-dire l'effet sur la santé du patient, ne fait pas partie des indicateurs disponibles. En 1998, DE POUVOURVILLE reprécisait l'objectif fondamental de la production de soins de santé : « *La production de santé a comme objectif manifeste la transformation positive de l'état de santé des individus malades.* ». Le résultat attendu étant :

"LA TRANSFORMATION EFFECTIVE DE L'ETAT DE SANTE DU PATIENT
ET SON AUTONOMIE A COURT, MOYEN ET LONG TERME"

Déjà en 1998, DE POUVOURVILLE notait les entraves méthodologiques et politiques comme explications de l'absence d'une telle mesure (DE POUVOURVILLE, 1998). Il rappelait l'usage principal de l'information médicale au cours des vingt années précédentes : coordination, mémoire, médico-légale. Mais eu égard au potentiel de stockage et de partage de l'information que les décennies futures envisageaient en 1998, DE POUVOURVILLE posait la question d'un système de paiement au résultat, du point de vue du patient ou du payeur cette fois. Vingt ans après cette hypothèse et même si les modalités de paiement ont largement évolué avec le PMSI et la T2A, on ne peut toujours pas parler d'un véritable virage de nos indicateurs qu'aurait pu être le passage d'une culture de moyens à celle de résultat.

Cette remise en perspective pose justement la question de valeur pour le patient. La valeur en santé est un modèle développé par Michael PORTER de l'Université d'Harvard (PORTER, 1986). Ce modèle prend en compte deux dimensions principales pour le patient :

- 1- les résultats qui importent aux patients et qui se définissent comme une somme d'objectifs de santé dans un futur projet de vie ;
- 2- le coût pour atteindre ces résultats.

Ce modèle est actuellement défendu par le Cercle Valeur Santé dans un récent manifeste (Association Cercle Valeur Santé, 2017). Une telle approche remet en perspective le patient et nécessite de préciser en profondeur les notions d'objectif, de moyens et de résultat. Fabrice BARCQ, ancien président d'une association de patients (aptes), préface le manifeste du Cercle Valeur Santé en rappelant : « (...) *Nous pensons "soins" et nous ne pensons pas "santé" au global* ». Nous aimerions rajouter que nous pensons "moyens" et non "résultat". Pour expliquer notre pensée, la partie suivante de notre exposé rappelle le mécanisme objectif-résultat.

1.2.2. Rappel sur le mécanisme objectif-résultat

En partant du sens profond sous-jacent le terme performance, nous allons aborder les notions d'objectif et de résultat puis étendre le modèle du mécanisme objectif-résultat proposé par BONVOISIN (BONVOISON, 2011). Le synoptique obtenu sera ensuite à l'origine de la proposition faite au chapitre II de notre étude.

i. Notion originelle de performance

Le terme performance envahit notre monde. Il apparaît désormais comme un champ disciplinaire si vaste que s'engager dans une définition formelle reste une tâche relativement présomptueuse. Sa trajectoire linguistique, du latin²⁹ au français, empruntée par l'anglais puis oubliée du français avant sa réappropriation récente, traduit une certaine profondeur sémantique. Nous proposons d'en rappeler quelques traits à compter de ses origines supposées.

L'histoire contemporaine retient l'usage premier de l'anglais *performance* dans le monde de l'équitation. Il s'agissait du résultat obtenu par un cheval de course et par extension par un sportif. La notion envisage le classement en diverses catégories et l'idée de contre-performance. Son emploi s'est progressivement étendu pour qualifier les exploits issus des révolutions industrielles. C'est dans le domaine technique que le terme de performance a entamé sa diversification, d'abord en qualifiant la seule prouesse technique avant de signifier, dans son expression au pluriel et par analogie, l'ensemble des caractéristiques d'un équipement puis d'un système technique ou d'une entité économique. Rappelons également l'usage du mot performance dans le cadre artistique et la connotation libérale lorsque associée à un contexte managérial.

Si l'on s'en tient à l'origine du mot performance, littéralement *accomplissement*, le seul fait de remettre un individu en bonne santé serait en soi une performance. Mais derrière ce terme, nous attendons aujourd'hui un résultat quantifié, l'aboutissement d'un processus, au regard de critères mesurables identifiés et concrets. En réalité, la performance renvoie aux éléments consubstantiels d'objectifs et de résultats, un couple lui-même infrangible et dont la bonne compréhension détermine l'appréciation, au moins en partie, du concept de performance.

²⁹ Performare, de per- et -formare soit : former entièrement ; avant d'être attesté en anglo-normand, et ensuite en ancien et moyen français The Oxford English Dictionary, second edition, volume XI, Clarendon Press, Oxford, 1989. Le terme de performance (au XVIe siècle) est lui-même dérivé du vieux français parfournir, ou parfournier ou parformer (au début du XIIIe siècle) qui signifie accomplir, exécuter, achever.

ii. De l'objectif au résultat

La production de soins en santé a comme objectif premier la transformation positive de l'état de santé des individus. Evoquer la performance en santé devrait renvoyer au résultat de la transformation de l'état de santé du patient et son corollaire important qu'est l'autonomie physique et sociale à court, moyen et long terme (DE POUVOURVILLE, 1998). PORTER évoque un second objectif, celui du coût étant donné que cette transformation positive doit se faire malgré tout dans le cadre d'un coût raisonnable ou en tout cas soutenable et accepté par la société.

Si l'on retient ces deux objectifs primaires que sont la transformation de l'état de santé du patient et la maîtrise des coûts, la relation objectif-résultat pour tout système de santé est la suivante :

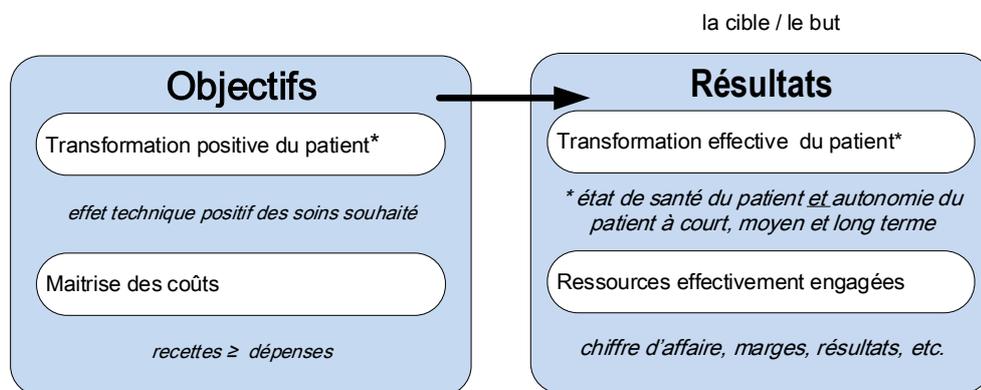


Figure 2 : De l'objectif au résultat

GOLDRATT, fondateur de la théorie des contraintes, souligne l'importance du but (*the goal*) dans les organisations (GOLDRATT & COX, 1984). Or les vrais objectifs sont rarement posés ou même connus dans les organisations de santé. Nous avons déjà évoqué les problèmes méthodologiques de la mesure de la performance. Il s'agit de systèmes complexes constitués de multiples sous-systèmes locaux. Eux-mêmes possèdent un visuel assez réduit sur les objectifs distinctifs malgré tout dépendants du contexte présenté par chaque patient. Et même posés, de tels objectifs doivent faire l'objet d'une diffusion fiable et d'une compréhension complète par les acteurs. Cette problématique de diffusion des objectifs se pose d'ailleurs depuis longtemps dans les organisations complexes internationales (WATERMAN, PETERS et PHILIPS 1980). Où l'on se demande comment partager les objectifs avec chaque membre d'une organisation, caractérisé par une diversité de culture, de valeur, de pratique et d'idéal ?

Côté résultat, la transformation positive et effective du patient est rarement disponible. Le traitement de l'information pour y accéder est en effet assez complexe à l'échelle individuelle et locale. Étonnamment, des indicateurs inverses de performance s'avèrent plus rapides et faciles à obtenir : mortalité, morbidité, complications ; indicateurs par ailleurs intégrés dans l'actuelle

tarification à l'activité. Par exemple au bloc opératoire, la transformation effective du patient n'est estimée, au mieux, que quelques heures après sa sortie. Et le chirurgien, s'il connaît et accepte le résultat effectif, devra pouvoir le communiquer à toutes les équipes ayant participé à la prise en charge complète. Enfin, le résultat en unité monétaire est loin d'être évident à extraire par la difficulté à identifier l'ensemble des dépenses.

Lorsqu'on évoque les indicateurs de performance des établissements de santé, on pense classiquement à la population desservie, au nombre d'entrées, à la file active, au nombre de séjours, au taux d'occupation et à la diversité des soins. Certains indicateurs à caractère marketing s'imposent également tels la part de marché, l'attractivité ou les fuites de territoire. La situation financière a pris une véritable ampleur. Le résultat, au sens comptable, constitue l'indicateur principal associé au chiffre d'affaire, au taux de marge brut, à l'endettement, à la capacité d'autofinancement et au *casemix*. A l'âge du budget global, les établissements publics pouvaient se prévaloir de parler d'équilibre, laissant au privé la logique du profit. La tarification à l'activité a rapproché les visions.

Le processus, des objectifs aux résultats, mobilise des ressources, une organisation (processus et management) et des contrôles ; c'est-à-dire un ensemble de moyens. La relation objectif-résultat intègre les "moyens" comme intermédiaires :

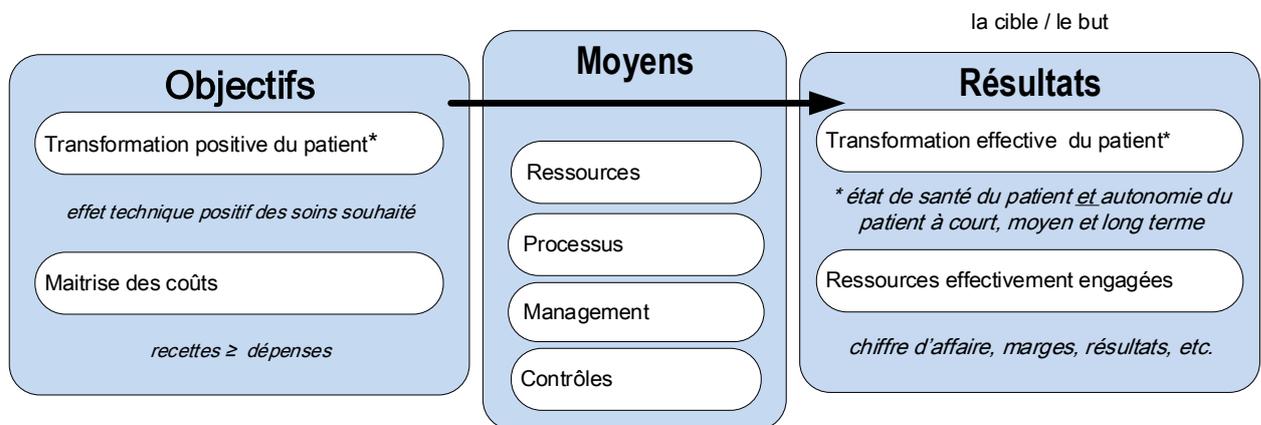


Figure 3 : Les moyens comme intermédiaires entre objectif et résultat

Comme déjà évoqué, la mesure de performance dans les établissements de santé se focalise particulièrement sur la mesure des "moyens" déployés ou engagés. Si l'on reprend les indicateurs ANAP pour le bloc opératoire³⁰, les taux d'occupation des salles sont typiquement des indicateurs de charge du système et non des indicateurs de résultats pour le patient. La démarche d'accréditation des hôpitaux prend également cette trajectoire à l'instar de la plupart des démarches normatives. En réalité cette approche présume qu'une organisation qui mesure et maîtrise les "moyens" engagés produise naturellement de bons résultats.

³⁰ Pour mémoire : MEAH 2005 et ANAP, "Evaluer et analyser la performance d'un bloc opératoire" – novembre 2016 : 1) temps de mise à disposition d'une salle (TMD) 2) temps de vacation offert au praticien (TVO), 3) temps réel d'occupation des salles (TROS) et 4) indicateurs relatifs aux ressources humaines mobilisées.

Afin d'illustrer la notion de "moyens" le schéma suivant associe des thèmes aux grands axes évoqués :

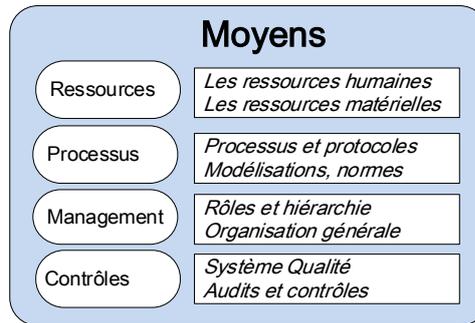


Figure 4 : Synthèse des types de moyens mis en œuvre

La hiérarchisation s'impose assez facilement. Sans ressource initiale et minimale, les autres axes n'ont aucun fondement. La préexistence des axes ressource et processus donne du sens à l'axe management puis à l'axe contrôle. Pour des organisations complexes et développées, la difficulté réside dans le dosage des contraintes à appliquer sur ces axes avec le risque de voir l'un ou l'autre sortir de sa proportion d'équilibre. On pense évidemment aussi aux effets "contre-intuitifs" posés par Michel CROZIER sur les organisations ou chacun dans son cadre réagit de manière rationnelle mais la multitude aboutit à un effet collectif non voulu, inattendu et parfois aberrant (CROZIER & FRIEDBERG, L'Acteur et le Système, 1977).

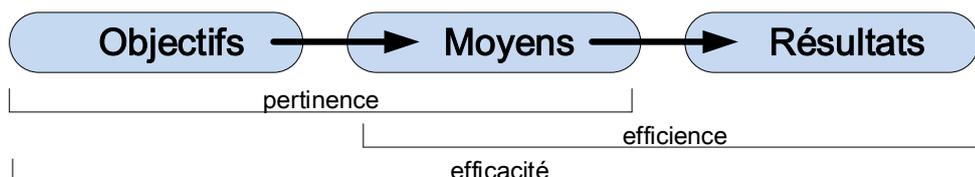
iii. Calcul de pertinence, d'efficacité et d'efficience

Le terme efficience est utilisé intensément dans les hôpitaux depuis une bonne dizaine d'année. Le terme de pertinence semble récemment prendre de l'ampleur. La mécanique objectif-moyens-résultats permet de préciser la manière dont ces ratios se forment.

Pour mémo :

$$\text{pertinence} = \frac{\text{objectif}}{\text{moyens}} \qquad \text{efficacité} = \frac{\text{résultat}}{\text{objectif}} \qquad \text{efficience} = \frac{\text{résultat}}{\text{moyens}}$$

Soit au niveau d'un schéma :



A ce niveau, une illustration, volontairement décalée, permet de remettre au cœur de notre vocabulaire la notion d'efficacité :

- Si je souhaite tuer une souris avec un bazooka, je ne suis pas pertinent mais je risque d'être efficace. L'efficacité est faible mais mesurable.
- Si j'attaque un éléphant avec une tapette à mouche. Je ne suis pas pertinent et sans doute pas efficace. Dans ce cas, parler d'efficacité n'a pas de sens.

Ce qu'il faut comprendre dans ces exemples grotesques c'est que l'efficacité présuppose l'efficacité. Repositionner la notion d'objectif et de résultat est fondamental. Réduire ses seuls valeurs aux indicateurs de moyens fait courir le risque de parler de pertinence et d'efficacité alors même qu'aucun résultat n'a été ni effectif ni mesuré.

iv. Optimiser et décider

Une fois l'importance du couple objectif-résultat repositionné, nous abordons la notion d'optimisation de la performance. Nous proposons une réflexion à partir de quelques significations étymologiques, de l'observation du processus de décision dans notre cadre professionnel et des démarches et méthodologique de Recherche Opérationnelle (RO) :

La performance doit être comprise comme un résultat quantifié, en regard d'un critère identifié, concret, mesurable et implicitement à une compétition, à une question d'amélioration, d'optimisation, du latin optimum, le *meilleur*.

Définir un optimum se fait généralement en référence à des notions plus absolues comme celles de maximum – *le plus grand*, ou de minimum – *le plus petit*. L'optimum se situe quelque part entre ces deux bornes hautes et basses. C'est une notion relative qui requiert au préalable que soient précisés plusieurs critères supplémentaires dits d'"objectif" : efficacité, durabilité, sûreté, etc. Le point de convergence entre ces multiples critères d'objectif définit l'optimum, c'est-à-dire le point d'équilibre entre tous.

Par son caractère multi-objectif, l'optimisation réclame de prendre en compte les ressources environnantes du système considérée. En pratique les éventuelles solutions d'optimisation ne devront pas conduire à l'épuisement des ressources en amont et en aval du système au risque de provoquer la défaillance d'autres acteurs ou entités du système. La quête du maximum conduit, au contraire, à contraindre l'environnement sans considération.

La notion d'optimisation renvoie aussi à celle de décision. Optimiser, c'est finalement rechercher au moins une solution autre et nouvelle : il existe une solution initiale et potentiellement une solution alternative, supposée meilleure ou favorable selon des critères fixés au préalable. La question sera : existe-t-il – *oui ou non*, une solution meilleure à la solution actuelle ou immédiate ? Autrement dit, une solution optimale existe-t-elle ? Cette bivalence – *au moins*, conduit à l'action de décision. Il s'agit d'arrêter un choix entre différentes solutions c'est à dire rejeter définitivement certaines hypothèses pour ne garder, avec suffisamment de conviction, qu'une solution à exécuter. Chaque solution étudiée renvoie à des conséquences

que le décideur, selon son niveau d'information et son attitude (pessimiste ou optimiste), appréhende en fonction de leur utilité et de leur probabilité d'occurrence.

*
**

Au cours de ce chapitre, nous avons rappelé le contexte général dans lequel s'inscrivent les hôpitaux actuellement. Face à une activité toujours plus exigeante, ils subissent de nombreuses contraintes évolutives, liées au contexte normatif, technologique et démographique. Nous avons également posé la question de la performance et celle des objectifs et des résultats ; de façon relativement théorique. Le cadrage initial de ces notions nous semblait important. Sur le plan managérial, la confusion entre objectif, résultat et moyens doit être évité. Ce cadrage va également être à l'origine d'une proposition de classification des différentes démarches d'optimisation engagées sur un système et dans notre cas sur le bloc opératoire en tant que terrain expérimental.

*
**

- CHAPITRE 2 -

ANALYSE ET BILAN DE DEMARCHES D'OPTIMISATION

Dans ce chapitre, nous proposons de concrétiser les notions abordées au chapitre I et de les appliquer au bloc opératoire. Différentes démarches d'optimisation vont ainsi être identifiées. Elles font l'objet d'une étude bibliographique détaillée et d'une proposition de classification. Suit une seconde étude relative à un processus d'optimisation par massification. Il s'agit d'un retour d'expérience professionnel en tant qu'observateur et acteur d'une fusion de deux hôpitaux : une fusion administrative d'abord puis une fusion physique des infrastructures. Cette étude a été réalisée avec l'appui des méthodes mise à disposition par la chaire de Management des Technologies de Santé de l'EHESP.

A l'issue de ces deux sujets, nous poursuivrons notre recherche en nous engageant dans une approche alternative à toutes celles évoquées et qui participe, selon nous, à une nouvelle solution d'optimisation.

*
**

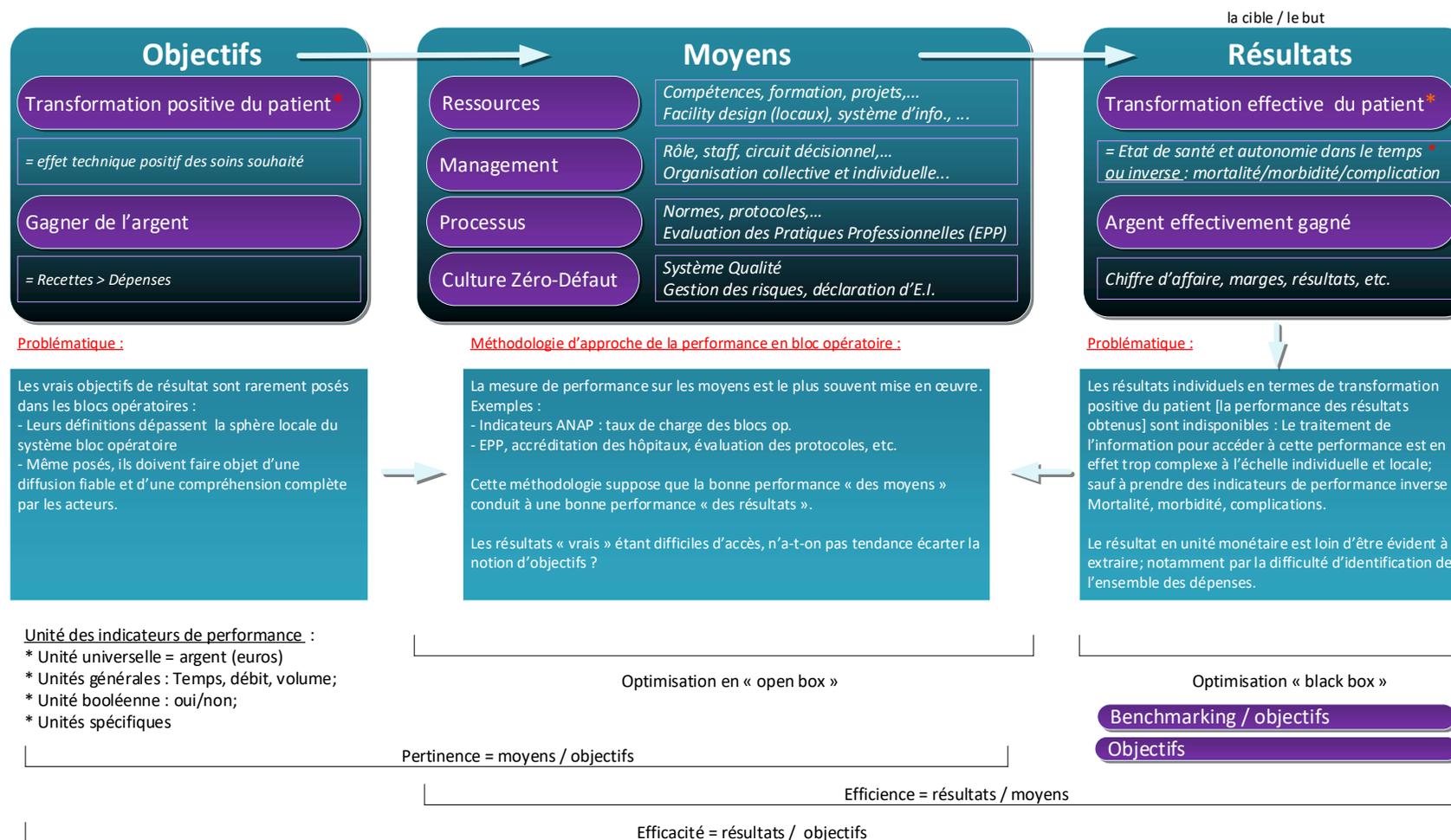
Au cœur d'un hôpital, le bloc opératoire représente un lieu de convergence de nombreux patients. Le bloc opératoire est un système complexe, souvent considéré comme une ressource "goulot". Son cadencement repose sur un planning de synchronisation des Hommes, du matériel et des patients. L'aspect combinatoire et les aléas font exploser les possibles.

Le bloc opératoire subit toutes les évolutions technologiques et normatives. C'est un lieu hautement productif et stratégique. Il concentrerait à lui seul 10 à 15 % du budget d'un établissement. L'évaluation de ses performances est primordiale. Le travail orienté vers le bloc opératoire s'est engagé à la lumière de plusieurs constats faits en 2011 au sein du CHIC Castres Mazamet :

- Un bloc opératoire qui fonctionne mal malgré des infrastructures neuves, malgré des efforts soutenus par la MEAH remplacée par l'ANAP en 2009 et diverses autres opérations d'optimisation ;
- Dans le même temps, différents acteurs proposaient chacun des méthodes différentes pour améliorer les choses : des approches sociales pour certains, la rédaction de procédures pour d'autres, la mise en place de tableaux chiffrés pour d'autres encore ; chacun allant de sa sensibilité propre et en fonction de son domaine de compétences.

Ces constats sont à l'origine de notre prise de conscience de l'existence de différents courants d'optimisation. Elle aboutira à la rédaction du synoptique proposé ci-après sur la base de la structure objectif-moyens-résultat évoquée au chapitre I. Ce synoptique servira de base à l'état de l'art bibliographique proposé ensuite.

Objectifs et résultats du bloc opératoire : Principe général



* Etat de santé du patient et autonomie du patient à court, moyen et long terme

Figure 5 : Synoptique objectif-résultat pour le bloc opératoire

2.1. OPTIMISATION AU BLOC OPERATOIRE : PROPOSITION D'UNE CLASSIFICATION DES DEMARCHES

La partie suivante a fait l'objet d'une présentation orale et d'une note présentée au Haut Conseil pour l'Avenir de l'Assurance Maladie (HCCAM) en 2015 dont les références sont les suivantes :

Marc Olivier JAFFRE, C IMBAUD, F LANGEVIN

Réflexions sur l'offre en matière d'actes médicotechniques.

Note n°3 au HCAAM. 5 Juillet 2015

*
**

Nous reprenons ci-dessous l'intégralité du texte original élaboré dans le travail de thèse. Ce texte associe l'ensemble des développements, l'ensemble de la bibliographie ainsi que l'introduction à l'approche nommée "approche BIGDATA".

2.1.1. Contexte et objectif

La comparaison de l'hôpital avec le milieu industriel fait encore débat selon les milieux. Il n'en reste pas moins qu'au cours des 50 dernières années, l'hôpital s'est inspiré progressivement de l'entreprise. L'infrastructure technique et logistique des hôpitaux, l'agrégation des prestations par fonctions principales en plateau technique, hôtelier et consultations et leur traduction architecturale sont les indicateurs incontestables d'une sectorisation de type industrielle. Sur le plan managérial, la nouvelle Gouvernance³¹ avec son organisation matricielle en pôles (DUCLOS, et al. 2007) – tels des *business units*, le système de financement et de tarification à l'activité (T2A), les outils de gestion et même l'intitulé des instances de décision – Conseil de Surveillance, Directoire³², ont tous adopté une terminologie entrepreneuriale. Penser "production de soins" devient aujourd'hui une attitude acceptée, courante et attendue. Cette pensée traduirait la transition d'une conception de la médecine en tant qu'art vers un exercice scientifiquement fondé (SETBON, 2000) (SACKETT, STRAUS, RICHARDSON, ROSENBERG, & HAYNES, 2000). Plus largement, au-delà des frontières propres à l'hôpital, les regroupements, les coopérations, les réseaux de soins à des niveaux territoriaux ou régionaux confortent l'idée qu'à l'instar d'un tissu industriel, existe désormais une sorte de tissu "industrialo-sanitaire". Certains outils et méthodes d'organisation, d'optimisation ou de simulation, jugés efficaces dans l'industrie, font l'objet d'interrogations quant à leur intérêt

³¹ Initié dans le cadre du "plan hôpital 2007" et traduit dans l'Ordonnance n° 2005-406 du 2 mai 2005 simplifiant le régime juridique des établissements de santé et Circulaire DHOS/E1 n°61 du 13 février 2004 relative à la mise en place par anticipation de la nouvelle gouvernance hospitalière.

³² Loi "hôpital, patients, santé, territoires" (HPST) du 21 juillet 2009

pour les hôpitaux. Des tentatives de transfert méthodologique sont d'ailleurs régulièrement engagées à destination des plateaux techniques hospitaliers qui concentrent les plus gros moyens techniques, humains et technologiques.

Au sein même de ces plateaux techniques, le bloc opératoire est le centre de gravité des activités dites aigües. C'est un lieu où le patient abandonne totalement sa vie aux mains de l'équipe chirurgicale. Son importance est capitale puisque le nombre d'interventions réalisées chaque année dans le monde est estimée à quelques 234 millions soit 1 pour 25 personnes (WEISER, et al., 2008). En France, près de 6,5 millions d'interventions à caractère chirurgicale seraient pratiquées chaque année (CNC, 2009). En termes de moyens, on ne dénombre pas moins de 8 000 blocs opératoires dans lesquels travaillent un personnel hautement spécialisé et potentiellement nombreux : environ 4 400 infirmiers de bloc opératoires, 7 500 infirmiers anesthésistes (www.hopital.fr, 2013), et 25 500 chirurgiens dont 17 500 libéraux (INSEE 2013), (HOLLENDER 2005), (VALLENCIEN 2006) (MEAH 2007) (MILON 2008). Pourtant la question de fermeture ou de regroupements pour faible activité est récurrente (MEAH 2007) bien que difficile à réaliser (AFP 2010). Les indicateurs économiques (Rapport 2012 au Parlement sur le financement des établissements de santé 2011) et organisationnels (TONNEAU et LABORIE, Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et les cliniques - Rapport final du chantier approfondissement 2008) posent aussi question. Les blocs opératoires figurent parmi les services où la nécessité de progresser est clairement identifiée aussi bien en termes de fonctionnement interne quotidien que dans la gestion et la coordination des ressources en phase pré et postopératoire. Certaines pistes de modernisation sont d'ailleurs bien connues (DOMERGUE et GUIDICELLI 2003), (HOLLENDER 2005) (VALLENCIEN 2006), (MEAH 2007), (MILON 2008) : il s'agit de solutions technologiques avec des procédures moins invasives, guidées par l'imagerie, il s'agit encore de sécurité opératoire, infectieuse, il s'agit de l'organisation de la chirurgie spécialisée ou de la personne âgée, de la chirurgie ambulatoire (ANAP 2012) (THEISSEN, et al. 2014), il s'agit de convalescences plus courtes.

A chaque nouvelle proposition, la question de son apport réel en termes d'amélioration se pose tel le médicament avec sa notion de *Service Médical Rendu*. La réponse nécessite avant tout de connaître l'objectif visé. Or cet objectif est parfois bien difficile à établir : s'agit-il de soigner au mieux le patient, de faire un maximum de recettes ou un minimum de perte ? La tentation est grande de répondre que l'objectif est finalement multiple ; qu'il s'agit d'un point d'équilibre idéal posé quelque part entre plusieurs hypothèses et de nombreuses contraintes. Comment alors communiquer et piloter les acteurs qui participent à la réalisation d'un tel objectif ? Nouvelle interrogation, posée depuis longtemps dans l'industrie (WATERMAN, PETERS et PHILIPS 1980) (CROZIER, Le phénomène bureaucratique 1971) (CROZIER et FRIEDBERG, L'Acteur et le Système 1977), toujours actuelle (DUPUY 2011) et à laquelle le bloc opératoire n'échappe pas : la technicité des équipements et des opérateurs confère au

bloc opératoire une structure sociale différenciée (GRUENDEMANN 1970) (SAINSAULIEU 2006) qui renforce l'imperméabilité de l'organisation au monde extérieur et au changement. Même au sein d'une équipe chirurgicale soudée et spécialisée, chaque individu construit sa propre idée de l'objectif commun (ARAKELIAN, GUNNINGBERG et LARSSON 2011).

Une fois l'objectif fixé, reste à mesurer le résultat ou l'écart à l'objectif. Les indicateurs sur le taux de charge des blocs opératoires proposé par la MEAH (TROV, TROS, etc.) ou les Indices de Coût Relatif sont une première approche. Il faut pourtant bien saisir qu'ils relèvent tous de la catégorie des moyens mis en œuvre et jamais du résultat « patient », que pourrait être, de façon simplifiée, sa bonne santé. Même le système de tarification T2A n'approche ce résultat qu'à l'envers en prenant en compte la mortalité, la morbidité et la dépendance.

On l'aura compris, l'optimisation d'un système tel que le bloc opératoire est à la fois nécessaire et difficile. La complexité (HUT 2011) ainsi que les nombreux enjeux de management, comprenant la dimension financière, mais aussi la conception et l'appel implicite à plusieurs disciplines de l'ingénieur (travaux, informatique, biomédical, logistique, etc.), la sécurité, la qualité des soins, la répartition des ressources locales ou territoriales, incite les décideurs à puiser dans l'ensemble des corpus de réflexion pour tenter de progresser. L'expérience industrielle apporte là une trame solide et historique. Ainsi, dès la fin du 18^{ème} siècle en France, l'enseignement de l'exploitation du charbon à l'Ecole des Mines, fondée en 1783, ou de manière plus générale, peu après l'impact du taylorisme (F. W. TAYLOR 1957) l'organisation des ateliers de mécanique soulignent l'ancienneté et la persistance des questions posées par la rationalisation de l'Organisation Scientifique du Travail (OST). La Recherche Opérationnelle naît au cours de la seconde guerre mondiale pour optimiser des questions de logistique militaire. Elle incarne, un peu plus tard, la gestion scientifique, en facilitant la gouvernance de systèmes compliqués. BLACKETT, Von NEUMANN, ou SIMON, pour ne citer que les plus connus (ASSAD et GASS 2011), illustrent les progrès de l'« *operations research* » et son influence profonde dans le secteur industriel. Dans les années 1970, la logique instrumentale de modèles d'optimisation de la rationalité de « l'agir » cède le pas à une logique d'analyse systémique avec une perspective de rationalité du « collectif » (ROY 2006) (ROADEF 2011) (DAVID, HATCHUEL et LAUFER 2012) (SEGRESTIN et HATCHUEL 2012). Dans la filiation de ce courant, la modélisation des processus des zones interventionnelles apporte aujourd'hui une contribution novatrice et pertinente sur le plan de l'aide à la décision qu'il s'agisse de dimensionnement de projet (GALLOT, et al. 2012) d'accompagnement au changement (BESOMBES, et al. 2007) ou d'optimisation des systèmes. L'efficacité de cette approche réside dans l'aptitude d'équipes pluridisciplinaires à aborder et exploiter plusieurs disciplines – mathématique, informatique, sciences de gestion et sciences organisationnelles. D'autres approches d'optimisation ont également émergées en matière de management, d'assurance qualité, de finances ou de comparaisons inter établissements (SAUSSOIS 2012)

(GEORGES et SAMSON 2012). Le décryptage des rouages d'une organisation, par une approche sociologique (CROZIER et FRIEDBERG, L'Acteur et le Système 1977) ou l'analyse des causes profondes d'une erreur humaine en milieu complexe ou même la recherche de seuils critiques en investissement-finance préfigurent souvent une meilleure compréhension des systèmes et des solutions d'optimisation.

Le but de cet article est de faire la part des méthodes couramment employées qui participent à l'optimisation d'un système tel que le bloc opératoire, d'en proposer une classification et d'en discuter les intérêts respectifs. Les termes de performance, d'optimisation, de décision sont discutés à la lumière des différentes méthodes recensées. Il ne s'agit pas de recettes, mais l'idée d'articuler plusieurs outils méthodologiques d'optimisation, de façon consciente ou comprise, semble s'imposer.

2.1.2. Matériel et méthode

Nous avons engagé une recherche bibliographique internationale à partir des termes *bloc opératoire* et *optimisation*, éventuellement associés à *modélisation*, *performance* et *organisation*. Nous avons également étudié les travaux de la Mission nationale d'Expertise et d'Audit Hospitaliers (MEAH) entre 2004 et 2008, le chantier *pilote* (TONNEAU et LUCAS, Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et cliniques - Rapport final 2006), le chantier *déploiement* des principaux outils tels que STARTING BLOC et EVALVAC, et enfin du chantier *approfondissement* avec de nouveaux outils : PHOTOTROS, COACHING BLOC, BENCHMARKING BLOC et le rapport final (TONNEAU et LABORIE, Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et les cliniques - Rapport final du chantier approfondissement 2008). Les enchaînements historiques de l'ensemble des travaux et outils déployés ont été une source importante de réflexion et de documentation. L'Agence Nationale d'Appui pour la Performance (ANAP) propose désormais ces outils modernisés et améliorés.

Nous nous sommes en outre appuyés sur l'expérience directe du projet de nouvel Hôpital du Pays d'Autan (HPA) conçu entre 2001 et 2011 et mené sous loi MOP³³. A l'issue du déménagement vers la nouvelle structure, des difficultés ont pu être observées lors de la prise en main du bloc opératoire : retards, attentes, débordements, tensions. Ces dysfonctionnements sont apparus alors même que les indicateurs, avant déménagement, étaient tous positifs : infrastructure ambitieuse et moderne, démarche ANAP entamée avec succès, forte mobilisation des équipes. Une forte corrélation semble possible entre l'expérience de l'HPA et celle rapportée par HESLIN dans un hôpital universitaire en ALABAMA (HESLIN, et al. 2008). Le bon fonctionnement de ce nouveau bloc opératoire était considéré par la Direction

³³ La loi « MOP » ou loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique (MOP) et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée.

comme un enjeu majeur et prioritaire. De son succès dépendait l'avenir de l'établissement sur le plan stratégique en termes de recrutement médical et d'existence territoriale. Sur le plan financier, les recettes potentielles d'origine chirurgicale apparaissaient également déterminantes pour faire face à la dette importante contractée pour le projet et désormais à rembourser. Evidemment sur le plan opérationnel, le bloc opératoire représente le cœur de la prestation interventionnelle hospitalière. De nombreux acteurs de l'établissement ont été invités à proposer toutes les pistes possibles à même d'optimiser le nouveau bloc opératoire. A ce stade, différentes techniques ont été proposées, chacune visiblement emprunte du courant éducatif et technique de chaque porteur d'idée. Il est rapidement apparu que selon les acteurs engagés dans un processus d'optimisation, selon leur métier, leur sensibilité, le temps disponible, les techniques d'optimisation proposées pouvaient être très différentes. Dès lors, le relevé des différentes techniques d'optimisation employées couramment pouvait apparaître comme un point de départ méthodologique.

Les propositions suivantes constituent certainement une contraction importante des théories et savoirs en matière d'organisation. Elles portent un caractère réducteur et ne peuvent bien évidemment concurrencer des analyses académiques et pratiques telles que proposées par SAUSSOIS par exemple (SAUSSOIS 2012). Confrontées au terrain hospitalier, ces propositions semblent malgré tout être bien comprises.

Comme LATOUR dans son analyse sociologique des sciences (LATOUR 1987), nous avons également fait le choix de considérer le bloc opératoire comme une sorte de "boite noire". Il est vu comme un objet productif indépendant avec des entrées en amont, des sorties en aval. Cette approche systémique, qui pourrait être intéressante au vue des propriétés et méthodes disponibles, n'a aucune autre ambition dans notre cas que celle de participer à la présentation imagée de nos propositions. Une partie des approches d'optimisation consistent, selon nous, à ouvrir la "boite noire" qu'est le bloc opératoire. Ces approches sont de type intrusives ou « open box » dans le sens où elles supposent une action directe et détaillée au sein du système lui-même. Nous classons l'approche processus, l'approche relations humaines, l'approche zéro-défaut et enfin l'approche ressource dans cette catégorie. D'autres approches de ce type sont certainement en vigueur et défendables. Ces quatre approches semblent malgré tout principales et surtout ordinairement employées dans les hôpitaux.

D'autres approches se contentent d'observer de l'extérieur le système en considérant uniquement les paramètres d'entrée et de sortie du système. Ces approches dites « black box » s'affranchissent de toute nécessité de connaître véritablement l'objet ou le système étudié – en l'occurrence le bloc opératoire. L'approche "objectif et benchmarking" et l'approche bigdatas sont associées à ce type d'optimisation.

2.1.3. Les approches intrusives ou « open box »

i. Approche processus

L'approche **processus** constitue une première grande famille de techniques, méthodes et outils d'optimisation. Dans l'ensemble, il s'agit de créer un modèle du système ou d'une partie du système étudié, une sorte d'image à même d'être analysée et optimisée. Selon nous, trois grands courants s'inscrivent dans cette approche processus. Le premier thème s'intéresse au planning du bloc opératoire, le second aborde la question des flux et des indicateurs de performance associés et enfin le troisième thème considère le système dans son ensemble sur la base de modélisations globales.

La gestion du planning et de la programmation constitue le premier courant de cette approche **processus**. Dans l'esprit, maîtriser l'agenda, c'est maîtriser le système. L'intérêt est ainsi porté directement sur la planification et l'ordonnancement des ressources au bloc opératoire. Une intervention standard requiert la synchronisation de 5 à 6 métiers différents pour chaque patient pris en charge. La prestation doit en outre aboutir par tous les moyens, sans point d'arrêt et selon un enchaînement strictement ordonné des tâches. C'est également une activité soumise à de nombreux aléas et incertitudes. La bonne synchronisation des ressources est considérée comme le levier direct et efficace d'optimisation d'une activité de bloc opératoire. Le problème du partage est très présent puisqu'il s'agit bien de partager une ressource commune et limitée en fonction de demandes, de préférences et de contraintes.

Ce courant dispose aujourd'hui d'une bibliographie très importante bien que méconnue dans les blocs opératoires. Dans une revue de littérature réalisée en 2010 CARDOEN relève quelques 247 publications sur le sujet et met en évidence ce faible transfert entre recherche scientifique et application pratique (CARDOEN, DEMEULEMEESTER et BELIEN 2010). Le problème du planning est évoqué depuis longtemps (ADAIR 1959) et face à sa complexité, l'outil informatique pour la gestion de la saisie du planning est utilisé dès les années 90 (GORDON, et al. 1988) (VERMEULEN, et al. 1993). Mais l'aspect combinatoire, aléatoire et concurrentiel de l'ensemble des variables associées à une organisation telle que le bloc opératoire rend difficile la mise au point d'un agenda par le seul bon sens d'un ou plusieurs individus dans un temps imparti adapté à la réalité opérationnelle. A l'instar de la gestion des plannings en génie industriel, la résolution du planning du bloc opératoire tente de trouver des solutions à l'aide de l'outil mathématique (BRUCKER, et al. 1999) (DEXTER, MACARIO et TRAUB, Which Algorithm for Scheduling Add-on Elective Cases Maximizes Operating Room Utilization ? Use of Bin Packing Algorithms and Fuzzy Constraints in Operating Room Management 1999).

En général, la gestion de l'agenda du bloc opératoire nécessite de distinguer plusieurs termes. La planification, d'abord, qui est une allocation de plages opératoires à un chirurgien ou

une spécialité de chirurgiens plusieurs mois à l'avance. La programmation, ensuite, qui correspond à l'inscription des interventions prévues dans le planning ; et la régulation enfin, le jour de l'intervention, et qui valide le rang et l'heure de chaque intervention en fonction de la situation du moment. L'allocation de plages opératoires s'avère déjà complexe (WACHTEL et DEXTER 2008). Il s'agit en outre d'établir les meilleures modalités de programmation : *First Come/First Served* ; *Longest Time First* ; *Shortest Time First* ; etc. (BRESLAWSKI et HAMILTON 1991) (ROLAND, et al. 2010) (SU, et al. 2011) , de déterminer les règles de priorités (OUDHOFF, et al. 2007) (CHAABANE, et al. 2007) (MESKENS, DUVIVIER et HANSET 2013), de gérer au mieux l'intégration des urgences (LAMIRI, et al. 2008) (WULLINK, et al. 2007) (ERDEM, QU et SHI 2012) (ESSEN, et al. 2012) et des annulations qui peuvent atteindre 5% des interventions (DIMITRIADIS, IYER et EVGENIOU 2013). Pour rendre plus robuste la programmation, la durée prévue de chaque intervention s'avère déterminante (ZHOU et DEXTER 1998) (HAMMAMI, et al. 2007) (HANS, et al. 2008) (SPANGLER, et al. 2004) (STRUM, MAY et SAMPSON, et al. 2003) tout comme la variabilité des temps opératoires (DEXTER, MACARIO et LUBARSKY, et al. 1999) (STRUM, MAY et VARGAS, Modeling the Uncertainty of Surgical Procedure Times: Comparison of Log-normal and Normal Models 2000) (MERAT, et al. 2006) (COMBES, et al. 2007). Le démarrage à l'heure le matin de la première intervention est aussi considéré comme fondamental puisqu'il influence ensuite l'enchaînement prévu dans la journée (DENTON, VIAPIANO et VOGL 2007) (VEEN-BERKX, et al. 2014) tout comme l'encombrement éventuel en Salle de Soins Post-Interventionnels (SSPI) (AUGUSTO, XIE et PERDOMO 2010), la spécialisation du bloc opératoire (GUPTA 2007) ou tout simplement la disponibilité du personnel (TRILLING, GUINET et MAGNY 2005).

Devant l'aspect stochastique de l'activité opératoire, des approches globales tentent d'être proposées (TANCREZ, et al. 2013) faisant appel parfois à la théorie des jeux (CZAP et BECKER 2003) ou la génétique (FEI, et al. 2006) (MARQUES, CAPTIVO et PATO 2013). Mais pour certains il pourrait même s'agir de réduire le rôle de la programmation puisque au final la durée de séjour ne semble pas être influencée par les facteurs d'annulation au dernier moment (DEXTER et LUBARSKY, Using Length of Stay Data from a Hospital to Evaluate Whether Limiting Elective Surgery at the Hospital is an Inappropriate Decision 2004). D'autres observent le caractère cyclique des interventions sur des périodes longues et proposent de préprogrammer automatiquement la récurrence observée (BELIEN, DEMEULEMEESTER et CARDOEN, Visualizing the Demand for Various Resources as a Function of the Master Surgery Schedule: A Case Study 2006) (BELIEN et DEMEULEMEESTER, Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy 2007) (AGNETIS, et al. 2012).

Dans cet esprit approche **processus**, un autre courant considère plus largement le bloc opératoire à travers l'analyse de ses flux – ou workflow, et des indicateurs de performance associés. Au Work In Progress (WIP) de l'industrie se substitue le Patient In Progress (PIP)

(PELTOKORPI et KUJALA 2006). Ainsi les outils de gestion des files d'attente sont testés (KARVONEN, et al. 2005). Des diagrammes de flux servent également à modéliser le système. Ils permettent de mettre en évidence avec l'ensemble de l'équipe des objectifs d'optimisation, d'améliorer la coordination (CENDAN et GOOD 2006) et d'élaborer des flux plus efficaces (HARDERS, et al. 2006) (STAHL, SANDBERG, et al. 2006). On associe à ces diagrammes des indicateurs jugés pertinents et fiables dont le *TurnOver Time* (TOT) qui correspond au temps de remise en état (ou rotation) entre deux interventions (CENDAN et GOOD 2006) (KODALI, et al. 2014) et le *Non Operating Time* (NOT) qui ajoute au TOT le temps d'anesthésie et tous les temps morts (HARDERS, et al. 2006). Il s'agit d'éliminer des minutes inutiles pour les transformer en minutes productives (OLMSTEAD, et al. 2007). A ce titre, DEXTER rappelle qu'il faut gagner plusieurs heures pour espérer rajouter un cas supplémentaire et ainsi augmenter le rendement global du bloc opératoire (DEXTER, Letters to the Editors : Reductions in non-operative times, not increases in operating room efficiency - 2007).

Des démarches similaires issues du LEAN trouvent également leur place avec succès dans ce courant (LESLIE, et al. 2006) (COLLAR, et al. 2012) (WARNER, et al. 2013) et sont parfois associées à la méthode SIX SIGMA (CIMA, et al. 2011). Cette dernière méthode qui a eu ses heures de gloire dans les plus grandes entreprises mondiales dont MOTOROLA et GENERAL ELECTRIC est, à l'origine une technique de "maîtrise statistique de processus" (PILLET 2004). SIX SIGMA consiste à mesurer *stricto sensu* un problème afin de proposer des solutions d'amélioration ; lesquelles passent le plus souvent par une meilleure maîtrise de la variabilité des processus. Elle est applicable au bloc opératoire, y compris en variante (SMITH, et al. 2013). SIX SIGMA a intégré au cours de son développement d'autres approches dont un volet management très appuyé, sans doute au détriment de l'esprit **processus** initial. Elle est aujourd'hui supplantée ou associée à des techniques plus souples tel le LEAN issu du TOYOTA PRODUCT SYSTEM (TPS).

Parmi les autres indicateurs de performance à même de souligner le fonctionnement du workflow, on note les travaux précoces initiés au Johns Hopkins Hospital dès 1988. La mesure des temps est faite à la fois pour des raisons économiques mais déjà à l'époque pour des raisons de marketing et d'image vis-à-vis des patients (GORDON, et al. 1988). La mesure des temps divers mène rapidement à estimer des pertes et des coûts (CHANNEL, NAVARRO et KIDWELL 1998) (WEINBROUM, EKSTEIN et EZRI 2002) avec une notion comptable prononcée. En France les travaux de la MEAH depuis 2004 puis l'ANAP depuis constituent une avancée majeure en matière d'indicateurs de performance (FAGE-MOREEL, JENNER et HIRN 2013). En Belgique, des indicateurs d'une finesse intéressante sont aussi proposés (BONVOISIN, et al. 2007).

Un dernier courant, nettement plus confidentiel, tente de développer une approche **processus** complète en considérant le système bloc opératoire dans son intégralité. Les

travaux autour de la gestion par processus (PASCAL 2003) (ROMEYER, et al. 2005) peuvent être considérés dans ce groupe bien que nous n'ayons pas relevé de travaux spécifiques pour le bloc opératoire. C'est surtout la modélisation (BESOMBES, et al. 2007) (RODIER 2010) (GALLOT, et al. 2012) et la simulation (ASHBY, et al. 2008) qui correspondent le mieux à ce courant. Le pilier de la démarche est la transformation du réel vers dans un espace abstrait (logigramme par exemple) qui permet ensuite d'évoluer vers un espace mathématique puis informatique. Les règles et le formalisme de transformation d'un espace vers l'autre sont fondamentaux. La méthode ASCI (Analyse, Spécification, Conception et Implémentation) (GOURGAND 1984) propose un cadre.

En modélisation, un certain nombre de parti-pris doit être posé (LAGERGREN 1998). La finesse de la description du monde réel doit par exemple être choisie dès le départ (RODIER 2010). Il faut choisir entre un recueil des données *quasi* microscopiques et un recueil macroscopique qui ne retiendra alors que les grands traits de fonctionnement d'un système. Cette granularité d'étude des objets d'un système peut utilement être couplée à une échelle temporelle ou décisionnelle comme proposée par BALLOU (BALLOU, 1992). Ces choix dépendent des besoins et objectifs attendus en termes d'optimisation.

Une approche **processus** de ce niveau mobilise des compétences en ingénierie. Se pose évidemment le problème de la pérennité des modèles recueillis et établis mais cette problématique est générale à toutes les démarches d'amélioration (PILLET 2004).

ii. Approche relations humaines

On connaît, depuis 1933 et G. Elton MAYO, l'importance des conditions de travail et des facteurs psychosociologiques sur la productivité. C'est le début de l'école des relations humaines dans le management. L'influence des relations interpersonnelles au sein du groupe, la cohésion et le besoin d'appartenance à un groupe, le partage des valeurs et des objectifs, la reconnaissance et l'estime sont démontrés. Or le bloc opératoire est un milieu confiné, cloisonné par des accès limités et des vestiaires, constitué de fortes personnalités et de personnels soumis quotidiennement à des épreuves morales, épreuves devant la souffrance, les risques, les horaires, le stress, les conflits, la hiérarchie. Ce contexte socioprofessionnel bien particulier en est d'autant plus sensible aux tensions internes et externes, avec les difficultés d'ordre chirurgicales d'une part, et les liens avec les services administratifs et les flux entrants et sortants d'autre part. L'autorité, et son corollaire, la présence de leadership, le caractère organisé des équipes, avec leur volet excessif induisant un excès bureaucratique ou au contraire laxiste vont être des éléments clé du bon fonctionnement et de l'efficacité, mais aussi *a contrario* de la sécurité.

L'approche **relations humaines** est notre seconde voie d'optimisation.

Chaque chirurgie est la « co-opération » d'une équipe (GRUENDEMANN 1970) orchestrée par le chirurgien. Celui-ci prend l'initiative de l'acte, il le guide, le coordonne et finalement s'inscrit implicitement dans la direction de l'équipe. Tel un coach, le chirurgien devrait développer des compétences dites non-techniques tels qu'esprit d'équipe (SEXTON, et al. 2006), leadership (SULIMAN, KLABER et WARREN 2013) et esprit de décision (YULE, et al. 2006) (PAIGE, Surgical team training: promoting high reliability with nontechnical skills. 2010). Plus les cas sont complexes, plus cette attitude managériale devrait être développée (PARKER, et al. 2012). Le chirurgien devrait étendre son coaching aux phases pré et post opératoires en réalisant des séances de briefing et de débriefing de l'équipe (MAKARY, et al. 2007) (MCGREEVY et OTTEN 2007). Ce leadership peut toutefois être contesté par certains anesthésistes (SHOWAN et KENNEDY 1999) (GLENN et MACARIO 1999).

Au-delà de ce microenvironnement de la salle d'opération vue comme une équipe en action autour d'un patient, se pose la question du management humain au bloc opératoire. Le chirurgien, propulsé « micro-manager » en salle, parfois malgré lui, doit se soumettre à l'organisation générale du bloc, ce qui pose une question essentielle : celle du partage. Il s'agit d'éviter les comportements possessifs hier stigmatisés par « ma salle, mon patient, mon jour opératoire », aujourd'hui source de conflits face à une ressource limitée, sous contrainte. Sous cet angle, le droit et les limites de responsabilités de chacun doivent être considérés (CEPISUL 2007). C'est ce que propose la circulaire n°2000-264³⁴ qui définit des rôles et responsabilités du Conseil de Bloc Opératoire en tant qu'instance de régulation et de médiation de l'activité opératoire.

Dans cette approche managériale d'optimisation du bloc opératoire, il est essentiellement question des professionnels du bloc. Malgré les règlements et les techniques organisationnelles censés en réguler la bonne marche, ces professionnels vivent au quotidien de nombreux dysfonctionnements, des retards, des attentes, des débordements, voire des conflits ou des erreurs médicales (RAMAIN, et al. 2004).

Tout d'abord, le contexte peut jouer de manière primordiale sur la concentration des professionnels sur l'acte opératoire lui-même (KURMANN, et al. 2012). Plusieurs études montrent qu'une intervention chirurgicale peut être marquée parfois par quelques 10 interruptions par heure de toute nature : mouvements de personne, sonneries diverses, défaillances techniques ou organisationnelles (ANTONIADIS, et al. 2014) (PAPE 2011). Le stress (ARORA, et al. 2010) (TRAVERS, WATRELOT et CUCHE 2012), le bruit (HASFELDT, LAERKNER et BIRKELUND 2010) tout comme la fatigue (SOCKEEL, et al. 2009) (KURMANN, et al. 2012) sont aussi des éléments rapportés et synonymes d'un environnement favorable ou non. Cette notion de contexte interpelle d'ailleurs les chirurgiens. Ils considèrent que leur

³⁴ Circulaire DH/FH/ n° 2000-264 du 19 mai 2000 relative à la mise en place des conseils de bloc opératoire dans les établissements publics de santé

expertise est constante dans le temps. C'est le contexte – équipe, équipement, ressources qui induirait une variabilité des performances (ELBARDISSI, et al. 2007).

Mais ce sont les problèmes de communication (LINGARD, et al. 2004) (KATZ 2007) (SAVOLDELLI 2009) (NUROK, SUNDT et FRANKEL 2011) qui sont identifiés comme principal catalyseur d'une réalité conflictuelle au sein des équipes de chirurgie (KATZ 2007) (SAVOLDELLI 2009) (ROGERS, et al. 2013). En cours d'intervention chirurgicale, on note que le chirurgien s'adresse souvent à la salle plutôt qu'à une personne en particulier (PARKER, et al. 2012). De son côté, LINGARD observe que 30% des messages échangés sont mal compris (LINGARD, et al. 2004). KATZ illustre un certain nombre de scènes de conflits en bloc opératoire et rappelle que l'écoute et la considération sont des facteurs importants de résolution (KATZ 2007). Avant même de résoudre un conflit, ROGERS propose quatre pistes simples d'évitement : disposer d'une équipe soudée, stable et familière, disposer d'une équipe entraînée, d'une bonne gestion des équipements et finalement accepter que le chirurgien soit considéré comme un véritable manager (ROGERS, et al. 2013). L'idée de développer une sorte de camaraderie au sein de l'équipe est même suggérée par CLAYTON (CLAYTON, ISAACS et ELLENDER 2014).

Enfin, les facteurs humains régissant les relations des personnes entre elles au sein du bloc (WALTERS, KILLEN et GARRETT 2008) sont l'objet d'une littérature abondante. Ces interactions sont denses puisque 5 à 15 professionnels peuvent être associés lors d'une intervention. Les relations humaines sont invoquées comme perturbateur potentiel d'un fonctionnement optimal (HELMREICH et DAVIES 1996) ; avec pour conséquence la génération d'erreurs, l'affectation possible de la sécurité du patient (MAZZOCCO, et al. 2009) et d'éventuelles suites juridiques (CEPISUL 2007). On peut identifier un certain nombre de paramètres mesurables à partir d'outils spécifiques issus de la recherche (WALTERS, KILLEN et GARRETT 2008), d'expérimentations en réanimation (SEXTON, et al. 2006) ou même par comparaison avec d'autres secteurs à risques, comme l'aéronautique (ELBARDISSI, et al. 2007). La question des motivations et des attitudes des individus est posée : le langage et le comportement font l'objet d'étude de type ethnographique (WHYTE, et al. 2009). D'autres auteurs préconisent l'utilisation de programmes de « Crew Resource Management » (CRM) ou d'outils similaires encore une fois inspirés de l'aéronautique (DAVIES 2005) pour tenter d'améliorer la communication (GILLESPIE, et al. 2010) et le management dans un univers à haute responsabilité (HELMREICH et DAVIES 1996) (AWAD, et al. 2005) (MCGREEVY et OTTEN 2007) (MCKOIN, et al. 2010) (KURMANN, et al. 2012). Certains proposent la théorie des jeux en tant qu'outil de gestion des individus et de leur comportement (MCFADDEN, et al. 2012). Des techniques de simulation sont envisagées pour éprouver le savoir-être des individus dans des jeux virtuels réalisés dans des environnements réalistes de « haute-fidélité ». L'idée

directrice est de développer des valeurs communes requises en situation critique : confiance, culture, partage de valeurs (PAIGE et CHAUVIN 2008) (PATEL, et al. 2012).

iii. Approche zéro-défaut

L'approche **zéro-défaut** est notre troisième modèle d'optimisation. Il regroupe, selon nous, la grande famille des activités liées à la Qualité et la Gestion des Risques dans les hôpitaux. Les anglo-saxons évoquent depuis plusieurs décennies le sujet (McLAIN 1980) et parlent de *risk management*. Car réduire les risques d'erreur revient à réduire les pertes financières immanquablement associées (McLAIN 1980) (ZINZINDOHOUE 2008) (THEISSEN, et al. 2014). L'idée est d'obtenir un système sans défaut dit justement **zéro-défaut**. L'écrit est la grande composante de la démarche en tant que vecteur d'une information normalement systématique et fiable : tout ce qui est fait ou dit doit être écrit ; puis suivi. La plus grande attention est portée aux écarts, défaillances et échecs. Il s'agit de comprendre la genèse des erreurs pour mieux les traiter (ZINZINDOHOUE 2008). Ainsi tout évènement indésirable doit être déclaré, y compris certains, immédiatement anodins, mais annonciateurs potentiel d'incidents futurs – on parle d'évènements sentinelles. L'élimination progressive de tous les défauts conduit, en théorie sur les bases d'une boucle rétroactive vertueuse, à un système optimisé, sans erreur et qui offre une incertitude financière plus faible.

Il y a en effet matière à réfléchir : 44 000 à 98 000 patients seraient décédés en 1999 dans les hôpitaux américains suite à des erreurs (RICHARDSON 1999). GAWANDE montre, à travers une étude menée dans le Colorado, que 5,6% des incidents graves en chirurgie conduisent au décès du patient, soit 12,2% du total des décès observés dans les hôpitaux sélectionnés pour l'étude (GAWANDE, et al. 1999). De son côté, en France, la Direction de la Recherche, des Etudes, de l'Evaluation et des Statistiques (DREES) fait un constat tout aussi significatif à travers ses deux enquêtes en 2004 puis 2009 (MICHEL, et al. 2005) d'un nombre annuel situé entre 275 000 et 395 000 d'Evènements Indésirables Graves (EIG) dans les établissements de soins. Le bloc opératoire peut être considéré comme un pourvoyeur d'erreurs assez important puisque 7 à 10% des EIG des échantillons analysés se sont déroulés au bloc opératoire et en Salle de Soins Post-Interventionnelle (SSPI) (MICHEL, et al. 2011). Les indicateurs de mortalité, dans des conditions d'EIG, ne sont, à l'heure actuelle, pas disponibles.

Dans sa forme de base, l'approche **zéro-défaut**, à travers l'écrit et le déclaratif, possède l'avantage de la simplicité : un écrit, un écart, une déclaration, un traitement. Sa composante participative donne une certaine convivialité et même une certaine légèreté à une vigilance voulue collective – on parle de *mindfulness*. Les vigilances sanitaires en France (pharmacovigilance, matériovigilance, réactovigilance, etc.) et leurs pendants européens (GHIRARDINI, et al. 2010) ou mêmes mondiaux apportent un exemple d'une telle organisation déclarative avec cette idée de diffusion d'alertes pour éviter la reproduction d'évènements

indésirables. A l'échelle des établissements, la cartographie des risques, encouragée par le processus de certification piloté par la Haute Autorité de Santé (HAS) depuis 2005, participe pleinement à cette approche **zéro-défaut**. Depuis les prémises de cette démarche en 1996 (SOUDEE 2005), la méthode s'est d'ailleurs affinée pour associer une part toujours plus importante à l'évaluation des risques et des pratiques.

En formule avancée, l'approche **zéro-défaut** renvoie à une réalité brutale : la plupart des grandes catastrophes s'étaient annoncées bien avant leur occurrence. Les High-Reliability Organizations (HRO) de l'industrie des énergies et des transports déploient aujourd'hui systématiquement de telles approches (SAUSSOIS 2012), suivies de près par presque tous les secteurs, à l'échelle locale ou même mondiale. L'Institut de Médecine américain estimait en 1999 que le secteur de la santé aux Etats-Unis avait au moins une dizaine d'année de retard par rapport aux autres secteurs dits à haut risque (RICHARDSON 1999). Si le relevé des catastrophes potentielles au bloc opératoire semble connu depuis longtemps et n'a pas beaucoup évolué (McLAIN 1980) (McHENRY, et al. 2004), le bloc opératoire semblerait toujours en retrait sur la question du développement de la gestion des risques (KAAFARANI, et al. 2009).

Cette approche **zéro défaut** se traduit au bloc opératoire, par diverses mesures : il participe directement aux systèmes de vigilances sanitaires réglementées avant les années 2000 en France et au système de déclaration des évènements indésirables déployée désormais en interne dans tous les établissements. Si cette première entrée en matière de la culture du risque ne peut être qualifiée que de préambule, le traitement de ces évènements a permis d'élaborer des plans d'action ciblés. Ils ont ouvert la voie à des démarches en profondeur, dont les Evaluations des Pratiques Professionnelles (EPP) ou les Revues de Morbi-Mortalité (RMM) (BAL, et al. 2009) (BALLY et ABELMANN 2010).

Plus récemment, des initiatives rejoignant la logique du poka-yoke³⁵, des systèmes de check-lists normées, observées comme efficaces dans l'aviation ou l'industrie (HALES et PRONOVOST 2006) (MULROY 2012), ont fait leur apparition au bloc opératoire. Sous l'impulsion de propositions de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de son programme *Save surgical lives*, les blocs opératoires adoptent l'utilisation de check-lists (World Health Organization 2009) pour encadrer chaque chirurgie. Son intérêt est unanimement reconnu (PANEL et CABARROT 2010) (CABARROT, et al. 2011) (BOURGAIN 2012) (MULROY 2012) (HAYNES, et al. 2009) et ne semble pas avoir d'impact significatif en termes de temps supplémentaire induit (PAPACONSTANTINO, et al. 2013). L'HAS en impose d'ailleurs l'utilisation en France depuis le 1^{er} janvier 2010. Le principe de la check-list est également adopté pour la gestion des crises (ZIEWACZ, et al. 2010), pour l'analyse des causes d'une infection (CISTAC 2013) et peut être étendu aux phases pré et post opératoires (LIN et MOORE

³⁵ Système anti-erreur ou "détrompeur" introduit chez TOYOTA par l'ingénieur *Shigeo SHINGO*

2014). D'autres outils peuvent malgré tout être utilisés dans l'analyse des erreurs. On citera l'emploi de l'enregistrement vidéo qui préfigure peut-être l'avenir en matière d'analyse des faits et gestes (COUAT, et al. 2013).

L'approche **zéro défaut** fait courir le risque de l'enlèvement documentaire à terme ; le nombre de procédures et leur contenu dépassant tout simplement la capacité cognitive des acteurs eux-mêmes et pourquoi pas celle de l'organisation. Cette approche conduit aussi, surtout au départ, à une sorte de règlement de compte au sein des organisations. Elle met également en évidence la prévalence et les conséquences graves des erreurs d'origine humaine ; les accidents dans les transports, très médiatisés, évoquent régulièrement cet aspect en première instance. Or certains défauts, parmi les plus importants, ont du mal à être transcrits malgré la mise en place de systèmes déclaratifs incitatifs, voire insistants. Le caractère communautaire du bloc opératoire favorise la "loi du silence" (SAINSAULIEU 2006).

Une fois un danger identifié, il est analysé et si possible circonscrit. Il s'agit en général de réduire sa fréquence et sa gravité pour rendre le risque final acceptable ; mais en théorie pas forcément minimal. En effet, à vouloir éviter à tout prix l'incident ou l'accident – les assureurs parlent tout simplement de sinistre (THEISSEN, et al. 2014), les moyens de protection et de prévention déployés ont parfois un coût, quand il est honnêtement calculé, très largement supérieur au sinistre lui-même. Il s'agit typiquement du contrat d'assurance qui coûte plus cher que ce qu'il assure. La campagne de vaccination grippale H1N1 de 2009 est aussi un bon exemple (LAGARDE et DOOR 2010). Parfois les moyens de prévention génèrent de nouveaux risques équivalents ou supérieurs au risque initial : l'accident de bus dans un tunnel en Suisse (13 mars 2012, 28 morts dont 22 enfants) pourrait également être une illustration de la substitution du 1^{er} risque incendie (incendie du Tunnel du Mont-Blanc, 24 mars 1999, 39 morts) par un 2nde risque "collision" lié à la mise en place de niche de sécurité incendie en béton dans les tunnels. Encore une fois la campagne H1N1 de 2009 est un exemple vue l'augmentation des syndromes de narcolepsie survenus à sa suite (DAUVILLIERS, et al. 2013).

Cette approche **zéro-défaut** dont la facilité de mise en œuvre permet une ouverture à différents profils professionnels non spécialistes pourrait bien nécessiter beaucoup plus de compétences scientifiques qu'envisagées *a priori*. Elle requiert dans tous les cas une connaissance suffisamment large du domaine pour assurer une vision comparative et relative de la valeur des événements et par conséquent des attitudes de prudence, de précaution ou de suspicion qu'il convient de conseiller aux décideurs (KOURILSKY et VINEY 1999). Certains reconnaissent également que les relations humaines participent largement au succès de la démarche (MULROY 2012).

iv. Approche ressource

Dernière approche intrusive nécessitant la compréhension d'un système et ayant pour objectif de l'optimiser : l'approche "**ressource**". Cette approche s'intéresse aux différents rapports entre les objectifs, les moyens (ou ressources) et les résultats obtenus. Les questions suivantes sont posées : le rapport entre les objectifs fixés et les moyens donnés est-il pertinent ou comment le rendre ou le maintenir pertinent ? Seconde question : pour atteindre le résultat constaté, a-t-on utilisé le bon niveau de ressources ou comment améliorer ce rapport ? La première question traite de la pertinence ; la seconde de l'efficacité. Dans les deux cas, c'est bien la question générale de l'optimisation qui est posée.

On retrouve cette approche d'optimisation à travers deux thèmes principaux : le premier s'intéresse aux ressources matérielles et aux ressources humaines. On y rattache l'ensemble des questions portant sur les locaux, l'architecture ainsi que les questions du matériel, celle de sa bonne utilisation et celle portant sur l'innovation technologique. Le sujet des ressources humaines, qu'il s'agisse des effectifs ou des expertises, apparaît faiblement débattu. Le second thème rattaché à cette approche **ressource** aborde l'aspect comptable avec une systématisation du calcul des coûts, en dépenses ou en recettes. Par exemple le calcul du coût par minute de fonctionnement d'une salle d'opération rentre dans cette catégorie d'étude (MACARIO, What does one minute of operating room time cost? 2010).

L'approche **ressource** a été largement développée à travers les indicateurs de charges proposés par la MEAH ; aujourd'hui devenue ANAP. Il s'agit bien, à travers les TMD, TVO, TROV, TROS³⁶, et leurs ratios divers de s'assurer que les outils que sont les blocs opératoires sont bien utilisés, c'est-à-dire occupés, de façon optimale et selon un référentiel commun. Mais au-delà de ce travail largement diffusé et documenté, la notion d'optimisation des ressources est le plus souvent posée à travers celle de l'innovation. Les coûts de l'innovation ou de la modernisation des outils représentent incontestablement un effort financier supposé être compensé par une augmentation de la productivité, de la sécurité ou tout autre bénéfice en mesure de justifier l'investissement initial. C'est le cas lorsque la pertinence des circuits internes au bloc opératoire est discutée. Il peut s'agir d'améliorer certains circuits (STAHL, SANDBERG, et al. 2006) (LEE, et al. 2008) ou de s'interroger sur l'apport des sas de pré-induction et de post-anesthésie adjacents à chaque salle d'opération (TORKKI, et al. 2005).

La perspective d'un nouvel environnement conduit aussi à s'interroger sur son impact en termes de performance (STAHL, EGAN, et al. 2005) (NOBRE et MERDINGER-RUMPLER 2010). Mais il semblerait que ce sujet, lorsqu'il s'agit d'innovation, ne soit pas toujours

³⁶ TMD : Temps de Mise à Disposition ; TVO : Temps de Vacation Offert ; TROV : Temps Réel d'Occupation de la Vacation ; TROS : Temps Réel d'Occupation des Salles

développé (DARD-LEVIEUX et CALONEGO 2010) (ROSTENBERG et BARACH 2011) (BHARATHAN, AGGARWAL et DARZI 2013).

En s'interrogeant sur l'hôpital de 2050, LEJEUNE considère que la recherche d'efficience ne peut se faire que sur une période de temps équivalente à la portée du projet, soit au moins 20 ans pour un hôpital et en référence aux besoins de santé contemporains (LEJEUNE, BOURDON et CAILLET 2012). Dès lors on peut s'interroger sur la capacité à évaluer avec justesse l'impact des innovations. L'exemple de la chirurgie mini-invasive – *dont l'expression apparaît désuète aujourd'hui*, est un bon exemple. Considérée comme une technique innovante entre 1992 et 1997, les prédictions de diffusion de cette technique ont été surestimées (BLOOM, et al. 2000). Différentes hypothèses expliqueraient cette diffusion plus lente que prévue. Outre le manque de données, BLOOM pense que les experts consultés se sont avérés trop enthousiastes car étant eux-mêmes leaders de cette technique. Un tel enthousiasme a été également soutenu par les industriels qui misaient sur un nouveau marché, rapide et fructueux. BLOOM pose enfin l'hypothèse du différentiel entre technique en cours et technique innovante : certaines techniques conventionnelles étant déjà rapides et efficaces, le gain de la chirurgie mini-invasive s'avèrerait parfois marginale. WHITE souligne d'ailleurs le coût des ressources matérielles en mini-chirurgie ainsi que les risques de certaines complications, constatées aujourd'hui encore, et qui avaient été minorées. WHITE suppose que toutes les procédures mini-invasives ne possèdent par forcément un rapport coût-efficacité intéressant même si elles admettent des temps de séjour réduits (WHITE et WHITE 1994). Aujourd'hui le prolongement de la chirurgie mini-invasive se fait avec la robotique et un parallèle est certainement légitime (TAYLOR, et al. 2013) quant aux interrogations sur sa pertinence (ZACHAROPOULOU, et al. 2010) (GALA, et al. 2013) et son efficience (WATERS, et al. 2010) (VENKAT, et al. 2012) (TAPPER, et al. 2014). Mais la démarche peut également être entreprise pour des innovations moins en pointe (SECHET, et al. 2010) (ABELL et VOTE 2014).

Compte tenu des dépenses de santé et de leur croissance annuelle, certains considèrent que le critère de la productivité ou de gains hypothétiques est désormais insuffisant et qu'une étude des coûts additionnels des projets innovants doit être faite (TAN et MACARIO 2008) (BARSHES, et al. 2012). Dès lors la question du choix de la méthode est posée : doit-on conduire une étude simple d'identification des coûts ou choisir des études type coût-bénéfice, coût-utilité ou coût-efficacité (TAN et MACARIO 2008) (GARBER et SCULPHER 2012) ? La notion de taille critique à l'échelle régionale ou nationale est également évoquée comme condition de bonne réalisation de telles études (FÉRY-LEMONNIER 2002). Certains auteurs (JENA et PHILIPSON 2008) (GOTTLIEB et MAKOWER 2013) (CHAO, et al. 2014) craignent toutefois que la systématisation des études « coût-efficacité » aient des conséquences sur le comportement des chercheurs et des industriels ; d'autant que le passage de la démonstration théorique à la mise en pratique est parfois une gageure (BECKER 1999) (WANG et

FURNBACK 2013). Enfin, si l'on fait un parallèle avec le monde du médicament, la Commission de Transparence (CT) auprès de la Haute Autorité de la Santé (HAS), chargée d'évaluer les médicaments en vue de leur inscription dans la liste des remboursables, ne développe pas d'études coût-efficacité mais évalue en priorité le Service Médical Rendu (SMR) qui permettra au ministère chargé de la Santé et de la Sécurité Sociale de fixer le niveau de remboursement.

Le sujet des ressources humaines, en effectif ou en expertise, sur la question de son optimisation est peu évoqué dans la littérature. Les effectifs en anesthésie obéissent aux recommandations de la Société Française d'Anesthésie Réanimation (SFAR) : un infirmier spécialisé par salle et un médecin anesthésiste pour deux salles. La codification stricte du secteur laisse peu de marge de réflexion ; Tout juste étudie-t-on l'intérêt de la rotation du personnel d'anesthésie (DUREUIL et FAICT 2007). Côté opérateur – *souvent chirurgien*, la MEAH observe que leur nombre par salle en France se situe entre 3 et 4 ; soit 30 à 40 opérateurs pour un bloc opératoire de 10 salles (TONNEAU et LABORIE, Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et les cliniques - Rapport final du chantier approfondissement 2008). Pour ce qui concerne les effectifs paramédicaux participant à la chirurgie, aucune obligation ou recommandation forte n'existe. Au minimum, l'opérateur est assisté par un aide opératoire et un infirmier « circulant » ou «panseuse ». Selon la spécialité, les disponibilités, les habitudes de l'opérateur, un infirmier « instrumentiste » peut également être associé. La comparaison privé/public n'est pas évidente du fait des différences de structure d'affectation comptable des effectifs. Dans le privé, il n'est pas rare que l'opérateur ou l'anesthésiste emploie directement certain personnel de l'équipe. Dans tous les cas, la logique de marge conduit à réduire au maximum les charges en adaptant la quantité, la qualification ou la rémunération du personnel sollicité.

En 2008, la MEAH propose et analyse différents ratios reliant effectifs et indicateurs de charge du bloc opératoire (TONNEAU et LABORIE, Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et les cliniques - Rapport final du chantier approfondissement 2008) : rapport entre heures rémunérées et TROS³⁷, nombre moyens de professionnels présents en salle, nombre d'interventions auquel un agent est associé par an, temps de personnels présent à l'hôpital pour 100h de TROS. Ces ratios constituent des indicateurs intéressants dans le cadre d'une démarche d'optimisation mais ils ont eu, nous semble-t-il, très peu d'écho. Leur disponibilité en temps réel, sorte d'efficience instantanée qui envisagerait un pilotage actif et immédiat, nécessite un système d'information adapté.

Second thème de cette approche **ressource**, l'aspect comptable dans le sens de la comptabilité analytique. Cette variante consiste à ramener le tout à une unité principale de comparaison, le plus souvent monétaire et d'une façon ou d'une autre, à étudier l'équilibre entre les charges et les recettes. L'euro ou le dollar restent les unités de choix. D'autres unités

³⁷ TROS : Temps Réel d'Occupation des Salles

locales peuvent apparaître pour la gestion des stocks et des flux ainsi que l'agrégation de paramètres traduit en Indice de Coût Relatif (ICR). Autre unité universelle *quasi* monétaire : le temps ou les minutes économisées qui peuvent être transformés en indicateur comptable.

Cette approche **comptable** part du principe que les établissements de santé doivent maîtriser et améliorer leurs coûts ; et donc les connaître au préalable. Elle est utilisée par certaines professions du bloc opératoire dans le but d'étudier la part du coût réel porté par un secteur particulier. Les anesthésistes recherchent l'impact de l'anesthésie (MACARIO, VITEZ, et al. 1995) (EON, et al. 1996) ou les différentes techniques d'anesthésie (BECKER 1999) sur le coût global du bloc opératoire. Les chirurgiens évaluent plutôt l'intérêt de certaines techniques sur les patients (GELSOMINO, et al. 2011) (BARSHES, et al. 2012).

Bien qu'à vocation globale dans le processus de financement des établissements (Cour des comptes 2013), la T2A diffuse nettement cette approche **comptable** au sein du bloc opératoire (CONNAN 2010). Ce dernier y est d'autant plus sensible qu'il génère une part importante d'actes actuellement très rémunérateurs. S'orienter vers l'activité la plus rentable au détriment de certains actes notamment l'activité dites "urgence" jugées non rentable (BURDY, et al. 2009) reste une hypothèse. L'activité des urgences est en effet ressentie comme un handicap général en régime T2A. Il semblerait que son impact sur l'organisation et les surcoûts varie en fonction du délai de réalisation de l'acte d'urgence et en fonction de sa position par rapport à l'activité "pic" de la journée (DHUPAR, et al. 2011) : précisément plus l'intervention en urgence est faite rapidement plus le surcoût serait important d'une part et d'autre part plus un bloc opératoire sature son programme plus l'impact des urgences s'avèrerait coûteux. Cette dernière hypothèse signifie qu'un bloc opératoire vertueux en termes d'occupation programmée perd rapidement le bénéfice de ses efforts dès lors que l'activité non programmée des urgences induit des déprogrammations. Toujours face à cette pression de l'activité, il peut aussi être intéressant de spécialiser certaines ressources afin d'augmenter l'enchaînement d'une spécialité (AVERY et MATULLO 2014).

Parfois il s'agit aussi de démontrer, en se penchant sur l'aspect comptable, que le processus de remboursement n'est pas en relation avec le coût réel de la prise en charge (EL KHATIB, DANINO et MALKA 2004) (BURDY, et al. 2009) ou que, finalement, les tarifs sont adaptés (MALOT, et al. 2011). Cependant la balance des recettes et des dépenses dépend des découpages comptables choisies par un établissement et ils sont parfois jugés arbitraires ou inadaptés (ECOFEY 2013) avec l'intégration ou non de services support tels que l'anesthésie, les services d'hospitalisation, l'administration ou l'application de charges communes. La méthodologie employée pour le calcul des coûts s'avère aussi primordiale. Ainsi MERCIER met en évidence des résultats différents selon l'emploi de la méthodologie dite descendante réalisée à partir des indicateurs synthétiques tels que les ICR ou selon l'emploi d'une méthodologie ascendante qui consiste à agréger progressivement les coûts unitaires de chaque ressource

(MERCIER et NGRO 2013). Cette approche comptable se heurte enfin à la complexité et la multiplicité des indicateurs. LERNOUT (LERNOUT, et al. 2010) s'engage dans une évaluation précise du coût complet de la prothèse de hanche selon le référentiel de l'Echelle National des Coûts (ENC). On remarque dans son étude rétrospective que les objectifs de précision attendus conduisent rapidement à restreindre l'échantillon des patients à seulement 5.7% des séjours totaux de la population du service d'orthopédie de départ. LERNOUT constate également des imprécisions, essentiellement liées aux lacunes du système d'information. Et au final, les écarts de coûts entre ceux calculés et la moyenne nationale ou les tarifs proposés par l'assurance maladie ne lui semblent pas suffisamment significatifs pour définir si le service considéré s'avère plus ou moins efficient. LERNOUT admet la complexité de l'évaluation des coûts. La convergence de l'unité monétaire permet néanmoins de réaliser des études de coûts à large échelle au niveau mondial (LANSINGH, CARTER et MARTENS 2007) ou régional (SHI, et al. 2013).

On retiendra, sous cet aspect comptable, que l'approche supporte mal l'approximation en matière de systèmes d'information et requiert en outre une continuité et une cohérence du recueil des informations dans le temps. Au final, le compte de résultat du bloc opératoire issu de la T2A s'avère parfois décevant ou difficile d'interprétation. Pourtant la T2A procède précisément d'une approche "comptabilité analytique" à travers la création de l'échelle nationale des coûts. Le lien entre bonne organisation et efficacité économique n'est pas aussi direct que souhaité (IGAS 2012). Aussi son utilisation à un niveau tactique ou stratégique demeure peu évidente sans retraitement synthétique.

Cette approche **ressource** où chaque dépense, engagement, mobilisation doit être réfléchi et justifiée fait partie des possibles leviers d'optimisation. A travers une sorte de gestion "d'épicerie", les transactions de type client/fournisseur au sein du système et en dehors induisent une gestion au plus juste. Dans les hôpitaux, cette approche s'appuie souvent sur les cellules de gestion délocalisées dans les pôles. Elle nécessite de disposer d'une comptabilité analytique moderne et d'un système d'information étendu afin de produire des indicateurs valides, disponibles sans retraitement long et qui soient suffisamment synthétiques pour permettre un pilotage lucide. Cette approche pose enfin la question de la balance entre rigueur et croissance. Doit-on prendre le risque d'investir massivement pour des retombées positives ultérieures et incertaines ou ne faut-il pas plutôt se contenter d'indicateurs équilibrés et surtout ne rien changer ?

2.1.4. Les approches externes ou « black box »

i. Approche objectif et benchmarking

Deuxième façon d'aborder le bloc opératoire, avec toujours en tête l'image de la boîte noire : une **approche externe** où l'intérêt ne porte que sur les indicateurs d'entrée ou de sortie ; peu importe le fonctionnement interne de la boîte noire.

C'est le principe de l'approche "**benchmarking**" (ETTORCHI-TARDY, LEVIF, & MICHEL, 2011). Il s'agit de réaliser des comparaisons avec une référence ou avec des entités comparables : à conditions de disposer d'organisations proches ou similaires, la comparaison d'indicateurs dits macroscopiques prend un sens : toute chose étant égale par ailleurs, pourquoi, par exemple, un bloc opératoire réalise-t-il une activité globale supérieure à un autre ? Cette approche nécessite d'avoir déterminée un ou plusieurs indicateurs de performance. Il s'agit souvent d'indicateurs économiques le plus souvent exprimés sous forme d'unités monétaires. Mais selon la complexité des systèmes comparés et parce que la démarche possède une volonté simplificatrice inhérente, certaines unités composites sont créées. C'est le cas de l'Indice de Coût Relatif (ICR) des actes de la classification commune des actes médicaux (CCAM) pour le bloc opératoire dont la compréhension et la manipulation nécessitent une certaine expertise (QUISSAC et GROSEIL 2008). Dans le même ordre, les initiatives lancées à travers la Base d'Angers (DGOS 2011) et l'étude nationale des coûts (LE MENN et MILON 2012) participent de cette démarche benchmarking.

Les démarches d'amélioration issues de l'ANAP intègrent également un volet benchmarking engagé dès 2007 (MEAH 2007) à l'issue de développement d'autres approches, déjà évoquées, et ayant permis d'identifier un certain nombre d'indicateurs dits *de performance*. Le terme benchmarking se trouve d'ailleurs souvent utilisé comme marqueur d'un projet d'amélioration des performances (CHANSON 2011). On note que la démarche de benchmarking ANAP a d'ailleurs été poursuivie par certaines régions jusque récemment (Agence Régionale de Santé Bretagne 2011).

Cette approche **benchmarking** convient parfaitement aux décideurs de haut niveau, de type stratégique. Elle préfigure des décisions exécutives où des demandes d'optimisation sont émises sans entrer dans les détails. Le bilan est rapide, souvent incontestable. Un ou plusieurs indicateurs doivent être améliorés, au plus tard pour la prochaine édition du benchmarking. Toute liberté d'action est alors laissée aux acteurs opérationnels, l'impact décisionnel étant d'autant plus fort. L'écueil souvent observé sur cette approche concerne la disponibilité des données de benchmarking. Elle réclame en effet des campagnes de recueil à large échelle puis un retraitement. Du coup, les indicateurs de benchmarking peuvent parfois dater et deviennent, à ce titre, contestables. L'aspect déclaratif ou l'interprétation des demandes de données lors des campagnes de recueil peut aussi se faire de façon plus ou moins fiable. Enfin,

l'amélioration d'un indicateur synthétique peut tout simplement relever, pour une équipe opérationnelle, de la mission impossible car elle nécessiterait justement une série de décisions tactiques ou stratégiques majeures.

En variante proche de celle précédemment décrite, nous proposons enfin l'approche "**objectif**". Il s'agit de s'intéresser aux indicateurs de sortie du système après en avoir fixé les entrées ou cible. Un certain nombre d'objectifs principaux sont choisis comme cible à atteindre. Un tableau de bord local surveille les résultats enregistrés en sortie. Cette approche est rapide à mettre en œuvre et peut être pertinente localement. Il s'agit surtout, au départ, de déterminer des objectifs pertinents c'est-à-dire qui apportent une information utile aux décideurs ou aux acteurs dans le processus d'optimisation. Egalement, les objectifs fixés doivent permettre la mesure de résultats cohérents et concentrés pour être exploitables. Autre risque : Le choix d'objectifs dont l'optimisation déstabilise ou éloigne le système des attentes communément attendues : un bloc opératoire multidisciplinaire qui s'hyperspécialise à coup d'objectifs au détriment, par exemple, des missions de service public qui lui auraient été confiées.

Il faut retenir, sur de ces approches **benchmarking** et **objectif**, qu'elles ne s'attaquent pas, normalement, à la performance globale du système. Elles recherchent plutôt à mesurer puis optimiser certaines facettes de l'activité de façon comparative (DUPRAT 2000) ; en espérant avoir un impact indirect global. On retiendra également que l'aspect comparatif permet de décliner tout un champ de comparaisons internes ou externes au système – c'est-à-dire compétitif dans ce dernier cas ; et même d'envisager des comparaisons en dehors du champ immédiatement semblable : en opposant un système de soins à celui d'un système industriel par exemple. Enfin, le caractère cyclique de la démarche, c'est-à-dire son inscription dans le temps, est une composante primordiale. Il ne s'agit pas seulement d'engager un processus comparatif initial et un plan d'action éventuel immédiat, mais bien d'inscrire le processus dans un cycle continu de mesure-action.

ii. Approche BIGDATA

L'avènement des données massives liées aux nouvelles technologies et aux nouveaux usages a vu se développer une nouvelle forme d'intelligence des algorithmes avec une sorte de capacités de prévision. On parle de *Data Driven society*³⁸; avec l'idée également que l'intelligence se situe moins dans les algorithmes que dans les données elles-mêmes. Les quantités massives de données portent en elle une nouvelle forme d'intelligence. Il s'agit néanmoins de données peu structurées, nombreuses, complexes, divers qu'un être humain ne peut analyser sans outils et interfaces adaptées. Ce sont également des données très plastiques ; elles augmentent et s'enrichissent en temps réel.

³⁸ Société sous contrôle des données

Comme tout système aujourd'hui, le système de santé génère de façon systématique des masses considérables de données numériques, les fameuses **bigdatas**. Ces bigdatas sont les données immédiatement significatives nées des flux matériels, décisionnels et informationnels du système ; par exemple le relevé d'activité complet d'un hôpital identifiant les actes, les patients, les opérateurs, les ressources associées.

Les bigdatas englobent également les données *a priori* non significatives générées par l'activité du système. Ces données, appelées métadonnées ou traces d'usage, sont des sortes de miroitement de l'activité du système : l'horodatage des portes, les variations de pression du traitement d'air, le trafic téléphonique ou informatique, le poids des déchets, les variations de consommation d'énergie du bloc opératoire, portent de l'information sur l'activité du système. La disponibilité numérique de ces données, leur abondance, leur persistance dans les mémoires numériques (FARISON, 2001) et les capacités des calculateurs actuels permettent de tester leur potentiel sémiotique.

L'intérêt des bigdatas n'est plus à démontrer et justifie, de notre point de vue, que **l'approche bigdata** prenne sa place en tant que nouvelle démarche d'optimisation. Cette approche nécessite de disposer de volumes de données considérables le plus souvent hétérogènes. La présentation de ces masses de données *in extenso* sous forme de tableaux n'apporte pas plus de solution pertinente immédiate. Néanmoins, les outils classiques de l'algèbre linéaire permettent de coder des graphes sous forme matricielle (MAQUIN, 2003). Et réciproquement, selon quelques conditions, des matrices de données peuvent être transformées en graphe.

Ce processus de transformation des données en graphe offre alors de nombreuses perspectives. La représentation d'un problème par un dessin, un plan, une esquisse contribue à sa compréhension. Les cartes géographiques sont des illustrations concrètes de graphes porteurs d'informations parfois denses et complexes. Certaines applications géographiques nécessitent des connaissances supérieures ; lorsqu'il s'agit par exemple de distinguer les systèmes de projections (Lambert, Mercator, Bonne, etc.). Mais dans l'ensemble, l'utilisation des cartes géographiques reste particulièrement intuitive. L'utilisation des graphes dépasse largement le domaine de la géographie. On constate son utilisation ancienne en généalogie par exemple. L'univers des graphes va, de la même manière, s'avérer être une technique privilégiée dans l'exploitation et la compréhension des messages portés par les bigdatas.

La mise en graphe requiert, en première instance, de disposer d'un set de données suffisamment classé avant de pouvoir les spatialiser sous forme de nœuds et de liens. S'agissant de bigdatas, c'est-à-dire de données nombreuses et éventuellement hétérogènes, l'obtention d'une spatialisation harmonieuse et esthétique introduit divers problématiques. Le respect d'un cadre raisonnablement étendu, la gestion des recouvrements de nœuds et des croisements entre liens sont ainsi attendus ; tout comme le maintien de certaines propriétés

dont celle de symétrie. L'enjeu reste également la rapidité d'exécution qui doit se faire dans un temps adapté.

La spatialisation de données s'appuie sur des capacités de calcul et a progressé avec l'informatique dès les années 90. En 1991, FRUCHTERMAN et REINGOLD propose un algorithme fondateur de positionnement des nœuds et liens selon un principe d'attraction/répulsion entre les objets et inspiré de la physique newtonienne et particulière (FRUCHTERMAN & REINGOLD, 1991). Le principe de cet algorithme, dont on trouve les prémises dans les techniques de positionnement des composants sur les cartes électroniques, dépend en partie d'observations expérimentales et de choix pragmatiques. Il a ensuite été progressivement amélioré (HU, 2006) (JACOMY, VENTURINI, HEYMANN, & BASTIAN, 2014).

Le graphe obtenu, après première spatialisation, mérite souvent des transformations complémentaires. Cette étape de codage devient largement accessible à travers l'univers informatique actuel. Il s'agira principalement de renforcer, sur le plan graphique, les corrélations et les indépendances entre les données. Ces propriétés seront mises en évidence soit par densification locale de la spatialisation, soit par modifications morphologiques ou colorimétriques des objets représentés. Par exemple, le diamètre d'un nœud pourra être modifié en fonction de ses propriétés ; en général en fonction de son degré de connexion. Un outil comme GEPHI (BASTIAN, HEYMANN, & JACOMY, 2009) offre une solution complète où toutes les propriétés directes ou calculées d'un objet ou d'un groupe d'objets peuvent être modifiées graphiquement et mises en avant ou en retrait.

Le graphe final présente, au sein d'un même espace, l'association des données initialement hétérogènes. C'est un synoptique où toutes les informations peuvent être appréhendées simultanément ; et non plus de façon diachronique. Cette mise en graphe permet ainsi une assimilation *quasi* instantanément et sans effort d'un grand nombre d'informations. *Google Maps for Work* s'inscrit d'ailleurs dans cette approche avec le slogan suivant : « *Decide with Instant Insight* ». Il s'agira de chercher une logique à travers les formes obtenues. L'interprétation se fait en effet sur la base de « patterns³⁹ » fonctionnels remarquables tels que les clusters – *les regroupements*, les bridges, les sources, les puits, etc. Il s'agit d'un processus d'exploration et par conséquent la connaissance des concepts, des formalismes et de la terminologie de la théorie des graphes est nécessaire pour garantir le résultat de la démarche. Mais à terme, de telles approches devraient s'inscrire dans le quotidien des décideurs en tant qu'outils visuels et opérationnels.

³⁹ F. GUITALLA – site web <http://ateliercartographie.wordpress.com/>

2.1.5. Synthèse et conclusion

Le tableau suivant reprend les différentes approches évoquées précédemment et résume le principe directeur et l'esprit associés :

Catégorie	Type d'approche	Principe directeur	Esprit
Approche intrusive ou « open box »	Approche processus	Rationaliser les flux et processus	"La logique prime"
	Approche relations humaines	Maitriser la relation des Hommes entre eux	"L'Union Sacrée"
	Approche zéro-défaut	Eliminer toutes les erreurs	"La démarche Qualité" "La gestion des risques"
	Approche ressource	Négocier chaque transaction	"Un sou est un sou"
Approches externes ou « black box »	Approche objectif	Fixer un objectif, mesurer le résultat	"Un arc, une flèche, une cible"
	Approche benchmarking	Comparer les résultats de systèmes équivalents	"Se comparer pour progresser"
	Approche BIG DATA	Exploiter les données du système	"Fouiller et visualiser"

Tableau 1 : Synthèse des différentes approches d'optimisation proposées

L'[Annexe 4](#) donne une illustration visuelle de ces différentes approches d'optimisation.

Les approches d'optimisation présentées précédemment sont employées dans les établissements de santé selon des différents degrés, de manière concomitante⁴⁰ mais avec un faible niveau d'articulation tactique entre toutes. La question de la prise de conscience de ces approches et un éventuel choix de priorité sont posés ; à la fois au décideur hospitalier mais aussi aux autorités. Il s'agit sans doute de donner de la lisibilité et du sens aux actions d'optimisation qu'elles soient locales ou nationales. Il s'agit aussi de garder un œil critique sur les outils et méthodes tant sur leurs écueils que sur leurs interdépendances. Il ne fait aucun doute que le maintien des grands équilibres d'un système s'avère primordial pour garantir sa réussite. Les techniques d'optimisation doivent s'inscrire dans le respect de ces équilibres pour éviter de prendre un caractère monolithique et maximaliste. Ainsi l'optimisation de systèmes complexes tels le bloc opératoire nécessite le développement de disciplines alliant ingénierie, science du management, science de gestion et culture du risque.

La notion de complexité doit également être considérée. L'hôpital et le bloc opératoire ne constituent pas seulement un univers compliqué qu'il suffirait de sérier en petits éléments et

⁴⁰ Le tableau précédent doit donc faire l'objet d'une certaine prudence quant au cloisonnement artificiel qu'il traduit.

dont la résolution élémentaire permettrait de produire une amélioration globale et déterminée de la performance. Ce sont en fait des ensembles complexes, constitués d'objets indissociables les uns dans les autres, interagissant entre eux et dont l'analyse – et l'optimisation, n'est plus du domaine purement déterministe.

Pour que la "complexité ne soit plus affaire de hasard⁴¹", mais d'un management maîtrisé et éclairé, un changement de paradigme s'impose : il ne s'agit plus de considérer les systèmes de santé de façon indépendante mais de s'engager sur une vision panoramique d'un système en réseau constitué d'entités de tailles différentes mais quoiqu'il en soit hyper-liées les unes aux autres. A l'instar du modèle Internet, cette mise en perspective préfigure de nouvelles techniques d'optimisation et de nouvelles propositions technologiques.

*
**

L'optimisation de systèmes complexes comme le bloc opératoire nécessite sans aucun doute le développement de disciplines multi-compétentes alliant ingénierie (travaux, informatique, biomédical, logistique), mathématique et science du management.

2.2. OPTIMISATION PAR MASSIFICATION : EXEMPLE DE LA FUSION DE DEUX HOPITAUX

Avec la dernière loi de modernisation du système de santé, les établissements de santé publics ont été regroupés au sein de Groupement Hospitalier de Territoire dit GHT le 1^{er} juillet 2017. Ces GHT bouleversent l'organisation et les coopérations territoriales. Il s'agit désormais d'avoir une approche territoriale en matière de parcours de soin, de filières médicales et de projets médicaux partagés.

Avant cette date, des processus de fusion ont déjà été observés en France. La partie suivante constitue une analyse d'expérience d'une telle opération. Elle ne doit pas être confondue avec la mise en place des GHT qui, sur le plan juridique, administratif et politique, s'avère très différente.

*
**

Le texte suivant a fait l'objet d'une publication dont les références sont les suivantes :

Marc Olivier JAFFRE, F LANGEVIN

Le Centre Hospitalier Intercommunal Castres Mazamet : de la fusion à l'ouverture

Les cahiers de la Fonction Publique, n° 354, p 80-83 – 2015

⁴¹ Edgar MORIN

2.2.1. Introduction

Le centre Hospitalier Intercommunal Castres Mazamet regroupe, depuis le 1^{er} janvier 1999, le Centre Hospitalier de Castres et le Centre Hospitalier de Mazamet en une seule entité juridique. La réussite de cette fusion, couronnée par l'ouverture d'un « Hôpital Neuf » en janvier 2011 et un équilibre financier en 2014, s'explique sans doute par divers facteurs et opportunités que les décideurs médicaux, administratifs et politiques ont su saisir avec engagement et clairvoyance. Cette dynamique locale de concentration des ressources, principalement celles dédiées au plateau technique, laisse place désormais à un mouvement d'ouverture, de proximité et d'échange encouragé par les orientations de l'organisation sanitaire mais finalement jugé nécessaire à l'équilibre et à l'avenir de la structure.

Cet article revient sur l'histoire du Centre Hospitalier Castres Mazamet marquée par les réformes successives des politiques de santé publique depuis presque 20 ans, sur les moments importants de cette concentration et sur ses éléments-clés. A l'issue, différents enseignements pourront être brièvement discutés.

2.2.2. Contexte

i. Le contexte local et historique

Le département du Tarn, comme de nombreux autres en France, est divisé en deux bassins ; l'un au nord sous influence de la préfecture Albi et l'autre au sud avec Castres et Mazamet, distantes l'une et l'autre de 17 km. Sur le plan géographique, ces deux bassins sont équivalents. Le bassin d'Albi dispose d'une facilité d'accès à Toulouse. Au sud du Tarn, l'aire castro-mazamétaine est à la fois plus enclavée et associée à quelques 190 000 habitants, soit une population 10% supérieure à celle du bassin nord. Castres apparaît comme une ville nettement plus importante que Mazamet : on retiendra un rapport de deux tiers un tiers valable également en ce qui concerne la taille initiale des établissements hospitaliers. Pour se développer, ces deux villes n'ont pu compter que sur leur dynamisme industriel et entrepreneurial.

Castres, ville plus que millénaire, initialement romaine⁴² et étape sur le chemin de Compostelle, a vu se dérouler toutes les mutations de l'histoire hospitalière, celle des maisons d'hospitalité, encouragées par le clergé dès le IV et V^{ème} siècle, pour accueillir les malheureux, les malades et les pèlerins. De l'époque contemporaine, on retiendra que le Centre Hospitalier de Castres avait profité de la vague de modernisation des années 70 pour abandonner son "Hôtel-Dieu" principalement associé à une mission hôtelière au profit d'une configuration plus technique. Le plateau technique sur l'établissement ouvert au centre-ville de Castres en 1970, à

⁴² Le nom de Castres vient de *Castrum*, camp fortifié en latin.

quelques centaines de mètre de l'Hôtel-Dieu, n'aura d'ailleurs de cesse de s'étendre : jusqu'en 2001 en effet, le Centre Hospitalier de Castres investira régulièrement pour disposer d'un bâtiment dit "médicotechnique" où l'ensemble des services de stérilisation, pharmacie, urgence, réanimation, soins intensifs, bloc opératoire et obstétrical s'enchaînent sur un plan vertical et compact.

L'histoire hospitalière mazamétaine s'avère un peu plus récente et marquée dans son développement par des initiatives privées, pour des raisons sans doute économiques et religieuses – *Mazamet est imprégnée tout à la fois par un passé économique très florissant et un ancrage protestant*. L'hôpital de Mazamet est en partie issu du rachat d'une clinique privée en 1979. Héritiers de cette période, certains éléments techniques dont le bloc opératoire ou l'imagerie témoignaient d'une conception des années 50 étonnamment avant-gardiste : on citera par exemple des salles de bloc opératoire elliptiques avec au plafond des coupoles en verre translucide pour assurer l'éclairage d'ambiance. L'hôpital de Mazamet n'est pas installé au cœur du centre-ville. Moins contraint par l'espace, ses extensions se sont traduites par des bâtis juxtaposés les uns aux autres, chacun emprunt des styles et tendances de son époque.

ii. Le contexte national et international

Le processus d'accès à une médecine de qualité et pour tous engagé avec la [loi n° 70-1318 du 31 décembre 1970](#) porte déjà l'idée d'une certaine planification des capacités hospitalières (DOMIN 2010). Pendant vingt ans, les pouvoirs publics vont engager progressivement une politique de contrôle voire de réduction des ressources⁴³ avant d'aboutir, avec la [loi n° 91-748 du 31 juillet 1991](#), à un objectif de rationalisation contrainte de l'organisation sanitaire. La disparition de 40.000 lits d'hospitalisation complète dans le secteur public et de 20.000 dans le secteur privé entre 1990 et 1997 en sera le résultat le plus significatif (DEVILLE et LESDOS-CAUHAPÉ 1999) mais finalement jugé encore insuffisant.

L'[ordonnance n° 96-346 du 24 avril 1996](#), dont l'objectif annoncé par les autorités était de réduire encore le parc hospitalier de quelques 100 000 lits, précipite clairement les fusions, concentrations et fermetures en tant que levier technique ultime de rationalisation. Les Agences Régionales de l'Hospitalisation (ARH) auraient ainsi menées 568 opérations dites de recompositions entre 1997 et 2008 selon la Direction Générale de l'Offre de Soins (DGOS) (PODER 2010).

A la même époque, le monde économique, à l'échelle mondiale, développe un véritable engouement pour les processus de fusion-acquisition. Les bénéfices escomptés dans le monde de l'entreprise sont principalement économiques et organisationnels : les fusions doivent

⁴³ [Loi n° 78-11 du 4 janvier 1978](#), [loi n° 79-1140 du 29 décembre 1979](#), [loi n° 83-25 du 19 janvier 1983](#), [loi n° 84-5 du 3 janvier 1984](#).

permettre une réduction des coûts de production, une amélioration d'accès à la clientèle et une croissance plus forte. Dans le milieu de la santé, ces trois résultats sont également attendus : on parle d'économie d'échelle, de mise en commun du personnel – avec la création de "pool de personnel", d'amélioration des processus de production. L'accroissement des volumes d'activité, essentiellement par extension de la couverture géographique d'influence, signifie également une qualité améliorée en cohérence avec les objectifs minimaux fixés pour certaines activités (CONNOR, et al. 1997). Aux Etats-Unis s'amorce une « *merger-mania* » dans les hôpitaux et cliniques avec une moyenne de 600 fusions recensées chaque année entre 1994 et 1997 (MOSSÉ, GERVASONI et KERLAU 1999) (BALMER et DINNIE 1999).

2.2.3. Résultats

i. Les facteurs d'une prise de conscience

C'est dans ce contexte à la fois historique, international et national qu'il faut sans doute se situer pour envisager l'état d'esprit des acteurs hospitaliers locaux. Dans ces années 90, ces acteurs comprennent rapidement les risques et les faiblesses inhérents à la situation castro-mazamétaine.

La loi de 1991 fait peser des menaces sur les deux établissements, considérés comme des centres hospitaliers généraux de petite taille. Malgré un dynamisme économique avéré, Castres, en tant que sous-préfecture, manque de légitimité et tout simplement de poids sur le plan administratif et territorial. Les difficultés à faire progresser les voies de transport routier dans la partie sud du département sont un témoin ressenti comme flagrant et souvent évoqué même s'il n'engage pas forcément de corrélation avec la gestion sanitaire.

Le corps médical est également conscient des évolutions technologiques. En imagerie, c'est l'époque d'une diffusion massive des scanners, souvent à l'origine des premières coopérations inter-hospitalières pour l'accès à l'imagerie en coupe ; ce sera le cas entre Castres et Mazamet. En chirurgie les techniques mini-invasives sous vidéo révolutionnent aussi les pratiques tandis que les laboratoires d'analyse connaissent des progrès permanents. Dans les hôpitaux, l'impact directement ressenti, de 1983 à 1996, sera une durée moyenne des séjours dans le secteur public qui passera de 8,2 à 5,3 jours en chirurgie et de de 10,2 à 6,8 jours en médecine (MOSSÉ, GERVASONI et KERLAU 1999). Là encore, Castres et Mazamet ne feront pas exception. Cette baisse de la durée de séjour moyenne restera et reste encore un indicateur incroyablement marquant pour le corps médical.

Rajoutons enfin l'engagement politique du corps médical localement ; ou pour le moins pourra-t-on parler de liens étroits. Cet aspect facilitera le partage et la diffusion des idées. Les problématiques économiques et les tendances réglementaires seront d'autant mieux assurées. Ainsi les deux établissements ne feront pas preuve d'une « relative indifférence » face à la

réforme de 1991 : la perspective d'un projet commun sera étudiée officiellement dès 1992 et les élus sauront présenter et soutenir le projet au-delà des sensibilités, des doctrines et des frontières communales.

C'est bien à la lumière de ce contexte et avec une lucidité particulière que les acteurs locaux s'empareront d'un projet d'avenir par l'union. Ce sera une condition nécessaire mais non suffisante.

ii. Un processus technique et social

La réussite de la fusion entre Castres et Mazamet réside sans doute dans de multiples autres facteurs d'opportunité qui ont tous été compris, saisis ou réalisés aux bons moments.

Une fusion, c'est d'abord une opération rationnelle et procédurale (MICHALET 2013). Sur le plan juridique, la fusion doit aboutir à la constitution d'un nouvel établissement. C'est tout un processus de consultations et de délibérations qui doit être planifié afin que personnels en interne, instances, tutelles et institutions extérieures puissent reconnaître la nouvelle entité et permettre son fonctionnement immédiat. La fusion, c'est aussi une opération patrimoniale et comptable : inventaire, fichier structure, annuaires, listing des comptes, fournisseurs, paie sont autant d'informations à refondre avec justesse pour qu'à la date de la fusion, le directeur du nouvel établissement puisse mener les opérations comptables et financières de clôture et de transfert des entités fusionnées (CALMES et DEHAINE 2012).

Ces opérations nécessitent, à n'en pas douter, une technicité de haute volée, juridique et comptable, qu'il faut en outre inscrire dans l'environnement évolutif des réformes. Malgré tout, une fusion c'est aussi une opération sociale interne qui requiert une approche humaine spécifique à même d'accompagner les peurs, menaces et impuissances que nul ne manque de ressentir (DUMOND 2006) (HEBERT 2010). Certes, gérer les facteurs humains relève aussi d'une certaine technicité ; mais en l'occurrence, quelques éléments favorisant et apparemment maîtrisés dans l'exemple de Castres et de Mazamet méritent d'être cités.

L'implication des cadres dirigeants et du corps médical est une condition première dans une fusion hospitalière. Communiquer, montrer l'exemple à travers des "jumelages", des efforts organisationnels constants et long terme – *travail multi-site notamment*, sont autant de pistes qui doivent permettre d'acquiescer la confiance des équipes et l'harmonisation progressive des pratiques. A ce niveau se joue l'acquisition d'une légitimité suffisante qui permettra de passer les étapes où l'asymétrie du niveau d'information entre dirigeants et opérationnels sera parfois plus élevée. A travers la fréquence des interactions et l'égalité de traitement sans faille, parfois symbolique, entre les entités initiales c'est la socialisation apaisée des structures qui se gagne et qui rendra évidente l'entité unique. Enfin lorsque la fusion administrative ouvre la perspective d'un projet aussi fort qu'une fusion physique de certains sites – *et le possible renoncement de*

ceux existants (DUMOND 2006), l'adhésion des équipes doit être encore plus forte. Un projet hôpital neuf, aussi incertain soit-il, donne l'opportunité unique, à travers une gestion délibérément hyper-participative lors des phases du programme et des avant-projets, de mettre tous les acteurs autour de la table ; c'est sans doute l'occasion d'échanges sociaux fondateurs.

Abordons enfin cette chance que le projet de Castres et de Mazamet a eue en disposant de femmes et d'hommes suffisamment engagés pour passer le témoin aux bons moments. Il s'agit des médecins et des élus qui ont su œuvrer autant pour eux et que pour leurs successeurs aujourd'hui en responsabilité. Il s'agit aussi des chefs d'établissement qui se sont succédés aux moments clés : un an avant la fusion administrative en 1998, à l'obtention du permis de construire et du financement de l'hôpital neuf en 2005 et deux ans après le déménagement en 2013. Rappelons, pour terminer, ce rendez-vous de confiance réussi entre Castres-Mazamet et ses tutelles, DDASS puis ARH qui a permis de faire des choix (Cour des comptes 2013) – *cette dernière s'étant par ailleurs montrée particulièrement active pour accompagner les fusions dans la région Midi-Pyrénées comme le montre le rapport de l'IGAS en 2012* (BOCQUET, et al. 2012).

2.2.4. Discussion

Tous ces facteurs ont sans doute participé à la réussite de la fusion administrative et physique des sites de court séjour du Centre Hospitalier Intercommunal Castres Mazamet. Si le projet du site unique était l'un des desseins premier espéré par les acteurs locaux dans les années 90, sa réalisation a réclamé de la volonté, du travail et peut-être aussi un peu de chance. Le projet du site unique dont le coût toutes dépenses confondues est estimé à 170 M. d'euros, a duré environ 10 ans, entre 2001 et 2011. Le CHIC Castres Mazamet aura également mené, au cours de cette même décennie, les réformes majeures qu'ont été la nouvelle Gouvernance et la T2A. Aujourd'hui le CHIC Castres Mazamet, c'est ce fameux Hôpital du Pays d'Autan de 390 lits et places de courts séjours ouvert en 2011, des Etablissement d'Hébergement Pour Personnes Agées Dépendantes (EHPAD) et Soins de Suites et de Rééducation (SSR) comptant plus de 600 lits sur les communes de Castres, de Mazamet et d'Aussillon ainsi qu'un Internat, un Institut de Formation en Soins Infirmiers (IFSI), un Centre de Planification et d'Éducation Familiale (CPEF), un dispensaire et une blanchisserie. Sur le plan financier, l'ensemble représente un budget d'exploitation annuel de 130 M. d'euros. Le CHIC est lourdement endetté, conséquence de son hôpital neuf. Il dispose malgré tout d'une marge brute adaptée. Il possède également un léger déficit cumulé tenu hors des seuils de redressement et a fini l'année 2014 avec un résultat légèrement positif. Alors le Centre Hospitalier Intercommunal Castres Mazamet a-t-il tout réussi ?

Répondre sans porter une critique plus élargie de la situation serait faire preuve, d'une part, d'un manque de discernement. D'autre part, l'univers désormais incertain dans lequel évoluent les établissements de santé réclame de percevoir chaque succès comme relatif car inscrit dans le mouvement immédiat vers un nouvel objectif.

Pour bien des professionnels, la fusion constitue un challenge unique, par ses enjeux et sa durée. L'attention de tous est focalisée intensément sur ce seul objectif, au détriment, disons-le, d'une veille sur les tendances extérieures au projet. Ainsi, le suivi des évolutions technologiques, réglementaires, scientifiques, la participation à des salons, des rencontres professionnelles ou institutionnelles parfois même stratégiques sont mis entre parenthèse pour investir tout le temps disponible sur le seul sujet principal qu'est désormais devenue la fusion, administrative ou physique. Quelques absences à certains comités techniques dans les années 2008-2011 expliquent sans doute que le CHIC Castres Mazamet doive aujourd'hui se battre un peu plus dans des disciplines telles que la cardiologie ou l'imagerie par exemple ; et que des projets de médecine nucléaire ou de dialyse hospitalière n'aient pas concrètement émergé sur le bassin malgré son importance et celle de l'établissement. Dans l'ensemble, c'est même l'établissement au-delà de 2011 qui est demeuré, un temps, sans projet ; figeant du même coup celui des sites annexes du CHIC Castres Mazamet.

Autre écueil observé, celui du maintien des anciennes structures immobilières alors même qu'elle devaient être supprimées au profit d'une nouvelle structure unique et étendue. Le CHIC Castres Mazamet n'a pas dérogé puisqu'une partie du site sur Mazamet est actuellement exploité ; en unité de Soins de Suites et de Rééducation (SSR) et en Unité de réhabilitation Cognitivo-Comportementale (UCC). Le site, réaménagé en 2014, confirme le phénomène connu que la fermeture effective des sites n'est pas systématique ; induisant par conséquent des investissements de réfection et le maintien d'un budget d'exploitation. Le site de Castres a par contre fait l'objet d'une cession immobilière définitive.

2.2.5. Conclusion

Le CHIC Castres Mazamet a réussi sa fusion administrative et physique. Mais l'un des grands challenges était aussi celui de sortir de cette sorte d'engourdissement et de torpeur provoqué par un exercice qui a duré finalement 20 ans dont 10 ans pour le projet Hôpital Neuf. La dynamique de concentration devait laisser place à une dynamique d'ouverture : c'est le sens de la réduction de la durée des séjours qui induit en périphérie et en aval de l'hospitalisation à fort contenu en soins et en prescription, des besoins nouveaux (MOSSÉ, GERVASONI et KERLAU 1999). C'est aussi le sens d'une réalité économique d'entreprise qui veut qu'une concentration soit suivie, bien souvent, d'une diversification de sa "clientèle" par la création d'un réseau censé la capter encore plus (KERLEAU 2001). Cette ouverture, c'est enfin la chance du CHIC Castres Mazamet d'éviter le repli sur soi, qui certes n'aurait été que temporaire compte

tenu des orientations en santé publique, mais dont les conséquences auraient été importante en termes d'équilibre financier et donc d'activité. En se lançant, depuis 2013, dans une proposition d'ouverture et de communication marquée, le CHIC Castres Mazamet tient sa place de leader, attendu pour un centre pivot de territoire et au cœur du réseau de soins.

Plus largement à propos des fusions, ces processus ont fait l'objet de nombreuses analyses (BOCQUET, et al. 2012) (Cour des comptes 2013) et même une tentative de moratoire (COHEN 2014). Le principal enseignement est qu'aucun modèle causal n'a pu être déterminé à l'issue des 90 fusions comptées en France jusqu'en 2011. Autrement dit, la combinaison de facteurs clés du succès n'est pas déterminée malgré la récurrence. Il faut sans doute en déduire la complexité des organisations de santé et l'incertitude à laquelle les décideurs sont confrontés. Il faut également s'interroger sur la logique d'optimisation par massification à laquelle la fusion, en tant qu'outil, appartient ; alors même que la révolution Internet a démontré la puissance des organisations en réseau constituées d'entités plutôt légères, indépendantes mais hyper liées.

*
**

2.3. OBJECTIFS ET SUITE DE LA RECHERCHE

Dans le premier chapitre nous avons rappelé le contexte général dans le domaine de la santé et des soins. Compte tenu de leur évolution, tant du point de vue de la demande que des difficultés à proposer une offre adéquate, les processus d'optimisation sont devenus indispensables. La notion de performance, longtemps obérée et finalement assez complexe à définir, fait désormais office de leitmotiv. Aujourd'hui tous les systèmes de santé tentent, sous différents angles, d'optimiser leur système, parlent d'objectifs, de résultats, de pertinence.

Nous avons dégagé, dans ce deuxième chapitre, ce que l'on pourrait considérer comme une classification de différentes approches d'optimisation relevées au bloc opératoire en tant que terrain expérimental. Nous avons également retracé une approche d'optimisation par massification à la lumière d'une fusion inter-établissement ; en tant que retour d'expérience. Reste une voie alternative de compréhension et d'optimisation : celle portée par les données massives de production fournies par les systèmes et que nous appelons couramment désormais le BIG DATA. Donner du sens aux données massives constitue une voie prometteuse à laquelle les plus grandes entreprises mondiales se consacrent. L'expression informative de ces données nécessite malgré tout de pouvoir les manipuler et d'en extraire le sens. Sur ce point, l'utilisation de graphes possède de grands avantages : ils autorisent la projection de données nombreuses dans un espace visuel réduit. Ils permettent, dans certains cas, de dégager des singularités et du sens.

*
**

Pour la suite de notre étude, nous choisissons une approche BIG DATA, en référence aux propositions du chapitre II. Nous allons combiner données massives et graphes. Il s'agit de tester le potentiel des données de santé dans le cadre d'un projet d'optimisation à travers les connaissances complémentaires qu'elles sont susceptibles d'apporter. L'expression de ce potentiel passe, selon nous, par la mise sous forme de graphes et par la recherche de signatures graphiques significatives.

Ainsi, le troisième chapitre, à venir, est consacré à des aspects méthodologiques sur les données et les outils. Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus, à la fois en termes de connaissances acquises sur les données que de retour d'expérience sur les outils utilisés et développés. Le chapitre se termine sur une discussion générale qui touche ces deux aspects. Nous tentons également d'élargir cette discussion au contexte plus général du management et de l'aide à la décision, évoqués dans les chapitres premiers et seconds de ce rapport.

Le travail à venir se situe entre les champs de l'ingénierie, les sciences informatiques et le management. Notre objectif reste celui de l'optimisation des parcours de soins. Cet objectif requiert de mieux comprendre ces parcours de soins ; c'est-à-dire élaborer des liens causaux

entre les séjours des patients. Nous ne croyons pas que ce niveau soit nécessaire ; voire accessible. Constaté les faits et accéder à un niveau supplémentaire de connaissance nous semble déjà suffisant. Nous comptons sur l'élaboration de nouveaux outils pour acquérir ces nouvelles connaissances.

*
**

- CHAPITRE 3 -

EXPLOITATION ET VISUALISATION DES DONNEES MASSIVES

Pour la suite de notre recherche, nous avons choisi de nous appuyer sur l'exploitation des données massives, en particulier celles issues de l'activité des établissements de santé. Ce chapitre présente les principaux éléments méthodologiques.

Dans une première partie, nous délimitons la notion de données massives autrement nommées BIG DATA. Nous évoquons ensuite et succinctement les bases de données de santé susceptibles de répondre à ces critères. Nous rappelons enfin quelques éléments d'ordre plus technique sur l'exploitation de telles données lorsque considérées en tant que données en réseau.

Dans une seconde partie, nous présentons brièvement le PMSI en tant que source de données sur laquelle nous allons puiser des sets de données expérimentaux.

La troisième partie s'attache à sélectionner des séjours d'intérêt et détailler les choix réalisés en matière d'outil graphique de projection de ces données. Cette partie définit les conditions en matière de matériel et méthode du chapitre suivant.

3.1. EXPLOITATION DES DONNEES MASSIVES

3.1.1. Emergence et usage des données massives

i. Activité numérique et BIG DATA

Les données massives ou BIG DATA font désormais partie de notre actualité médiatique. Il s'agit en général d'annoncer une nouvelle prouesse de prédictions établies à partir des données de plus en plus nombreuses récupérées à tous les niveaux de notre "*i-conomie*"⁴⁴ mondiale. Les données massives – ou *métadonnées en français*, sont réunies sous le terme de BIG DATA. Elles émergent sous l'impulsion de deux évolutions majeures de l'informatique (KEYSER-BRILL, 2015) :

- 1- La baisse des coûts de la mémoire : dans les années 1980 un disque dur de 5 mégaoctets coûtait environ 3 000 dollars. Aujourd'hui on peut acheter une clé USB d'une capacité 6 000 fois plus grande pour 10 euros. Il est donc devenu moins cher de stocker tout ce qu'on veut ; plutôt que de décider quoi stocker.
- 2- L'avènement du calcul en parallèle : au lieu de demander à un seul superordinateur de résoudre un problème, il est bien plus efficace et rapide de solliciter des milliers

⁴⁴Dans le sens de l'économie de l'information ; origine non retrouvée de ce néologisme.

d'ordinateurs pour travailler en parallèle. Ce à quoi s'ajoute également la baisse des coûts de la puissance de calcul pour chaque machine individuelle. Cette approche du calcul distribué a fait naître une nouvelle industrie du calcul ; le *cloud computing*.

Ces deux évolutions associées à la récolte systématique de toutes les données vont induire la production d'un nouveau savoir, considéré pourtant par certains comme réducteur des libertés ; ce qu'Antoinette ROUVROY (ROUVROY & BERNS, Gouvernamentalité algorithmique et perspectives d'émancipation : Le disparate comme condition d'individuation par la relation ?, 2013) appelle la gouvernamentalité algorithmique. Au-delà de la problématique posée, ROUVROY décompose le mécanisme des BIG DATA et apporte un niveau de compréhension supplémentaire au phénomène. Selon ROUVROY, l'action se déroule en trois temps :

- 1- La récolte massive de données et la constitution de DATAWAREHOUSES. Ce sont, en français, les entrepôts de données. Leurs capacités de stockage seraient aujourd'hui illimitées⁴⁵. Les données récoltées sont considérées comme purement objectives ; elles ne peuvent pas mentir puisqu'elles représentent le fruit de l'activité numérique réelle. Mais surtout ce qu'il faut comprendre de cette collecte, c'est qu'elle se fait en dehors de toute forme d'intentionnalité : le processus de récolte est généralisé et accepté. Personne n'a la sensation de produire des données personnelles ; les données sont plus abandonnées que cédées. Ces données possèdent un caractère à la fois objectif et inoffensif.
- 2- La fouille des données : le DATAMINING. C'est le traitement automatique, approfondi des données et la recherche systématique de corrélation (sans cause) pour produire du savoir. Ce processus se fait sans poser ni règles ni hypothèses préalables : c'est le *machine learning*. Prenons l'exemple de *Google Translate*. Les algorithmes, au lieu d'apprendre des règles de grammaire, comparent des millions de phrases dans diverses langues pour trouver les relations statistiques entre elles. Au final, les statistiques donnent de meilleurs résultats que les règles portées par les linguistes. Ce nouveau savoir est un fait indiscutable et à la hauteur de la diversité du réel.
- 3- Le profilage ou PROFILING ce que laissait entrevoir l'étude publiée par YOUYOU en 2015 (Université de Cambridge et Stanford) et qui déterminait qu'à partir de 500 "like" sur FACEBOOK un algorithme connaissait mieux un individu que son propre conjoint (YOUYOU, KOSINSKIB, & STILLWELL, 2015) ; où certaines entités du web, à travers nos clics et nos non-clics, nous connaissent *en gros* mieux que nous-même (LAURENT A. , 2014) et en brevètent la technologie (BENSINGER, 2014). Cette séquence renvoie très sérieusement à deux problématiques ; celle de l'économie de l'attention par cette capacité à s'adapter aux centres d'intérêt de l'individu profilé et celle de la radicalisation par la disparition progressive de l'expérience commune par filtrage de l'information au profit d'un contenu hyper personnalisé.

⁴⁵ La consommation électrique de ces entrepôts constitue l'enjeu principal ; raison pour laquelle l'installation se fait tendanciellement dans les pays où l'électricité est la moins cher ; en Chine notamment ce qui n'est pas sans poser quelques problèmes géostratégiques. Le refroidissement de ces entrepôts représente également une problématique ; d'où les projets d'installation dans les lieux froids du globe.

A travers ces pistes illustratives, on saisit bien que le BIG DATA pourrait aussi révolutionner les principes scientifiques : des algorithmes nourris avec suffisamment de données se montrent capables d'élaborer des modèles aussi efficaces que les scientifiques eux-mêmes. Ainsi sans règles de calcul ni théorie, certains algorithmes seraient en mesure de recomposer les mouvements des planètes du système solaire.

En marge des modèles cognitifs – ou *système expert*, qui passent par un processus de modélisation maîtrisée mais parfois long à mettre en œuvre⁴⁶, la révolution de l'IA était attendue dès les années 2 000 du côté des réseaux de neurones, du *deep learning*⁴⁷. C'est une autre tendance qui a pris l'ascendant : le *machine learning* basé sur l'accumulation de données et des calculs de corrélation pour reconstruire un modèle comportemental du réel ; l'étape ultérieure étant de bâtir un modèle comportemental *préemptif* (ROUVROY, Les données personnelles : une nouvelle donne pour le droit, 2013), c'est-à-dire un modèle capable de prévoir un événement avant le système réel lui-même ; ce qu'Antoinette ROUVROY appelle le *gouvernement algorithmique*.

Le BIG DATA n'a pas encore tenu toutes ses promesses ; même s'il s'en rapproche. On a noté de lourdes erreurs de prédiction de certaines épidémies (EBOLA, H1N1) et *Google Translate* fait parfois quelques traductions très grossières. Le problème réside dans le manque d'analyse et de regard critique que l'on porte aux résultats des algorithmes non explicatifs⁴⁸. La fouille de données apparaît malgré tout comme une tendance lourde, avec cette conviction que nous disposons déjà d'une information qui recèle des niveaux de connaissance inédits et inexploités.

⁴⁶ On parle aussi et pour cause de *maïeutique*. Nous y associons la Simulation Multi-Agent (SMA), domaine vers lequel notre travail de recherche a failli s'orienter à la lumière des travaux discutés avec Sophie RODIER à l'ISIMA dirigé par le Pr Michel GOURGAND. La SMA part du principe que l'intelligence est distribuée, tout comme les problèmes. Elle met en œuvre des simulations basées sur une organisation artificielle interactive où chaque agent possède une forme d'intelligence d'auto-adaptation. La SMA est le passage de la modélisation-simulation orientée objet à la modélisation-simulation orientée agent.

⁴⁷ Avec l'incapacité à comprendre les règles finalement acquises et appliquées à l'issue du processus d'apprentissage. Les différentes voies de l'IA renvoient aux questions de leurs performances en termes de précision et de robustesse.

⁴⁸ Laisser parler les données sans contexte reste une entreprise hasardeuse voire dangereuse : Revoir la fiction *Minority Report*, film de 2002. Les individus eux-aussi doivent prendre conscience de leurs actions. Pour paraphraser le sociologue Hartmund ROSA : Avant d'être aliénante, l'activité numérique est grisante ne serait-ce par l'omniscience et l'ubiquité que chaque individu doté d'un Smartphone peut se permettre aujourd'hui de revendiquer. Citation originale à propos de l'accélération du temps : « Avant d'être aliénante, l'accélération (du temps) est grisante : elle est l'équivalent fonctionnel de la promesse religieuse de vie éternelle » ; de Hartmund ROSA, « Pourquoi on pédale dans le vite ? » Dossier « l'homme débordé » ; *Philosophie Magazine*, n°57, mars 2012.

ii. BIG DATA versus SMALL DATA

Avant de poser la focale sur les données de santé, nous ne pouvons éviter la question des BIG DATA au regard du reste des données ; par opposition les SMALL DATA.

BERMANN donne la définition suivante (BERMANN, 2013). Les BIG DATA doivent répondre aux trois V. :

- Volume ; une masse très significative de données.
- Variété ; les données sont complexes et variées.
- Vitesse ; en constant changement, les données ont un caractère dynamique.

BERMANN compare ainsi les BIG DATA et les SMALL DATA selon un certain nombre de critères présentés dans le tableau suivant :

	SMALL DATA	BIG DATA
BUT	Connu initialement	Inconnu
LIEU DE STOCKAGE	Une institution, un ordinateur, un fichier	Espace électronique
STRUCTURE DES DONNEES	Données structurée et datées Sous forme de tableau	Sans structure, possédant des liens externes et de multiples producteurs
PREPARATION DES DONNEES	L'utilisateur prépare ses propres données	Plusieurs sources de données Plusieurs producteurs
LONGEVITE	Une fois l'exploitation des données faites, elles sont abandonnées	Caractère perpétuel des données
MESURE	Le contrôle de la qualité des données suit un seul protocole connu	Le contrôle de la qualité des données est difficile
REPRODUCTIBILITE	Si un problème sur la qualité des données se pose, on relance une acquisition de données	Rarement possible
COUTS	La perte des données est soutenable par l'institution que les a produites	Les efforts de production des données ne peuvent être réengagés.
INTROSPECTION	Chaque donnée est nommée	Certaines données ne pourront être identifiées
ANALYSE	Analyse simultanée de toutes les données possible	Analyse incrémentale par phase successive

Tableau 2 : SMALL DATA versus BIG DATA d'après BERMANN

La définition donnée au BIG DATA est loin de faire consensus. Pour certains, il ne peut s'agir que de données immenses, déstructurées, a-signifiantes ; tenté d'en définir un sens ne peut se faire qu'avec difficulté.

Les données contenues dans un tableur EXCEL, structurées et dont l'interprétation se fait en routine ne répondent pas véritablement à la définition des BIG DATA. Dans la suite de notre étude, nous serons confrontés à des données massives où tableur EXCEL ou base de données type ACCESS sont dépassés pour contenir et débiter une première requête, même simple. Par contre nos données sont structurées avec des intitulés de champ explicites. Nous qualifions

néanmoins notre démarche d'approche BIG DATA en raison du processus que nous utilisons. Il ne s'agit pas d'attaquer les données de manière *verticale*, colonne de données après colonne. Nous considérons les données en tant que réseau. Notre approche se fait dans toutes les dimensions y compris composées – *tel le déplacement du cavalier aux échecs*, à la recherche d'interactions et de liens *a priori* non explicites. La masse des données donne l'opportunité d'extraire un savoir nouveau. Le sens est là, mais enfoui au cœur du complexe (BARABÁSI, 2007).

Dans un tel environnement, la recherche de signifiant nécessite des ressources, des méthodes et des outils adaptés (ALBERT & BARABASI, *Statistical mechanics of complex networks*, 2002). L'utilisation des statistiques conventionnelles, où les mesures de centrage et de dispersion⁴⁹ sont fondamentales, s'avère inadaptée face à la masse et au potentiel sémiotique des BIG DATA vues en tant que réseau de données. Tel un processus de compression d'images avec perte, les outils de statistique conventionnelle, bien que précieux et que nous utiliserons aussi, vont souvent détruire le sens porté initialement par la plénitude des données vues sous forme de réseau. Dans nos démarches il va s'agir de conserver et de manipuler toutes les données originelles le plus longtemps possible. Cette contrainte engendrera d'autres écueils d'exploitation ; où le passage à la visualisation des données et la théorie des réseaux apporteront des leviers de progression nécessaires.

Terminons enfin sur la question de la fiabilité des données. Lorsqu'il s'agit de BIG DATA, cette question ne se pose pas ou peu ; en théorie :

- 1- Le caractère massif comporte nécessairement des erreurs et s'en accommode tout autant car les algorithmes ou techniques possèdent une sorte de résilience. Ils effacent les accidents par le raffinage que les masses de données autorisent.
- 2- Les BIG DATA se comprennent comme des données brutes signifiantes pour partie ainsi qu'une composante de données a-signifiantes *a priori* dont l'extraction sémiologique ajoute de nouvelles dimensions de savoir et de correction des erreurs.

La masse de données à notre disposition pour cette étude ne nous fera pas échapper malgré tout à la problématique de la fiabilité des données : la masse de données n'exclut pas les erreurs. Certaines manipulations de données font courir le risque d'introduire un biais définitif et intégral. Par conséquent, nous devons vérifier la qualité de nos données, émettre les réserves requises et conserver une certaine prudence tout au long des processus de traitement.

⁴⁹Respectivement moyenne ou médiane et écart-type ou quartile.

iii. BIG DATA et données de santé

Le secteur de la santé se trouve concerné par le BIG DATA à plusieurs niveaux. Tous les systèmes de santé créent des données massives aussi bien au niveau de la couche de production des soins qu'au niveau de la couche gestion (admission-facturation) et communication (échange des informations de santé entre les acteurs de soins). En parallèle, les acteurs de soins sont confrontés au problème cognitif que pose ces masses de données tout comme l'explosion des contenus informatifs disponibles sur Internet que les patients ne manquent pas de consulter. D'ailleurs, comment un individu, un médecin par exemple, peut-il lire et "digérer" toutes les informations produites et collectées ?

Il faut également noter le degré très différent des données de santé par rapport à celles d'une activité numérique classique. En France, l'exploitation des données de santé est réglementée. La Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) définit les données de santé comme « *des données individualisées recueillies auprès des professionnels de santé et relatives à leurs prescriptions et pratique médicale.* »⁵⁰. Les données de santé sont vécues comme des données hautement personnelles et immédiatement sensibles, en rapport à la vie privée, l'intimité même des individus. Ces données sont assujetties à nos droits fondamentaux⁵¹ que le Règlement général sur la protection des données (RGPD)⁵² vient d'ailleurs renforcer. Ce Règlement du Parlement européen et du Conseil relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données est venu abroger la directive 95/46/CE. Son territoire d'application couvre les États membres de l'Union Européenne (UE). Adopté le 14 avril 2016, promulgué le 27 avril 2016, il est entré en vigueur le 24 mai 2016 et est applicable depuis le 25 mai 2018.

Son déploiement en France s'est traduit par l'adoption de loi n°2018-493 du 20 juin 2018 relative à la protection des données personnelles. Ce règlement, dit règlement général sur la protection des données (RGPD) ou encore GDPR en anglais (*General Data Protection Regulation*) constitue le texte de référence en matière de protection des données à caractère personnel. Il renforce et unifie la protection des données pour les individus au sein de l'UE. Nous ne traiterons pas en détail de ces questions qui relèvent de la protection des données individuelles et de mesures d'ordre juridique, mais il convient malgré tout de les repérer comme une contrainte qui va venir s'imposer dans le domaine de l'utilisation des BIG DATA de façon plus prégnante au regard de la protection des libertés individuelles et des données à caractère personnel. Ainsi la CNIL vient de publier le 13 juillet 2018 une méthodologie de référence,

⁵⁰ CNIL, 4 février 1997, délibération n°97-008 portant adoption d'une recommandation sur le traitement des données de santé à caractère personnel.

⁵¹ Déclaration universelle des droits de l'homme des Nations unies, article 12 et droit français, article 9 du Code civil.

⁵² Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) ; règlement n°2016/679 du Parlement Européen et du Conseil du 27 avril 2016.

intitulée "MR - 004 - Recherches n'impliquant pas la personne humaine, études et évaluations dans le domaine de la santé", destinée à encadrer les traitements de données à caractère personnel à des fins d'étude, évaluation ou recherche n'impliquant pas la personne humaine.

On se trouve là à la croisée d'un paradoxe. Le BIG DATA de la santé est un vivier riche de nombreuses possibilités pour augmenter nos connaissances en termes de santé, aussi bien à un niveau individuel que collectif. Les enjeux touchent la médecine préventive, mais encore le développement de la médecine participative et prédictive. Ces perspectives considérables se heurtent à des risques d'utilisation à destination d'actions inappropriées voire frauduleuses. Qu'attendre d'employeurs, d'assureurs ou autres convoiteurs indéliçats s'ils avaient accès aux données de santé de leur client ? Les patients attendent que les conditions d'hébergement, d'accès et de réutilisation soient totalement contrôlées et efficaces. Tout un éventail de normes et règlements supposés concilier données de santé et droit est désormais posé (SAVIN & TESSALONIKOS, 2015). On suppose que ce cadre est à la fois pertinent et efficace.

iv. Les bases de données de santé

En 2013, la mission Etalab⁵³, sous l'autorité du Premier ministre, a réalisé un travail de recensement des bases et jeux de données publiques existants dans le domaine de la santé. Plus de 260 bases ou jeux de données auraient ainsi été recensés avec identification de leur gestionnaire et de leur origine. Elles ont été classées en 4 catégories :

- Santé publique et d'épidémiologie ;
- Offres de soins ;
- Consommation de soins ;
- Performance et opérations ;

Certaines bases répondent à plusieurs de ces catégories. Deux niveaux de granularité sont identifiés pour chaque base ou jeux de données :

- Le niveau granulaire qui correspond au niveau le plus fin qu'il est possible d'obtenir en fonction de l'origine des données et du système de collecte ;
- Le niveau agrégé pour les données obtenues en regroupant des données granulaires selon une ou plusieurs caractéristiques communes.

Chaque base de données identifiée a fait également l'objet d'une évaluation de son "niveau d'ouverture" et quelques autres attributs dont la couverture des données ; l'inclusion se situant entre le niveau échantillon et la population dans son ensemble.

⁵³ <https://www.data.gouv.fr/fr/organizations/etalab/>

Trois bases de données de santé constituées et gérées par des organismes publics ressortent par leur aspect granulaire et le socle large de couverture des données, proche de la population dans son ensemble :

- La base PMSI gérée par l'ATIH dont les données proviennent des établissements de santé ;
 - Représentativité : Population couverte par le régime général de l'assurance maladie (environ 86% de la population résidant en France), par la caisse nationale d'assurance pour les salariés et les exploitants agricoles (Mutuelle Sociale Agricole - MSA - environ 5% de la population) et par celle des travailleurs indépendants (Régime Social des Indépendants - RSI - environ 5% de la population).
- La base DCIR (Données de Consommation Inter-Régimes) du SNIIRAM (Système d'Information inter Régime de l'Assurance Maladie) gérée par la CNAMTS et dont l'origine des données provient des médecins généralistes, des pharmacies et en général des personnels de santé libéraux via les feuilles de soins.
 - Représentativité estimée à plus de 90% de l'ensemble de la population.
- La BCDM (Base des Causes De Mortalité) gérée par l'INSERM-CépiDC et dont l'origine des données provient du certificat médical et du bulletin d'Etat civil de décès ;
 - Représentativité : Ensemble de la population.

Ces 3 bases vont désormais alimenter une base centrale nommée Système National des Données de Santé (SNDS) selon la loi de modernisation du système de santé de janvier 2016. La base SNDS gérée par la CNAMTS disposera des caractéristiques suivantes :

- Exhaustivité sur tous les régimes en médecine de ville et hospitalisation,
- Individualisation des bénéficiaires, professionnels de santé et établissements,
- Pseudonymisation⁵⁴ des identifiants des bénéficiaires et mesures de protection de l'anonymat,
- Chainage complet ambulatoire et hospitalisation possible via le numéro anonyme unique déterminé par le NIR⁵⁵, l'âge et le lieu de naissance de chaque patient.

Elle ne sera ouverte en accès permanent qu'à quelques organismes (CHU, ANSM, HAS, INSERM) moyennant un suivi des traces d'usage. Des accès sur projet seront également possible pour certaine recherches, études et évaluations en fonction de leur intérêt.

Les limites du SNDS couvrent les limites des bases "mères" actuelles (PMSI, DCIR, CDM) : les données documentent correctement les aspects médico-économiques mais contiennent peu de données sur les situations socio-professionnelles, les facteurs de risques, les motifs de

⁵⁴ Pseudonymisation : *quasi* anonymisation avec risque très faible mais non nul de ré identification.

⁵⁵ Numéro d'Inscription au Répertoire des Personnes Physiques (abrégié en NIRPP ou plus simplement NIR) ou usuellement numéro de sécurité sociale.

consultation, les résultats d'examens, les médicaments non remboursés, etc. Les informations sur le domicile resteront toujours assez peu précises. Enfin la finalité du codage, c'est-à-dire essentiellement l'obtention d'un tarif en euros, maintiendra quelques approximations ; on pense aux patients âgés de plus de 75 ans qui associés, par défaut, à une prise en charge lourde et mieux tarifée dispensent de déclarer certains diagnostics associés non susceptibles d'améliorer le tarif.

*
**

Nous venons d'évoquer la notion de données massives autrement nommées BIG DATA. Nous avons ensuite mentionné les bases de données de santé susceptibles de répondre à ces critères. Nous allons désormais aborder quelques éléments d'ordre plus technique sur l'exploitation de telles données lorsque considérées en tant que réseau.

3.1.2. Visualisation des données et théorie des réseaux

Depuis longtemps l'humanité fait appel à des représentations graphiques pour mieux comprendre et donner un sens jusque-là inaccessible à des données trop abstraites et trop nombreuses. Les arbres généalogiques sont un bon exemple de l'efficacité désarmante qu'une représentation graphique, faite de points, d'aires et de lignes, peut amener. Ainsi se révèle un langage graphique capable d'apporter une nouvelle perception des choses et des données. Il permet des représentations avec un volume considérable de données, dans plusieurs dimensions. Fondamentalement, le langage graphique propose de moins simplifier et au contraire de s'attaquer à la complexité. Il vise l'efficacité et la clarté pour communiquer une information ; mais aussi, parfois, une idée voire une émotion. Cette propriété subjective assignée au langage graphique explique le sujet de l'esthétisme qu'il sous-tend. Le langage graphique réunira un travail scientifique, de design mais aussi une composante artistique (LIMA, 2011).

i. Transformation des données en graphe

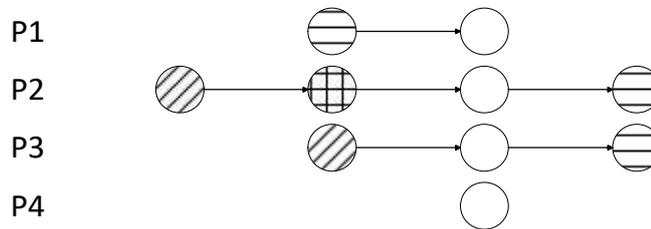
Afin de démontrer la faculté du langage graphique, nous souhaitons présenter, en tant qu'illustration liminaire, le passage de données vers un graphe. Nous reviendrons plus tard et principalement en annexes sur le vocabulaire et le fond mathématique.

Dans un premier temps et pour rester sur le thème de notre travail, nous étudions le trajet de 4 patients {P1, P2, P3, P4} qui ont un type de séjour en commun au moins {08C481} et dont la liste des séjours sur un intervalle de temps donné est la suivante :

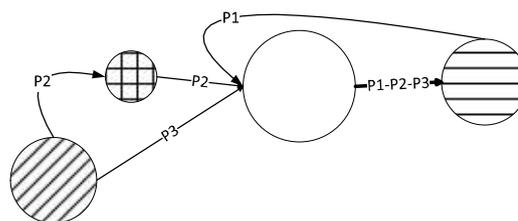
	<u>Séjour 1</u>	<u>Séjour 2</u>	<u>Séjour 3</u>	<u>Séjour 4</u>
P1	23K02Z	o8C481		
P2	o6K04J	o9M32	o8C481	23K02Z
P3	o6K04J	o8C481	23K02Z	
P4	o8C481			

On imagine bien la difficulté d'identifier les trajets communs et les séjours communs d'un tableau qui compterait des lignes supplémentaires ; et pourquoi pas quelques milliers de lignes.

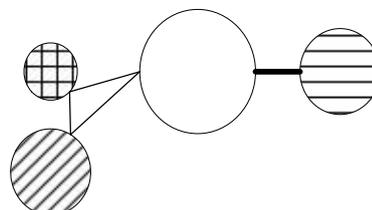
Après avoir choisi un objet et une trame de fond pour représenter chaque type de séjour, respectivement {23K02Z, o8C481, o6K04J, o9M32}, le tableau peut être traduit en langage graphique de la manière suivante :



L'identification des séjours communs chaque patient semble déjà plus aisée. Par convention, nous pouvons également synthétiser le graphe précédent en rendant unique chaque type de séjour mais en grossissant de manière proportionnelle le diamètre des séjours récurrents. On peut faire de même avec les liens : entre chaque point désormais unique, si le trajet est observé plusieurs fois, nous proposons de grossir l'épaisseur du trait. Le graphe prend alors l'aspect suivant :



Il est possible d'aller encore plus loin et de s'affranchir du caractère directif des trajets symbolisé par les flèches ; dont on perçoit bien qu'elles finiront par se confondre. Cela suppose d'accepter de perdre un niveau d'information qui devrait être contrebalancé par la multitude des liens. Nous aboutissons au graphe suivant, résumé du tableau de données initial :



Cette illustration et exercice de vulgarisation montrent la facilité avec laquelle il est possible de passer d'un tableau de données – *ou matrice*, à ce qu'on appelle un graphe. Malgré tout, nous tombons là dans un domaine codifié où l'exploitation de propriétés imposera, au préalable, de définir toute une série de notations, de définitions et de conditions.

C'est l'objet de la théorie des graphes⁵⁶ qui structure cette discipline en apportant un lexique, des définitions et des notations strictes. En contrepartie, on dispose de théorèmes, de propriétés et de mesures mathématiques qui permettent de quantifier et de qualifier un graphe.

L'Annexe 5 présente quelques notions de base sur la théorie des graphes.

De nombreuses sciences vont utiliser couramment la théorie des graphes : Physique, Sociologie, Mathématiques, Géographie et Informatique par exemple⁵⁷. Chaque discipline tend à personnaliser son propre thésaurus lexical ce qui, avec la problématique des traductions entre des langues différentes, conduit à une surabondance terminologique qui mériterait d'être limitée (BEAUGUITTE, 2010). Les besoins d'analyse des réseaux sociaux et de l'information ont donné, depuis 20 ans, une nouvelle dynamique à la théorie des graphes. L'urgence de comprendre la structure et l'activité de ces réseaux sociaux, leur universalité et la disponibilité de leurs données d'activité expliquent ce jaillissement.

La théorie des graphes ne représente d'ailleurs qu'un outil parmi d'autre permettant de s'attaquer à la complexité de ces réseaux sociaux. Ainsi la "*science des réseaux*" émerge – *au moins*, de l'association de la théorie des graphes, de la théorie des réseaux, de la statistique et de l'informatique. Elle se veut interdisciplinaire, empirique, quantitative, calculatoire et mathématique. Pour BARABASI, elle doit s'attacher "*à déterrer la signature de l'ordre*" (BARABÁSI, 2007), rappelant ainsi le cœur de ses démonstrations : les réseaux réels ne sont pas tous aléatoires. Ils sont souvent gouvernés par des principes organisationnels plus robustes qu'ils ne le présupposent.

La science des réseaux a fait l'objet de recherches et de publications dont certaines apparaissent comme majeures. Celle d'ALBERT et BARABASI de 2002 a constitué sans aucun doute la base de connaissance la plus importante au cours de notre recherche (ALBERT & BARABASI, *Statistical mechanics of complex networks*, 2002). Elle introduit les notions fondamentales suivantes :

- 1- L'attachement préférentiel : dans certains réseaux, un nouveau nœud a tendance à s'attacher aux nœuds déjà les plus connectés.
- 2- La notion de réseau sans échelle dans lesquels le degré de connexion des nœuds suit une loi de puissance. On aboutit à des réseaux où quelques nœuds sont hyper connectés en regard de très nombreux autres qui le sont faiblement.

⁵⁶ Avec Leonhard EULER en père fondateur (1707-1783)

⁵⁷ Et bien évidemment la Recherche Opérationnelle, discipline qui nous semble totalement délaissée en France.

- 3- La notion de réseau petit monde⁵⁸, rediscutée par BARABASI ; correspond à une situation de nœuds faiblement connectés mais plutôt avec des nœuds voisins.
- 4- La notion de percolation c'est-à-dire la limitation de la diffusion des échanges en dessous d'un seuil minimum de connexions ; mais une fois ce seuil franchi, la circulation devient totalement libre et facile.

Il faut surtout retenir de ces notions qu'elles contribuent à l'élaboration de modélisation des réseaux, essentiellement des réseaux sociaux pour l'instant. En disposant d'un modèle valable, il est ainsi possible d'accéder à un niveau supérieur de connaissance. Le domaine de la santé a pris un retard considérable vis-à-vis de telles démarches.

ii. Processus de visualisation des données

Arrêtons-nous également sur le processus de visualisation conduit par la création de graphes à partir de données. L'idée reste l'abandon, en partie, des informations littérales en chiffres ou en lettres, pour former une image représentative des mêmes informations mais sous formes géométriques. Le résultat final doit permettre d'améliorer la compréhension des données initiales. D'après FRY (FRY, 2007), le processus de visualisation des données peut être divisé en sept étapes successives :

- 1- Acquisition des données :
Obtention de données associée à une source ;
- 2- Analyse des données :
Affectation d'une structure et d'une certaine signification préalables des données ainsi structurées, définition d'un objectif ;
- 3- Tri et filtre des données :
Suppression de toutes les données inutiles ou sans intérêt ;
- 4- Exploration :
Application de méthodes statistiques basiques permettant de mieux circonscrire et connaître les données avant d'engager l'étape suivante ;
- 5- Représentation :
Choix d'un modèle de visualisation basique (histogramme, liste, arbre).
Adoption d'un modèle de visualisation à l'aide de "*A Periodic Table of Visualization Methods*" en tant que guide (LEGLER & EPPLER, 2007) par exemple ;
- 6- Affinage :
Amélioration de la visualisation initiale pour la rendre plus claire et visuellement plus attractive ;
- 7- Interaction :
Ajout de méthodes pour manipuler les données ou contrôler les éléments visuels.

⁵⁸ Watts et Strogatz en 1998

Ces étapes, souvent itératives, ne sont pas explicites dans les démarches de visualisation de données mais restent toujours valables, sans raccourci possible. Le processus de visualisation va ainsi permettre la formation d'une carte visuelle des données avec, pour but, de donner accès à une nouvelle interprétation de leur signification. Dans la liste précédente, deux étapes s'avèrent particulièrement importantes :

- L'étape n°3 [**tri et filtre**] qui doit reposer la question de l'objectif poursuivi et aboutir au filtrage de certaines données. Sur ce point, chacun devra prendre conscience que des données ont été choisies et d'autres abandonnées ;
- L'étape n°5 [**représentation**] qui correspond au choix graphique, dont on espérera qu'il répond également au mieux à l'objectif poursuivi : Dans certaines situations, il existe une seule représentation graphique unique et non ambiguë des données considérées. Dans d'autres cas, plusieurs représentations restent possibles.

Dans sa thèse doctorale, Claire IMBAUD donne cinq exemples, issus de la bibliographie, de visualisation des données en lien avec l'analyse des données de santé, en particulier des comorbidités (IMBAUD, 2017). Il est intéressant de relever les deux remarques finales faites par Claire IMBAUD sur ces études :

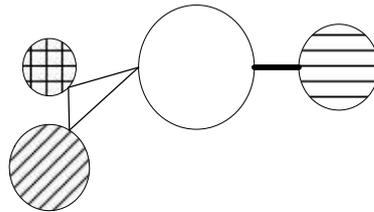
- L'absence courante d'information à propos de la spatialisation des données cartographiées. Il s'agira d'une difficulté constante liée, nous le supposons, à plusieurs facteurs :
 - En luttant contre le complexe – *quitte à en devenir dogmatique*, les praticiens de la science des réseaux préconisent de réduire autant que possible l'aspect mathématique en se concentrant sur le résultat graphique, la rapidité, la facilité d'usage et l'esthétique (JACOMY, VENTURINI, HEYMANN, & BASTIAN, 2014) ;
 - L'informatique facilite l'emploi de nombreux algorithmes de spatialisation sans parfois en rappeler l'origine. Initialement, certains problèmes de spatialisation se sont posés pour la conception des cartes électroniques où il fallait trouver une place pour chaque élément en optimisant au maximum (FRUCHTERMAN & REINGOLD, 1991). Les algorithmes construits intégraient des approximations que l'on retrouve encore aujourd'hui y compris dans ceux qui n'ont fait qu'améliorer les vieux algorithmes (JACOMY, VENTURINI, HEYMANN, & BASTIAN, 2014) et sans qu'on se souvienne d'ailleurs de leur partie approximative.
 - La notion d'échelle et de spatialisation correspond à un réflexe premier et dominant en géographie et en architecture ; tandis que les autres sciences n'en usent que par nécessité.
- Le choix relatif des couleurs pour spécifier telle ou telle propriété. Il n'existe aucune codification préalable ce qui aboutit à un choix singulier pour chaque cartographie.

- Le choix de cartographies circulaires dont la reproductibilité permettra d'améliorer la comparaison des graphes obtenus. Et d'en l'ensemble, la problématique de comparaison entre graphes sera une énigme constante, tout comme celle de l'interprétation des graphes.

Certains tableurs nous permettent quotidiennement de mettre sous forme de graphes nos données courantes ; et ceci en quelques étapes rapides. S'agissant de masses importantes de données et d'un travail de recherche, la circonscription méthodologique du processus de visualisation s'impose particulièrement.

iii. Proposition du début d'un mode opératoire des mesures des réseaux

L'analyse des réseaux passe par une approche visuelle qui permet de donner un aperçu général des données mis sous forme de graphe. Il existe aussi un corpus de mesures quantitatives qui vont permettre, au-delà de l'aspect visuel, de produire des indicateurs quantitatifs. Reprenons le graphe formé à partir de la figure 15 :



Pour ce graphe, fait de nœuds et de liens, quelques mesures parmi les plus simples peuvent être envisagées :

- Nombre de nœuds, le nombre de liens ;
- Nombre de liens moyens par nœud ;
- Le plus court chemin entre 2 nœuds ;
- Etc.

En réalité, la science des réseaux dispose d'un corpus de mesures très étendu ; que nous estimons entre une vingtaine et une trentaine, indices et mesures indicées comprises mais évidemment pas déclinées.

Ces mesures, seules ou croisées entre elles, permettent de décrire les réseaux et de déduire des caractéristiques probables d'un nœud ou d'un groupe de nœuds, de liens ou d'une communauté de nœuds voire du réseau complet étudié. Là encore, on propose de citer quelques exemples de ces caractéristiques recherchées à titre d'illustration :

- Recherche de nœuds d'autorité, souvent fortement connectés ;
- Recherche de nœuds étant des passages fréquents ou obligés ;
- Recherche de communauté de nœuds, fortement connectés entre eux ou isolés "entre eux" ;
- Recherche des nœuds indépendants ou subordonnés et finalement d'une certaine hiérarchie ;
- Recherche de partitions, de sous-graphe ou de sous-structure ;
- Etc.

Au cours de notre travail, nous avons constaté l'absence de classement organisé des mesures sur les réseaux et souhaité disposer d'une sorte de "conducteur" selon que ces mesures s'intéressent aux nœuds, aux liens, à des mesures élémentaires ou globales. Nous souhaitons disposer d'un mode opératoire des mesures à réaliser les unes après les autres de façon organisée et systématique. Nous proposons ainsi en Annexe 6 le début d'une classification de ces mesures regroupée selon la logique suivante :

- 1- Etude des caractéristiques des sommets et des liens ;
- 2- Etude des caractéristiques du graphe dans son ensemble ;
- 3- Recherche des partitions pertinentes et des flux dominants ;

Le travail, très partiel et non abouti, présenté en Annexe 6 est une synthèse de l'apprentissage des mesures, de l'utilisation des mesures lors de notre recherche et des pistes lancées par les géographes du groupe FMR⁵⁹ (DUCRUET, 2010). Nous exploitons finalement assez peu ce corpus de mesures dans l'exposé de nos résultats ; malgré le potentiel énorme qu'elles laissent entrevoir et qui ne peut être ignoré, d'une façon ou d'une autre, par les analystes des données de santé.

*
**

Dans cette première partie du chapitre III, nous avons délimité la notion de données massives et rappelé des éléments sur les bases de données de santé susceptibles de répondre à ces critères. Nous avons évoqué quelques éléments sur la théorie des graphes. La partie à venir présente succinctement le PMSI en tant que source de données principales de notre étude.

⁵⁹ <https://groupefmr.hypotheses.org/>

3.2. LE PMSI COMME SOURCE DE DONNEES

Nous présentons ici le PMSI en tant que source de données sur laquelle nous allons puiser nos sets de données expérimentaux. Le sujet est largement traité dans des centaines de rapports, de publications, de guides. Dans un premier temps nous entamons cet exposé nécessaire en rappelant les origines du PMSI, ses objectifs et les référentiels qui sous-tendent sa production. Nous pourrons ensuite approcher plus en détail la structure de la base PMSI, les champs de données disponibles et ceux sur lesquels nous portons notre intérêt.

3.2.1. Naissance, objectifs et production du PMSI

i. Naissance et objectifs du PMSI

Dans le contexte initialement favorable des années 70, l'ensemble des territoires français bénéficiaient d'une offre de santé moderne, importante et diversifiée. Il s'agissait d'une approche essentiellement curative et technique ; à la hauteur des connaissances et technologies de l'époque. Les moyens étaient disponibles, sans réelle contrainte. L'offre était disséminée un peu partout et l'on peut dire que jusqu'en 1974, tout allait bien, tant que les contraintes économiques ne prenaient pas une prépondérance particulière.

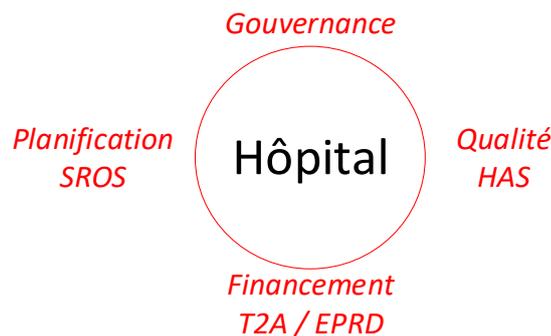
Avec la crise économique, l'augmentation massive et régulière des dépenses de santé est vite apparue comme insoutenable. Dès 1983 et afin de limiter la croissance de ces dépenses, le budget global s'est d'abord imposé. Cette modalité de financement a comme inconvénient de défavoriser les établissements dynamiques et d'encourager l'immobilisme. Les dépenses ont globalement ralenti mais sans gommer certaines inégalités. A cette époque, on ne dispose pas d'une véritable politique de santé et les indicateurs médico-économiques restent faibles. En 1991, on va s'inspirer des *Diagnosis related group*⁶⁰ (DRG) américains afin d'améliorer l'évaluation de l'activité médicale et dans l'objectif de médicaliser le financement des établissements (FETTER, SHIN, FREEMAN, AVERILL, & THOMPSON, 1980) (FETTER & FREEMAN, *Diagnosis related groups: product line management within hospitals*, 1986). L'importation de cette méthodologie, en tout cas son principe et son adaptation en France, sont largement dus à Jean DE KERVASDOUE lorsqu'il était directeur des Hôpitaux. Le PMSI est créé puis, dès 1996, l'installation d'objectifs sanitaires et la décentralisation de certaines décisions avec la création des ARH. Suivra ensuite l'inflexion donnée au management dans les hôpitaux avec la responsabilisation des acteurs médicaux ; l'objectif étant de sortir de la formule « l'hôpital gratuit » et de mettre en évidence que l'hôpital a un coût.

⁶⁰ Groupe Homogène de Diagnostic

Aujourd'hui, l'organisation du système de santé s'appuie sur 4 grands axes promus et déclinés dans le cadre du plan " hôpital 2007 ", développé par le ministre de la santé Jean-François MATTEI en 2002 :

- 1- L'accès aux soins via le SROS et ses déclinaisons ;
- 2- L'assurance d'un niveau de qualité minimale via la certification HAS ;
- 3- Le cadrage du niveau des ressources engagées via la T2A et l'EPRD ;
- 4- La gouvernance partagée entre administratifs et médecins ;

Soit de façon schématique :



Aujourd'hui une réflexion est largement engagée sur une réforme de la T2A (VERAN, 2017). Fondée sur l'échelle des coûts moyens constatés, on a oublié que ces coûts intégraient aussi la part administrative des soins, qui ne cesse de croître. Le différentiel tarifaire de l'échelle nationale des coûts entre public et privé laisse aussi à réfléchir. Et comme toute échelle, elle possède une marge d'erreur, estimée par certains à presque 10%, soit bien au-delà des situations de déséquilibres annuels de nombreux hôpitaux. La gouvernance devait aussi permettre de faire des économies d'échelle par mutualisation. Tout le monde n'a pas joué le jeu alors même que l'approche GHT s'appuie sur un schéma identique, mais plus ambitieux encore. Enfin côté planification, il existe encore des hôpitaux de petites tailles avec 500 entrées par an et ouvert 24h/24.

Dans ce paysage aux objectifs et aux résultats laborieux, le PMSI s'est lui imposée comme une valeur admise, sûre et capable de mesurer ce que produit véritablement un hôpital ; et en dehors des indicateurs hôteliers.

ii. Principes et mécanisme global du PMSI

Le PMSI en médecine, chirurgie, obstétrique et odontologie (PMSI MCO)⁶¹ repose sur le principe de groupage par similitude ; similitude de patients, des types de séjour, de la durée d'hospitalisation, etc. Ce groupage par similitude recherche *in fine* à constituer des Groupes

⁶¹ Voir <http://www.atih.sante.fr/mco/presentation>

Homogènes de Malades (GHM). Partant du principe que des malades homogènes doivent générer des coûts voisins de prise en charge, chaque GHM se voit attribuer un tarif spécifique.

Ce PMSI s'appuie sur le recueil systématique et normalisé des données administratives et médicales liés à une activité de type hospitalière sur des patients regroupés de façon homogène par pathologie – ou *Groupe Homogène de Malades (GHM)*. Les règles du PMSI sont stipulées dans des guides et notices méthodologiques mis à jour régulièrement par l'Agence technique de l'information sur l'hospitalisation (ATIH), fondée en 2000.

On retiendra les deux principes fondamentaux concernant le PMSI :

- 1- La saisie informatique systématique : Pour générer ce PMSI, toute activité médicale hospitalière s'accompagne d'une saisie informatique normalisée et systématique des informations administratives et médicales ;
- 2- Le principe du groupage : L'information unitaire est groupée par similitude. Le processus de groupage tient compte d'un certain nombre de rubriques choisies comme étant suffisantes pour suivre l'activité tout en évitant l'explosion des données.

Le PMSI traite principalement des séjours hospitaliers ; en hospitalisation traditionnelle, en hôpital de jour, de nuit et de semaines ainsi que les séjours itératifs (séances). Il s'agit de l'activité dite MCO. Etaient exclues jusqu'à récemment du PMSI l'activité externe, les séjours de SSR, USLD, psychiatrie et HAD. Le PMSI est applicable à partir du 1^{er} mars 2018 au SSR⁶².

En pratique, toute admission dans une Unité Médicale (UM) d'hospitalisation MCO déclenche automatiquement la production d'un Résumé d'Unité Médicale (RUM). On ne listera pas l'intégralité des informations recueillies dans ce résumé. La figure suivante illustre quelques types d'informations saisies :

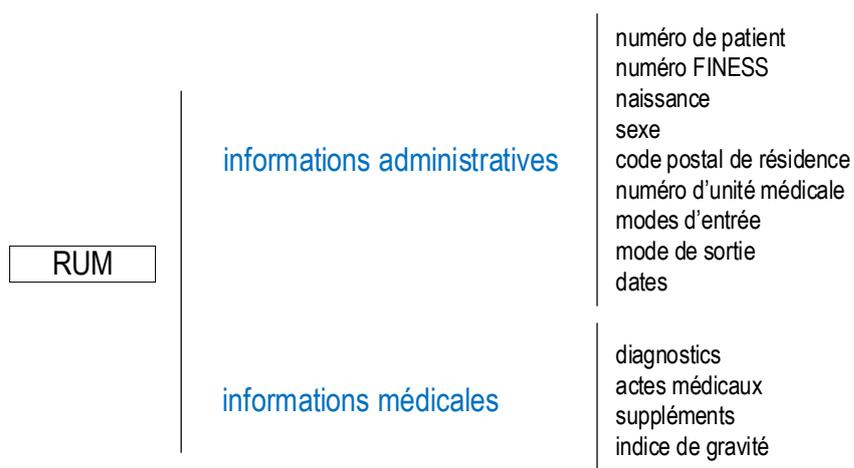


Figure 6 : Illustration des données PMSI

⁶² Voir Le Guide méthodologique de production des informations relatives à l'activité médicale et à sa facturation en soins de suite et de réadaptation publié au Bulletin officiel sous le fascicule spécial n° 2018/2 bis.

Le patient produira autant de RUM qu'il fréquente d'unités médicales pendant un séjour. A sa sortie, le parcours du patient, constitué des RUM générés, est consolidé sous la forme d'un Résumé de Sortie Standardisé (RSS). Ce RSS est ensuite rendu anonyme formant le Résumé de Sortie Anonymisé (RSA) transmis à l'Agence Régionale de Santé.

La chaîne de codage entraîne inévitablement quelques biais. D'abord au niveau de la couche "production" du système d'information des établissements de soins lorsque le praticien saisit son activité puis ensuite au niveau de la couche "gestion" associée à l'activité des Départements d'Informatique Médicale (DIM) de ces établissements.

A la création du PMSI se posait la question du suivi de l'activité médicale, ses augmentations ou diminutions, son coût, sa qualité ; et de façon générale la pertinence et l'efficacité des soins. Aujourd'hui le PMSI poursuit deux objectifs principaux : Déterminer le juste financement dans le cadre de la Tarification à l'Activité [tarification] mais aussi améliorer l'offre de soins suite aux analyses des données [planification].

La formule suivante donne un aperçu logique du processus vers la définition du GHS qui apportera un tarif :

$$\sum RUM \rightarrow RSS \rightarrow RSA \rightarrow GHM \rightarrow GHS \rightarrow \text{tarif}$$

L'avènement de la tarification à l'activité, imposée aux établissements de santé depuis 10 ans, a considérablement amélioré la qualité et l'exhaustivité des informations du PMSI. Aujourd'hui elles sont jugées *quasi* exhaustives et de bonne qualité car obligatoires et incontournables tant que la facturation à l'activité (T2A) en dépend. Si le PMSI apparaît comme une base de données fiable et assez complète, elle est également riche de niveaux d'informations dépassant les objectifs originels à caractère médico-économique. Car finalement, le nombre d'information saisie s'avère relativement important d'une part ; et d'autre part, un certain nombre d'identifiants ou clés primaires, nés de la nécessaire articulation entre certaines informations, permet la constitution de chaînes de données. A titre d'exemple, la reconstitution assez fidèle de la trajectoire d'un patient à travers ses divers séjours dans le système de santé est envisageable. Et par extension, on perçoit bien le potentiel d'exploitation de cette base PMSI à la fois sur le plan analytique – *comprendre ce qui s'est passé*, mais surtout sur le plan prédictif c'est-à-dire éventuellement prévoir la trajectoire d'un patient.

iii. Référentiels d'origine du PMSI

La production de données telles que celles du PMSI suppose de disposer de référentiels communs afin que professionnels, établissements de santé, tutelles et organismes financeurs puissent produire des données homogènes. En amont du PMSI, existent des bases de données de références qui permettent de nommer et de formater de façon la moins fautive possible les différentes données à produire.

Ainsi l'écriture des données PMSI nécessite de disposer de bases de données de référence, dont les principales bases suivantes :

- La base de données FINESS (Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux) qui identifie tous les établissements et entités juridiques porteurs d'une autorisation ou d'un agrément en lien avec une activité de santé. Cette base permettra à l'établissement producteur de s'identifier mais également d'identifier, dans certains cas, la provenance initiale du patient ainsi que sa destination. Cette base est tenue et mise à disposition par la Direction de la Recherche, des Etudes, de l'Evaluation et des Statistiques (DREES).
- La base de données classant les maladies ou Classification Internationale des Maladies, 10e révision (CIM-10) qui permet le codage des maladies, signes, symptômes, circonstances sociales et causes externes de maladies ou de blessures. Cette base est publiée par l'organisation mondiale de la santé (OMS). La liste des codes contient plus de 17 000 codes différents et permet de coder de nombreux diagnostics et situations cliniques ou sociales.
- La base CCAM (Classification Commune des Actes Médicaux) destinée à coder les actes intellectuels ou techniques réalisés principalement par les médecins. Cette base est tenue et mise à jour par l'Assurance Maladie.
- La base des GHM (Groupement Homogène de Malades) qui donne les indicateurs de regroupement. Cette base est mise à disposition par l'ATIH.

En aval de la production PMSI, on retrouve, entre autre, les objectifs de pilotage précédemment évoqués en termes de planification et de maîtrise des dépenses médicales ; avec éventuellement une volonté épidémiologique. Le schéma suivant (LAURENT F. , 2016) donne un aperçu de la logique de entre bases référentielles, production de données et logique d'analyse :

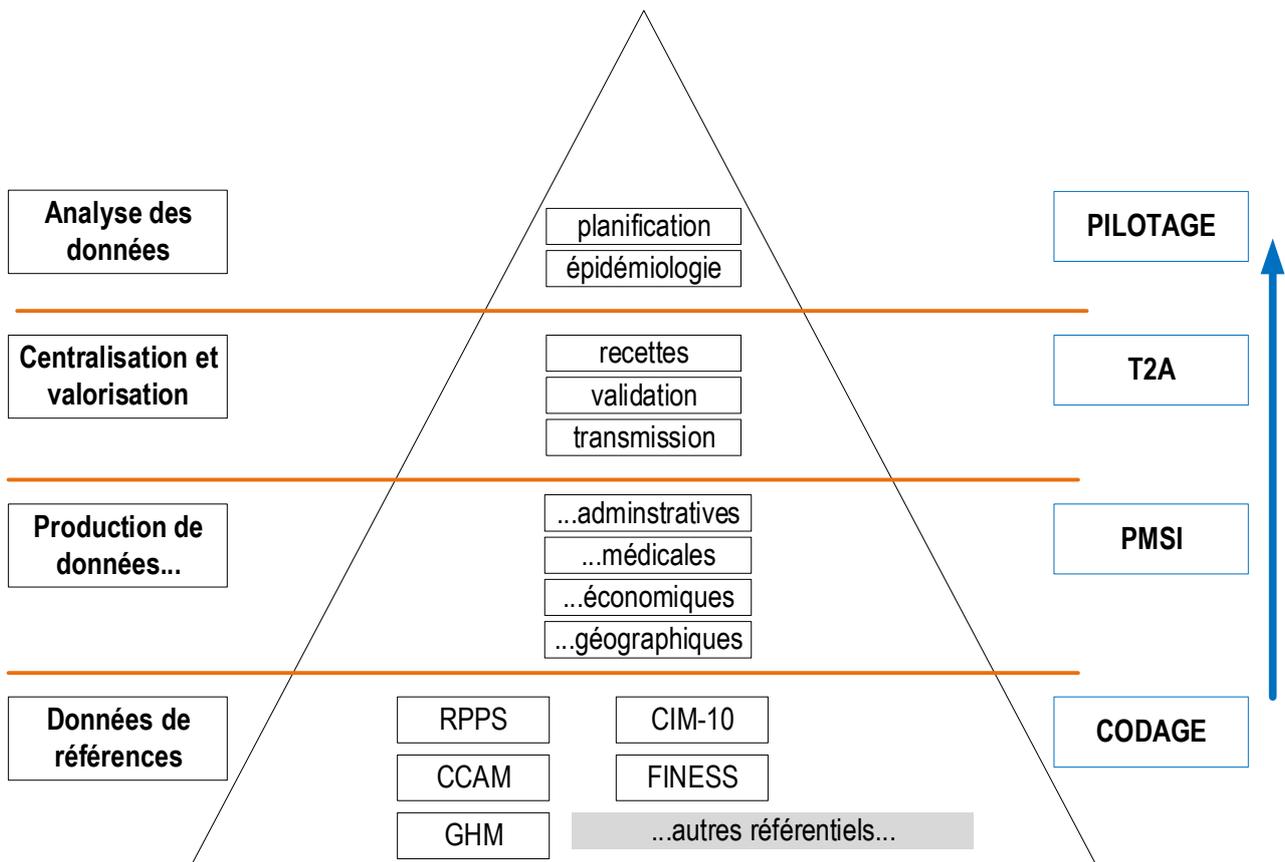


Figure 7 : Pyramide de production du PMSI – adaptée de F. LAURENT (LAURENT F. , 2016)

En amont de la production du PMSI, plusieurs bases de données sont mises à disposition par différents organismes nationaux ou internationaux. Leurs mises à jour régulières démontrent la vigilance de tous à traduire au mieux la situation évolutive et réelle. Mais ce processus nécessite un suivi approprié voire une expertise. Il est du ressort de l'utilisateur de surveiller par consultations régulières la mise à jour des données afin de ne pas se trouver dans une situation d'obsolescence de sa production PMSI.

Ce dynamisme concernant les bases de référence a des retentissements sur l'analyse des données. On comprendra en effet les quelques complexités apportées lors de comparaisons de données issues de versions différentes par le seul fait de l'une ou l'autre base de référence.

En référence à la figure précédente, notre travail se situe au niveau de la couche "pilotage", en marge des objectifs officiels. L'exploitation des données nécessite à la fois de comprendre les limites et faiblesses des bases de références mais aussi de connaître suffisamment la structure des bases PMSI produites. Ce socle minimal de connaissance fait l'objet d'un développement en point suivant.

3.2.2. Présentation des données du PMSI

i. Présentation de l'architecture de la base de données

Les données PMSI sont produites selon une agrégation progressive avec pour origine les diagnostics ainsi que les actes réalisés dans les différentes unités médicales de prise en charge du patient. Le groupage de ces éléments va déterminer au final un ou des séjours, sur une plage de temps donné, pour un patient unique.

Cette logique permet de dégager un modèle de la structure générale théorique qu'une base PMSI pourrait prendre. La figure suivante est une illustration d'une telle base avec la mise en évidence d'éventuelles relations entre tables d'une même base ; ici représenté par un couple de donnée *finess_pmsi* et *rsa* dont la combinaison s'apparente à une clé primaire. Sa présence sur l'ensemble des tables en fait également une jointure entre tables :

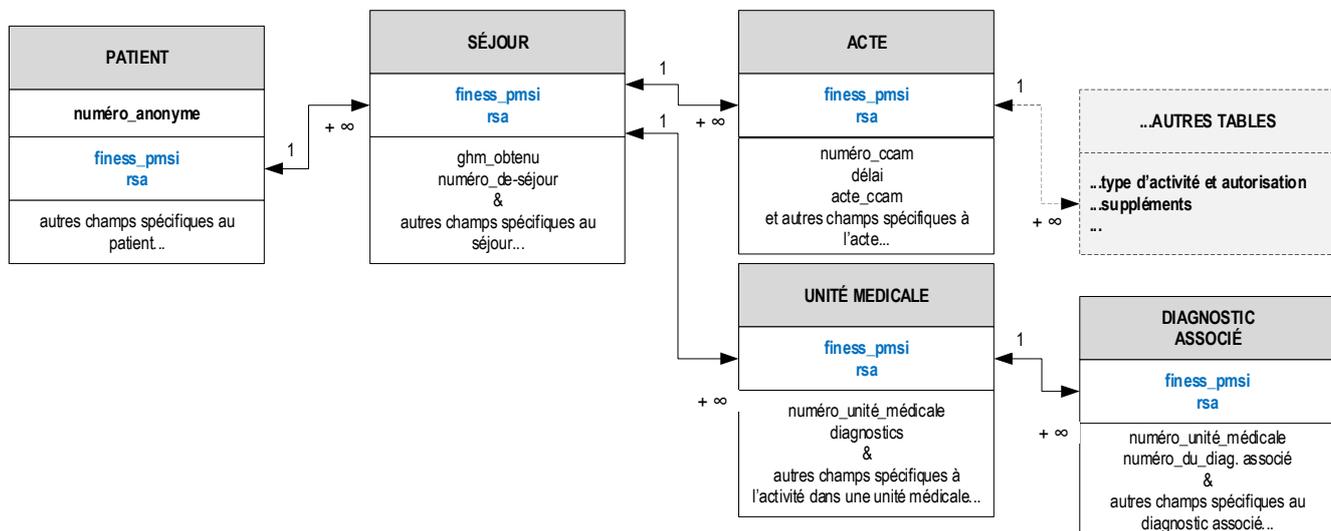


Figure 8 : Structure générale des bases PMSI

Les données PMSI originales mises à disposition adoptent une organisation compacte sous format texte ou chaque combinaison est répétée avec l'exhaustivité des champs de l'ensemble du PMSI. Par commodité, ces fichiers doivent faire l'objet d'une extraction avant d'être intégrés dans des bases locales qui vont permettre des analyses via des requêtes de type SQL. Le processus général est schématisé dans la figure suivante :

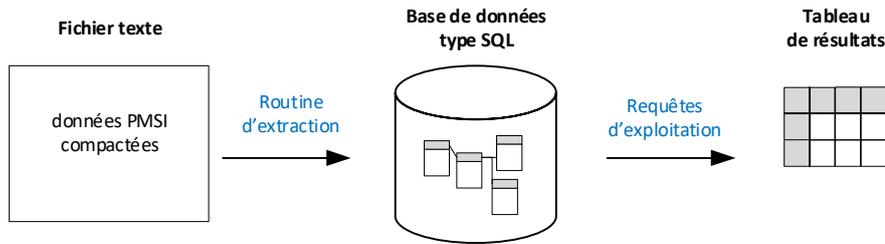


Figure 9 : Processus d'exploitation des bases PMSI

En pratique, le processus d'extraction des données PMSI issues de fichier texte se fait au niveau de l'utilisateur final, sans référentiel. Ce processus est en grande partie personnalisé : chaque utilisateur final peut ainsi organiser et créer le nombre et le type de tables qu'il souhaite. Il devra seulement s'assurer lors du processus d'extraction que chacune de ses tables possèdent des champs suffisants permettant la création d'articulations – ou *jointures*, lors de requêtes relationnelles, c'est-à-dire des requêtes requérant l'association ou l'exclusion de certaines données sur plusieurs tables différentes. On notera également que le nom des champs est laissé à son seul jugement.

Par ailleurs, les données PMSI sont exclusivement numériques. L'utilisateur final peut vouloir produire des tableaux de résultats avec des données littérales et immédiatement signifiantes ; telles que le nom de l'établissement au lieu du numéro FINESS, le nom des communes au lieu de codes postaux, le nom de l'acte ou le nom du GHM au lieu d'un code. Il est ainsi tentant d'ajouter des tables complémentaires qui permettront, lors du processus d'exploitation, d'obtenir des résultats littéraux sur certains champs ou même de préparer de futures exploitations. Il est permis de citer notamment les usages cartographiques ultérieurs où les codes postaux doivent être traduits en coordonnées géographiques selon une projection déterminée. La figure suivante illustre ce qu'un utilisateur de données PMSI est en mesure d'entreprendre pour enrichir la base de données PMSI initiale :

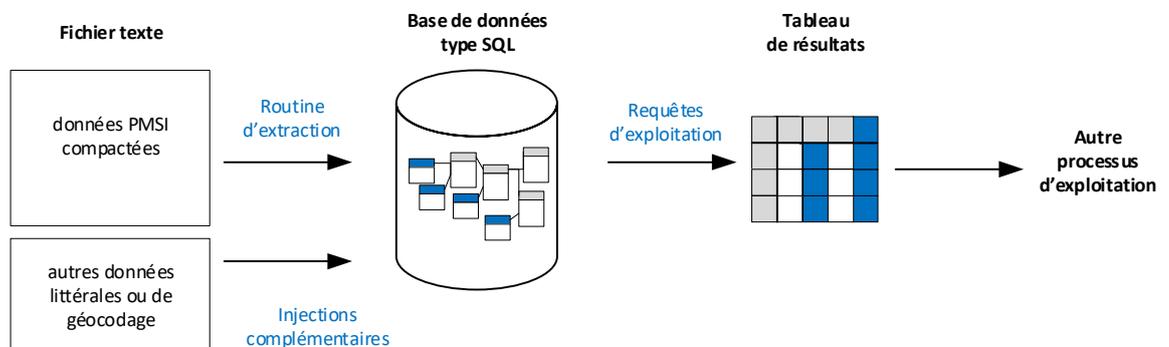


Figure 10 : Enrichissement des données PMSI initiales

De la figure précédente nous observons que les bases créées localement par des utilisateurs finaux différeront les unes des autres ; rendant ainsi les requêtes d'exploitation difficilement interoperables et réutilisables.

ii. Présentation et choix des données

Pour mener cette étude, nous disposons des données issues du PMSI sur le champ d'activité de médecine, chirurgie, obstétrique et odontologie (MCO) public et privé. Au cours de l'année 2016-2017, les données PMSI de 2012 à 2014 de l'ex-région Midi-Pyrénées ont été mises à disposition et montées dans une base de données locales *PostgreSQL* en tant que système de gestion de base de données relationnelle et *pgAdmin* comme outil de requête.

Le cartouche suivant résume les paramètres du set de données disponibles :

DATA CARTOUCHE	
Caractéristiques du set de données	
Source	EHESP
Nom de la base	PMSI
Période (Année, trimestre,...)	Années 2012 à 2013
Zone géographique	Midi Pyrénées
Type principal des données	Tous les patients MCO
Etablissement de santé	Tous les FINESS
Liste des items principaux	Tous les items PMSI

Tableau 3 : Données PMSI disponibles pour la recherche

L'exploitation des données sur une plage d'années différentes nécessite, dans certains cas, de se référer à différents guides méthodologiques de production des informations relatives à l'activité médicale et à sa facturation en MCO, applicables au cours de l'année de production et en général publiés au Bulletin Officiel sous la forme d'un fascicule spécial du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé ou du service en charge. Les guides permettent une mise en évidence de certaines modifications interannuelles dont il faut tenir compte dans les comparaisons.

Dans tous les cas, la mise à disposition de données *quasi* brutes requiert au préalable d'effectuer une étude de qualité de données. Cette analyse primaire permet d'apprécier quelques éléments de cohérence entre les bases. A l'aide de requêtes SQL simples, nous interrogeons chaque base annuelle sur un même périmètre. Des comparaisons sont réalisées entre les nombres de lignes des bases et des tables. Divers ratios sont calculés pour rapprochement.

Les données mises à disposition sont classées dans 5 tables principales dont 4 en rapport avec les racines essentielles du PMSI : Actes, Unités Médicales, Diagnostics Associés et

Séjours. Les données de séjour sont ventilées dans 2 tables numérotées 1 et 2 avec une relation 1 à 1 entre elle. Cette scission facilite seulement l'exploitation des données.

Le tableau suivant présente les grands indicateurs sur les bases mises à disposition :

Nombre de lignes pour chaque table	2012	2013	2014
Actes	3 888 651	3 891 106	3 971 840
<i>rapport</i>		+ 0,06%	+ 2,07%
Séjours 1	<u>1 048 575</u>	1 315 205	1 361 554
<i>rapport</i>		+ 25,43%	+ 3,52%
Séjours 2	1 048 575	1 315 205	1 361 554
Unités médicales	1 402 542	1 455 767	1 515 289
<i>rapport</i>		+ 3,79%	+ 4,09%
Diagnostiques Associés	2 267 378	2 358 435	2 430 540
<i>rapport</i>		+ 4,02%	+ 3,06%

Tableau 4 : Indicateurs sur les bases de données à disposition

Les données hébergées dans les bases constituent un volant de presque 4 millions d'actes. Il existe une certaine cohérence entre les années 2013 et 2014 sur le nombre de lignes des 5 tables. Par contre, la différence du nombre de séjours entre 2012 et les deux autres années, d'environ 25%, est trop importante pour ne pas être considérée.

Certains champs représentant des agrégats en tant qu'item dans certaines tables sont également reconstitués et comparés. Ils confirment les éléments précédents concernant le différentiel du nombre d'actes en 2012 par rapport aux autres années :

	2012	2013	2014
Actes	3 888 651	3 891 106	3 971 840
\sum nb_actes FROM sejour_1	<u>3 133 040</u>	3 891 106	3 971 840
\sum nb_actes FROM unites_medicales	3 888 651	3 891 106	3 971 840
Diagnostiques Associés	2 267 378	2 358 435	2 430 540
\sum nb_das FROM unites_medicales	2 267 379	2 358 435	2 430 540

Tableau 5 : Autres agrégats de qualification des bases

Eventuellement, le nombre de patients contenus dans chacune des bases peut être un indicateur complémentaire de décision de poursuivre et de circonscrire le différentiel ou d'abandonner définitivement les données de l'année 2012.

Le tableau suivant présente le nombre de patients dans chaque base annuelle :

	2012	2013	2014
Nombre de patients	534 539	657 927	674 432
<i>rappor</i>		+ 23,08%	2,51%

Tableau 6 : Nombre de patients dans les bases disponibles

Le déficit du nombre de patients dans la base 2012 s'avère. D'autres requêtes démontrent par ailleurs que l'incohérence se retrouve également lorsque des groupes de patients restreints et d'intérêt sont interrogés. Une analyse complémentaire déterminerait les raisons de l'écart et l'impact si l'on devait utiliser les données. Mais dans le cadre de notre recherche, nous avons choisi de ne pas poursuivre avec les données de l'année 2012.

iii. Détails de la base PMSI et éléments de chaînage

La structure de la base de données 2014 ainsi que le nom des tables et des champs est indiquée en Annexe 7 ; on y trouvera l'intégralité des items PMSI.

Certains items du PMSI permettent de chaîner le parcours du patient, par exemple :

- Le numéro anonyme de chaque patient intitulé 'num_anonyme' qui reste le même toute la vie du patient et qui permet de retrouver tous les séjours d'un même patient année après année.
- Des indicateurs temporels ; l'année de référence de la base de données mais aussi pour chaque séjour :
 - Le mois de sortie intitulé 'mois_sortie' ;
 - La durée du séjour intitulé 'duree_sejour' ;
 - Et pour chaque acte, le délai à compter de la date d'entrée intitulé 'delai_depuis_date_entree' ;

Ces indicateurs temporels envisagent un chaînage temporel des séjours et des actes pour chaque patient.

- Des indicateurs spatiaux :
 - Le code géographique de résidence du patient intitulé 'code_geo-residence' équivalent le plus souvent au code postal de résidence du patient ;
 - Mais pour diminuer le risque de ré-identification, les codes géographiques ne regroupent pas moins de 1000 habitants. Le code géographique correspond parfois à un regroupement de codes postaux. L'endroit exact du domicile du patient se résume à une zone moyenne centrale.
 - Le code FINESS de l'établissement producteur intitulé 'finess_pmsi' ;
 - Ce code a de nombreux usages. Il permet d'identifier avec précision l'établissement producteur : nom, adresse, type, site. Il existe parfois plusieurs numéros FINESS selon que l'on considère l'entité juridique dans son ensemble ou un site en particulier. Cet

aspect complique certaines requêtes pour les établissements publics.

- De éléments sur les modes d'entrée, de sortie, la provenance et la destination.
 - Ces items sont codés sous forme de chiffre. Il faut se référer à une table de conversion mis à disposition par l'ATIH pour interpréter ces chiffres. Ils seront principalement utilisés pour filtrer les données ; par exemple pour exclure les patients issus des urgences ou d'unités médicales préalables lorsqu'on s'intéresse exclusivement aux patients venant de leur domicile directement.

Ces indicateurs géographiques, renseignés à la fois pour le patient et pour le producteur de soins, permettent la construction du parcours géographique du patient à travers les données du PMSI. Des bases de données seront ajoutées aux données PMSI pour disposer de coordonnées GPS des communes ou ceux des numéros FINESS.

La base PMSI propose d'autres champs à même de répondre à différents objectifs. Pour notre étude, les champs essentiellement utilisés viennent d'être cités. Ils vont permettre une sélection spécifique de certains séjours afin d'alimenter de manière consistante et maîtriser une analyse des parcours de soins. Les éléments de chaînage temporels et géographiques seront exploités.

*
**

3.3. MATERIEL ET METHODE

Cette troisième partie s'attache, dans un premier temps, à sélectionner deux séjours d'intérêt parmi l'ensemble des séjours enregistrés en Midi-Pyrénées en 2013 et 2014. Le choix portera sur des séjours fréquents, significatifs et connus et possédant des différences valorisables. Dans un second temps, nous détaillons les choix réalisés en matière d'outil graphique de projection de ces données.

3.3.1. Données retenues pour l'étude

i. Sélection des séjours d'intérêt

La maîtrise de travail de recherche nécessite la réduction du socle de base du nombre de séjours étudiés. Après réflexion, nous avons choisi de retenir le thème de l'orthopédie. Les séjours d'orthopédie sont marqués par leur appartenance au groupe de CIM-10 commençant par '08'. Ainsi, nous avons sélectionné tous les séjours possédant ce caractère. On compte 101 863 séjours en 2013 et 105 394 séjours de ce type ; et respectivement 317 et 321 types de séjours différents.

Un diagramme de Pareto, réalisés à partir des données PMSI de notre base de données sur les années 2013 et 2014, permet un classement en fonction de la fréquence des séjours – Voir [Annexe 8](#).

Le tableau suivant rappelle les 7 séjours les plus fréquents représentant déjà 26% des séjours en 2013 comme en 2014 :

rang	code GHM et libellé abrégé⁶³	2 013	2 014
1	[08C45J] Ménisectomie sous arthroscopie, en AMBU.	4 467	4 728
2	[08C44J] Autres interv° sur la main, en AMBU.	4 364	4 664
3	[08C14J] Résections osseuses localisées et/ou ablation de matériel (...) autre que la hanche et le fémur, en AMBU.	3 994	4 040
4	[08K02J] Affections de l'appareil musculosquelettique sans acte opératoire de la CMD. 08, avec anesthésie, en AMBU.	3 928	3 556
5	[08C371] interv° sur le pied, âge supérieur à 17 ans, niv. 1	3 786	3 380
6	[08C481] Prothèses de hanche pour des affections autres que des traumatismes récents, niv. 1	3 092	3 323
7	[08C241] Prothèses de genou, niv. 1	2 966	3 424
	TOTAL	26 597	27 115
	<i>Représentation de ces 7 types de séjours</i>	26,1%	25,7%
	TOTAL DES SEJOURS type '08' [orthopédie]	101 863	105 394

Tableau 7 : Haut du classement des séjours les plus fréquents en orthopédie

Pour la suite de l'étude, nous choisissons les deux séjours suivants :

- [08C45J] Ménisectomie sous arthroscopie, en ambulatoire :

Le ménisque est un cartilage entre le tibia et le fémur qui participe l'articulation du genou en tant qu'amortisseur et stabilisateur. Le séjour 08C45J correspond à une intervention suite à une lésion de ce ménisque. Le traitement chirurgical est envisagé après un premier parcours médical. Il s'agit rarement d'une urgence sauf blocage complet du genou. L'intervention se fait en ambulatoire sous arthroscopie. En priorité, le chirurgien va préserver au maximum ; et n'envisager une résection qu'en dernier recours. A long terme, une ménisectomie aboutit fréquemment à une arthrose du genou.

Le séjour 08C45J est le plus fréquent en orthopédie. Il correspond à un séjour en ambulatoire : l'entrée et la sortie du patient se font dans la journée. L'activité ambulatoire est vue comme le levier principal d'amélioration des soins et d'efficience. Ce caractère ambulatoire semble particulièrement intéressant. C'est également un séjour dont on pourra vérifier qu'il concerne des populations en milieu de vie. Les tarifs associés à ce séjour sont de 1 261,67 € dans le public et 532,26 € dans le privé.

- [08C481] Prothèses de hanche pour des affections autres que des traumatismes récents, niveau 1

Le séjour intègre nécessairement le remplacement de l'articulation de la hanche. C'est une intervention courante. La durée d'hospitalisation est de 3 à 10 jours traditionnellement ; avec une Durée Moyenne de Séjour située entre 5 et 6 jours.

⁶³ Utilisation pour l'identification des GHM d'un document issu de l'ATIH. Il s'agit du fichier donnant les regroupements par racine de GHM de la version V11g. Cette version V11g des GHM est précisée dans la notice PMSI 2015 page 4. Ce fichier de regroupement des racines GHM possède un certain nombre d'onglet dont l'onglet racine V11g qui permet d'identifier le numéro GHM associé à son libellé ainsi que le domaine d'activité, le libellé du domaine d'activité et le libellé du groupe d'activité ; entre autres.

Une tendance ambulatoire est en cours de développement en abord chirurgical antérieur. Le temps d'intervention est de 1h30. Les tarifs associés sont de 4 687,09 € dans le public à 2 735,74 € dans le privé.

Les complications peuvent être sévères avec des risques infectieux, des risques d'hématome ou de phlébite et leurs conséquences telles qu'embolies pulmonaires ou AVC (CATON, 2012).

Le séjour 08C481 est le second séjour choisi pour l'étude. Il s'agit d'un séjour conventionnel, finalement assez banalisé, avec hospitalisation. Il est typé en termes de prise en charge. La population concernée est plutôt située après 60 ans.

De la sorte, nous disposons de deux séjours d'orthopédie, l'un relevant de l'ambulatoire et l'autre de l'hospitalisation traditionnelle. Ni l'un ni l'autre ne relève d'une prise en charge en urgence sauf exception. Les deux séjours se positionnent en bonne place en termes de fréquence. Il s'agit de séjours simples, relativement bien connu et compris de tous. Nous estimons par conséquent que leurs différences et leurs points communs vont nous permettre d'améliorer notre connaissance des parcours de soins.

ii. Sélection des données et principe de chaînage

Nous faisons d'abord appel à une requête simple en limitant volontairement les données en retour. Nous proposons de recueillir tous les patients ayant eu au moins 1 séjour de type 08C45J et quelques données complémentaires dites de contexte. La structure de la requête sous *PostgreSQL* est la suivant :

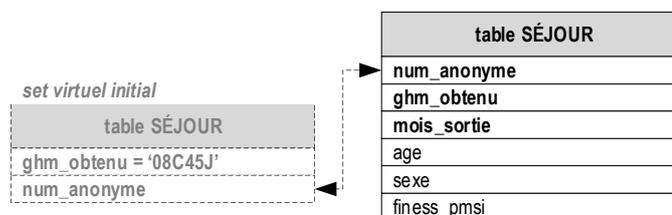


Figure 11 : Structure de requête initiale pour chaînage des séjours

Les données renvoyées se trouvent alors sous la forme d'un tableau. Pour l'année 2013, ce tableau compte 6 100 lignes. Les patients ayant enregistrés plusieurs séjours sont identifiables par leur numéro anonyme. Les patients qui ont généré plusieurs séjours au cours de l'année sont répétés éventuellement sur plusieurs lignes comme qu'illustré dans la figure suivante :

num_anonyme	ghm_obtenu	mois_sortie	age	sexe	finess_pmsi
003TDRJ6A281TJ6UE	08C45J	3	25	1	810000380
00NE9J9UR5W1FH94E	08C45J	1	58	1	310781406
00X8YWRC1NZ01AENE	08C45J	2	54	1	310780283
00Y9B5GFBUFQJZU2E	08C45J	4	47	1	650002579
00Y9B5GFBUFQJZU2E	90Z00Z	10	47	1	650002579
01EKN86UT3P40BQ6E	08C45J	3	28	1	310780150
01YWR9WUCJS88Q24E	08C45J	1	45	1	810101170
02KX56K4SWX4ETFP	08C45J	4	47	1	310780150
039PRMEBG6EU5NUDE	05C171	2	63	2	310780283
039PRMEBG6EU5NUDE	08C45J	4	63	2	310780283
039PRMEBG6EU5NUDE	13K06J	10	64	2	310780283
03DPK7NNDSB72453E	09C03J	1	35	2	310781000
03DPK7NNDSB72453E	08C45J	6	35	2	310781000

Figure 12 : Données initiales renvoyées pour le chaînage des séjours

L'étape suivante consiste à transposer en ligne l'ensemble des données 'ghm_obtenu' avec idéalement une clé de répartition en fonction du mois de sortie. Nous obtenons cette vue avec l'outil ACCESS en créant un tableau croisé dynamique. Les 24 premières lignes du tableau obtenu sont les suivantes :

num_anonyme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
003TDRJ6A281TJ6UE			08C45J									
00NE9J9UR5W1FH94E	08C45J											
00X8YWRC1NZ01AENE		08C45J										
00Y9B5GFBUFQJZU2E				08C45J						90Z00Z		
01EKN86UT3P40BQ6E			08C45J									
01YWR9WUCJS88Q24E	08C45J											
02KX56K4SWX4ETFP				08C45J								
039PRMEBG6EU5NUDE		05C171		08C45J						13K06J		
03DPK7NNDSB72453E	09C03J					08C45J						
03T831N0WP3262X0E										08C45J		
049B5Q76TJENMDEXE								08C45J				
04BCC7ZJXY3PN8FE			06K04J							08C45J		
04G23GBF98ATR9C8E								08C45J				
04G9YTR6MJPP31ADE								08C45J				
04JBAXA5QB6RTTRXE	08C45J						08C321				06K04J	
04K6Q0HHCS232030E												08C45J
04QC9YXM51YZEQJHE	08C45J											
04XM5AWZ834A6BSCE					06K04J							
					08C45J							
0531B480A6HNJYZUE								08C45J				
05EYBEGR2TK8GXRUE			08C45J									
05QGAEQZ59B9ZKTZE					90Z00Z	08C45J						
05XRR3JMDU1BS3D8E						08C45J						
						90Z00Z						
063MQHHPHAJPZ8E1E				08C481				08C45J				
06N0FYXUJ2THUFZHE				90Z00Z							08C45J	

Tableau 8 : Extrait du tableau croisé dynamique Patient-GHM pour chaque mois en 2013

Ce tableau comporte un nombre de lignes identique au nombre de patients soit 4 412. Il s'agit de ventiler 6 100 valeurs dans une matrice de 52 944 cellules. Nous abandonnons les données de contexte pour l'émergence du seul tableau précédent ; car ils multiplient la taille de la matrice par le nombre d'intervalles attribué à chaque contexte.

Le tableau précédent répond à notre première attente en termes de présentation et de répartition des données, à savoir :

- Une ventilation des GHM obtenu par mois,
- Une concaténation des données lorsque plusieurs occurrences s'avèrent dans le mois.

Mais il présente deux écueils : sur le plan technique, notre environnement est aux limites maximales de ses capacités. ACCESS ne réalise ces tableaux croisés dynamiques que dans des conditions particulières d'ouverture de fichiers externes. Les quelques manipulations tentées – *export*, *calculs*, conduisent à des "plantages" indépendants de notre environnement matériel.

Sur le plan analytique, nous mettons en évidence quelques motifs séquentiels à différents niveaux. Mais il nous semble que ce tableau et les restrictions de l'environnement ne permettent pas de réaliser une analyse opérante.

Comme nous l'avons déjà développé dans le chapitre III, l'analyse graphique face à de telles difficultés nous semble supérieure ; au moins en première approche.

3.3.2. Choix de l'environnement graphique

Les éléments précédents préfigurent des quantités massives de données dont la difficulté reste nos capacités à se faire une idée, même grossière, de leur potentiel sémiotique.

Notre objectif est d'extraire de nouvelles connaissances d'une sorte de déluge de données. Nous devons nous adjoindre une approche suffisamment pertinente à même de garantir la révélation d'informations remarquables et jusqu'alors difficilement abordables.

Nous partons du principe que la visualisation graphique des données est un préalable à une étude statistique numérique et détaillée. Le graphe doit guider une intuition qu'il faut vérifier ensuite. Cette considération prend à contrepieds l'usage courant qui consiste à présenter des tableaux puis, au final, des graphiques. Il s'agit pour nous de montrer des graphes, de susciter rapidement un intérêt, une intuition voire une *quasi* évidence qu'il faudra confirmer ou infirmer par un travail statistique et numérique.

i. Choix technique de l'environnement de visualisation

Des tests de présentation graphique avec les logiciels R et GEPHI ont été réalisés.

R s'impose nettement comme le standard absolu en termes de visualisation graphique et de travail statistique. Sa puissance et ses possibilités sont telles qu'il est préférable de se focaliser directement sur les seules fonctionnalités attendues plutôt que de tenter d'en acquérir une maîtrise globale préparatoire. Une telle situation génère quelques frustrations. Surtout, malgré

sa gratuité et la mise à disposition de nombreuses extensions capables de répondre à toutes les demandes graphiques, il s'agit d'une solution lourde, à l'installation comme à l'usage. Les immenses possibilités de paramétrage induisent des problématiques de maîtrise et de reproductibilité des graphes.

GEPHI, quant à lui, réduit son périmètre à la visualisation des données. Sa puissance de traitement est étonnante compte tenu de son développement récent. GEPHI se revendique comme le "Photoshop" des graphes. Il est également gratuit. Il nécessite d'être installé sur chaque terminal pour accéder aux graphes. Son développement et ses mises à jour dépendent d'un consortium qui semble avoir du mal à poursuivre. Comme pour R, l'immensité des paramétrages constitue un écueil pour l'utilisateur non spécialiste.

Aussi, après utilisation de R et de GEPHI en première approche même approfondie, nous souhaitons une solution de visualisation plus légère, possiblement accessible et diffusable auprès d'un utilisateur final. Et c'est une sorte de cahier des charges de l'environnement attendu que nous avons finalement établi dont voici les grandes tendances :

- Partage : Partager signifie aujourd'hui s'appuyer sur les technologies du web. Il doit s'agir d'un environnement accessible à l'utilisateur final, pourvu qu'il dispose d'un accès web, quel que soit son terminal (PC, téléphone), son système d'exploitation (Windows, Android, iOS) et son navigateur web⁶⁴. L'environnement de travail sera de type web.
- Simplicité : A partir d'une explication rudimentaire, l'utilisateur doit comprendre ce que représente le graphe. L'accès aux données chiffrées et même l'affichage de données littérales sont hyper réduits.
- Originalité : Nous choisissons des graphes qui permettent de projeter des données massives, souvent sans dimension (sans axes) et dynamiques donnant à l'utilisateur final quelques possibilités d'interaction et de "fouille".

A partir de ce cahier des charges notre choix s'est porté sur l'un des technologies les plus employées aujourd'hui ; à savoir l'utilisation d'un environnement web développé en JavaScript. Le point suivant donne un aperçu technique en rapport avec ce choix.

ii. Choix technique de l'environnement de visualisation

Les ressources web sont affichées à travers un navigateur type Internet Explorer ou Chrome. Ces ressources sont principalement des pages HTML; pour *HyperText Markup Language*. Ces pages elles-mêmes sont relativement simples, constituées de balises entre lesquelles on insère du texte. Avec le développement du web, ces pages ont été enrichies en information. De nouvelles conventions et technologies sont venues épauler les pages HTML simples :

⁶⁴ Au moins pour les cinq leaders que sont Internet Explorer, Firefox, Safari, Chrome et Opera.

- 1- Le DOM pour Document Object Model (DOM); Il s'agit d'une convention sur la structuration des documents HTML. Tout document web et ses sous-structures obéissant à cette convention pourront être appelés en tant qu'objet individuel avec toujours le même nom. Le DOM permettra ainsi à des programmes ou des scripts de "*saisir*" des éléments spécifiques d'une page web et les modifier en temps réel. En gros, le DOM permet une sorte de programmation-objet dynamique des pages web. Le DOM est appliqué de manière universelle.
- 2- Le CSS pour *Cascading Style Sheet* (CSS); Afin d'éviter de répéter les données de style et de forme dans toutes les pages HTML, ces fonctions sont intégrées dans un document nommé .CSS en marge des pages HTML. Les fichiers CSS ont des possibilités d'héberger d'autres données de style avec pour cible certaines présentations graphiques. Sans rentrer dans les détails, nous exploiterons parfois cette possibilité dans certains de nos graphes.
- 3- JavaScript ; en tant que langage de programmation universellement utilisé et reconnu. Il donnera des fonctionnalités avancées aux pages web avant, pendant et après leur chargement sur le terminal de l'utilisateur. L'environnement JavaScript est très ouvert. En dehors du langage lui-même, existe une communauté mondiale de développeurs essentiellement « open-source⁶⁵ ». La plupart des sites web aujourd'hui utilise JavaScript. Il est possible que chaque développeur écrive son propre code. Mais tout le monde s'accorde aujourd'hui pour considérer qu'on doit réutiliser au maximum un code existant afin de ne pas perdre de temps à écrire ce qu'un autre a déjà bien rédigé. D'où la notion de bibliothèques JavaScript qui correspond à un ensemble de fonctions déjà développées, librement diffusées pour être utilisées tout aussi librement. Les bibliothèques JavaScript n'épargnent pas de devoir comprendre ce qu'elles proposent, parfois par l'étude du code lui-même. Si elles réduisent le codage informatique, les fonctions avancées qu'elles proposent vous entraînent rapidement vers des abîmes particulièrement vertigineux.

D3.js (ou D3 pour *Data-Driven Documents*) est l'une de ces bibliothèques JavaScript sur laquelle nous allons essentiellement nous appuyer. Développée par Mike BOSTOCK⁶⁶, elle fonctionnalise des objets HTML et permet ainsi l'affichage de données numériques sous une forme graphique et dynamique. D3 est une bibliothèque compliquée, de quelques 17 000 lignes de code JavaScript mais parfaitement documentée. L'un des points les plus importants sera la possibilité de créer des graphes à l'aide d'images vectorielles composées d'objets géométriques individuels, des primitives géométriques (segments de droite, arcs de cercle, polygones, etc.), définis chacun par différents attributs (forme, position, couleur, remplissage, visibilité, etc.) et auxquels on peut appliquer différentes transformations (homothéties, rotations, mise à l'échelle, inclinaison, effet miroir, dégradé de formes, etc.). Elle se différencie en cela

⁶⁵ L'idée de l'open-source guide aussi notre choix. Un programme fermé aujourd'hui est conduit irrémédiablement à mourir. L'open-source rend ce caractère éternel au développement informatique; d'une part. Et d'autre part, l'approche communautaire permet parfois de disposer de la générosité simple qu'un développeur veut bien vous consacrer pour faire avancer vos projets. Et vous découvrez qu'un développeur de l'autre côté du globe vous a consacré 20 minutes gratuitement parce que ça lui faisait plaisir de vous aider.

⁶⁶ A digital superstar; d'après le New York Times.

des images matricielles (ou images bitmap) qui sont constituées de pixels. Pour faire simple, les images matricielles sont des suites de points. Les images vectorielles sont composées d'objets géométriques. Elles ont l'immense avantage, par rapport aux images matricielles, que leur qualité d'image est indépendante de leur manipulation (pas de pixellisation suite à un zoom).

Terminons enfin cette section en précisant que pour cette étude nous disposons d'un environnement technique limité qui justifie le choix de JavaScript. Avec le choix de cette technologie, l'ensemble des calculs d'affichage des graphes se fait directement sur le terminal qui charge la page HTML de visualisation. Cette solution économise la possession d'un serveur puissant pour le calcul. Reste qu'un serveur web est nécessaire. L'ensemble des graphes est tributaire d'un serveur web actif, que nous avons monté sur un PC banalisé avec la suite logicielle WAMP. WAMP est un acronyme informatique signifiant : Windows, Apache, MySQL, PHP. Sur ce serveur, nous n'utilisons, pour l'instant, que les fonctions "Apache". Pour permettre un accès public à tout le web, nous avons utilisé l'adresse publique d'une FreeBox.

iii. Test de graphes et choix de l'outil principal

Nous souhaitons mettre en évidence des parcours de soins sous forme de graphiques. Différents types de graphiques ont été testés avant de choisir celui qui semble le plus adapté à notre objectif et dont la mise au point semblait offrir la moins d'incertitude dans le temps imparti. Nous présentons quelques tests réalisés :

- Graphe sous forme d'arbre "généalogique" :
 - Ce type de graphe présente les combinaisons des différents séjours pour un set donné de patients avec une notion de filiation : les relations entre les objets présentés sont de type '*parent*' vers '*enfant*'. Le principe de ce graphe est connu de tous et très intuitif dans sa lecture et dans son interprétation.
 - Nous montrons ci-dessous un extrait des graphes obtenus en test. La racine correspond à 08C481 et les branches à l'ensemble des combinaisons potentielles [données 2014] ;

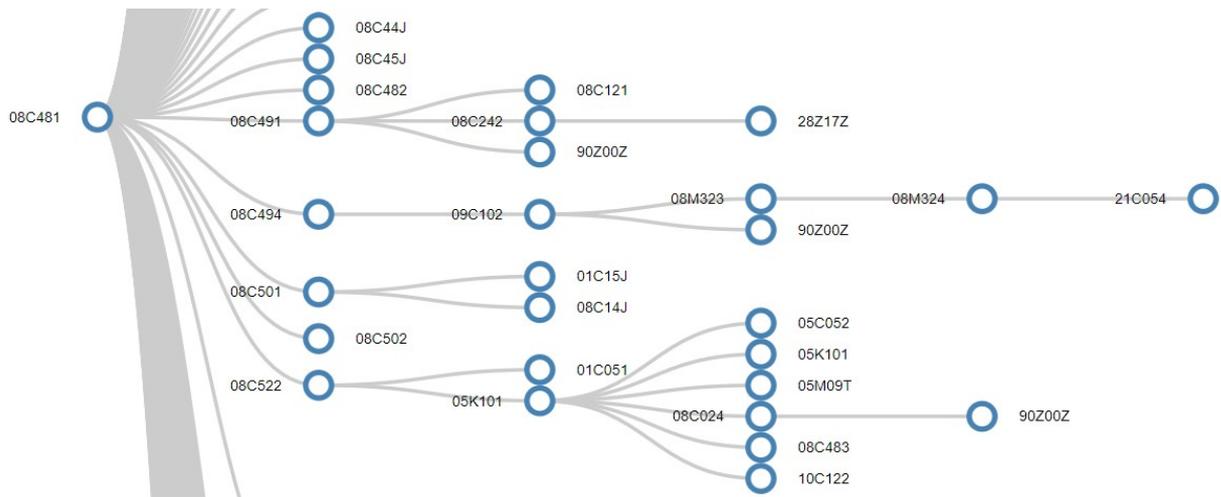


Figure 13 : Arbre "généalogique" des séjours; racine 08C481

- Ce graphe possède l'énorme inconvénient qu'il considère 08C481 comme la racine unique et place tous les séjours comme des '*enfants*'. Le temps de développement logiciel ne nous a pas permis de corriger cette erreur.
- Ce graphe occupe une place verticale importante pour être complètement affiché ; de l'ordre de 4 à 5 défilements d'écran. Il existe des possibilités d'associer des propriétés dynamiques de réduction ou expansion des branches pas un clic sur les nœuds. Mais nous ne donnons alors qu'un aperçu limité de l'ensemble du graphe.
- Le projet d'un tel graphe est très prometteur surtout si associé à des fonctions *quasi* temps-réel avec non plus des enchainements de séjours mais des enchainements d'actes. Nous écartons malgré tout son développement et son usage compte tenu des incertitudes de développement en termes de temps.
- Graphe matriciel :
 - Pour ce genre de graphes, il s'agit de croiser des données selon deux axes ; un axe horizontal et un axe vertical tel un tableau croisé dynamique. Au lieu de renvoyer une valeur à l'intersection des valeurs, il s'agit de renvoyer, en première instance, une couleur. Voici l'exemple :

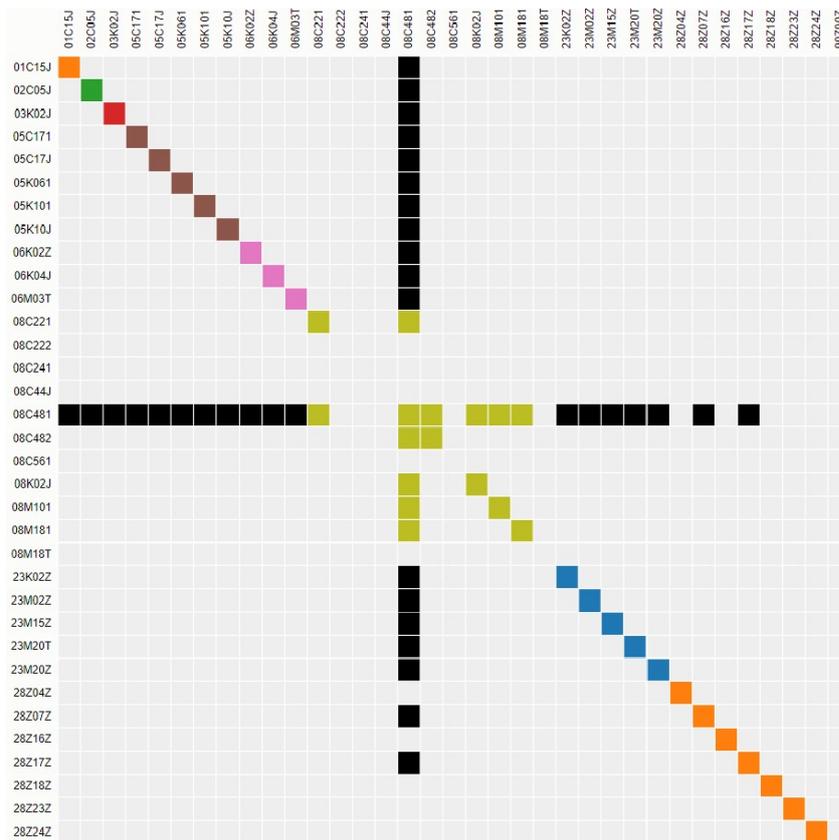


Figure 14 : Graphe matriciel croisé des séjours de 08C481

- Dans la figure précédente, on distingue les séjours sur les deux axes. La rencontre d'un séjour avec un autre provoque une couleur selon la fréquence de l'occurrence.
- Le rendu de ce graphe était attendu avec le plus grand intérêt ; avec l'espoir de mettre en évidence des sortes de spectres matriciels. Mais son exploitation suscite quelques doutes à cause du nombre d'entrées verticales et horizontales qui limitent sa lecture. Notre set de données réelles renvoie à plus de 300 types de séjours différents. Or au-delà d'une centaine d'entrées, le graphe s'est montré illisible sur nos tests. Cet aspect ne manquera pas de se renforcer sur une matrice 300 x 300.
- Le graphe précédent est issu d'un processus de filtrage sévère et ne représente plus nos données. Nous y avons testé des fonctions de classement des séjours par nom, par groupe et par fréquence. Ces fonctions permettraient d'aborder le graphe sous différents points de vue ; propices, selon nous, à la mise en évidence de particularités.
- On perçoit bien la complexité de réalisation d'un tel graphe. Le code logiciel s'appuie sur quatre scripts complémentaires à la bibliothèque principale, et dont nous ne pouvons maîtriser, dans le temps imparti, la logique complète et la pérennité pour nos propres développements.
- La puissance des analyses spectrales n'est plus à démontrer. Elle représente l'accès ultime et profond à la connaissance des phénomènes en traitement du signal. Nous pensons qu'une approche spectrale peut apporter une dimension d'analyse sur le PMSI jusqu'alors inédite. Or avec le graphe précédent, nous

approchons ce domaine. Néanmoins nous abandonnons ce graphe pour les raisons d'incertitude évoquées.

- Graphe de force nœud-lien :
 - Il s'agit de considérer ici que les données ont des liens entre elles et qu'elles forment finalement un réseau ; telle *une toile d'araignée*. Le sujet de la théorie des graphes a déjà été abordé précédemment dans ce rapport.
 - Les graphes nœud-lien consistent à projeter, dans un canevas initial, des nœuds qui seront dans notre cas les différents séjours. Le symbole donné pour représenter ces nœuds est le cercle ; mais toute autre forme géométrique peut être choisie y compris des images. Des liens sont créés entre ces nœuds en fonction des liens effectifs constatés dans les parcours de soins réels. Les liens sont symbolisés par des lignes ; mais là encore, il est possible de dépasser la convention courante et adopter d'autres formes.
 - L'un de nos premiers graphes test est présenté dans la figure suivante, utilisé avec un set de données intégrant 08C481 comme nœud principal :

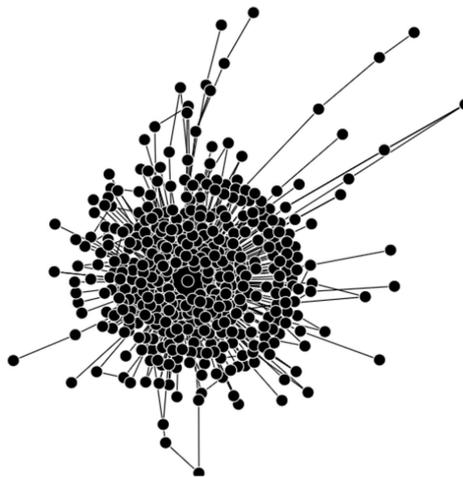


Figure 15 : Premier graphe NOEUDS-LIENS avec données de 08C481

- Le graphe précédent renvoie bien des nœuds; et des liens. Sa lecture est difficile due à l'absence d'échelle de couleur, de mise en évidence des degrés de connexion, de recouvrement des nœuds et des liens et l'absence d'information sur les intitulés. Au test suivant, nous évitons les recouvrements et ajoutons les intitulés. Ce prototype finit par nous convaincre que l'information ne doit pas forcément être affichée immédiatement mais qu'elle doit seulement être disponible à la demande.

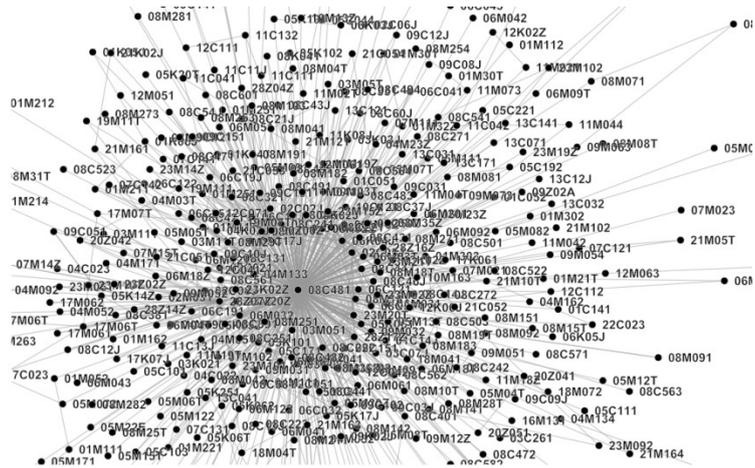


Figure 16 : Gestion des intitulés pour les graphes nœuds-liens

- Après un certain nombre d'améliorations soit développées soit ajoutées, nous obtenons le type de graphe suivant :



Figure 17 : Type de graphe NOEUDS-LIENS utilisé dans l'étude

- Nous choisissons de rester sur cette projection en tant qu'outil principal pour l'exploration de nos parcours :
 - Le graphe est dynamique ; l'utilisateur peut déplacer les nœuds avec sa souris et littéralement fouiller le graphe. Une fonction de zoom améliore encore cet aspect. Il a été ajouté plus tardivement.
 - L'utilisateur peut connaître le nom de chaque nœud en les survolant avec sa souris. La fonctionnalité est également disponible pour connaître la valeur des liens mais plus difficile à utiliser et finalement peu informative.

D'autres graphes ont été testés, parfois convaincants mais requérant toujours un investissement en temps long. Nous avons limité nos principaux engagements aux trois outils précédents pour ne choisir que le dernier.

Nous citons pour mémoire qu'un travail de déploiement a également été entamé sur les bibliothèques LEAFLET.js. Elles permettent de projeter des fonds de cartes géographiques dans un environnement web léger ; toujours dans un environnement JavaScript. A l'instar de R et GEPHI, les environnements de projections géographiques performants comme QGIS – *que nous utilisons par ailleurs*, pourraient être nettement allégés pour des utilisateurs finaux. L'idée d'une fusion entre graphe NŒUDS-LIENS avec fond de plan géographique est envisageable. Encore une fois, des choix ont dû être faits pour se recentrer sur un livrable dans un temps imparti.

iv. Précisions techniques sur la projection graphique choisie

Notre objectif est de tenter de mettre en évidence des parcours récurrents. Le principe est rappelé dans le tableau suivant où apparaissent des liens symbolisant des parcours similaires, le séjour 08C45J étant le séjour commun à tous :

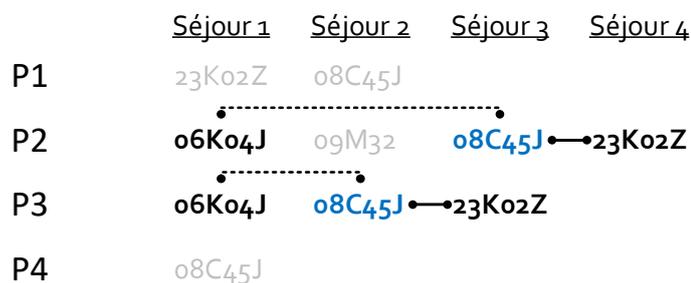


Figure 18 : Enchaînement des séjours et identification des parcours récurrents

Pour transformer le tableau précédent en graphe NŒUDS-LIENS, nous prenons en considération les éléments suivants :

- Les nœuds correspondent à l'ensemble des GHM distinctifs. Nous associons trois attributs à chaque nœud :
 - Le *nom* de chaque GHM distinctif en tant que nom attribut ou 'id' ;
 - Le *groupe* des GHM en les classant par Catégorie Majeur de Diagnostic (CMD). Le groupage se fait simplement sur les deux premiers digits du GHM. L'attribut est nommé 'group' et permet essentiellement d'associer un code coloré aux différentes catégories de CMD ;
 - L'*incidence*, c'est-à-dire la fréquence d'occurrence de chaque GHM dans l'ensemble des GHM enregistrés dans l'année observée. L'attribut est nommé 'value'.

Nous devons également considérer la 'sortie' du parcours du patient comme un nœud à part entière afin d'éviter la création de liens entre les séjours finaux et d'autres séjours antécédents. Un nœud nommé 'sortie' est créé à la fin de chaque parcours auquel nous associons un groupe spécifique et sur le plan graphique une couleur particulière.

Un certain nombre de méthodes⁶⁷ sont utilisées pour produire un fichier formaté et utilisable directement par le code JavaScript. Nous souhaitons autant que possible éviter les manipulations de données manuelles ultérieures et pouvant dégrader la qualité des données. Sous *PostgreSQL*, nous utilisons, entre autre, la fonction *trim()* pour supprimer les blancs et les zéros inutiles et *json_agg()* pour produire un fichier *.json*.

La sortie des données de type NŒUD sera sous la forme suivante :

```
"nodes": [  
  {"id":"06K04J","group":6, "value" : 1},  
  {"id":"06K04K","group":6, "value" : 1},  
  {"id":"08C45J","group":8, "value" : 3},  
  {"id":"09M32","group":9, "value" : 2},  
  {"id":"23K02Z","group":23, "value" : 3},  
  {"id":"sortie","group":25, "value" : 4}  
]
```

Figure 19 : Données et format type pour des nœuds

Nous retrouvons les trois attributs attendus et qui permettront la création graphique des nœuds. D'autres attributs ont été envisagés mais non déployés :

- Attribut d'identification des nœuds au format numérique plus facile à manipuler dans le cadre de certaines fonctions d'identification dynamique des groupes de nœuds.
- Attribut de mesures des graphes tels que degré de centralité, centralité d'intermédiarité et centralité de vecteur propre ; calculés au préalable *via* des environnements spécialisés (R par exemple) et qui permettraient de disposer de niveaux d'affichage dynamiques en complément.
- Attribut de contexte âge et sexe qui permettrait un filtrage contextuel.

Nous donnons un exemple du format à mettre en œuvre dans le cas d'ajout d'attributs :

```
{"name": "06K04J", "group": 6, "value": 1, "id": "1",  
  "betweenness": 0.0001, "degree": 0.06, "eigenvector": 0.002}
```

⁶⁷ Au sens programmatique, c'est-à-dire de fonctions intrinsèques à l'environnement ou aux objets logiciels.

- Les LIENS sont constitués par les enchainements GHM-GHM par patient distinctif. Chaque séquence comportera nécessairement un 08C45J ; c'est-à-dire une incidence entrante ou sortante par le nœud 08C45J. Nous associons trois attributs à chaque lien :
 - La *source* c'est-à-dire le nom du nœud initial du parcours de soins ou le nœud successeur mais qui sera suivi d'une nouvelle occurrence y compris la sortie du parcours ; nommée 'source'.
 - Le *target* ou destination c'est-à-dire le nœud suivant dans le parcours ; nommé 'target'.
 - La fréquence du couple *source-target* observée dans l'ensemble des combinaisons des parcours et en mode directif ; nommée 'value'.

Le processus de formation du fichier est plus complexe que celui des nœuds. Chaque parcours doit être pris isolément pour chaque patient et considéré de façon chronologique. A partir d'extraction telle que proposée en figure 15, nous travaillons dans un environnement de programmation plus rapide⁶⁸ pour obtenir le fichier type suivant :

```
"links": [  
  {"source": "23K02Z", "target": "08C45J", "value":1},  
  {"source": "08C45J", "target": "sortie", "value":2},  
  {"source": "06K04K", "target": "09M32", "value":1},  
  {"source": "09M32", "target": "08C45J", "value":1},  
  {"source": "08C45J", "target": "23K02Z", "value":1},  
  {"source": "23K02Z", "target": "sortie", "value":2},  
  {"source": "06K04J", "target": "09M32", "value":1},  
  {"source": "09M32", "target": "08C45J", "value":1},  
  {"source": "08C45J", "target": "23K02Z", "value":1}  
]
```

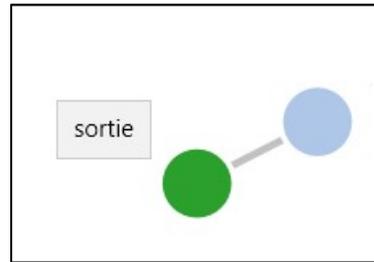
Figure 20 : Données et format type pour des liens

Chaque parcours est sanctionné par un attribut 'target' = 'sortie' comme nous pouvons l'observer dans le fichier précédent.

Nous envisageons la consolidation d'une routine complète et autonome si les outils s'avèrent utiles. Dans ce cas, le développement peut se faire soit sous SQL, soit en JavaScript ou même PHP en fonction des utilisateurs ciblés, des objectifs de diffusion ultérieurs et des possibilités d'accès aux données PMSI

En termes de représentation graphique, le parcours d'un séjour 08C45J suivi de sa sortie sera symbolisé comme suit :

⁶⁸ Programmation sous *VisualBasic* pour Application (VBA) sous EXCEL



Le graphique possède deux dimensions. La chronologie du parcours ne se traduit pas par une orientation particulière des nœuds les uns envers les autres⁶⁹. Prise en exemple, la figure 15 donne un visuel du type suivant :

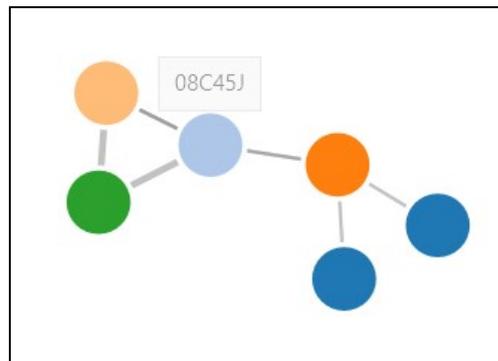


Figure 21 : Mise en graphe de la figure 11

Sur la figure précédente, nous retrouvons 6 nœuds différents dont 08C45J en tant que nœud pivot et le nœud SORTIE [coloré en vert]. Un certain nombre de choix ont été faits dans le graphe précédent :

- Le diamètre des nœuds est fixe, indépendant de l'incidence. La variation du diamètre est un élément attrayant. Dans le simple cas précédent, la figure donne le résultat suivant :

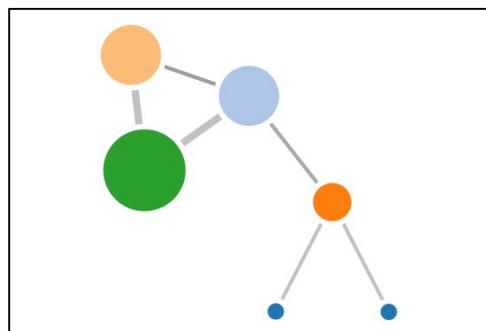


Figure 22 : Variation du diamètre des nœuds en fonction de l'incidence

Pour autant, avec les données PMSI, le nœud principal, 08C45J par exemple, va disposer d'une incidence entrante ou sortante de 4 467 degrés en 2013. Le nœud

⁶⁹ Mais il peut s'agir d'un développement spécifique.

SORTIE verra une incidence de 6 100 degrés entrante. Ces niveaux d'incidence sont à mettre en relation avec la majorité des autres nœuds dont l'incidence sera beaucoup plus faible, de l'ordre de l'unité ou de la dizaine.

Des fonctions mathématiques permettent de relativiser de telles différences (racine-carrée, logarithmes). Différentes solutions de gestion des diamètres des nœuds ou d'épaisseurs des liens ont été testées sans que la problématique ne soit toutefois résolue. Pour mémoire, l'influence de trois fonctions mathématiques est rappelée dans le graphe dont on peut penser qu'elles peuvent apporter des solutions lorsqu'il s'agit de représenter sur un même graphe des valeurs très différentes :

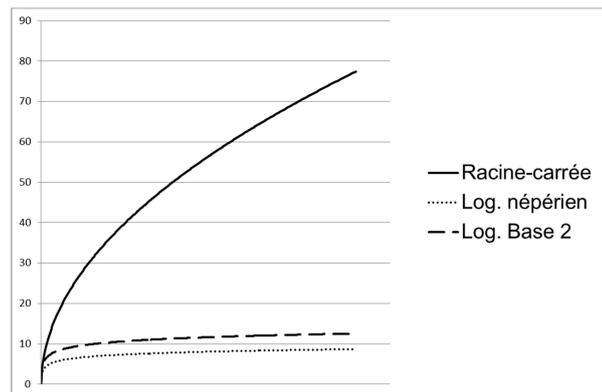


Figure 23 : Facteur de compression mathématique des épaisseurs des liens

A l'issue des tests, nous choisissons d'homogénéiser le diamètre des nœuds et d'appliquer des formules sur l'épaisseur des liens. L'attribut d'incidence sur les nœuds n'est pas utilisé.

Pour l'épaisseur des liens, l'application d'un facteur de racine-carrée a été choisie, les tests donnant de meilleurs résultats apparents :

- La fonction racine-carrée comprime suffisamment les fortes valeurs pour que les graphes soient présentables.
- Les fonctions logarithmes renvoient une valeur nulle pour une valeur de 1 ce qui nécessite de gérer différemment les liens uniques. En outre, les fonctions logarithmes compriment exagérément les valeurs et érodent la mise en évidence de certaines valeurs fortes.

Bien évidemment, ces choix peuvent être discutés et soumis à des travaux complémentaires pour être adaptés en fonction des rapports de valeur entre les données.

- La couleur des nœuds est fixée de manière aléatoire en fonction du nombre de nœuds à partir d'une palette initiale. La notion de couleur est extrêmement importante puisqu'elle guide la subjectivité de l'utilisateur ou de l'analyste. Après de très nombreux essais, nous choisissons initialement la palette de couleur suivante :

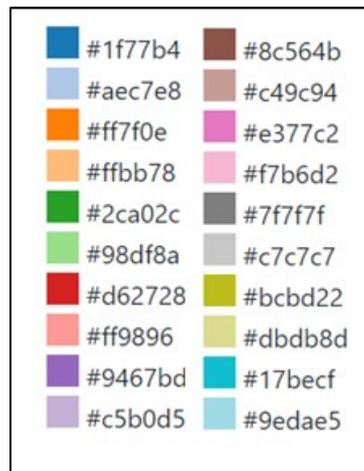


Figure 24 : Palette de 20 couleurs pour les groupes de nœuds

Elle comporte 10 couleurs en 2 déclinaisons de saturation. Le groupe '1' des nœuds se voit attribuer la 1ère couleur et ainsi de suite. Si le graphe comporte plus de 20 groupes, la fonction revient à la couleur n°1 pour le nœud n°20 [la première valeur d'un tableau étant '0' en JavaScript]. C'est insuffisant. Malgré les recouvrements de couleur, cette palette donne un bel aspect aux graphes.

Nous créons une palette de 26 couleurs qui sera suffisante pour afficher un code couleur différent pour chaque groupe CMD de notre étude ; en constatant par ailleurs que l'ajout de chaque nouvelle couleur modifie de façon importante la perception de chaque graphe. Un travail de choix des couleurs en lien avec son association sémantique n'est pas envisagé immédiatement dans notre étude, mais la problématique est à considérer. Dans notre code JavaScript, la palette de couleur dépend de la variable 'color' comme suit :

```
28
29 var color = d3.scaleOrdinal()
30   .domain("group")
31   .range([
32     "#ffbb78", "#ff9896",
33     "#ff7f0e", "#f7b6d2",
34     "#e377c2", "#dbdb8d",
35     "#d62728", "#c7c7c7",
36     "#c5b0d5", "#c49c94",
37     "#bcbd22", "#aec7e8",
38     "#9edae5", "#98df8a",
39     "#9467bd", "#8c6d31",
40     "#8c564b", "#843c39",
41     "#7f7f7f", "#7b4173",
42     "#637939", "#636363",
43     "#393b79", "#2ca02c",
44     "#1f77b4", "#17becf"
45   ]);
```

Figure 25 : Création de la variable 'color' dans le code JavaScript

- La taille du canevas de projection ou cadre est choisi par le programmeur. Au chargement de la page, tous les nœuds possèdent une seule et même coordonnée en centre du canevas. Ensuite, les liens jouent le rôle de ressorts et repoussent les nœuds en fonction de leur degré de connexion et de leur rapport aux nœuds les plus connectés. Le nœud le plus central – *au sens de la théorie des graphes c'est-à-dire le nœud connecté à tous les autres nœuds*, va être positionné au centre.

Au cours de la recherche, nous sommes partis d'un prototype logiciel de base capable d'afficher des liens et des nœuds de façon dynamique et simple. De nouvelles fonctions ont été progressivement ajoutées ou envisagées avec comme principe la simplicité et l'économie des informations littérales. Parmi ces fonctions, nous citons :

- Une fonction de zoom avant / zoom arrière avec la roulette de la souris. Cette fonction améliore la fouille du graphe et permet de profiter de l'affichage vectoriel des objets. Elle est implémentée dans les dernières versions du logiciel.
- L'affichage du nom des nœuds et de la valeur des liens en survolant l'objet. Il s'agit d'une information supplémentaire appréciable par sa légèreté liée à son instantanéité et son aspect éphémère.
- La distinction entre click et double click (selon la version du prototype) avec, si activation de la fonction, mise en avant tous les objets adjacents avec un niveau de contraste supérieur à tous les autres objets. Cette fonction améliore la connaissance des séjours. Les calculs d'adjacences nécessitent des identifiants d'objet au format numérique. Cette fonction n'est pas encore disponible.
- Ajout d'une échelle orthogonale arbitraire codée en chiffre pour un axe horizontale et codée en lettre pour un axe vertical afin de faciliter le partage et les commentaires entre différents utilisateurs. Les figures présentées dans ce rapport disposent de ces axes qui sont rajoutés à l'extraction des captures d'écran. La fonction native n'est pas encore implémentée.

Le choix de l'environnement graphique et son développement ont nécessité un investissement conséquent, avec le risque d'altérer l'objectif de notre recherche initiale sur le parcours des patients. Nous avons limité nos développements à un prototype fonctionnel, malgré la tentation, propre au processus de développement logiciel, d'aller toujours plus loin. Les éventuelles poursuites de développement dépendront de la valeur ajoutée apportée par cet environnement de visualisation graphique.

*
**

Ce chapitre III a d'abord été l'occasion d'acquérir les bases de connaissance préalables à l'utilisation du PMSI en tant que source de données massives. Nous avons également présenté des éléments théoriques de la science de réseaux et évoqué le processus et les avantages de visualiser des données à l'aide de graphes. Ce chapitre se termine par une description "matériel et méthode" préalable et indissociable à l'établissement de nos résultats qui seront présentés en chapitre IV.

- CHAPITRE 4 -

NOUVELLES APPROCHES GRAPHIQUES DES PARCOURS PATIENT

Ce chapitre IV est consacré à l'exposé de nos résultats. Notre objectif est la mise en évidence de parcours patient fréquents. Cette mise en évidence présente, selon nous, un potentiel important d'optimisation ne serait-ce par la connaissance supplémentaire qu'elle autoriserait.

Nous allons traiter nos deux sets de données de façon séquentielle, en travaillant d'abord sur le set 08C45j – méniscectomie sous arthroscopie en ambulatoire, puis sur le set 08C481 – prothèse de hanche de niveau 1 :

Dans un premier temps et pour chacun des sets, nous allons réaliser une typologie générale des patients à partir des données de contexte : nombre, répartitions, critères d'âge et de sexe. Nous allons ensuite étudier les trajets géographiques entre leur domicile et les destinations, de façon graphique puis calculée. Nous faisons appel à QGIS et à *Google Maps*. Des éléments relatifs aux départements d'origine sont aussi présentés.

Dans un deuxième temps, nous projetons, à l'aide de l'outil défini au chapitre III, des graphes NŒUDS-LIENS chargés à l'aide des sets de données 08C45J et 08C481 sur 2013 et 2014. Dans ce nouvel environnement, nous tentons de mettre en évidence des particularités à même d'améliorer notre connaissance des parcours.

Une troisième étape s'attache à réaliser des mesures objectives sur les graphes. Cette séquence, rendue nécessaire pour compléter la compréhension de nos graphes, réclame de changer d'environnement logiciel. Nous utilisons le module statistique de GEPHI. A ce stade, les sets de données 08C45J et 08C481 sont traités de manière comparative.

Le quatrième temps de ce chapitre est consacré à la discussion et au bilan relatif à nos résultats dans toutes leurs dimensions : à la fois les résultats liés à l'analyse des parcours, les résultats concernant l'outil de visualisation développé dans notre étude ; ainsi que le point d'arrivée de notre recherche en regard des objectifs initiaux qui attendent aussi une réponse managériale et d'aide à la décision.

4.1. APPROCHE ANALYTIQUE DU SEJOUR « MENISQUE »

i. Typologie générale du patient « ménisque »

A partir d'une requête SQL, nous collectons une première série d'informations, sur le critère principal 08C45J. Nous générons un premier set de patients, ayant tous enregistré un séjour 08C45J. Ce set nous permet de récupérer le numéro anonyme des patients concernés et d'étendre la sélection à tous les autres séjours enregistrés pas ces mêmes patients. Différents autres données sont également récoltées. Le synoptique suivant donne un aperçu structurel des requêtes exécutées hors conditions particulières :

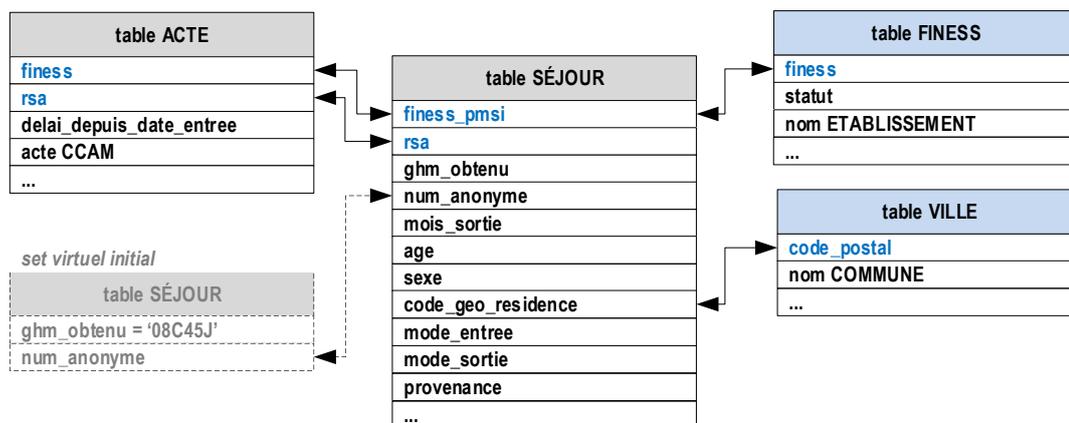


Figure 26 : Structure générale des requêtes exécutées

Le socle des patients concernés est extrait en les distinguant individuellement à partir de la première vue [*set virtuel initial*]. Leur nombre, selon la fréquence observée de 08C45J, est présenté dans le tableau suivant :

	2013	2014
Dénombrement des patients distincts ayant eu au moins 1 séjour 08C45J	4 412	4 663
Dénombrement du nombre de patients ayant eu 2 séjours de type 08C45J	55	65
<i>Doubles séjours 08C45J dans l'année</i>	1,2%	1,4%

Tableau 9 : Socle de patients en 08C45J en 2013 et 2014

En 2013 puis en 2014, sur la région ex-Midi-Pyrénées, un socle d'environ 4 500 patients a eu au moins un séjour 08C45J parmi un ou plusieurs autres séjours. D'une année à l'autre, pour les années observées, ce nombre est en augmentation. Parmi ces patients, le nombre de patients ayant eu un second séjour de type 08C45J dans une même année s'avère faible ; de 1.2 à 1.4%. Aucun patient n'enregistre un nombre de séjours 08C45J supérieur à 2.

A partir de ce socle de patients, nous comptons l'ensemble de leur séjours, d'abord de type 08C45J puis l'ensemble de tous les types de séjours. Ce dernier ensemble renvoie à 6 100 et 6 465 séjours pour les années 2013 et 2014 ; soit une augmentation sensible de 6%, en concordance avec l'évolution du nombre de patients :

	2013	2014
Dénombrement du nombre de séjours enregistrés de type 08C45J uniquement	4 467	4 728
Dénombrement du nombre de tous les séjours enregistrés par tous les patients ayant eu 08C45J	6 100	6 456
<i>Différence entre 08C45J et autres séjours</i>	1 633	1 728
<i>Part des séjours autres que 08C45J</i>	27%	27%

Tableau 10 : Ensemble des séjours enregistrés par les patients ayant eu au moins 08C45J

73% des séjours sont de type 08C45J ; le principal critère recherché.

27% des séjours sont de type différent soit respectivement 1 633 et 1 723 pour les années 2013 et 2014. Ces séjours, autres que 08C45J, nous intéresse particulièrement, notre objectif étant de repérer des motifs récurrents de séjours avant et après le 08C45J pour une population donnée.

Afin de contextualiser les données, une extraction portant sur l'âge des patients est réalisée. Les indicateurs de base sont présentés dans le tableau suivant :

	2013	2014
Moyenne d'âge	47,6	47,6
<i>Ecart-type âge</i>	14,7	14,9

Tableau 11 : Age moyen des patients en 08C45J

Entre les deux années d'observation, la moyenne d'âge est cohérente, centrée à 47.6 ans avec une dispersion (écart-type) de presque 15 ans dans les 2 cas. Les séjours concernent essentiellement une population qualifiée de sénior sur la tranche de la population active. Aux deux extrémités de la vie, les populations devraient être moins présentes. Nous approfondissons la connaissance de la population observée en lançant des requêtes SQL spécifiques dans l'objectif de construire une pyramide des âges selon différentes tranches couramment définies et en ajoutant le sexe comme paramètre supplémentaire. Les pyramides pour les années 2013 et 2014 sont présentées dans les figures suivantes :

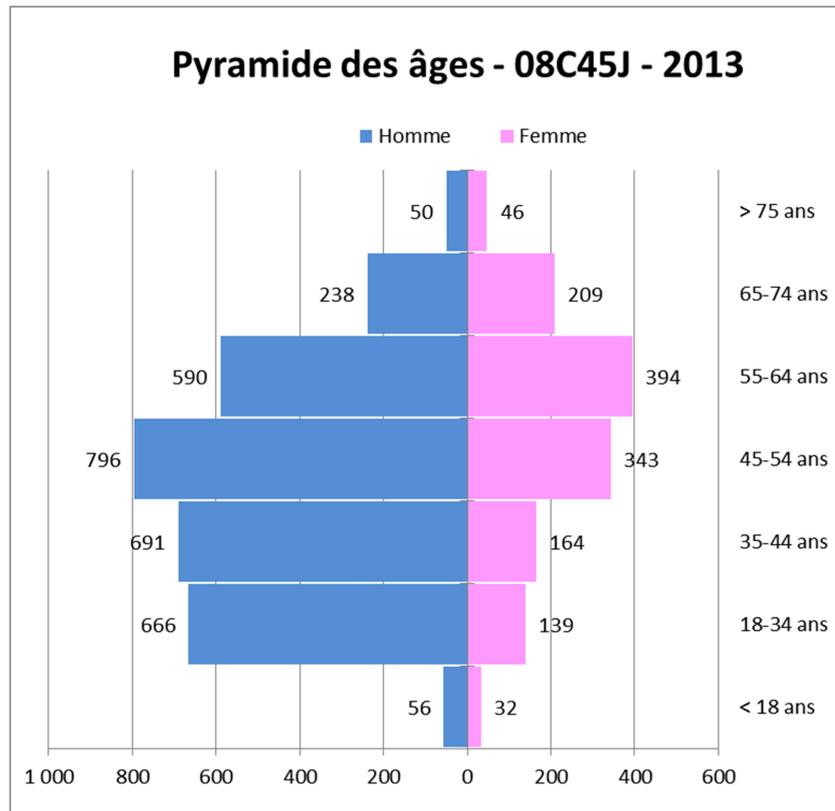


Figure 27 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C45J en 2013

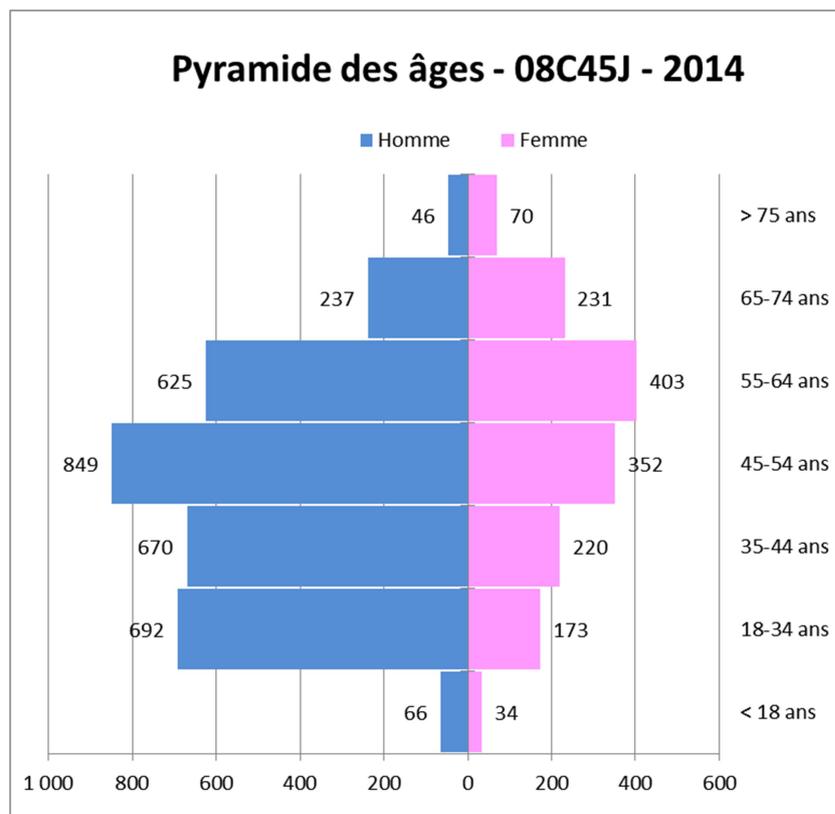


Figure 28 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C45J en 2014

Les deux figures précédentes démontrent une cohérence de la population entre les deux années observées. Les hommes représentent une grande majorité (70%) de la population étudiée. A compter de la majorité jusqu'à la tranche 65-74 ans, ce rapport homme-femme se rééquilibre progressivement. On note un décalage d'une dizaine d'années de leur valeur apicale respective. Dans les âges les plus jeunes, l'idée d'une pathologie liée à un mode de vie masculin – *une activité physique spécifiquement délétère*, s'envisage. Avec les âges plus avancés, une pathologie du vieillissement explique un rééquilibrage homme-femme voire une inversion du rapport soulignant éventuellement l'espérance de vie supérieure des femmes.

Concernant les modes d'entrée et de sortie, la quasi-totalité des mouvements se font du domicile et vers le domicile :

Mode d'entrée	2013	2014
6 – Par mutation depuis une unité de soins	2	1
7 – Par transfert depuis une unité de soins	1	-
8 – Du domicile	6 097	6 455
Mode de sortie	2013	2014
6 – Par mutation vers une unité de soins	4	1
7 – Par transfert vers une unité de soins	-	4
8 – Du domicile	6 096	6 451

Tableau 12 : Mode d'entrée et de sortie des patients 08C45J

Rappelons que nous avons fait le choix d'aborder les parcours de soins à partir des GHM ; ce qui limite la variabilité des modes d'entrée et de sortie. Une approche à partir de l'acte marqueur de la ménissectomie aurait produit une variabilité supérieure puisque des patients sont susceptibles de subir cet acte dans le cadre d'un séjour global déterminé par un autre acte prépondérant.

Ces indicateurs accentuent le caractère ambulatoire du séjour, l'excellente autonomie des patients cibles et la rareté des comorbidités dont la prise en charge, marquées par des actes spécifiques, aurait altéré le codage et conduit éventuellement à un autre GHM. On note également que le code 9 en sortie, traduisant la sortie du parcours par décès, est absent.

Un filtrage sur les 2 premiers digits des codes géographiques des domiciles des patients permet d'aborder leur provenance départementale dans la cohorte de patients ayant eu au moins 1 séjour 08C45J. Les résultats sont présentés ci-dessous :

Provenance des patients (départements)	2013		2014	
31 – Haute-Garonne	1 661	38%	1 852	40%
81 – Tarn	634	14%	669	14%
82 – Tarn-et-Garonne	462	10%	409	9%
65 – Hautes-Pyrénées	368	8%	374	8%
12 – Aveyron	332	8%	372	8%
32 - Gers	286	6%	300	6%
46 - Lot	222	5%	237	5%
09 - Ariège	184	4%	194	4%
Reste (autres départements)	263	6%	256	5%
TOTAL	4 412		4 663	

Tableau 13 : Provenance des patients par département

Les patients proviennent à 95% des départements de l'ancienne région Midi-Pyrénées ; et presque les 2/3 des départements de la Haute-Garonne, du Tarn et du Tarn-et-Garonne.

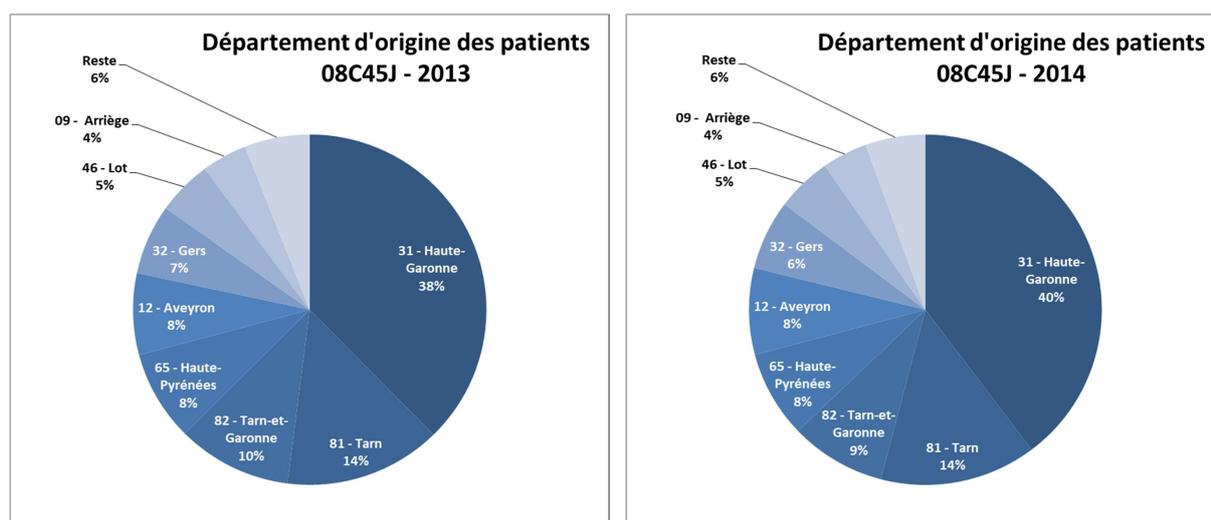


Figure 29 : Département d'origine des patients avec 08C45J

6% des patients proviennent de départements hors région. Il s'agit à 90% de patients appartenant aux régions limitrophes (ex Aquitaine, Languedoc Roussillon, Limousin et Auvergne) et principalement aux départements limitrophes de la région ex Midi-Pyrénées ; le reliquat des patients venant d'une quinzaine de départements plus lointains et ne représentant qu'une ou deux occurrences.

Nous réalisons une première projection géographique à partir des bibliothèques D3, LEAFLET et d'un fond de plan OpenStreetMap. Elle permet d'illustrer la provenance géographique des patients. Cette projection nécessite :

- De télécharger la librairie LEAFLET en open source constituée des deux fichiers leaflet.css et leaflet.js ; téléchargeable sur <https://leafletjs.com/> ;

- De disposer d'un serveur web ;
- De développer une page .html avec code JavaScript⁷⁰ intégré comme illustré dans la figure suivante pour des objets simples (cercles) :

```
14 <!-- Début du script !-->
15 <script type="text/javascript">
16 // Récupération de la carte et centrage - ici sur Castres mais dézoomé
17 var map = L.map('map').setView([43.56547, 2.26214], 8);
18 mapLink = '<a href="http://openstreetmap.org">OpenStreetMap</a>';
19 L.tileLayer('http://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
20     attribution: '&copy; ' + mapLink + ' Contributors',
21     maxZoom: 18,
22 }).addTo(map);
23 map._initPathRoot()
24 //Appel à d3 pour créer l'objet SVG
25 var svg = d3.select("svg"),
26     g = svg.append("g");
27 // Récupération des données dans un fichier .json et création / chargement
28 // du set de données - dans un tableau unidimensionnel
29 d3.json("circles.json", function(collection) {
30     collection.objects.forEach(function(d) {
31         d.LatLng = new L.LatLng(d.circle.coordinates[0],
32             d.circle.coordinates[1])
33     })
34 //Création des objets "cercle" et attributs divers pour chaque donnée ci-dessus
35 var feature = g.selectAll("circle")
36     .data(collection.objects)
37     .enter().append("circle")
38     .style("stroke", "blue")
39     .style("opacity", .5)
40     .style("fill", "blue")
41     .attr("r", 8);
42
43 map.on("viewreset", update);
44 update();
```

Figure 30 : Code JavaScript pour projection géographique sous d3 et LEAFLET

- De disposer d'un fichier des coordonnées géographiques en projection GPS WGS84 courante des lieux à identifier sur la carte. Dans notre cas – *sans utilisation d'une fonction de conversion particulière dans le code JavaScript*, les données sont présentées dans un fichier texte et enregistrées dans un fichier avec extension .json :

```
{"objects":
[{"circle":{"coordinates":[43.5991174531, 1.43651997678]}},
{"circle":{"coordinates":[44.5260354187, 2.76298660021]}},
{"circle":{"coordinates":[43.626332308, 0.876764759763]}},
{"circle":{"coordinates":[43.728496017, 0.874938197966]}},
{"circle":{"coordinates":[43.8555425377, 0.659491531706]}}
```

⁷⁰ Visual Studio Code est utilisé comme environnement de développement.

Nous avons dû introduire dans notre base une table complémentaire de données permettant la liaison entre code postal et coordonnées GPS WGS84. Des coordonnées géographiques existent dans les bases PSMI. Elles s'appuient sur une projection LAMBERT 93 spécifique à la France et difficilement exploitable, nous semble-t-il, sur les fonds de plan couramment disponibles (*Google Maps* et *Openstreet map*).

Il a été possible de projeter 437 communes sur les 515 initiales ou au moins un patient résident à eu 08C45J en 2013 ; les codes géographiques de résidence ne renvoyant pas tous à des codes postaux définis. Pour ces projections un travail important de mise en forme des données s'avère nécessaire afin de gérer la cohérence des types de données entre les bases et les tables de données sollicitées ; les codes postaux étant typés sous forme numérique ou parfois sous forme de texte.

Chaque point bleu sur la carte représente une commune ou au moins un patient résident à eu 08C45J en 2013.

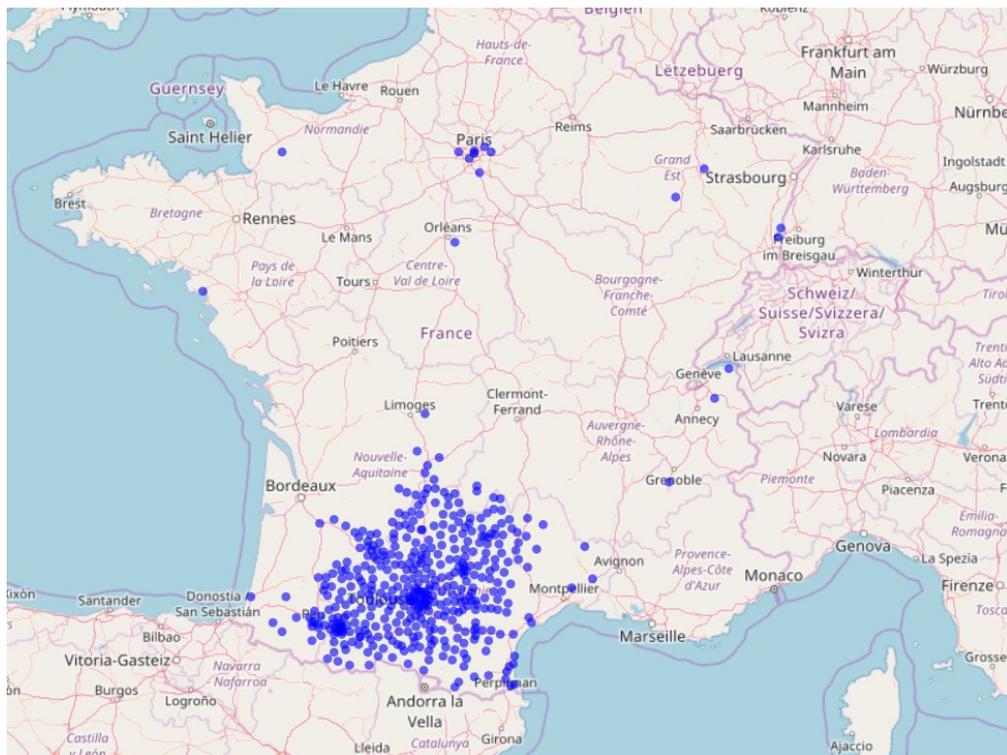


Figure 31 : Origine géographique des patients ayant eu 08C45J en 2013

La figure précédente illustre le resserrement de l'origine des patients à leur région d'origine, avec des débordements aux régions voisines.

Nous pouvons projeter de la même manière les établissements de la région sur le même fond de plan et effectuer un zoom sur la région :

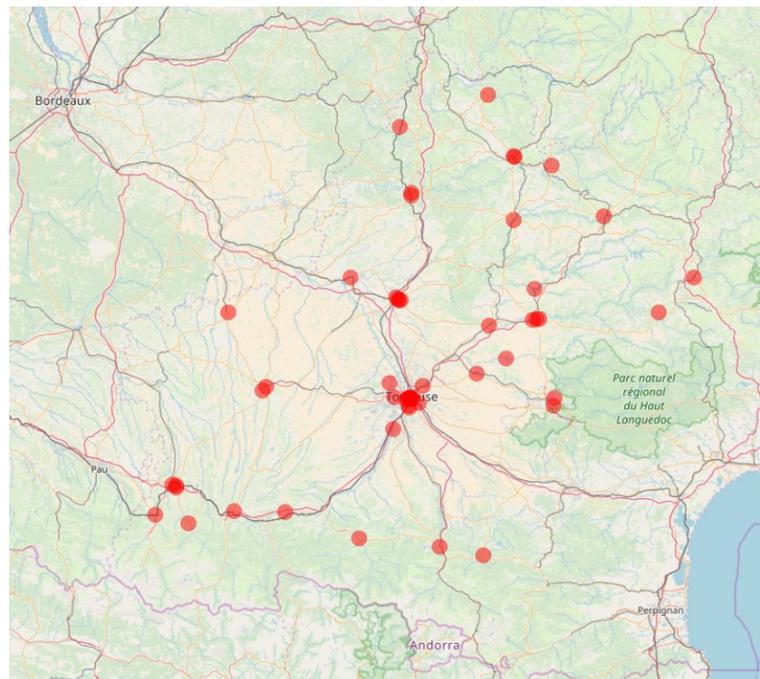


Figure 32 : Projection des établissements de santé de Midi-Pyrénées

L'environnement permet, entre autre, de zoomer sur les objets, avec une précision qui dépend de celle donnée par les données GPS WGS84 récupérées ; en l'occurrence notre base exprime une précision à 10 chiffres après la virgule. Dans notre cas, cette précision est inutile et abusive ; puisqu'une précision à 5 chiffres après la virgule (soit au mètre près) dépasse la précision des fonds de carte.

Concernant l'exactitude⁷¹ du positionnement c'est-à-dire leur proximité à l'objet réel; elle semble bonne dans la plupart des cas ; exemple du CHIC Castres Mazamet :



Figure 33 : Illustration de l'exactitude de projection relative aux objets réels

L'environnement utilisé (bibliothèque D3, LEAFLET et code JavaScript) fait appel à des technologies web qui garantissent, une fois le code logiciel rédigé, une présentation systématique et une utilisation rapide sans outil spécifique par un utilisateur non spécialiste. A

⁷¹ang. : accuracy

partir des deux projections précédentes, la question se pose d'une projection permettant de visualiser les codes de résidence des patients – *en tant que "source"* et les établissements de santé où se réalisent les séjours – *en tant que "destination"*⁷² ; avec la création de liens entre les deux comme l'illustre la figure suivante :

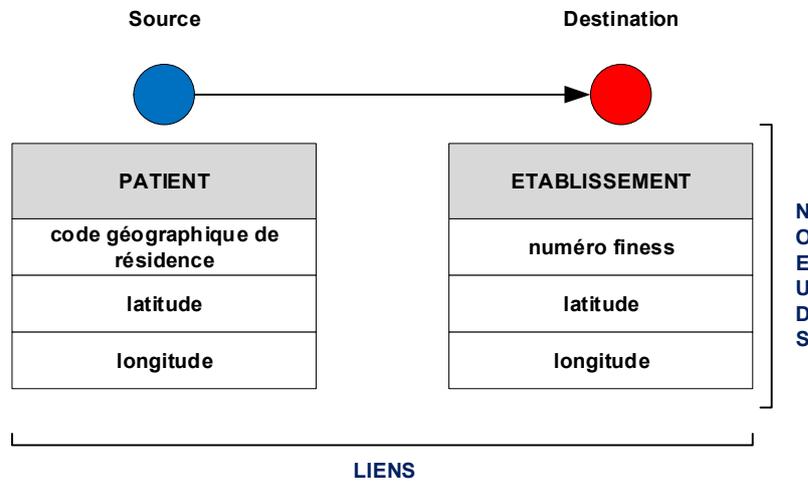


Figure 34 : Schéma Source-Target / patients-établissement

Quel que soit l'environnement de projection utilisé, le principe schématisé précédemment reste le même, avec la nécessité d'identifier les nœuds d'une part ; et d'autre part de créer des liens entre ces nœuds. L'objectif est d'obtenir l'équivalent de deux fichiers distincts ; un fichier des NŒUDS et un fichier des LIENS avec, pour notre illustration, les caractéristiques suivantes :

LIENS	NŒUDS
Source : <i>code géographique de résidence</i>	Identifiant : <i>code géographique de résidence et finess</i>
Destination : <i>numéro finess</i>	Coordonnée x : <i>latitude</i>
Poids : nombre de source-destination identiques	Coordonnée y : <i>longitude</i>
	<i>Option d'un attribut complémentaire type « nom »</i>

Figure 35 : Fichiers nœuds et liens pour les projections patients-établissements

Le maintien des projections sous environnement d3/LEAFLET nécessite d'enrichir le code JavaScript utilisé jusqu'alors avec les paramètres suivants :

- Création d'un objet LIGNE⁷³ supplémentaire pour représenter les liens et qui fera la jonction entre les objets représentant les nœuds (précédemment les cercles) ;
- Déclaration de nouvelles variables et définition de leurs propriétés ;

⁷² ang. : target

⁷³ Objet 'line' en JavaScript

- Ecriture ou appel à des fonctions supplémentaires, essentiellement pour exploiter les données dans les fichiers de données : attribut de nom pour le fichier des NŒUDS, extraction des données source, destination et poids pour les LIENS.

Malgré les qualités de l'environnement d3/LEAFLET – *et en comparaison d'autres environnements*, nous ne réalisons pas ce développement dans la mesure où il s'écarte de l'objectif initial de la recherche d'une part ; et que d'autre part, la durée de développement reste incertaine.

Dans ces conditions, nous choisissons de poursuivre temporairement sur l'environnement QGIS. Le principe du jeu de données NŒUDS-LIENS reste strictement le même ; il est créé à l'aide de requêtes directes SQL sur la base de données PMSI dont les structures sont rappelés dans les figures suivantes :

- Création des liens :

table SÉJOUR
<code>finess_pmsi as TARGET</code>
<code>code_geo_residence as SOURCE</code>
<code>count(num_anonyme) as FLUX</code>
<code>ghm_obtenu = '08C45J'</code>
<code>mode_entree = '8'</code>
<code>provenance <> '5' OR is null</code>

Figure 36 : Structure de requête pour constituer le fichier des LIENS

- Création des nœuds en deux requêtes distincts pour récupérer les nœuds PATIENTS et les nœuds ETABLISSEMENTS :

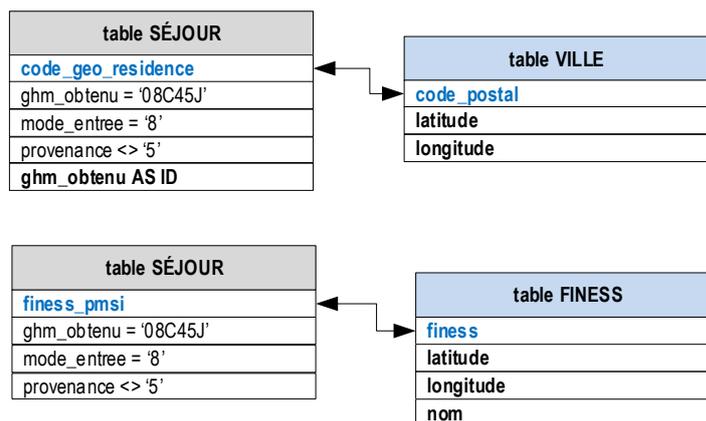


Figure 37 : Structures des requêtes pour constituer le fichier des NOEUDS

Des ajustements sont réalisés sur tableur EXCEL pour fusionner les nœuds "patients" et les nœuds "établissements de santé".

Sous QGIS, après avoir téléchargé deux couches géographiques standard (*Google Physical* et les limites départementales), nous ajoutons les couches nœuds et liens. Nous utilisons

ensuite une extension permettant une analyse en oursins. Une étape intermédiaire de gestion des type de données [texte / numérique] s'avère incontournable ; suivie d'une étape de mise en forme des objets. L'ensemble produit le graphe des flux suivant :

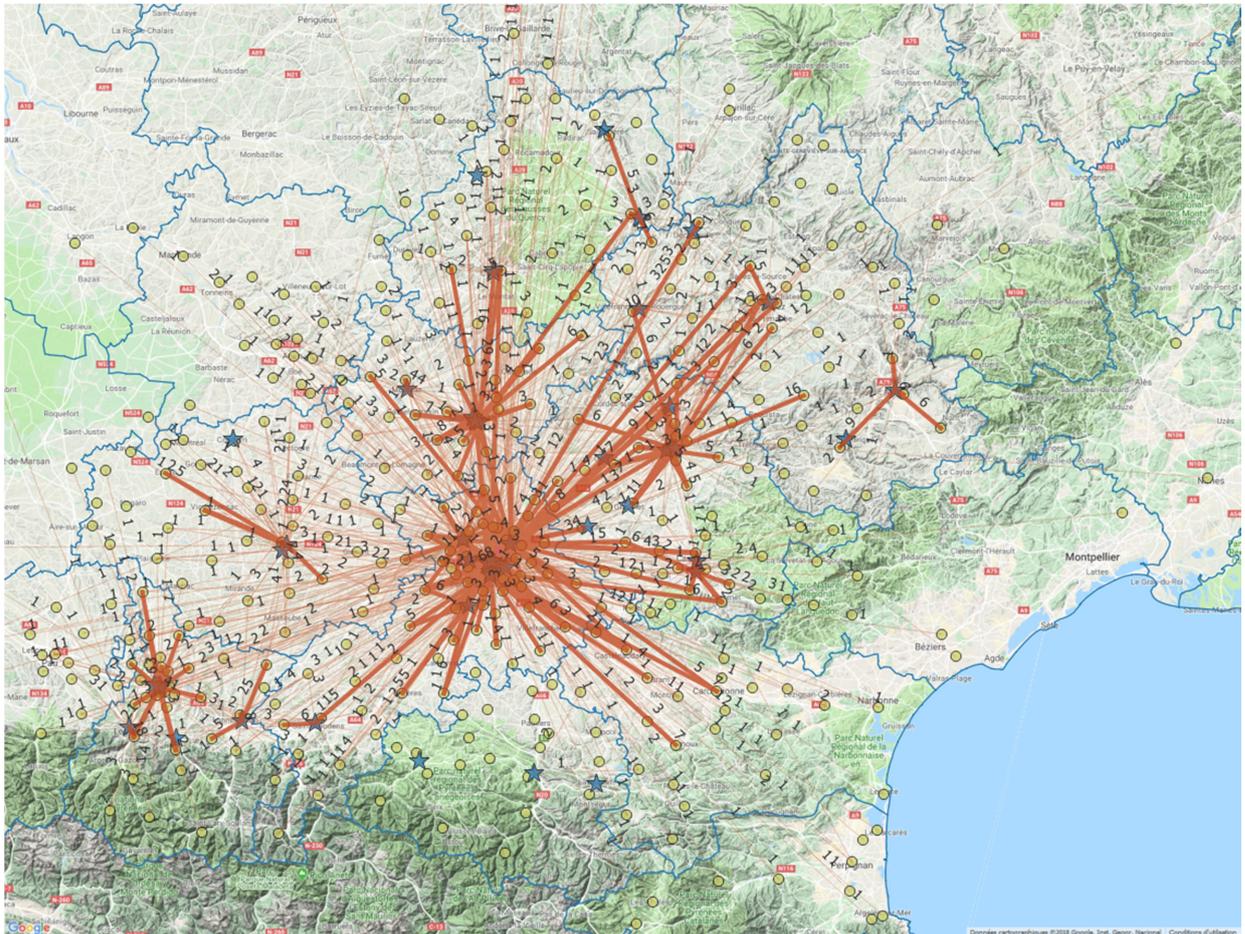


Figure 38 : Flux des patients 08C45J entre résidence et établissements de santé en 2013

Nous constatons la centralité que l'agglomération toulousaine représente sur l'activité, avec des flux marqués en provenance du Tarn nord et sud, du Tarn-et-Garonne et de l'Aveyron. Les Hautes-Pyrénées et le Gers restent moins sensibles, visuellement, avec une activité qui semble mieux captée sur le plan local. Des études complémentaires sur les temps de trajet pourraient apporter un niveau de lecture additionnel.

Le nombre de patients compté sur chaque lien apparait sur le graphe mais reste, de manière globale, difficilement utilisable. Par défaut, QGIS supprime un certain nombre d'attributs lorsque les conflits d'affichage sont trop nombreux. C'est le cas pour le graphe précédent où le nom des établissements est caché. L'utilisateur peut forcer l'affichage ; mais en l'occurrence, le graphe devient inexploitable.

Un zoom sur le département du Tarn permet la vue suivante :

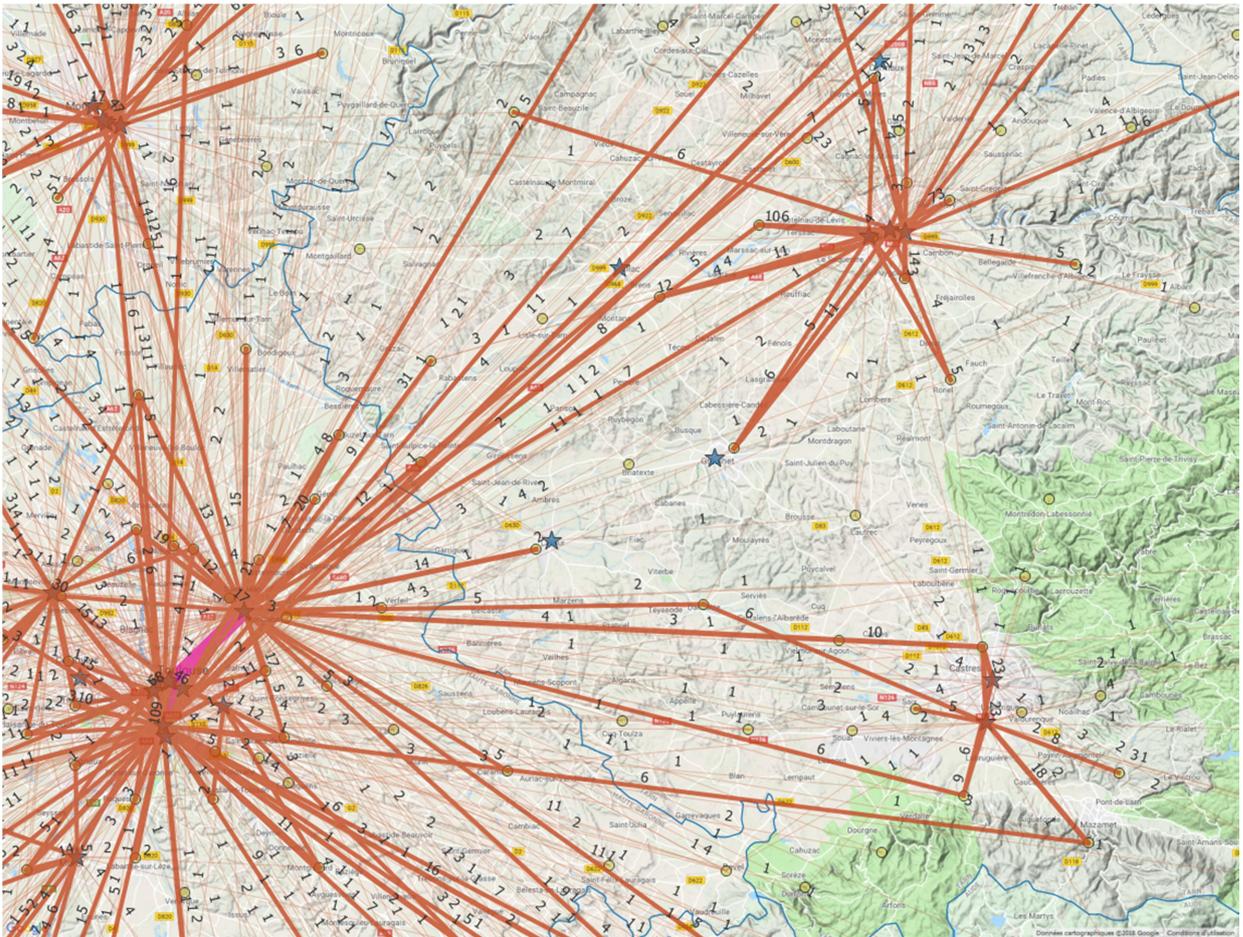


Figure 39 : Zoom sur les flux du Tarn en matière de séjour 08C45J

Les échanges entre Tarn sud (agglomération d'ALBI) et Tarn nord (agglomération de CASTRES) s'avèrent faibles, avec une impression qu'ALBI dispose d'une attractivité plus étendue et plus dense sur la zone supposée d'influence.

Un zoom sur la zone toulousaine est ensuite associé à un filtrage sur les flux, avec suppression des flux les plus faibles :

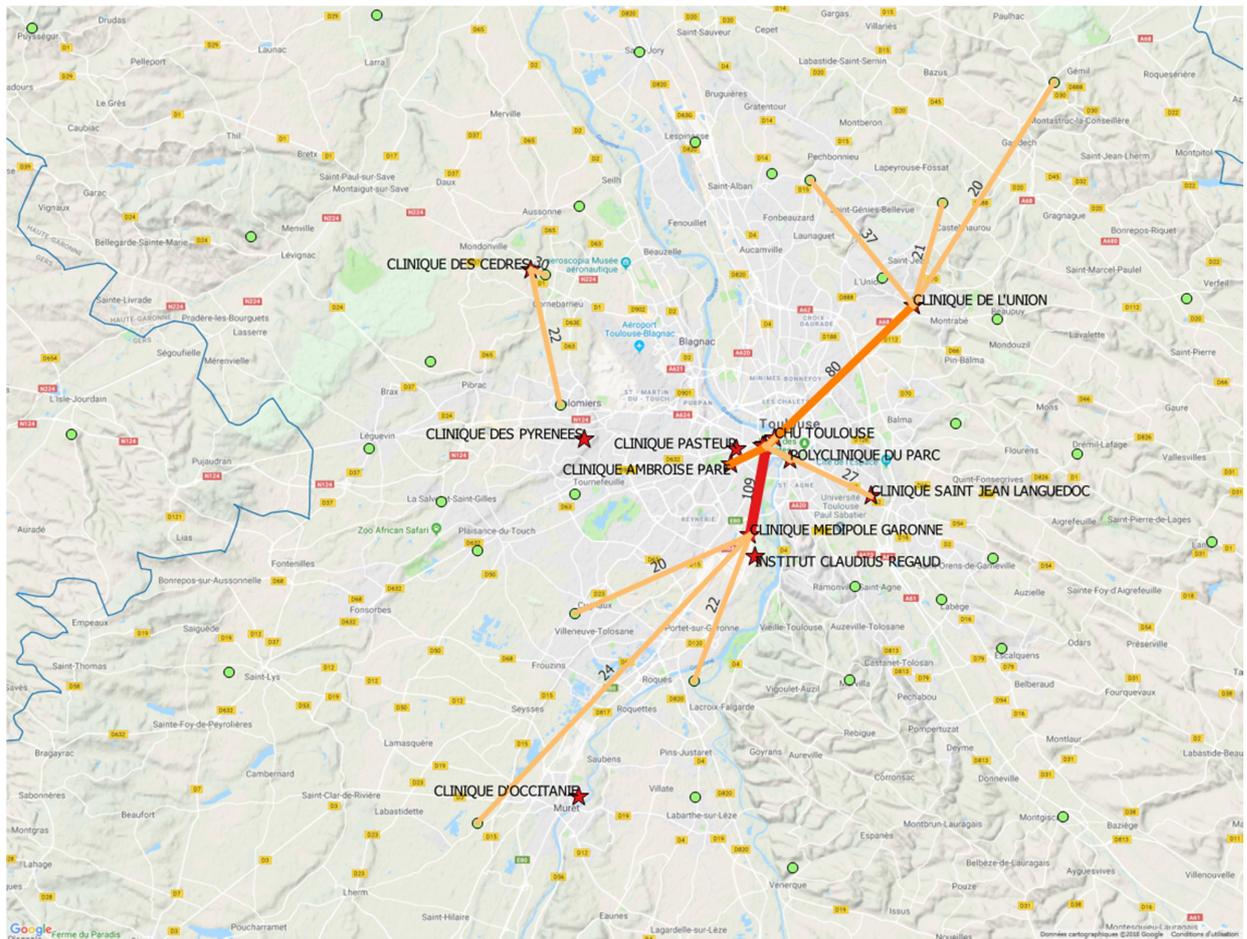


Figure 40 : Vue toulousaine avec filtrage sur les flux denses en 08C45J - 2013

La vue précédente illustre l'emprise des cliniques toulousaines sur l'activité en 08C45 et leur capacité à capter des flux en provenance de certaines communes. Un rapport à la densité de population croisée au contexte de l'âge apporterait une lecture complémentaire.

Sans rentrer dans ce niveau de détails, nous rapprochons, au niveau départemental, le nombre de patients ayant eu un séjour en 08C45J et la population totale du département d'origine :

	Population 2013 (INSEE)	2013	2014
31 - Haute-Garonne	1 318 000	1/ 793	1/ 712
81 - Tarn	381 927	1/ 602	1/ 571
82 - Tarn-et-Garonne	250 342	1/ 542	1/ 612
65 - Hautes-Pyrénées	228 868	1/ 622	1/ 612
12 - Aveyron	277 740	1/ 837	1/ 747
32 - Gers	190 276	1/ 665	1/ 634
46 - Lot	173 758	1/ 783	1/ 733
09 - Ariège	152 574	1/ 829	1/ 786
<i>moyenne</i>		1/692	1/668

Tableau 14 : Séjours 08C45J pour 1 000 habitants et par département d'origine

1 personne sur 680 en moyenne connaît un séjour de 08C45J sur la population étudiée. Des différences départementales sont observées dans le Tarn, le Tarn-et-Garonne et les Hautes-Pyrénées. Ces éléments s'accordent relativement bien avec les graphes de flux géographiques précédemment étudiés.

En disposant des coordonnées GPS des codes géographiques des patients et, en regard, celles des établissements de santé, il est possible de calculer la distance orthodromique sur un tableau type EXCEL. Ce calcul dit "à vol d'oiseau" est réalisable à l'aide d'une formule trigonométrique. Afin d'améliorer le réalisme des mesures des trajets, nous préférons récupérer directement les distances et temps de trajet routiers proposés par *Google Maps*. La technique consiste à encapsuler les coordonnées GPS de la source et de la destination dans une adresse URL de *Google Maps* et récupérer la réponse renvoyée par le site. Google limite ces flux à 2 500 requêtes par 24h et à 50 requêtes par seconde ; afin de réduire les abus d'usage en géomarketing. Nous nous appuyons sur un classeur EXCEL disponible en *OpenSource*⁷⁴.

Nous formons un fichier dont les données devront être les suivantes :

CALCUL distances et temps GOOGLE
Coordonnée x : <i>latitude de la résidence du patient</i>
Coordonnée y : <i>longitude de la résidence du patient</i>
Coordonnée x : <i>latitude de l'établissement</i>
Coordonnée y : <i>longitude de l'établissement</i>

Figure 41 : Données nécessaires au calcul distance-temps / patient-établissement

La requête SQL articule les tables et données type suivantes :

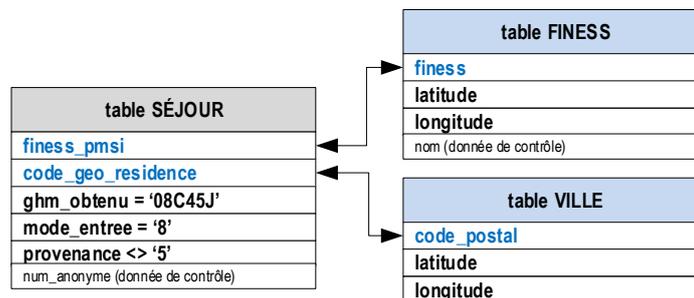


Figure 42 : Requête pour extraction distance-temps / patients-établissement

La donnée 'num_anonyme' nous permet de contrôler que nous retrouvons bien nos 4 412 patients initiaux en 2013. Cette donnée est ensuite écartée de la requête en cours.

⁷⁴ <https://excelinsmartdata.fr/2016/07/23/geomarketing-avec-google-maps-excel/> et macros VisualBasic ouverte

1 417 trajets différents sont extraits mais seulement 1 238 trajets sont réputés exploitables, c'est-à-dire disposant de coordonnées GPS valides et complètes au niveau de la source et de la destination. Nous avons considéré cette perte de 13% comme acceptable et ne nécessitant pas de rattrapage compte tenu des objectifs concentrés sur l'expression d'indicateurs simples de centrage et de dispersion. Nous écartons vingt-deux couples de valeur distance-temps s'étalant sur la plage [185 min./ 302 km] à [591 min. / 1034 km] les considérant comme exceptionnelles. Dans ces conditions les indicateurs distance-temps pour les patients à destination des établissements pour la réalisation d'un séjour 08C45J sont les suivants :

	Durée (min)	Distance (km)
Moyenne	50,0 min.	63,0 km
<i>Ecart-type</i>	34,3	55,5
Médiane	40,0	42,3
Min.	1,5 min.	0,3 km
Max.	176,4 min.	290,9 km

Tableau 15 : Distances-temps / patients-établissement pour 08C45J

Compte tenu de la dispersion observée sur ces premiers indicateurs, une interprétation du trajet moyen s'avère peu signifiant. Nous procédons à un calcul supplémentaire de dispersion via un calcul de médiane et des intervalles par décile qui permet de former le graphe suivant que nous choisissons de projeter en double ordonnée :

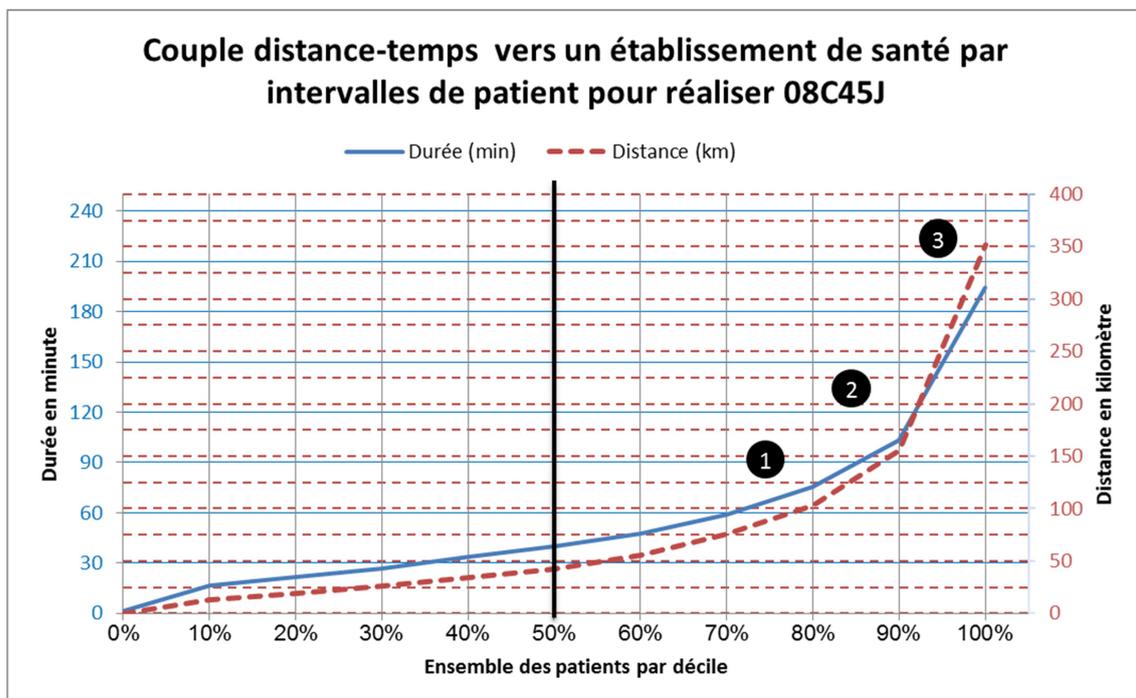


Figure 43 : Graphe par décile des durées et distances GOOGLE pour les patients 08C45J

Dans le graphe précédent, nous retrouvons la courbe de durée dont l'échelle verticale se situe à gauche et la courbe de distance dont l'échelle se situe à droite. Sauf à leurs extrémités,

ses courbes progressent dans une sorte de parallèle. En valeurs absolues, le nombre de minutes est toujours supérieur au nombre de kilomètres ; ce qui nous expérimentons tous le plus souvent en tant que conducteur, sauf une fois lancés sur de grands axes routiers ou pour des trajets très courts.

Nous pouvons lire le graphe précédent de la manière suivante : Quand on habite à 25 km [abscisse 30%], la durée du trajet est presque de 30 min. parce que 30% des patients habitent à 25 km et 30 min. effectivement. Il s'agit d'indicateurs globaux et qui ne reflètent pas, bien entendu, le cas particulier.

Les médianes s'établissent à 40 min. et 42.4 km, respectivement pour la durée du trajet et la distance⁷⁵. Les points suivants méritent d'être soulignés :

- 20% des patients sont à moins de 20 minutes et 20 km ;
- 60% des patients sont à moins de 50 km et 45 min. du centre de prise en charge ;
- Au-delà de la première tranche [0%-60%], les pentes des droites sur les deux variables s'accroissent traduisant un effort supérieur pour les patients pour atteindre l'établissement :
 - Une première fois [voir sur le graphe le ❶] pour la tranche [70%-80%] située entre 1h à 1h20 et 75 à 105 km ;
 - Une deuxième fois [voir sur le graphe le ❷] pour la tranche [80%-90%] située entre 1h20 à 1h45 et 105 à 155 km ;
 - Une dernière fois [voir sur le graphe le ❸] pour la tranche résiduelle de patients.

Compte tenu de ces indicateurs, nous déduisons que le patient 08C45J ne vit pas complètement à proximité de l'établissement de prise en charge. Le patient fait l'effort d'un déplacement. L'attractivité toulousaine pèse certainement sur ces indicateurs tout comme le contexte des âges, étudié précédemment, qui identifiait une tranche de population active, légèrement sénior sur cette même tranche, autonome et susceptible de se déplacer pour des soins spécifiques.

⁷⁵ Calculées par *Google Map*.

Le nombre d'établissements ayant réalisé l'ensemble des séjours est de 35 en 2013 et 36 en 2014. La part d'activité prise par les établissements privés est très nettement supérieure à celle des établissements publics :

		2013	2014	2013	2014
Etab. Privé	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés de type 08C45J uniquement	3 564	3 659	80%	77%
Etab. Public	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés de type 08C45J uniquement	903	1 069	20%	23%
<i>somme</i>		4 467	4 728		
<hr/>					
Etab. Privé	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés par tous les patients ayant eu 08C45J et d'autres	4 796	4 879	79%	76%
Etab. Public	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés par tous les patients ayant eu 08C45J et d'autres	1 304	1 577	21%	24%
<i>somme</i>		6 100	6 456		

Tableau 16 : Part des séjours par type d'établissement (privé et public)

On est en présence d'une activité où le secteur privé réalise près de 80% des séjours, avec un fléchissement de 2013 à 2014 et une tendance à 75% lorsqu'on considère tous les types de séjours : 08C45J et tous les séjours liés.

ii. Recherche d'homologie des séquences de co-séjours

A partir des fichiers NŒUDS et LIENS tels que définis précédemment et du programme JavaScript [voir [Annexe 9](#)], nous obtenons les graphes suivants auxquels nous avons ajouté des repères orthogonaux arbitraires [lettre-chiffre] pour faciliter les commentaires et le repérage :

- Base PMSI 2013 – critère 08C45J – affichage initial :

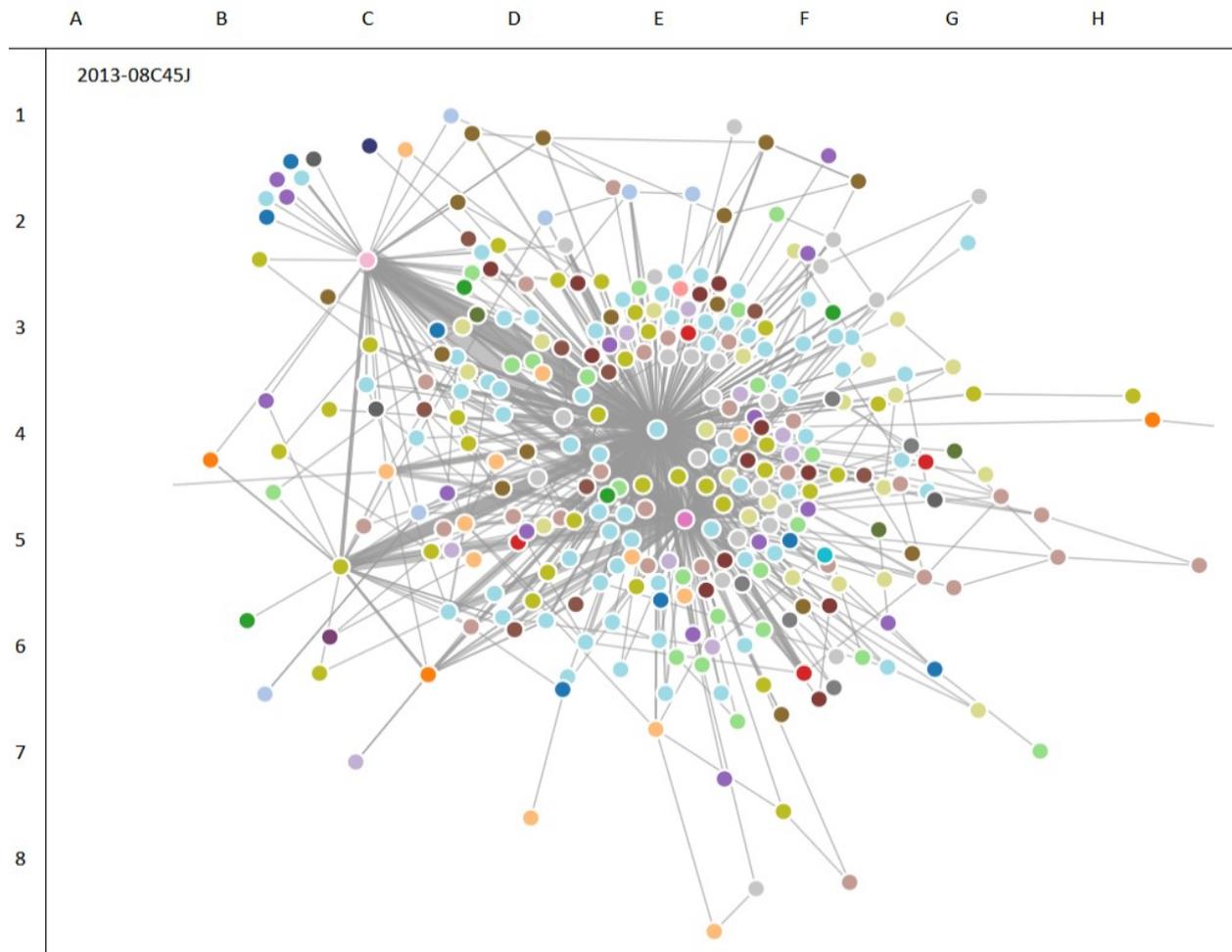


Figure 44 : Projection initiale des séjours des patients ayant eu un 08C45J en 2013

La figure précédente représente tous les parcours de séjours de patients ayant eu au moins un séjour 08C45J dans l'année 2013. Chaque cercle représente un séjour. Le graphe affiche le titre de chaque nœud lorsqu'on le survole. En cliquant⁷⁶ sur le nœud, un lien URL renvoie au site www.aideaucodage.fr avec l'association du nom du séjour. Un nouvel onglet s'ouvre où s'affiche l'intitulé complet du séjour, les tarifs du public et du privé ainsi que les Diagnostics Principaux et les actes associés le plus souvent au séjour.

- Le séjour principal 08C45J est au centre et logiquement hyper connecté en [E ;4] ;
• L'ensemble des séjours d'orthopédie, en CMD, est associé à cette même couleur. On constate immédiatement la prépondérance de ces séjours en '08' - CMD 08 : *Affections et traumatismes de l'appareil musculo-squelettique et du tissu conjonctif*, autour du séjour 08C45J ;
- La sortie est représentée en [E ;5] ;
• Nœud le plus connecté et légèrement décentré par l'influence des nœuds intermédiaires situés entre 08C45J et la sortie effective.

⁷⁶ Ou en double-cliquant selon la version du prototype logiciel, le click étant réservé dans les versions avancées à sélectionner graphiquement toutes les adjacences (liens et nœuds liés).

- On remarque également :
 - Un nœud fortement connecté et excentré en [C ;5,5] : ●⁷⁷. Il s'agit de 06K04J 'endoscopie digestive diagnostique et anesthésie, en ambulatoire'. Il possède des liens épais entre 08C45J et la sortie. Et de manière générale, le type de séjour en '06' - *affections du tube digestif*, semble assez présent dans le graphe. A ce titre, il mérite, une investigation plus approfondie. L'hypothèse d'une corrélation entre 08C45J et séjour de groupe '06' est à vérifier en tenant compte des contextes (âge, sexe, privé-public). Car soit ces séjours fréquents sont normaux dans une population donnée, soit ils sont fréquents par un facteur contextuel, soit enfin ils sont fréquents en raison du parcours 08C45J spécifiquement : Le fait d'entrer dans la logique d'un parcours de soins entraîne, par exemple, d'autres engagements.
 - Un nœud fortement connecté et excentré en [C ; 2 ½] : ●. Il s'agit de 90Z00Z qui signe des séjours inclassables ou des erreurs. Ce classement représente l'occurrence la plus fréquente après 08C45J dans l'ensemble du set des séjours. Cette surreprésentation de ces séjours étonne compte tenu de la rigueur de codage PMSI d'une part et de l'éventail très large des possibilités de groupage d'autre part. La recherche d'un facteur contextuel influent pourrait être envisagée.
- Deux nœuds ressortent en sus :
 - Quatre nœuds ● qui renvoient à des actes du groupe '02' - *Affections de l'œil*, et dont on vérifiera effectivement en fouillant le graphe à l'aide de ses propriétés dynamiques leur fréquence et leur incidence. A l'instar des séjours ● en '06', l'association à un contexte doit être recherchée.
 - Les nœuds de couleurs ● ; en vue plus par leur couleur, nous semble-t-il, que par leur fréquence de connexion à d'autres séjours. Il s'agit du groupe '28' – *séances* (chimiothérapie, hémodialyse, radiothérapie). De tels parcours de soins provoquent une multiplication des séjours pour les patients qui les suivent. Un parcours de radiothérapie entraîne fréquemment 30 à 50 séances consécutives. Cette multiplication ne ressort pas car il s'agit de patients peu nombreux et les séances, toujours les mêmes les unes après les autres, ne sont liées qu'entre elles. Ces nœuds sont également excentrés car non directement liés à 08C45J et sous influence d'autres séjours. L'extrait de graphe suivant, issu de 08C45J de 2014, met en évidence l'aspect excentré de ces séjours ● :

⁷⁷ [à ne pas confondre avec ●, groupe '01' - *affection du système nerveux*]

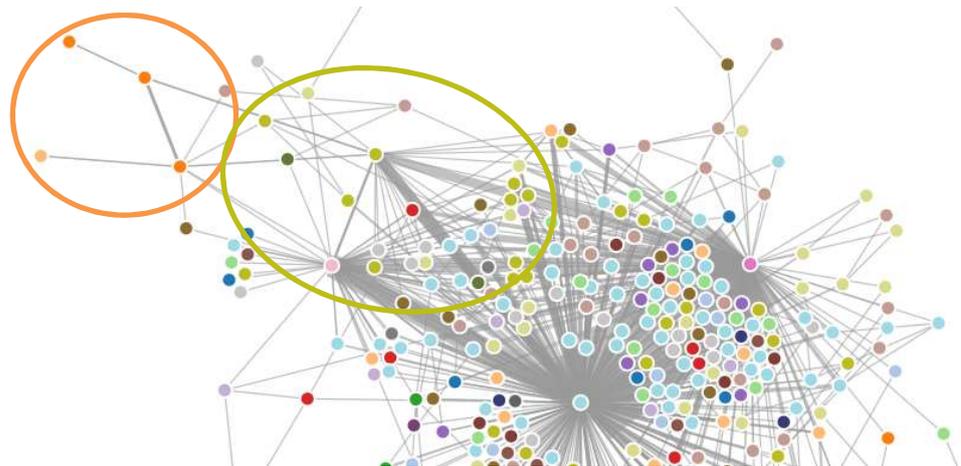


Figure 45 : Mise en évidence de séjours excentrés type '28', séances - 2014

Le comportement de projection de ces séjours est intéressant ; il nous permet d'améliorer notre compréhension de la projection. Dans l'extrait précédent, des séjours ● de type chimiothérapie aboutissent à des séjours ● en groupe 06' - *affections du tube digestif*, avant de se connecter à 08C45J. La question de l'influence des chimiothérapies sur le ménisque se pose ; soit par lésion directe liée aux produits soit plus vraisemblablement par affaiblissement musculaire général créant ainsi les conditions propices à divers défaillances.

Le graphe est dynamique. L'utilisateur peut tirer le graphe par les nœuds ; les liens se comportent tels des élastiques. Cette fonction, associée à une fonction de zoom/ déplacement développé pour les derniers prototypes, permet de fouiller dans le graphe à la recherche de liens ou de nœuds particulier :

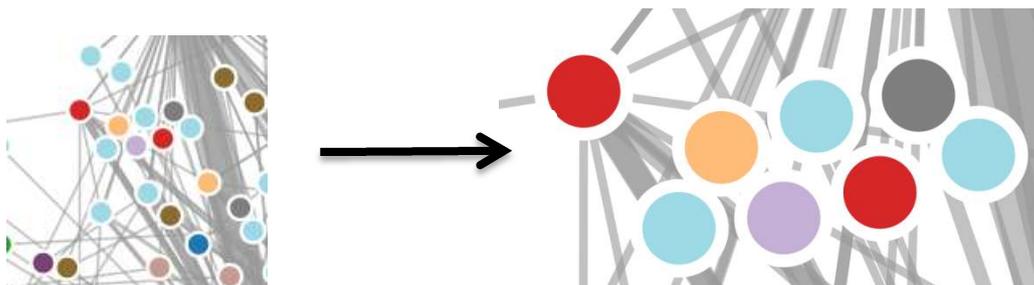


Figure 46 : Illustration de la fonction zoom

Nous utilisons ces possibilités pour extraire la figure suivante en tirant le lien sortie ● vers la position [H ;6] :

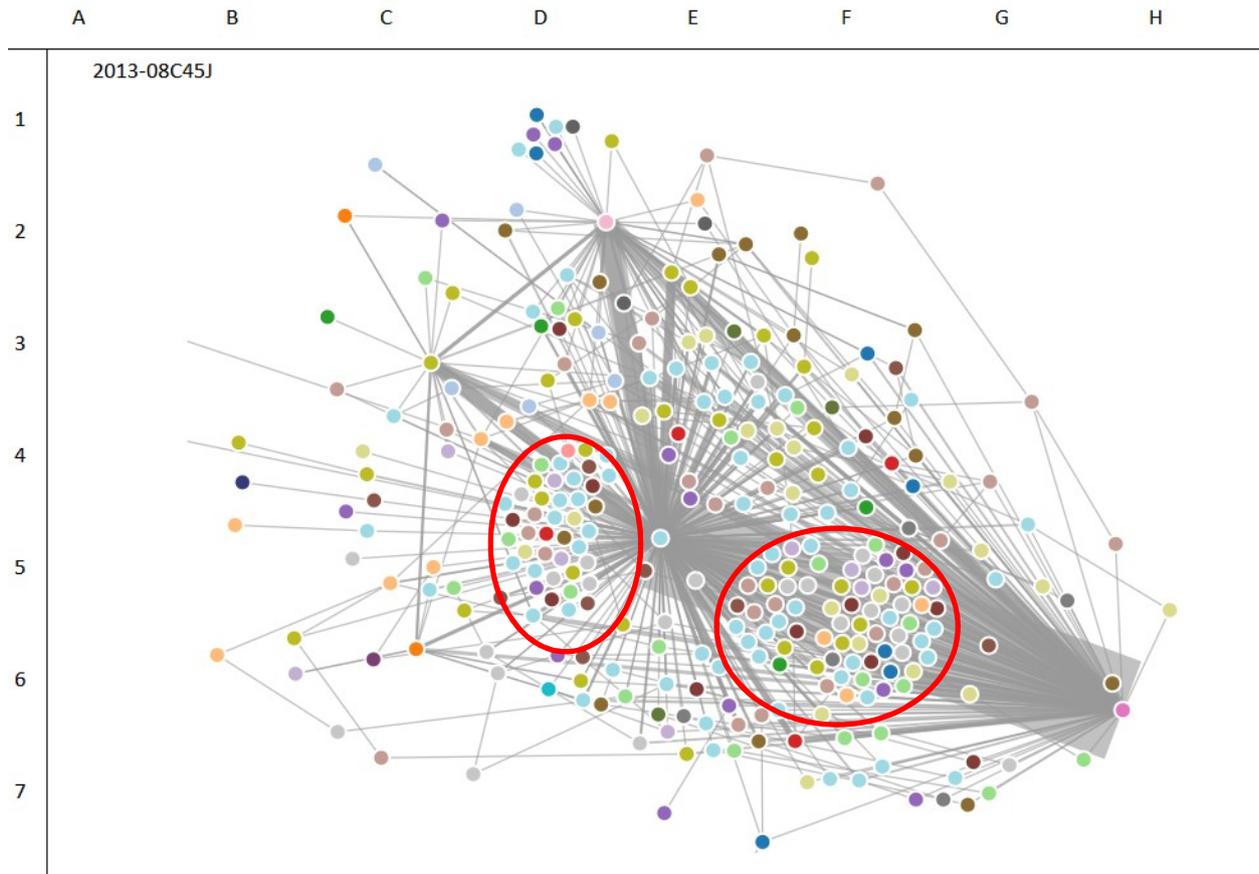


Figure 47 : Utilisation des propriétés dynamiques pour fouiller le graphe – 2013 – 08C45J

Sur cette dernière figure, on note les points complémentaires :

- L'épaisseur du lien entre 08C45J ● [E ;5] et la sortie ● [H ;6] dont la taille exagérée par rapport aux autres liens montre l'importance du flux. A ce stade, la question du choix de la représentation peut se discuter. Pour mémo :
 - Nous avons choisi de maintenir les nœuds à un diamètre fixe, indépendant de leur incidence.
 - Le facteur d'incidence pèse sur les liens en faisant varier leur épaisseur selon la racine-carrée de la valeur réelle.
- Les séjours du groupe 06- *affections du tube digestif* ● en [C ;3], [E ;2], [D ; 5 ½] en intermédiaire entre 08C45J et la sortie.
- Deux clusters ou grappes principaux représentants des séjours sous influence d'un seul séjour :
 - Un cluster [ou grappe] de nœuds en [D ;5~6] qui représente des séjours d'entrée dans le parcours et qui sont préliminaires et exclusifs à 08C45J.
 - Un cluster de nœuds en [E~F ;5~6]. Ces nœuds sont tous intermédiaires entre 08C45J et la sortie ; et exclusifs.

Nous réalisons enfin une comparaison des projections de 2013 et de 2014 :

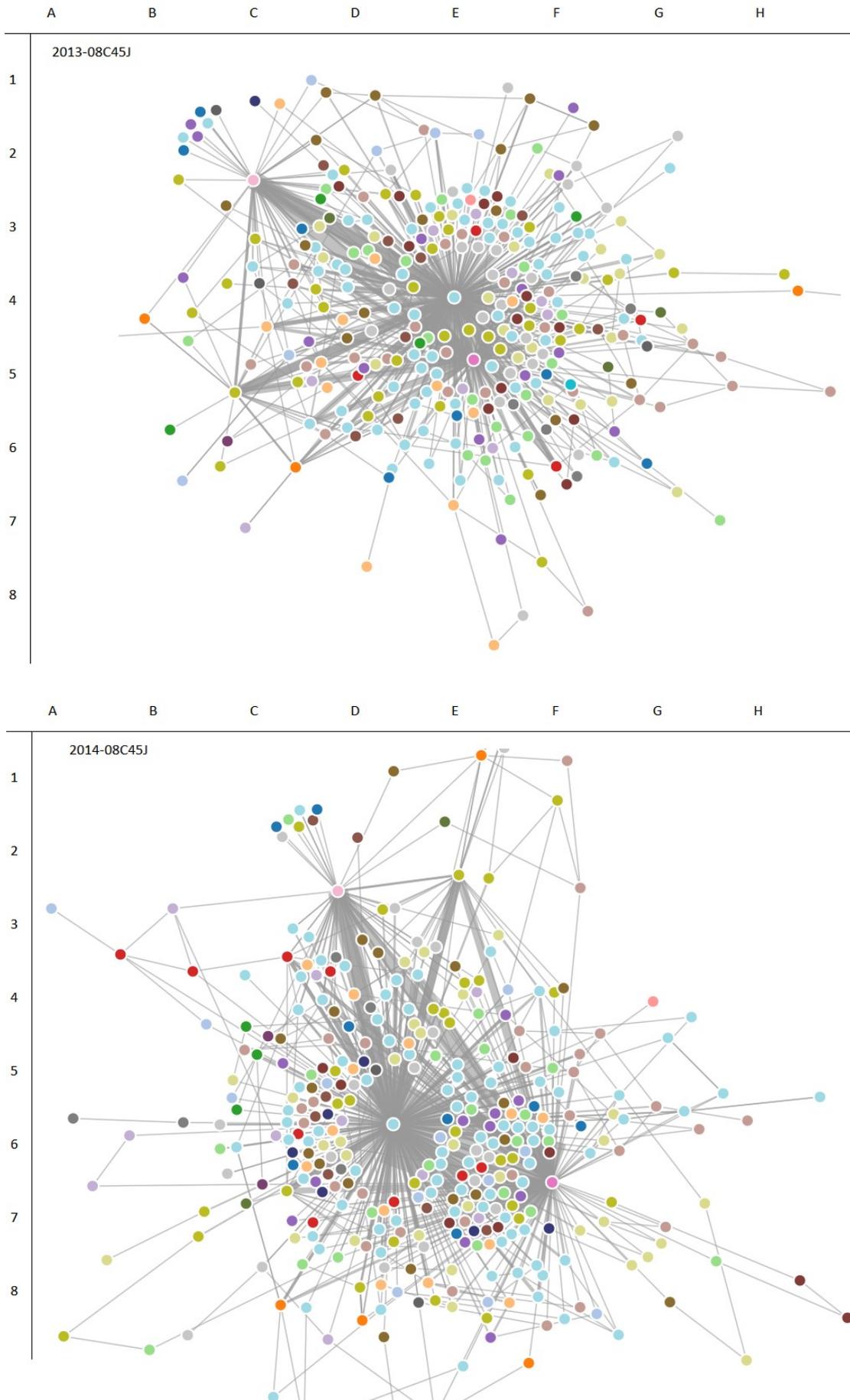


Figure 48 : Comparaison des graphes de force 2013 et 2014 pour 08C45J

Les projections ne sont pas identiques. Nous notons les points suivants :

- Nous retrouvons au centre de nos projections le séjour 08C45J appartenant au groupe ●.
- Le nœud symbolisant la sortie ● s'est décalé vers le bas et vers la droite sur la projection 2014 ; de [E ;5] en [F ;6 1/2].
- Les nœuds ● et ●, toujours fortement connectés se sont décalés dans le sens des aiguilles d'une montre et se retrouvent en haut du graphe avec des positions inversées.
- Le graphe de 2014 occupe un espace plus étendu avec des ramifications plus éloignées à tel point que certaines ont été tronquées dans la représentation précédente.

Pour autant, nous estimons que des traits de caractère commun entre les 2 graphes précédents ressortent. Reste la question de la représentativité de ces graphes. Nous réinterrogeons les bases de données 2013 et 2014 pour obtenir un classement de la fréquence des séjours. Nous retenons le top 12 de ces séjours parmi 309 et 343 séjours différents pour chaque année. Nous présentons les résultats et l'association du nœud coloré dans le tableau suivant :

2013			2014		
Type	Fréquence		Type	Fréquence	
08C45J	4467	●	08C45J	4728	●
90Z00Z	427	●	90Z00Z	422	●
06K04J	130	●	06K04J	113	●
06K02Z	70	●	06K02Z	51	●
28Z17Z	51	●	28Z24Z	37	●
02C05J	38	●	28Z17Z	35	●
08C241	33	●	02C05J	34	●
23K02Z	26	●	28Z18Z	27	●
08C341	18	●	08C341	27	●
08C44J	17	●	08C241	27	●
23M20T	13	●	23K02Z	22	●
28Z07Z	12	●	28Z07Z	16	●

Tableau 17 : Fréquence des types de séjour en 08C45J pour 2013 et 2014

Dans l'ensemble, nous retrouvons les couleurs et séjours envisagés à travers les graphes ; même si la fréquence des séjours ne préjugent qu'en partie de son importance dans le parcours de soins. Des séjours de groupe 23, ●, émergent. Le retour au graphe mettra effectivement en évidence ces séjours.

*
**

4.2. APPROCHE ANALYTIQUE DU SEJOUR « PTH »

i. Typologie générale du patient « PTH »

Afin d'approfondir notre connaissance des patients ayant enregistré au moins un séjour en 08C481, nous reprenons le plan d'analyse proposé pour la séquence consacrée au séjour 08C45J.

Le socle de patient extrait des bases PMSI en 2013 et 2014 en Midi-Pyrénées est le suivant :

		2013	2014
Patients	Dénombrement des patients distincts ayant eu au moins 1 séjour 08C481	3 027	3 252
	Dénombrement du nombre de patients ayant eu 2 séjours de type 08C481	65	71
<i>Rapport</i>		2,1%	2,2%

Tableau 18 : Socle de patients ayant eu 08C481 en 2013 et 2014

Il s'agit d'un socle situé autour de 3 100 patients environ, avec, à l'instar des patients en 08C45J, une augmentation que l'on peut qualifier d'importante entre les deux années considérées (+ 7.4%). Parmi l'ensemble de ces patients, certains ont enregistré 2 séjours dans la même année. Le ratio reste faible, légèrement supérieur à 2%. Aucun patient n'enregistre un nombre de séjours de type 08C481 supérieur à 2. Considérée sur une année, l'occurrence d'un double séjour 08C481 est faible.

Ce socle de patient renvoie à un ensemble de 4 886 et 5 186 séjours pour les années 2013 et 2014 ; soit une augmentation de 6%, très légèrement plus faible que celle du nombre de patients :

		2013	2014
Séjours	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés de type 08C481 uniquement	3 092	3 323
	Dénombrement du nombre de tous séjours enregistrés par tous les patients ayant eu 08C481	4 886	5 186
<i>Différence</i>		1 794	1 863
<i>Part des séjours autres que 08C481</i>		36,7%	35,9%

Tableau 19 : Ensemble des séjours enregistrés par les patients ayant eu au moins 08C481

64% des séjours sont de type 08C481, laissant ainsi une part de 36 % aux autres séjours. C'est une proportion supérieure à celle observée pour les patients 08C45J, de 27%. Néanmoins, le socle de patients 08C45J, autour de 4 500, génère un volume de séjours supérieur. Nous disposons d'une base d'étude de 1 700 parcours, *quasi* équivalente entre les deux types de séjours 08C48J et 08C481.

Rappelons que le séjour relatif à l'intervention de Prothèse de hanche (PTH) est décliné en différents niveaux de sévérité de [1 à 4] donnant les libellés suivants : 08C481, 08C482, 08C483, 08C484. Nous avons exclu la prise en compte de l'ensemble des niveaux afin de rester dans un contexte simple, propice à la compréhension et au repère de parcours récursifs antécédents ou subséquents. Néanmoins, une légère déclinaison de nos requêtes permet de contrôler la fréquence d'occurrence entre niveau de sévérité pour le même socle initial de patients : Sur les 3 027 patients de 2013 ayant eu 08C481, seuls 10 d'entre eux possèdent un séjour complémentaire codé en 08C482 (niveau 2), 3 d'entre eux un séjour codé en 08C483 (niveau 3) ; aucun niveau 4 de type 08C484 n'est recensé. Sur 3 323 patients en 2014, on enregistre 14 séjours en 08C482, 2 séjours en 08C483 ; aucun en 08C484. Par conséquent, que la réitération dans l'année d'un séjour en PTH s'avère relativement mineure. La situation concerne environ 2% des patients quelle que soit la déclinaison en termes de sévérité. Des contraintes médicales existent peut-être sur ce point.

Les indicateurs de base sur l'âge des patients sont les suivants :

	2013	2014
Moyenne d'âge	64,8	65,0
<i>Ecart-type âge</i>	10,3	10,5

Tableau 20 : Age moyen des patients en 08C481

L'âge moyen est situé à 65 ans avec un écart-type relativement resserré, autour de 10. La médiane est à 67 ans. Nous sommes en présence d'une population plus âgée que celle de 08C45J ; une population en fin de vie active, du début du 3^{ième} âge⁷⁸. Les âges les plus jeunes devraient être nettement moins concernés par ce type de séjour.

Le profil des pyramides des âges, présentées dans les figures suivantes, est cohérent d'une année à l'autre et confirme l'hypothèse précédente : les moins de 54 ans représentent moins de 5% des patients tandis que la tranche 65-74 ans prend 40% des parts. Les variations interannuelles sur chaque tranche sont sensibles mais ne requiert pas, à notre niveau, d'interrogations particulières.

Le rapport homme-femme est équilibré avec un ratio proche des 50%-50% valable pour les deux années si l'on considère l'ensemble des âges. Par contre, ce rapport connaît une variabilité par tranche d'âge avec une majorité numérique masculine sous 64 ans et un rapport qui s'inverse ensuite. A ce stade, nous n'avons pas jugé utile, dans le cadre de notre étude, de sérier plus en détails la tranche d'âge supérieur à 75 ans.

Nous retenons également les différences de profil entre les pyramides des âges de 08C45J et celles de 08C481. Elles traduisent une population fondamentalement différente en termes de

⁷⁸ Dans le secteur marketing, ce segment est divisé en sous-segment : Les jeunes-vieux de 65 à 74 ans (young-old) ; les vieux, de 75 à 84 ans (old) et les vieuxvieux, de 85 ans et plus (old-old). Il existe d'autres propositions de classement.

sexe et en termes d'âge. Cette situation nous semble à même d'alimenter de manière positive notre étude.

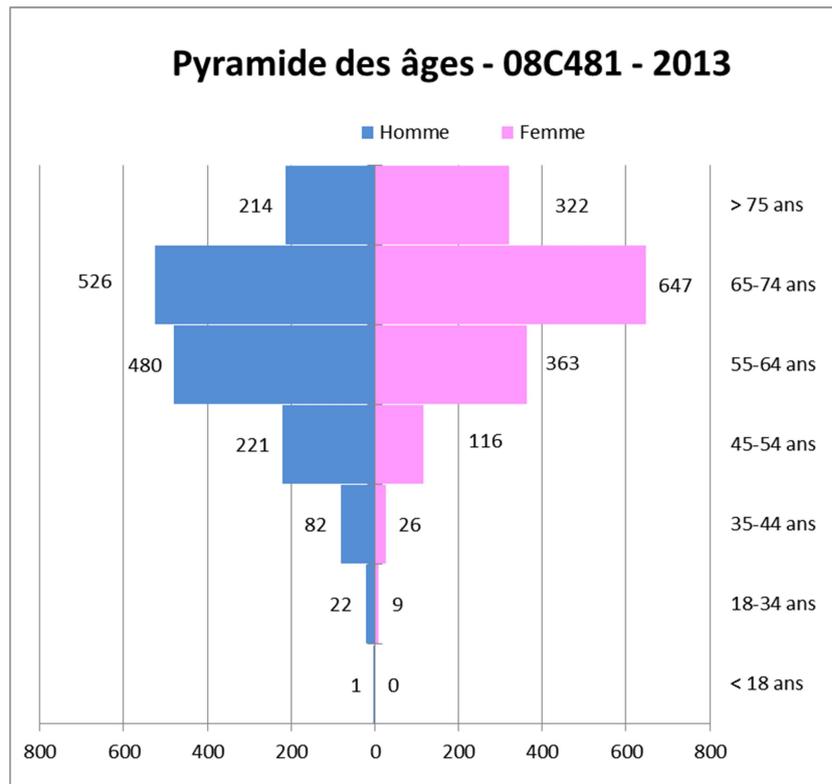


Figure 49 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C481 en 2013

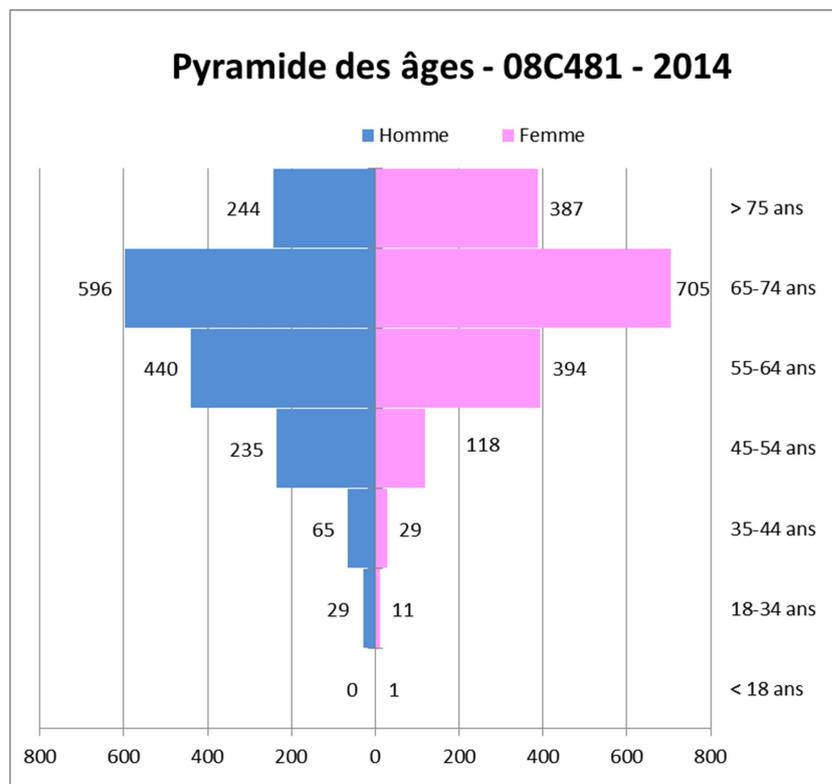


Figure 50 : Pyramide des âges pour la population ayant eu au moins 08C481 en 2014

Nous examinons également les indicateurs sur les modes d'entrée et de sortie des patients, en considérant tous les séjours :

Mode d'entrée	2013	2014
6 - Par mutation depuis une unité de soins	7	14
7 - Par transfert depuis une unité de soins	42	38
8 - Du domicile	4 665	4 961
<i>inconnu</i>	172	173
Mode de sortie	2013	2014
6 - Par mutation vers une unité de soins	223	218
7 - Par transfert vers une unité de soins	1 281	1 244
8 - Du domicile	3 205	3 541
9 - Décès	5	10
<i>inconnu</i>	172	173

Tableau 21 : Mode d'entrée et de sortie des patients 08C481

Les modes d'entrée restent assez directs à partir du domicile. Dans moins de 1% des séjours en 2013 comme en 2014, les patients proviennent d'une unité de soins. On note également, en 2013 ou 2014, ces quelques 3.5% des séjours 08C481 qui ne possèdent pas d'indicateurs sur les modes d'entrée et de sortie. Mais dans l'ensemble les modes d'entrée restent assez semblables à ceux de 08C45J.

Les modes de sortie, par contre, sont nettement plus distribués. Le graphe suivant, dont les libellés sont préfixés par les codes PMSI, présente la répartition observée sur les deux années 2013 et 2014 pour tous les types de séjours :

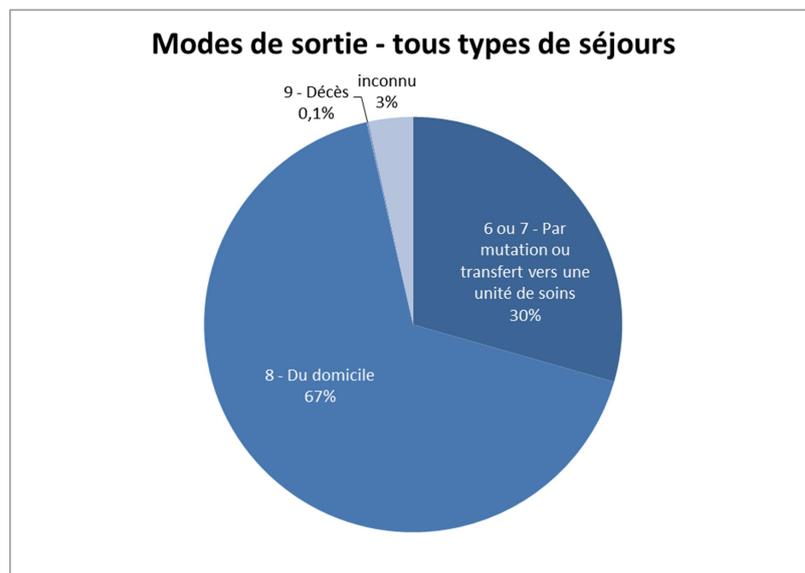


Figure 51 : Modes de sortie observés pour les séjours des patients ayant eu 08C481

Afin d'apprécier la répartition spécifique des modes sortie des seuls séjours 08C481 par rapport à tous les autres séjours de notre panel, nous intégrons des critères de discrimination dans nos requêtes. Le détail est présenté comme suit :

Valeurs observées Mode de sortie 08C481	08C481		autres séjours	
	2013	2014	2013	2014
6 - Par mutation vers une unité de soins	211	194	12	24
7 - Par transfert vers une unité de soins	1 155	1 130	126	114
8 - Du domicile	1 853	2 138	1 352	1 403
9 - Décès	0	3	5	7
<i>inconnu</i>	3	0	169	173
	3 222	3 465	1 664	1 721

A partir des données précédentes, nous élaborons des graphes capables de donner un aperçu des parts pris par chaque mode de sortie ; en distinguant les séjours spécifiques 08C481 et tous les autres séjours. Les deux années sont prises en compte pour obtenir des graphes synthétiques et plus robustes :

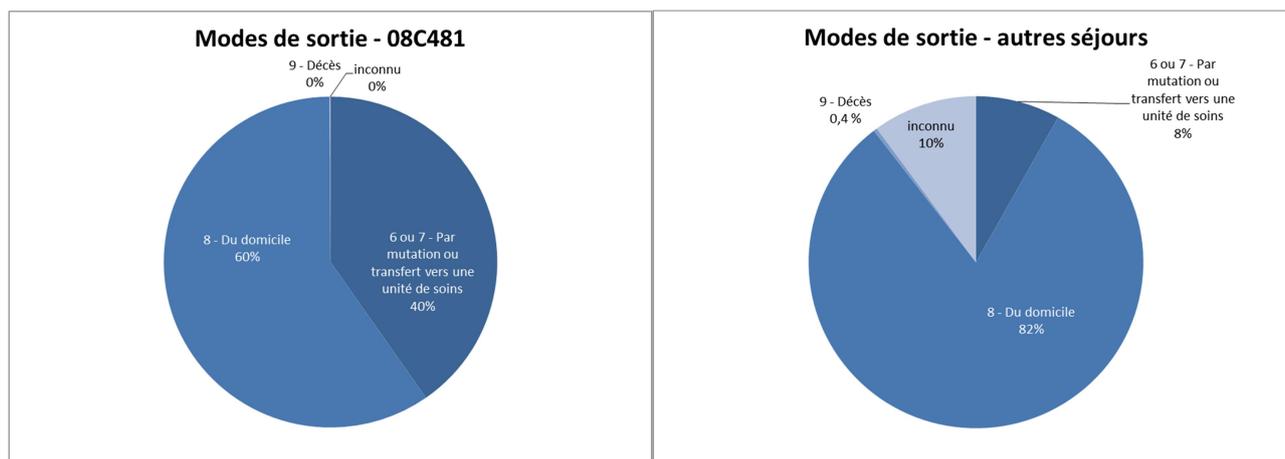


Figure 52 : Répartition des modes de sortie par type de séjour en 2013 et 2014

Les modes de sortie à l'issue d'un séjour 08C481 se distinguent de tous les autres séjours de notre panel. En 08C481, le retour à domicile se fait dans 60% des cas ; à comparer avec les 82% pour les autres types de séjours. Toujours pour 08C481, le passage par une unité de soins représente 40% des modes de sortie. Ainsi, à l'issue du 08C481 dont on rappelle qu'elle possède une durée moyenne de séjour située entre 5 et 6 jours, des suites de soins sont observées dans 2 cas sur 5. Il s'agit d'une intervention relativement invalidante et traumatique. Comparée à 08C45J, l'autonomie du patient et sa sortie directe après intervention n'est pas garantie. La prise en charge est immanquablement organisée, dont une partie vers les Soins de Suite et de Rééducation (SSR). Ces parcours, parfaitement identifiés, nous intéressent moins que d'autres parcours non explicites mais réels et que nous souhaitons mettre en évidence.

En ce qui concerne la provenance départementale, le code géographique de résidence nous permet d'extraire des informations sur l'appartenance territoriale et de proposer le tableau suivant :

Provenance des patients (départements)	2013		2014	
31 - Haute-Garonne	995	31%	1023	30%
81 - Tarn	420	13%	437	13%
12 - Aveyron	350	11%	338	10%
65 - Hautes-Pyrénées	259	8%	302	9%
82 - Tarn-et-Garonne	228	7%	241	7%
46 - Lot	199	6%	228	7%
32 - Gers	187	6%	246	7%
09 - Ariège	151	5%	170	5%
11 - Aude (Languedoc Roussillon)	99	3%	108	3%
47 - Lot-et-Garonne (Aquitaine)	41	1%	43	1%
64 - Landes (Aquitaine)	27	1%	35	1%
Reste ⁷⁹	205	6%	239	7%

Tableau 22 : Provenance géographique des patients ayant eu 08C481

On remarque que les totaux dépassent légèrement le nombre de patients recensés au départ ; d'environ 70 à 90. A ce stade, nous n'avons pas d'explications particulières.

A 90%, les patients proviennent de la région ex Midi-Pyrénées. Le département de l'Aude, dont la partie occidentale est sous influence toulousaine, alimente l'activité avec une centaine de patients par an. A partir du tableau précédent, nous élaborons les graphes suivants :

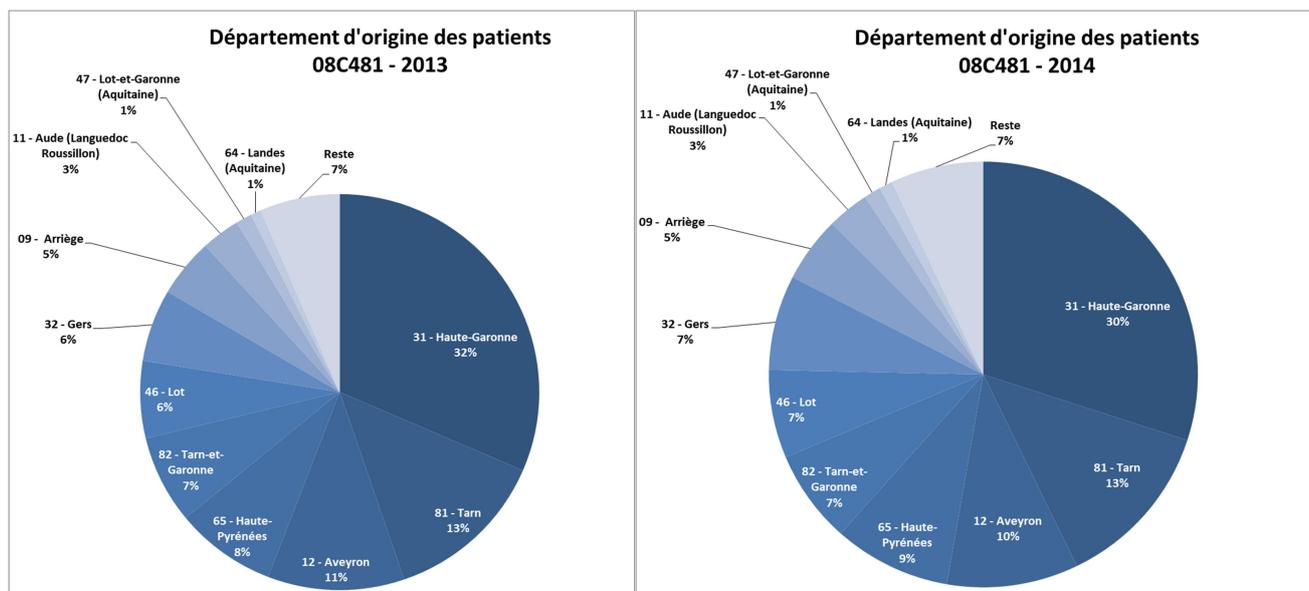


Figure 53 : Provenance géographique des patients en 08C481

⁷⁹ En code inconnu, 116 et 140 pour les années respectives 2013 et 2014

Les proportions se maintiennent d'une année à l'autre. 30% des patients sont résidents en Haute-Garonne ; suivent les départements du Tarn, de l'Aveyron et des Hautes-Pyrénées.

Nous réalisons un rapport à la population :

	Population 2013 (insee)	2013	2014
31 - Haute-Garonne	1 318 000	0,08%	0,08%
81 - Tarn	381 927	0,11%	0,11%
12 - Aveyron	277 740	0,13%	0,12%
82 - Tarn-et-Garonne	250 342	0,10%	0,12%
65 - Hautes-Pyrénées	228 868	0,10%	0,11%
32 - Gers	190 276	0,10%	0,12%
46 - Lot	173 758	0,11%	0,14%
09 - Ariège	152 574	0,10%	0,11%
<i>Moyenne en unité par millier de patient</i>		1/970	1/880

Tableau 23 : Rapport entre population et activité 08C481 par département

Nous observons que le ratio population-08C481 est plus faible en Haute-Garonne. Il s'agit d'un département où la population active, drainée par l'activité urbaine de Toulouse, est supérieure aux autres départements de la région. Ce ratio reflète finalement une moyenne d'âge plus jeune, moins concernée par des séjours de type 08C481. En revanche les autres départements, à la population vieillissante, possède des ratios équivalents, avec une supériorité pour l'Aveyron et le Lot. Il est enfin intéressant de noter le classement des départements 12, 82 et 65, inverse de celui valable pour le 08C45J.

La projection sous d3-LEAFLET n'est pas réalisée. Malgré les indéniables qualités de l'environnement qui promettent, à l'issue d'un développement, une diffusion et un usage élargis de graphes en oursins, nous nous tournons directement vers QGIS.

De façon identique à l'étude faite en 08C45J, nous projetons sur un fond de plan *Google Maps* les trajets [résidence des patients vers établissements de réalisation]. Nous ne réitérons pas l'exposé des structures de requête [voir figure 27 et 28] ; les extractions de données sont les mêmes. Rappelons toutefois quelques détails : Nous devons disposer de deux fichiers :

- Un fichier des nœuds. Chaque nœud correspond soit à un patient soit à un établissement de santé. Chaque nœud est nécessairement associé à des coordonnées GPS.
- Un fichier des liens dont les données permettent de tracer une ligne entre le nœud de départ – *c'est-à-dire la résidence du patient*, et le nœud d'arrivée, *c'est dire un établissement de santé*. On retient toutefois que s'agissant des séjours en 08C481, un certain nombre de patients a des modes d'entrée non exclusivement du domicile ; et certains ont des modes d'entrée non renseignés. Seuls les patients en entrée directe, aux informations valides et hors provenance des urgences sont retenus pour nos projections [mode_entrée = 8 et provenance <>

5]. Nous comptons la fréquence de chaque trajet ; la valeur est utilisée comme donnée de flux.

A l'issue du travail d'extraction des données, de mise en forme et de chargement des couches géographiques [Google Maps et limites départementales] nous obtenons sous QGIS la carte régionale suivante où les établissements sont symbolisés par une étoile bleue. :

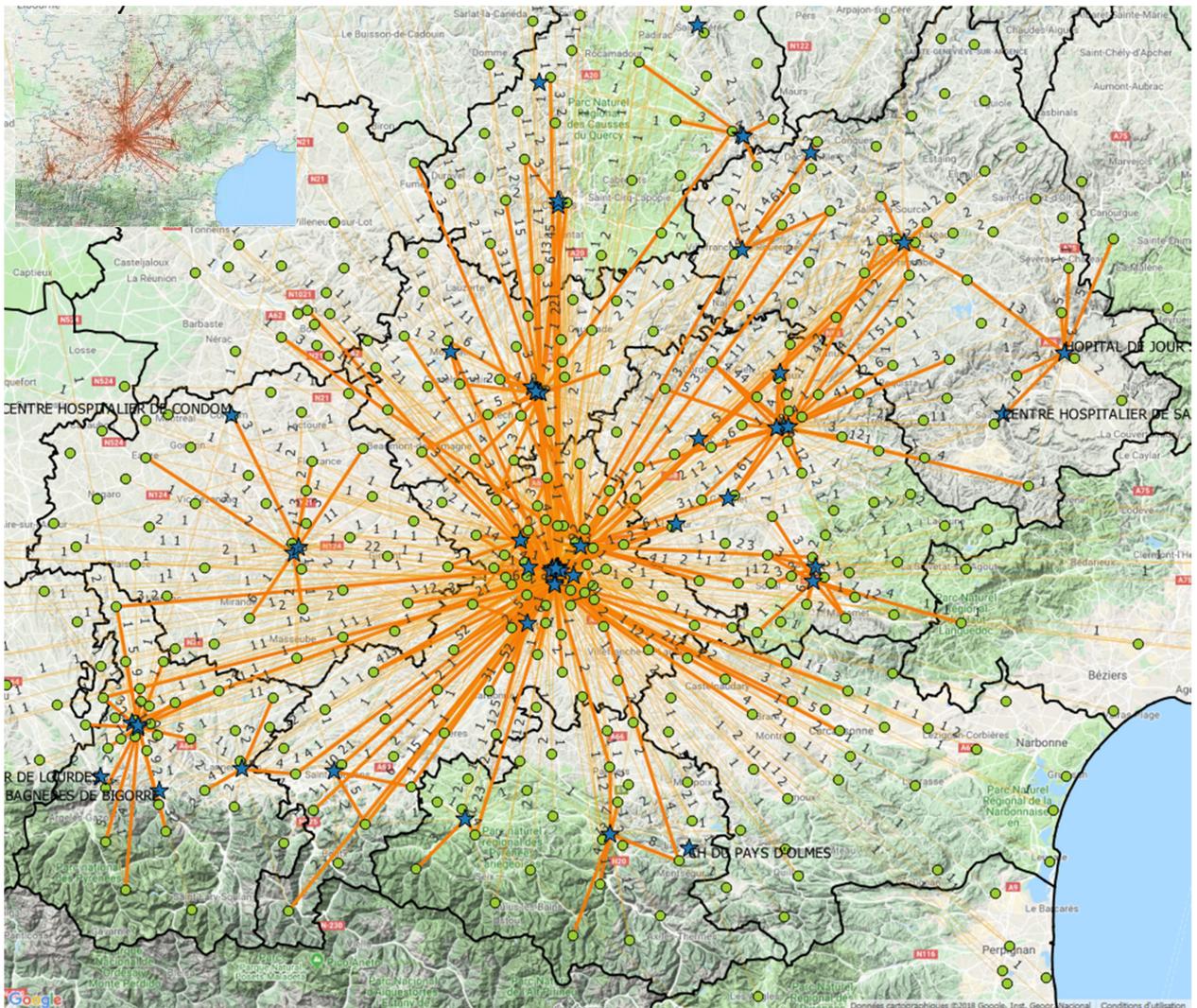


Figure 54 : Flux des patients entre résidence et établissements - séjour 08C481 - 2013

Nous retrouvons un profil assez similaire à la figure pour les 08C45J et rappelé ici en médaillon. Les communes les plus peuplées provoquent les flux les plus importants à destination des centres de proximité. Elles constituent aussi les fuites les plus importantes à destination d'autres centres, principalement à rayonnement régional.

Au sud, dans les Hautes-Pyrénées, Tarbes semble bien capter ses patients tout comme Auch à l'ouest. On devine également des flux unitaires en provenance de la région Aquitaine à destination de Toulouse. L'ensemble des autres établissements du sud de la région subit l'attractivité toulousaine ; tout comme une partie du département de l'Aude au sud-est.

Au nord, Montauban capte également ses patients mais reste sous influence toulousaine ; la liaison autoroutière en moins 30 à 40 minutes facilite les échanges. Au nord-est, Albi jouie des mêmes facilités d'échange autoroutier mais semble maitriser ses flux. Pour ces deux derniers centres urbains, on remarque que des patients plus distants, venant de Cahors ou de Rodez, bipassent ces centres intermédiaires pour se rendre directement sur les centres toulousains. Concernant la zone Tarn, nous réalisons un zoom spécifique :

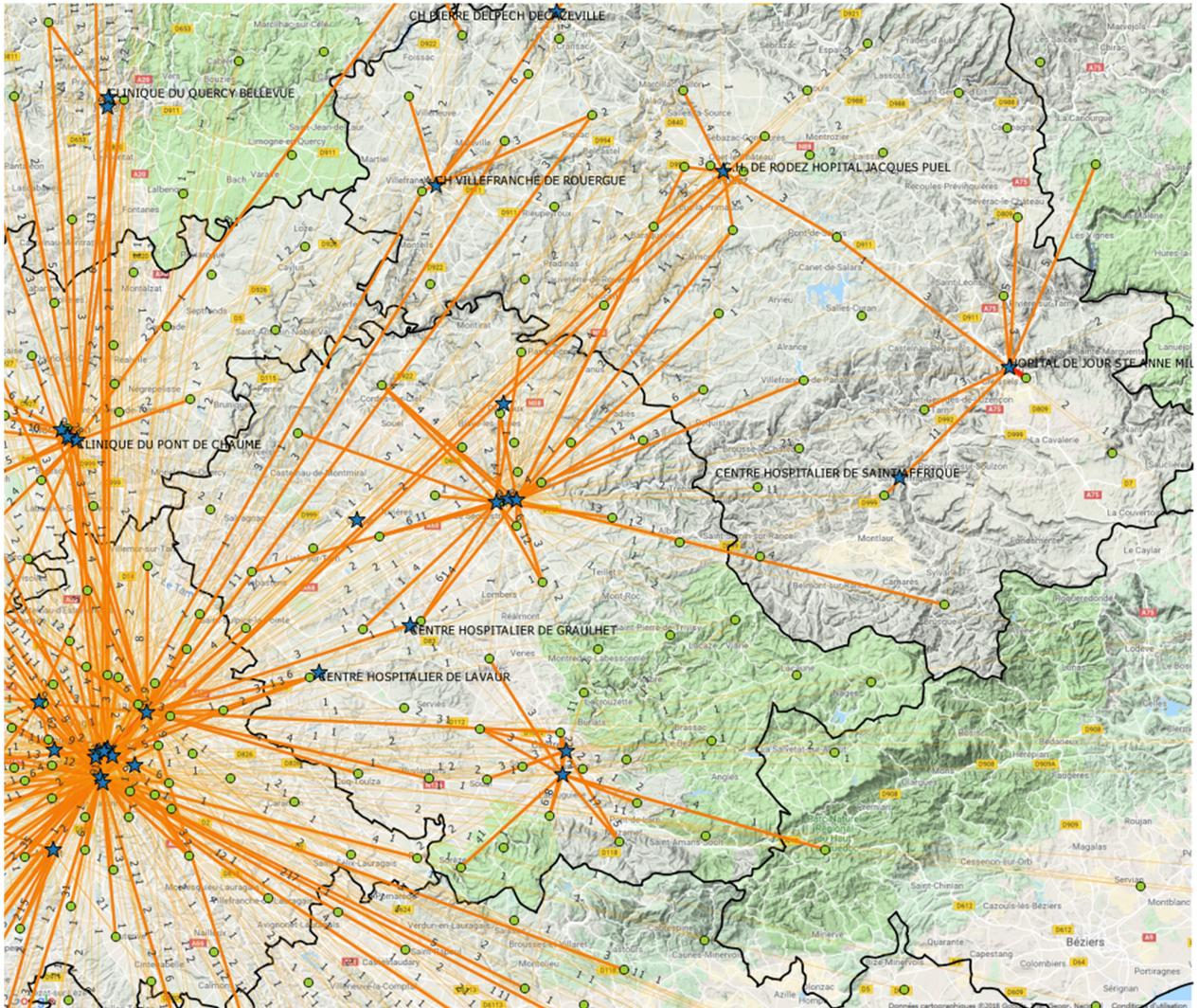


Figure 55 : Zone des flux dans le Tarn pour 08C481

Le Tarn nord et le Tarn sud n'échange pas⁸⁰. Les flux en étoile sur Albi sont graphiquement convaincants comparés à ceux de Castres. Les flux vers Toulouse, pour 08C481, sont relativement faibles. Albi dispose d'une offre capable de répondre à la demande. Albi semble même recruter sur des communes assez proches de la couronne toulousaine.

Autour de Castres on distingue très vite des flux importants tournés vers Toulouse. Ce constat, uniquement valable pour les séjours étudiés, est en contradiction avec l'idée souvent

⁸⁰ Les deux bassins constituent un seul territoire pour l'ARS et a abouti à la création d'un GHT.

défendue que Castres dispose d'une zone d'influence très large, passant de l'Est de la Haute-Garonne à l'ouest de d'Hérault. Le territoire castrais est limité par des zones à reliefs au sud⁸¹, en partage avec l'Aude.

Sur Toulouse, nous isolons les plus gros flux. Trois établissements privés, réputés pour leur excellence en matière d'orthopédie captent logiquement les flux majeurs :

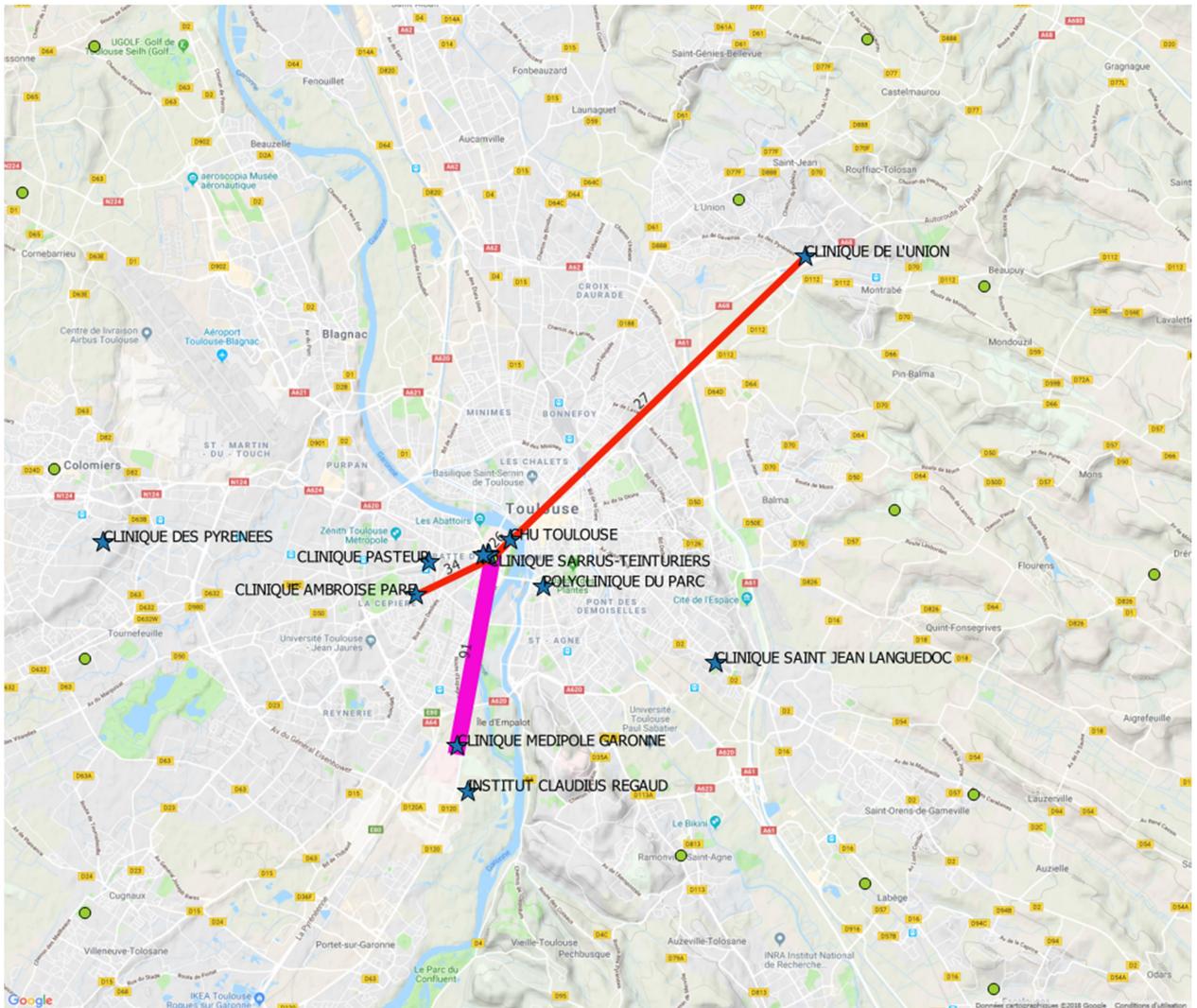


Figure 56 : Flux les plus importants pour 08C481

La clinique Medipôle-Garonne capte les gros flux toulousains. Cet établissement apparaît 3^{ème} au palmarès LE POINT 2017 des hôpitaux et cliniques sur la spécialité prothèse de hanche. Elle s'est fait une réputation d'excellente en orthopédie⁸². Les deux autres cliniques, Ambroise PARE et la clinique de l'UNION possèdent également de solides réputations régionales.

⁸¹ Massif de la Montagne Noire inclus pour partie dans le parc naturel régional du Haut-Languedoc.

⁸² Elle est classée systématiquement dans les 10 premiers du palmarès national sur l'ensemble des spécialités courantes d'orthopédie.

Nous comparons également les graphes en oursin obtenus pour l'année 2013 et 2014. Les profils entre les deux cartes sont proches. Dans l'ensemble les commentaires pour 2013 reste valable. On apporte une nuance en Ariège ou le CHIVA (Foix-Pamiers) semble améliorer son recrutement tout comme l'hôpital de Figeac dans le nord de la région.

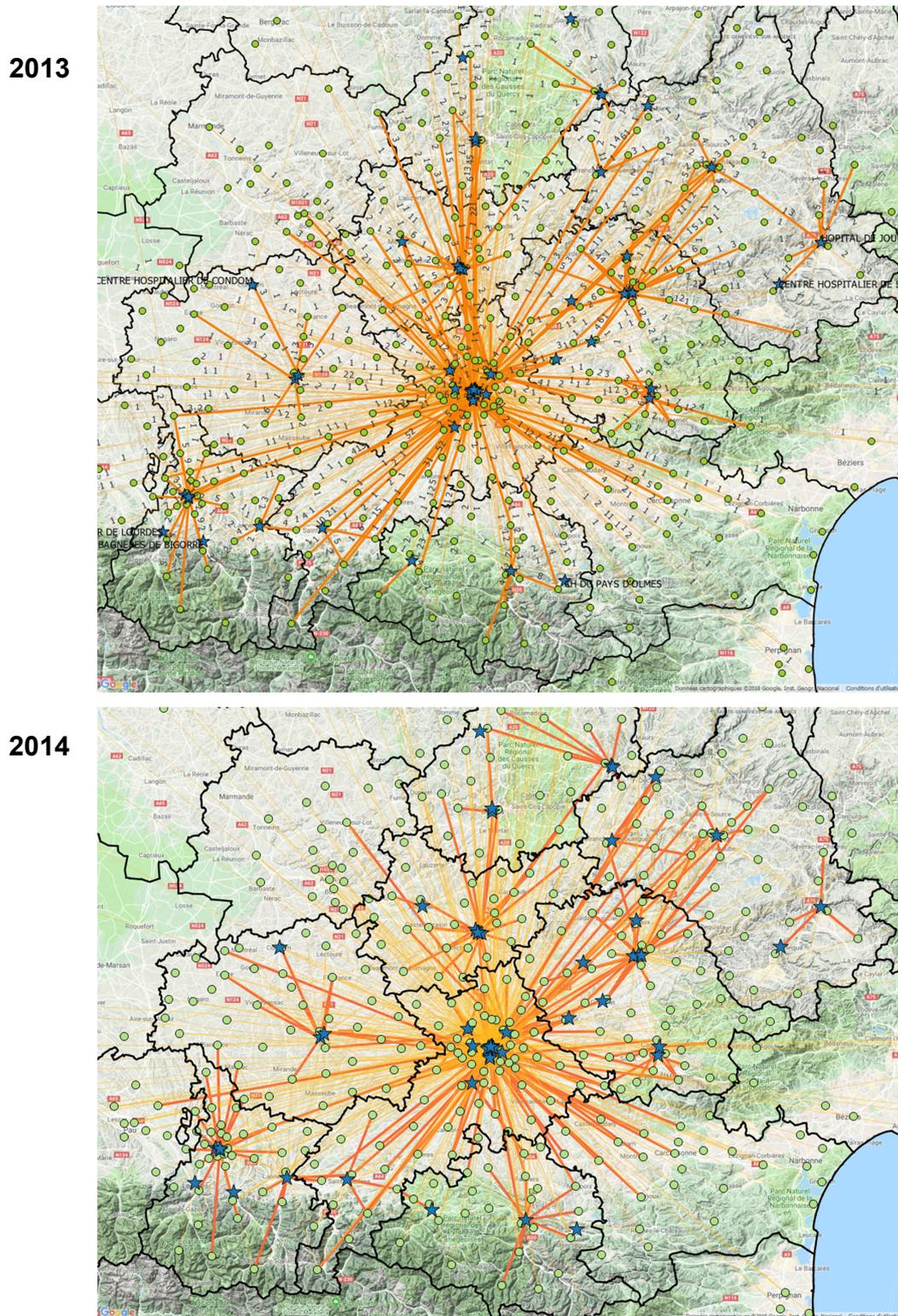


Figure 57 : Comparaison des flux 2013-2014 pour 08C481 [2 graphes]

Nous réalisons une étude sur les distances et les temps de déplacements que les patients engagent pour venir faire un séjour en 08C481. La méthodologie est la même que pour 08C45J et s'appuie sur les calculs proposés par *Google Maps*. Les calculs sont réalisés sur 2013 et 2014. Les résultats identiques pour les deux années nous font choisir de présenter uniquement 2014.

Sur 2014, notre set de données renvoie initialement 1 464 trajets distincts. 1 297 trajets sont confirmés comme valides, c'est-à-dire possédant des coordonnées GPS de départ et d'arrivée. Nous excluons également les 30 trajets supérieurs à plus de 300 km de distance en considérant leur présence dans le set comme détériorant la qualité d'interprétation. Les premiers indicateurs sont les suivants :

	Durée (min)	Distance (km)
Moyenne	50,3 min.	63,0 km
<i>Ecart-type</i>	33,7	53,6
Médiane	40,6	45,0
Min.	1,5 min.	0,3 km
Max.	198,0 min.	290,6 km

Figure 58 : Distances-temps entre patients-établissement pour 08C481

Un graphe complémentaire à deux axes en ordonnée propose un classement par décile des patients ayant eu un séjour 08C481 en 2014 :

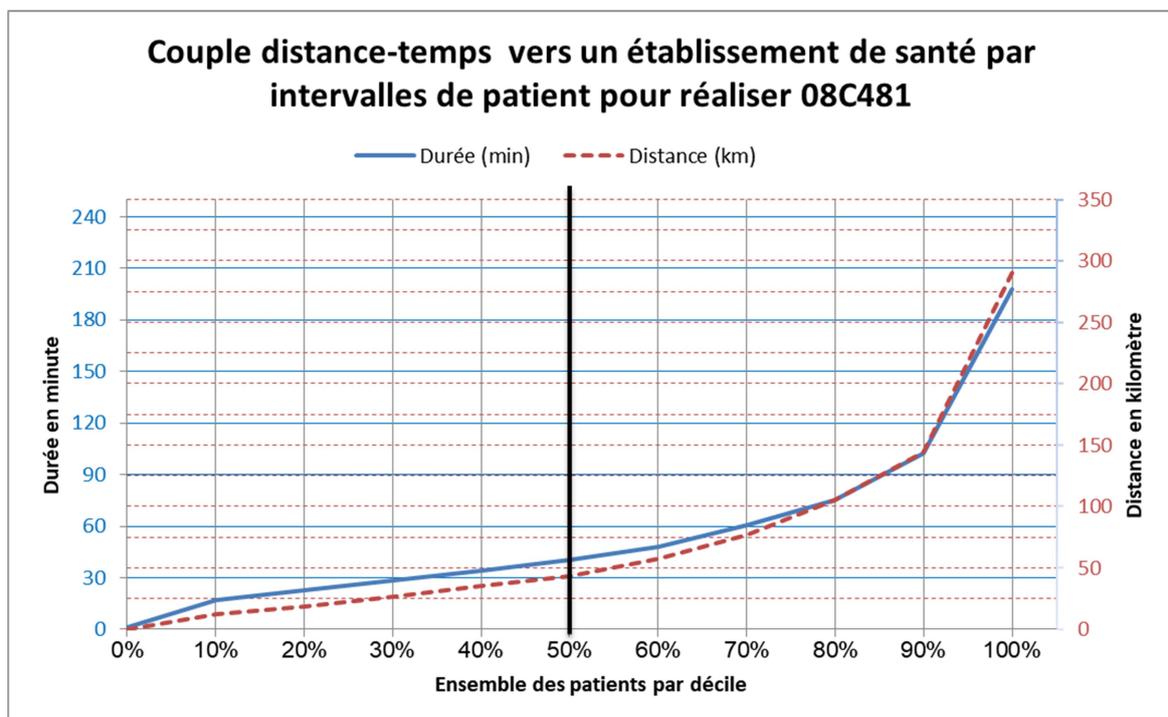


Figure 59 : Graphe par décile des durées et distances *GOOGLE* pour les patients 08C481

Les médianes s'établissent à 41 min. et 45 km, respectivement pour la durée du trajet et la distance⁸³. Les points suivants méritent d'être soulignés :

- 20% des patients sont à moins de 20 minutes et 20 km ;
- 60% des patients sont à moins de 48 km et 48 min. du centre de prise en charge ;
- Au-delà de la première tranche [0%-60%], les pentes des droites sur les deux variables s'accroissent traduisant un effort supérieur pour les patients pour atteindre l'établissement. La tranche des 10% des patients les plus éloignés est parfaitement identifiable.

Tous ces indicateurs concernant le patient 08C481 sont très similaires à ceux étudiés pour le patient 08C45K. Nous en déduisons que l'effort de déplacement pour l'un ou l'autre des patients est le même. Cette remarque suscite des interrogations compte tenu des différences fondamentales entre les 08C48J et 08C481 :

- Sur le plan interventionnel, l'acte de ménisectomie semble plus léger, réalisé en ambulatoire et se traduit par une grande autonomie du patient en sortie. L'acte de prothèse de hanche constitue un acte assez invasif, possède une DMS de 5 à 6 jours, avec des suites de soins assez fréquentes.
- Sur le plan du contexte, les deux populations possèdent un écart entre moyennes d'une "petite" vingtaine d'années [47 ans *versus* 65 ans].

Pour autant et lorsque nous prenons les patients dans leur globalité, l'effort de déplacement est le même pour un patient 08C45J ou 08C481 c'est-à-dire que les trajets entre les résidences et les destinations sont les mêmes. Il est de tradition de considérer que les personnes plus âgées se déplacent moins pour leurs soins. Une étude par contexte, en discriminant les tranches d'âge, pourrait apporter des nuances voire moderniser nos connaissances sur les facteurs de choix des centres de soins. Ceci dit, nous soulignons en tant que dénominateur commun les destinations, c'est-à-dire les établissements, réduits finalement à une douzaine de zones géographiques sur la région. Du point de vue d'un patient résidant dans une ville périphérique d'importance, il aura en général 3 possibilités : l'hôpital public de proximité, la clinique de proximité – *en concurrence*, ou un établissement phare toulousain, le plus souvent privé.

Concernant la répartition de l'activité entre le privé et le public, 65% des patients se tournent vers les établissements privés pour le séjour 08C481 laissant 35% au public. Par contre si l'ensemble des séjours liés sont pris en compte, la répartition est alors d'environ 60%-40%.

⁸³ Calculées par *Google Map*.

Le tableau suivant reprend les données issues des requêtes exécutées sur notre base :

		2013	2014	2013	2014
Etab. Privé	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés de type 08C481 uniquement	1 946	2 110	64%	65%
Etab. Public	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés de type 08C481 uniquement	1 081	1 142	36%	35%
Etab. Privé	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés par tous les patients ayant eu 08C481 et d'autres	2 793	3 072	57%	59%
Etab. Public	Dénombrement du nombre de séjours enregistrés par tous les patients ayant eu 08C481 et d'autres	2 093	2 114	43%	41%

Tableau 24 : Part des séjours par type d'établissement (privé et public) pour 08C481

A l'issue de cette première approche du patient 08C481, nous savons qu'il concerne de manière équilibré autant les femmes que les hommes avec, malgré tout, quelques petites différences sur la tranche d'âge de survenue. La moyenne d'âge est centrée à 67 ans. L'entrée dans le parcours de soins se fait en *quasi*-totalité à partir du domicile. La sortie voit une majorité de retour à domicile. Pour autant on a mise en évidence que 40% des patients nécessitaient un passage par une unité intermédiaire. Le séjour 08C481 impacte l'autonomie des patients.

Sur le plan géographique, les départements les plus peuplés produisent plus de séjours ; mais ramené à la population, les départements possèdent des ratios différents. La Haute-Garonne, lieu d'implantation de l'agglomération toulousaine, montre un ratio faible comparé à l'Aveyron ou au Tarn. Un lien entre l'âge de la population et ce ratio existe. A l'étude des trajets entre lieux de résidence et lieux de soins, il semble que les déplacements soient proches entre patients de 08C481 et 08C45J : soit le patient s'adresse à une structure proche locale soit il effectue directement un trajet à destination des centres toulousains. Le privé effectue la majorité (65%) de l'activité 08C481. Sur ce point, il y a un décalage avec les 80% pris par le secteur privé pour 08C45J.

Ces premiers éléments nous permettent de mieux connaître notre patient 08C481. Nous engageons l'étude de projections des séjours concourants.

ii. Recherche d'homologie des séquences de co-séjours en 08C481

Les extractions des fichiers NŒUDS et LIENS pour les séjours 08C481 et leur cohorte se font de manière identique à celles spécifiées dans le chapitre III consacré à la méthodologie. Les fichiers permettent de projeter un graphe NŒUD-LIEN dans un environnement graphique développé sous JavaScript. Pour 08C481, nous obtenons les graphes suivants auxquels nous

avons ajouté des repères orthogonaux arbitraires [lettre-chiffre] pour faciliter les commentaires et le repérage :

- Base PMSI 2013 – 08C481 :

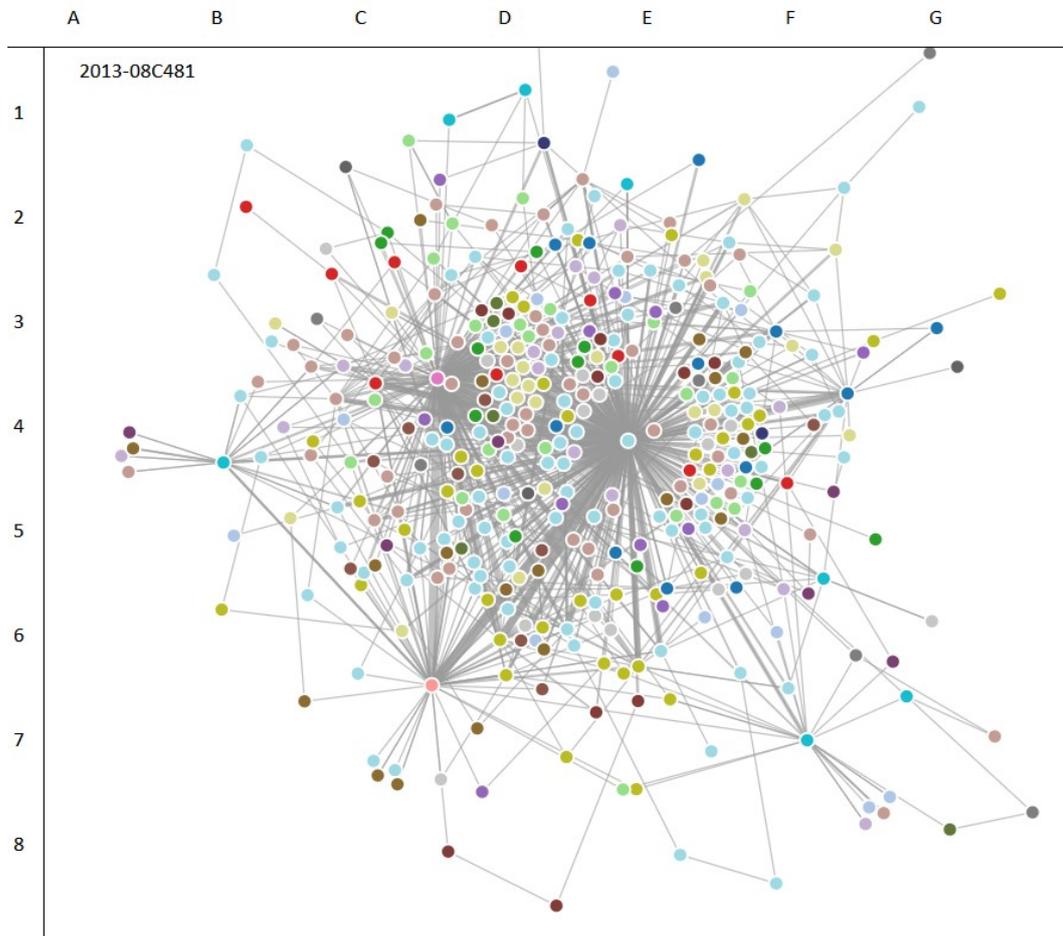


Figure 60 : Projection initiale des séjours des patients ayant eu un 08C481 en 2014

La figure précédente représente tous les parcours de séjours de patients ayant eu au moins un séjour 08C481 dans l'année 2013. Chaque cercle représente un séjour. Le graphe possède les mêmes fonctionnalités que ceux pour 08C45J : Le graphe affiche le titre de chaque nœud lorsqu'on le survole. En double-cliquant sur le nœud, un lien URL renvoie au site www.aideaucodage.fr avec l'association du nom du séjour. Un nouvel onglet s'ouvre où s'affiche l'intitulé complet du séjour, les tarifs du public et du privé ainsi que les Diagnostics Principaux et les actes associés le plus souvent au séjour.

Nous avons tenté de conserver les mêmes codes couleurs que pour 08C45J. Il s'agit d'une opération difficile dans la mesure où les codes couleurs sont attribués selon le groupe CMD d'appartenance. Or tous les sets de données, selon le séjour principal choisi et selon l'année sélectionnée, ne possèdent pas tous exactement le même nombre de séjours et le même nombre de groupe. A l'heure de présentation de ces résultats, la gestion de la couleur des

nœuds demeure un paramètre à affiner. Néanmoins, nous pouvons proposer la lecture du graphe précédent comme suit :

- Le séjour principal 08C481 est au centre en [E ;4] ; ●. L'ensemble des séjours d'orthopédie, en CMD, est associé à cette même couleur. On constate la prépondérance de ces séjours en '08' - CMD 08 : *Affections et traumatismes de l'appareil musculo-squelettique et du tissu conjonctif*, plus ou moins liés à 08C481. Nous sommes confrontés également à d'autres nœuds de couleurs proches, dans la gamme du bleu et du gris, qui apportent, selon nous, une certaine confusion.
- La sortie est représentée en [C-D ; 3 1/2] ; ●. Nœud le plus connecté et légèrement décentré, sous influence des nœuds intermédiaires situés entre 08C481 et la sortie effective.
- Un nœud fortement connecté et excentré en [C ; 2 1/2] : ●. Il s'agit de 90Z00Z qui signe des séjours inclassables ou des erreurs. Sur ce graphe, on distingue nettement que ce nœud est en intermédiaire entre 08C481 et la sortie.
- De nombreux nœuds ● de groupe '06' - *affections du tube digestif*, assez connectés sont présents, mais beaucoup plus diffus que sur les graphes 08C45J.
- Les nœuds ● de groupe '06' sont en concurrence de couleur avec ● du groupe '1' - *affections du système nerveux* et rend difficile leur mise en évidence.
- Les nœuds ● qui renvoient à des actes du groupe '02' - *Affections de l'œil* dont la présence nous semble logique compte tenu de l'âge moyen de la population à 67 ans, plus susceptibles de subir des interventions oculaires (cataracte, rétine, etc.).
- Les nœuds de couleurs ● qui correspondent aux nœuds ● dans les graphes 08C45J et dont nous n'avons pas su maintenir la couleur afin de préserver l'ensemble de la palette de couleur choisie initialement. Cette couleur ● subie participe en outre à la confusion avec les nœuds ● du groupe '08'.
 - : Il s'agit du groupe '28' - *séances* (chimiothérapie, hémodialyse, radiothérapie).
 - En [B ; 4 1/2] des séances d'hémodialyse ;
 - En [F ; 5], [F ; 7], [F-G ; 6 1/2] des séances de chimiothérapie ;
 - Dans la bande de latitude [1], des séances de radiothérapie.
- Les nœuds du groupe '5' - *Affections de l'appareil circulatoire* ; se distinguent à de nombreux endroits du graphe.
- Pour terminer, les nœuds ● apparentés au groupe 23 '*Facteurs influant sur l'état de santé et autres motifs de recours aux services de santé*' qui renvoie à un ensemble d'exploration et autres prises en charges : Conseils diététiques, explorations cardiologiques, polysomnographies, etc.

En comparaison avec les graphes 08C45J, ce graphe semble plus étalé, comme tirailé par les ramifications excentrées plus lointaines. Nous étirons le point de sortie en bas à droite du cadre du graphe :

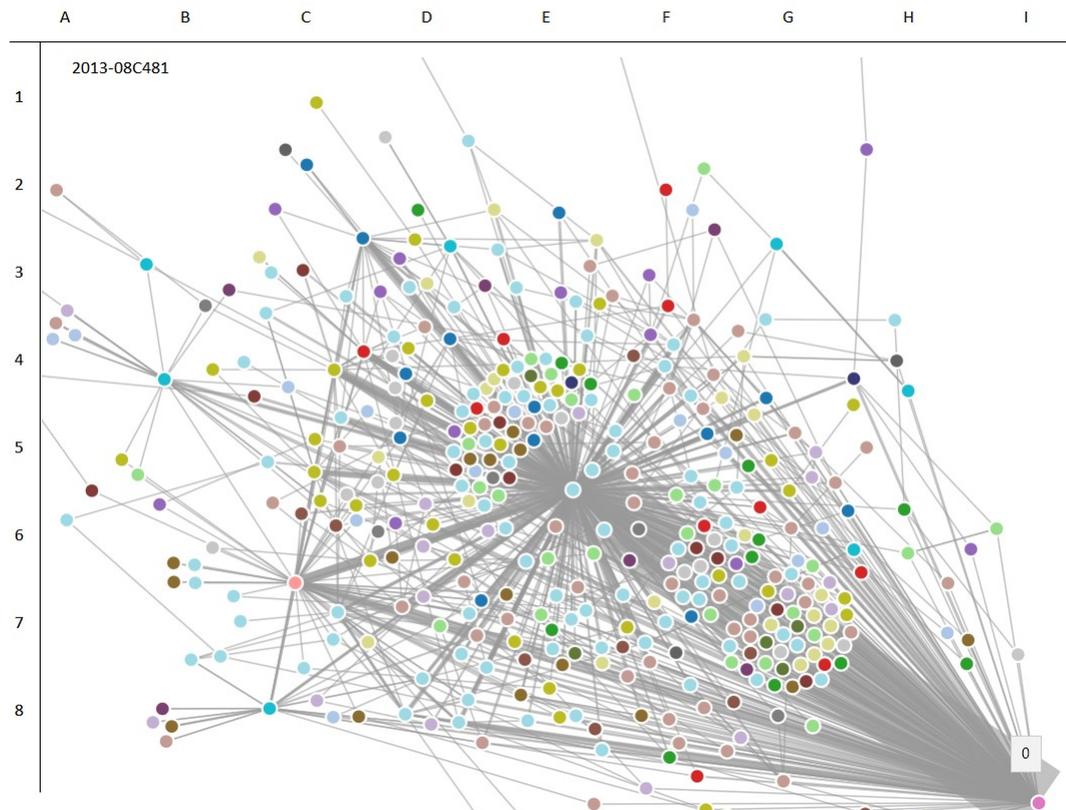


Figure 61 : Utilisation des propriétés dynamiques pour fouiller le graphe – 2014– 08C481

Cette opération, ainsi que le travail dynamique autorisé par le graphe, permet de mettre en évidence des clusters avant 08C481 et intermédiaire entre 08C481 et la sortie ; ainsi que les points fortement connectés.

Nous procédons également à la comparaison des graphes 08C481 pour 2013 et 2014. Les deux graphes ne possèdent pas la même conformation. Le graphe 2014 est très dense autour de son centre, avec une excroissance vers le bas et à droite qui déborde le cadre de projection.

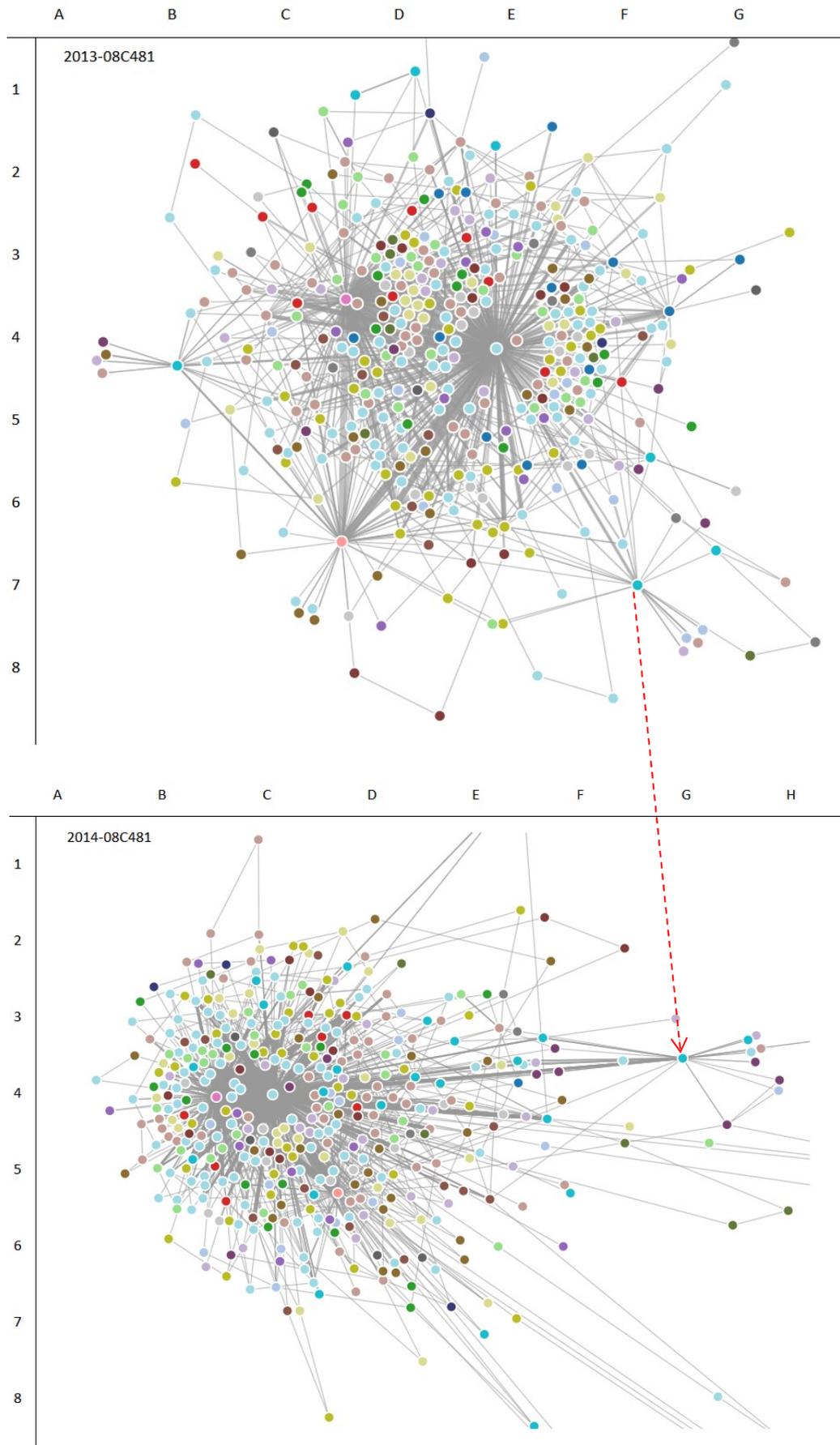


Figure 62 : Comparaison des graphes de force 2013 et 2014 pour 08C481

La projection 2014 ne correspond pas à nos attentes. A l'affichage, le code couleur s'avère décalé pour les groupes de valeur élevée supérieure à 19 en 2014 par rapport à 2013. Nous avons corrigé ce défaut en modifiant le code couleur dans le logiciel ; mais cette solution n'est pas viable. La gestion des couleurs dans l'hypothèse d'un nombre différent de groupes entre les sets de données mérite un travail complémentaire. Il s'agit de régler le problème des sauts de groupe avec l'attribution d'une couleur non pas selon une échelle ordinale comme c'est le cas dans notre prototype mais selon une échelle conditionnelle. Pour illustrer le changement à opérer, nous présentons le code de création des nœuds dans les graphes :

```
113     var node = svg.append("g")
114         .attr("class", "nodes")
115         .selectAll("circle")
116         .data(graph.nodes)
117         .enter().append("circle")
118         .attr("r", 5)
119         .attr("fill", function(d) { return color(d.group); })
120         .call(d3.drag()
121             .on("start", dragstarted)
122             .on("drag", dragged)
123             .on("end", dragended))
124         //ici la fonction qui permet de retrouver le type de séjour
125         .on("dblclick",function(d){
126             //si le séjour est 0, message qu'il s'agit de la sortie
127             if (d.id === "0")
128                 {return alert ("Il s'agit de la sortie du patient !");}
129             //sinon, si 90Z00Z, on indique ... sinon on pointe directement sur aideaucodage
130             else {
131                 if (d.id === "90Z00Z")
132                     {return alert ("90Z00Z : Erreurs et autres séjours inclassables !");}
133                 else
134                     {return window.open("https://www.aideaucodage.fr/ghm-" + d.id, '_blank')}
135             }
136         });
```

Figure 63 : Code de création des nœuds dans les graphes

A la ligne 119, on repère facilement l'attribution 'fill' qui s'appuie sur la variable 'color' dont les valeurs ont été présentées à la figure 12. L'utilisation d'un variable est insuffisante pour gérer la variabilité des groupes. Il faut modifier le code de la manière suivante :

```
.attr("fill", colored)
```

'colored' est une fonction à écrire. Elle permettrait d'attribuer définitivement un code couleur à l'ensemble des groupes définis par le classement CMD ; plus un code couleur pour la sortie. Sur le plan technique, la fonction sera de type *switch case* : *case 1 then blue, case 2 then red*, etc.

L'aspect ramassé masque les nœuds les plus connectés et l'épaisseur des liens. Nous cherchons d'abord à définir l'excroissance vers le bas et à droite. Elle s'avère très longue comme le montre la figure suivante, prise avec un zoom arrière important :

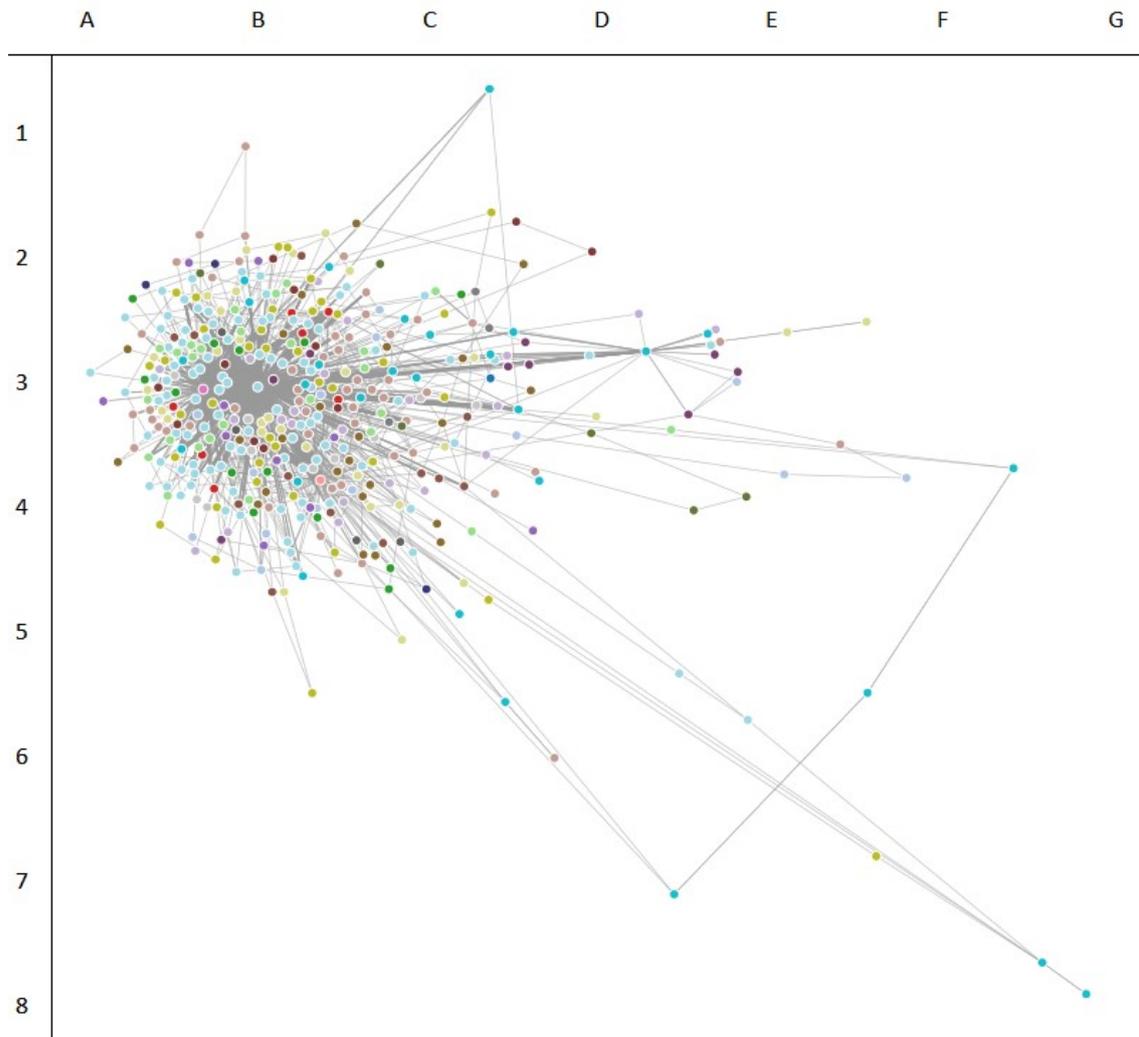


Figure 64 : Graphe complet des données 2014 pour 08C481

En double-cliquant sur les nœuds ●, nous identifions qu'il s'agit des séances du groupe '28' – séances (chimiothérapie, hémodialyse, radiothérapie). Nous indiquons sur la figure 62 le nœud correspondant à des chimiothérapies. Il est plus connecté et plus excentré en 2014. Mais ce sont surtout une cohorte de nœuds relatifs à des séances de radiothérapie qui s'enchainent dans le bas. Nous émettons l'hypothèse que l'ensemble des nœuds excentrés tire sur le graphe et ressert les autres nœuds entre eux. La fonction dynamique du graphe permet de le fouiller et de vérifier que nous retrouvons des caractéristiques proches concernant certains séjours.

- Le nœud ● 90Z00Z pour les séjours inclassables ou des erreurs :

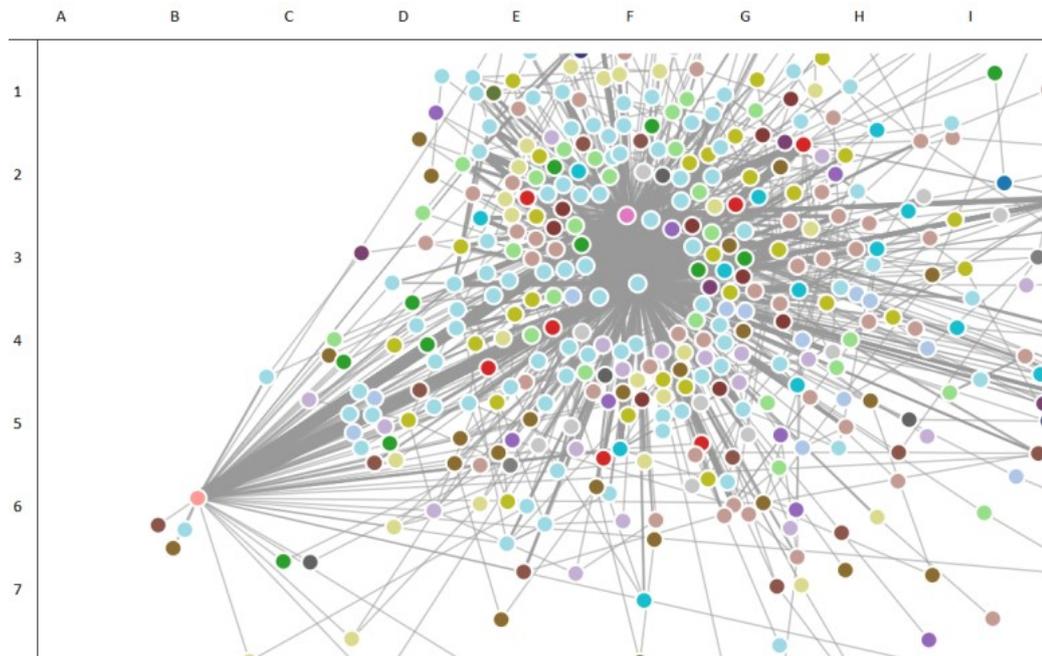


Figure 65 : Graphe 2014 - 08C481 - Noeud 90Z00Z

- De nombreux nœuds ● de groupe '06' - *affections du tube digestif*, assez connectés sont présents, au même titre que tous les autres graphes. On remarque 06K04J en [F ;3]
- Quelques nœuds ● qui renvoient à des actes du groupe '02' - *Affections de l'œil* dont 02C05J 'Interventions sur le cristallin' fortement connecté en [E ;2] et intermédiaire entre 08C481 et la sortie.

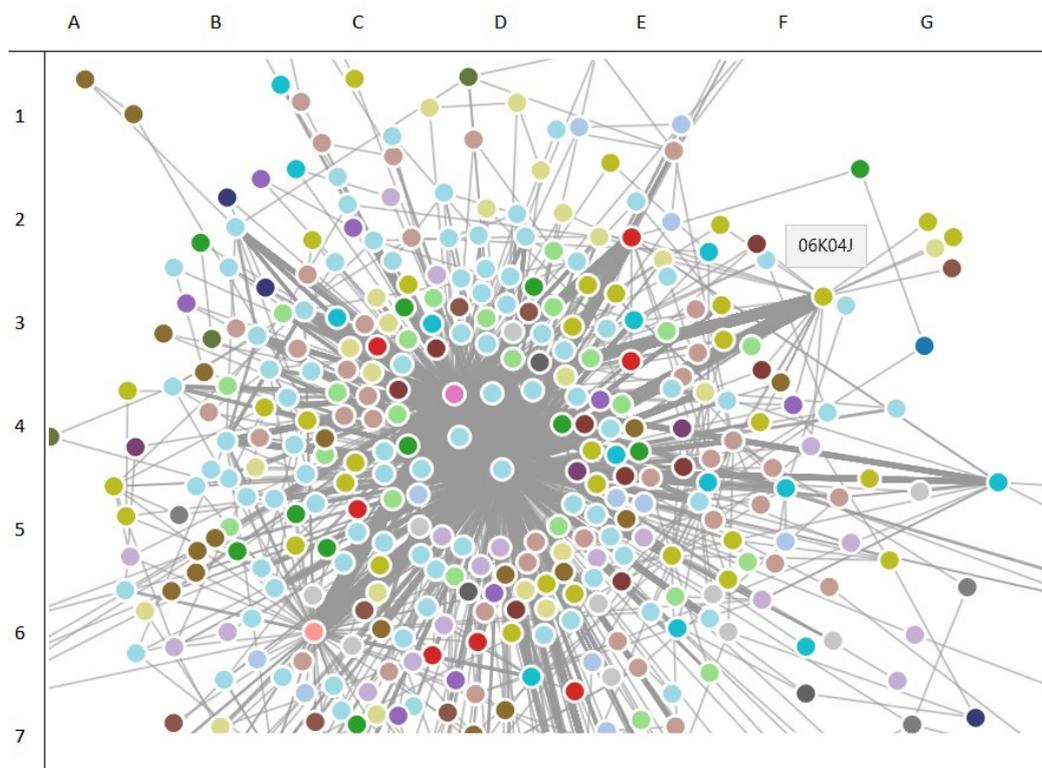


Figure 66 : Graphe 2014 - 08C481 - Nœuds 06K04J et 02C05J

Cette projection 2014 requiert une fouille plus importante et l'utilisation du zoom-dé-zoom implémenté sur tous les prototypes désormais. A ce stade, des nœuds du groupe '05' – *Affections de l'appareil circulatoire* ; nœuds ● ressortent.

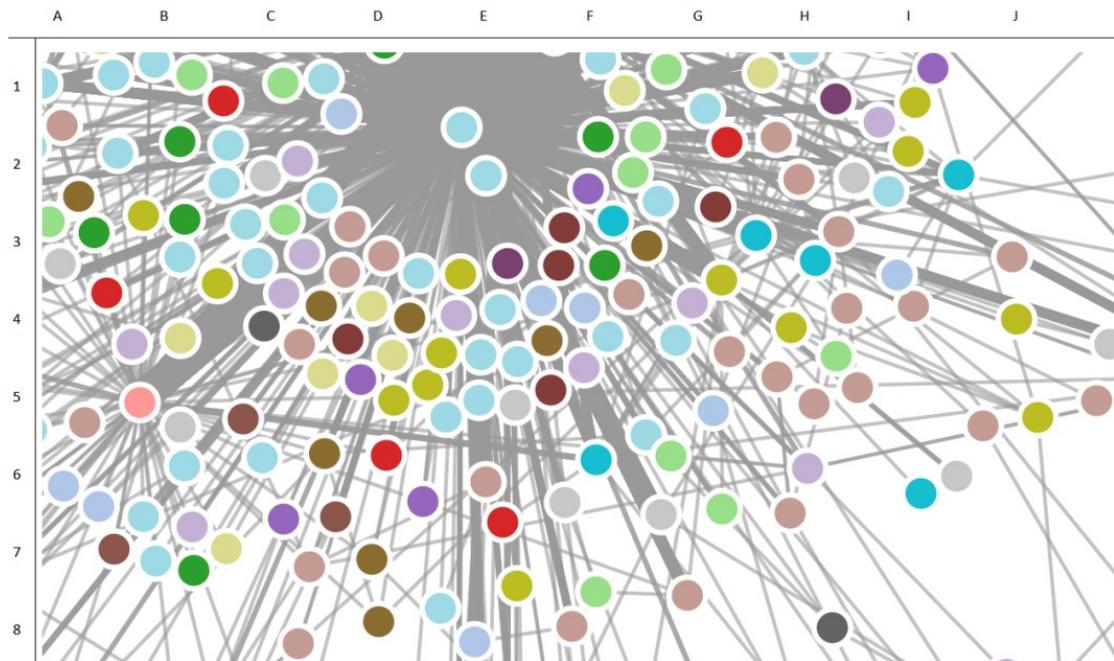


Figure 67 : Mise en évidence des séjours liés aux pathologies cardiaques et vasculaires

Il s'agit là de l'ensemble des séjours liés aux pathologies cardiaques et vasculaires ; ce qui semble finalement assez commun avec l'âge moyen constaté sur notre population. Les nœuds ● sont nombreux, connectés avec divers autres types de séjours et finalement assez éloignés de 08C481. Une fouille dynamique sur le jeu de données de 2013 permet de faire le même constat.

Sur la question de la représentativité de ces graphes, nous réinterrogeons les bases de données 2013 et 2014 pour obtenir un classement de la fréquence des séjours. Nous retenons le top 22 de ces séjours parmi 384 et 424 séjours différents pour chaque année. Nous présentons les résultats et l'association du nœud coloré dans le tableau suivant :

2013			2014		
Type	Fréquence		Type	Fréquence	
08C481	3092	●	08C481	3323	●
90Z00Z	159	●	90Z00Z	165	●
28Z04Z	107	●	06K04J	83	●
06K04J	74	●	02C05J	78	●
28Z07Z	71	●	28Z07Z	69	●
02C05J	70	●	28Z17Z	58	●
23M20T	60	●	28Z18Z	48	●
28Z24Z	58	●	06K02Z	43	●
06K02Z	39	●	28Z23Z	28	●
28Z17Z	28	●	28Z16Z	27	●
05K101	25	●	28Z24Z	25	●
08C221	23	●	23M20T	23	●
08M101	22	●	08C221	23	●
08M18T	21	●	08M181	19	●
08C241	21	●	08M101	19	●
08M181	19	●	23K02Z	18	●
08K02J	17	●	01C15J	17	●
28Z15Z	13	●	05K101	16	●
23K02Z	13	●	05C17J	16	●
05C17J	11	●	23M20Z	14	●
05K10J	11	●	08C241	14	●
06C121	10	●	08C482	14	●

Tableau 25 : Fréquence des types de séjour en 08C481 pour 2013 et 2014

Nous constatons essentiellement la présence aux avant-postes des séjours du groupe '28' liés aux séances, avec un cumul de ces séances de 255 sur le tableau précédent en 2014 contre 170 en 2013. En contrepartie, les séjours du groupe '08' d'orthopédie sont moins présents en 2014 dans ce classement. Le groupe '05' qui se détachait sur le graphe reste mineur dans ce tableau.

Pour terminer nous projetons le graphe de 08C45J et 08C481 de 2013 sur une même planche :

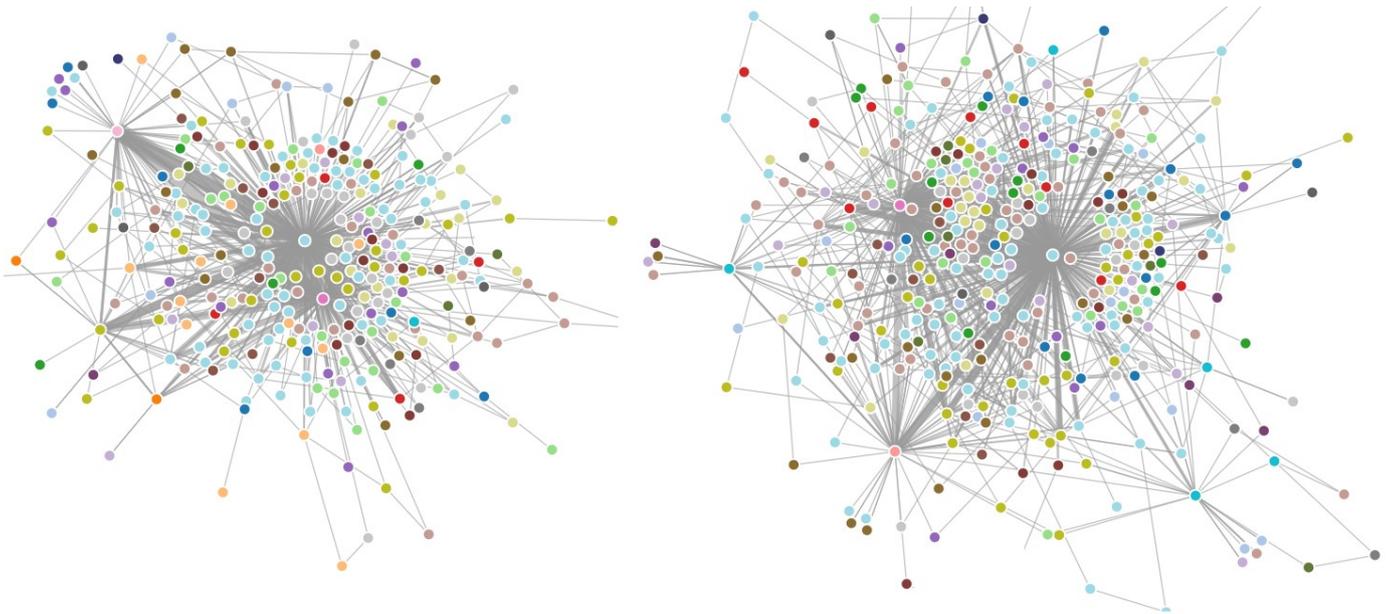


Figure 68 : Comparaison des graphes 08C45J (gauche) et 08C481 – année 2013

Compte tenu des résultats obtenus pour la projection de 08C481 en 2014 qui s'est montrée assez confuse, la prudence s'impose sur la démarche de comparaison. Le nombre de séjours différents pour 08C45 s'affichaient à 309 et 343 pour 2013 et 2014 contre, pour 08C481, 384 et 424. Nous ne pouvons pas affirmer sur la figure précédente que cette différence puisse être mise en évidence.

*
**

Au cours de ce chapitre, nous avons approfondi nos connaissances sur deux sets de données 08C45J et 08C481 préalablement sélectionnés. Nous avons ensuite développé puis utilisé un environnement léger pour afficher des graphes NŒUDS-LIENS, les données étant vues en tant que réseau. Si nous avons amélioré notre connaissance, nous restons confrontés au caractère subjectif de l'approche visuelle. Nous engageons dans la prochaine partie un travail de mesures issues de la théorie des graphes.

*
**

4.3. CALCULS ET MESURE SUR LES GRAPHES

Pour collecter des mesures objectives sur nos graphes, nous utilisons GEPHI qui intègre un module statistique⁸⁴. Compte tenu de la multitude des mesures possibles, nous avons été contraints de les limiter. Pour cette raison, nous développons les approches séquentielles suivantes, appliquées uniquement sur les données 2013 :

- Centralité de voisinage : Mesures de la situation d'un nœud ou séjour par rapport à ses voisins ;
- Centralité distante : Mesures de la situation d'un nœud ou séjour par rapport à tous autres nœuds du réseau ;
- Détection des communautés de séjours : Recherche de partitions et regroupement.

Il s'agit d'une approche très partielle de la mesure des graphes. Notre objectif est d'améliorer notre connaissance de nos sets de données et de notre outil de projection ; et éventuellement susciter une initiation de ce genre d'approche à des données de santé.

En préambule, nous projetons ici les visualisations obtenues préalablement à nos mesures avec GEPHI pour les réseaux de séjours 08C45J et 08C481 en 2013. Le code couleur de nos projections sous JavaScript a été autant que possible repris pour les nœuds. Des ajustements ou choix visuels ont été faits en fonction des facilités de rendus sous GEPHI :

⁸⁴ R est également un environnement favorable à ces mesures.

- 2013 – 08C45J – graphe de base, diamètres des nœuds fonction des degrés d'incidence

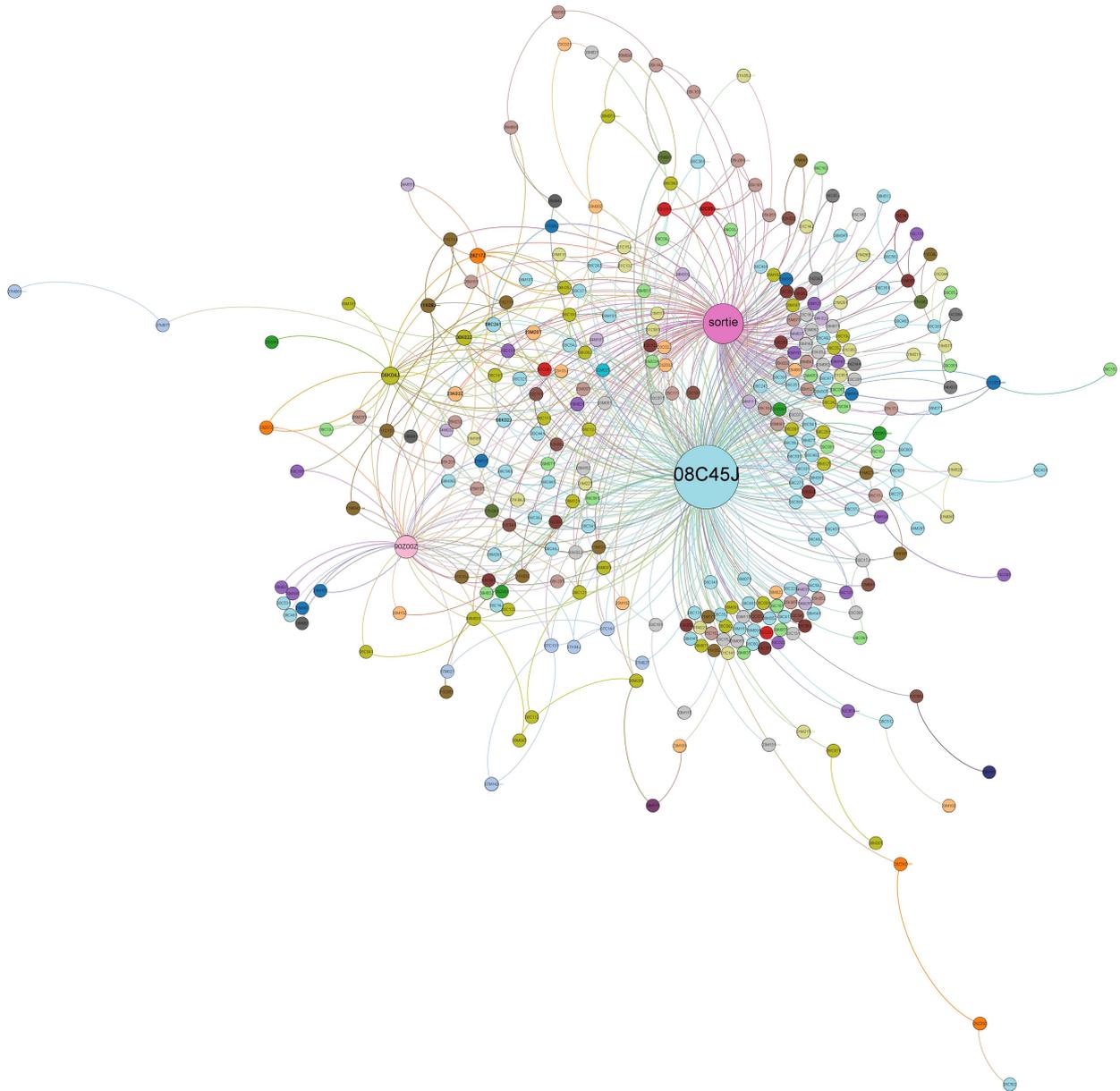


Figure 69 : Projection du réseau 08C45J sous GEPHI - données 2013

Projection avec algorithme de spatialisation Force Atlas 2.

Figure précédente à comparer à la figure 44 obtenue avec notre outil sous JavaScript.

- 2013 – 08C481 – graphe de base, diamètres des nœuds fonction des degrés d'incidence

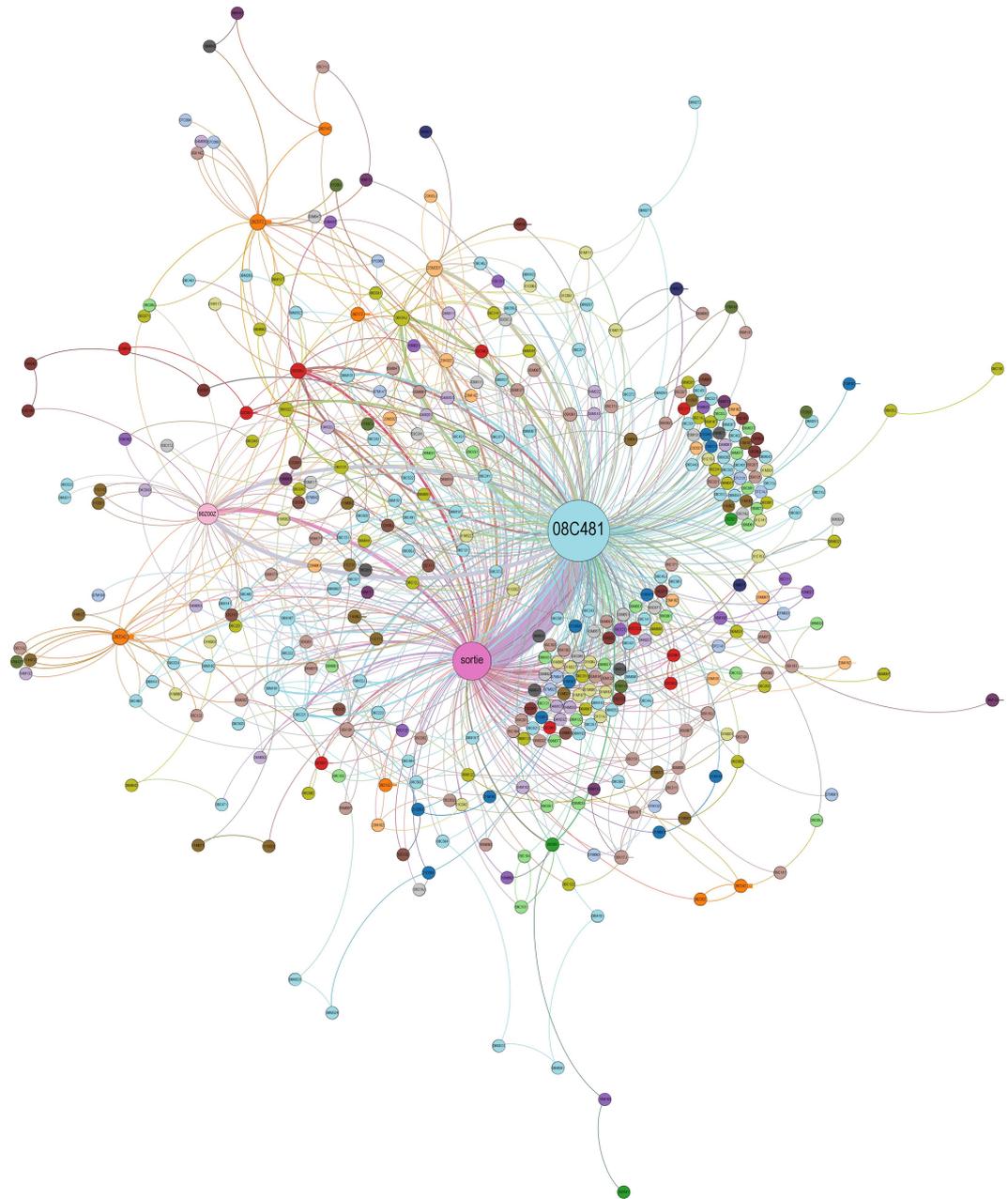


Figure 70 : Projection du réseau 08C481 sous GEPHI - données 2013

Projection avec algorithme de spatialisation Force Atlas 2.

Figure précédente à comparer à la figure 67 obtenue avec notre outil sous JavaScript.

Afin d'alléger la présentation, nous mettons en Annexe 10 le rendu graphique avec pondération de la centralité de centralité (closeness) présentée plus loin.

4.3.1. Centralité de voisinage

i. Degré de distribution

L'indicateur le plus simple consiste à mesurer le nombre d'entrées et de sorties pour chaque nœud ; ce que l'on appelle le degré d'incidence. Les mesures se font avec ou sans pondération du poids de l'incidence. Dans notre cas, nous réalisons ces mesures sans pondération. Nous comparons ici la distribution du degré d'incidence constatée en 2013 pour le réseau 08C45J et 08C481 :

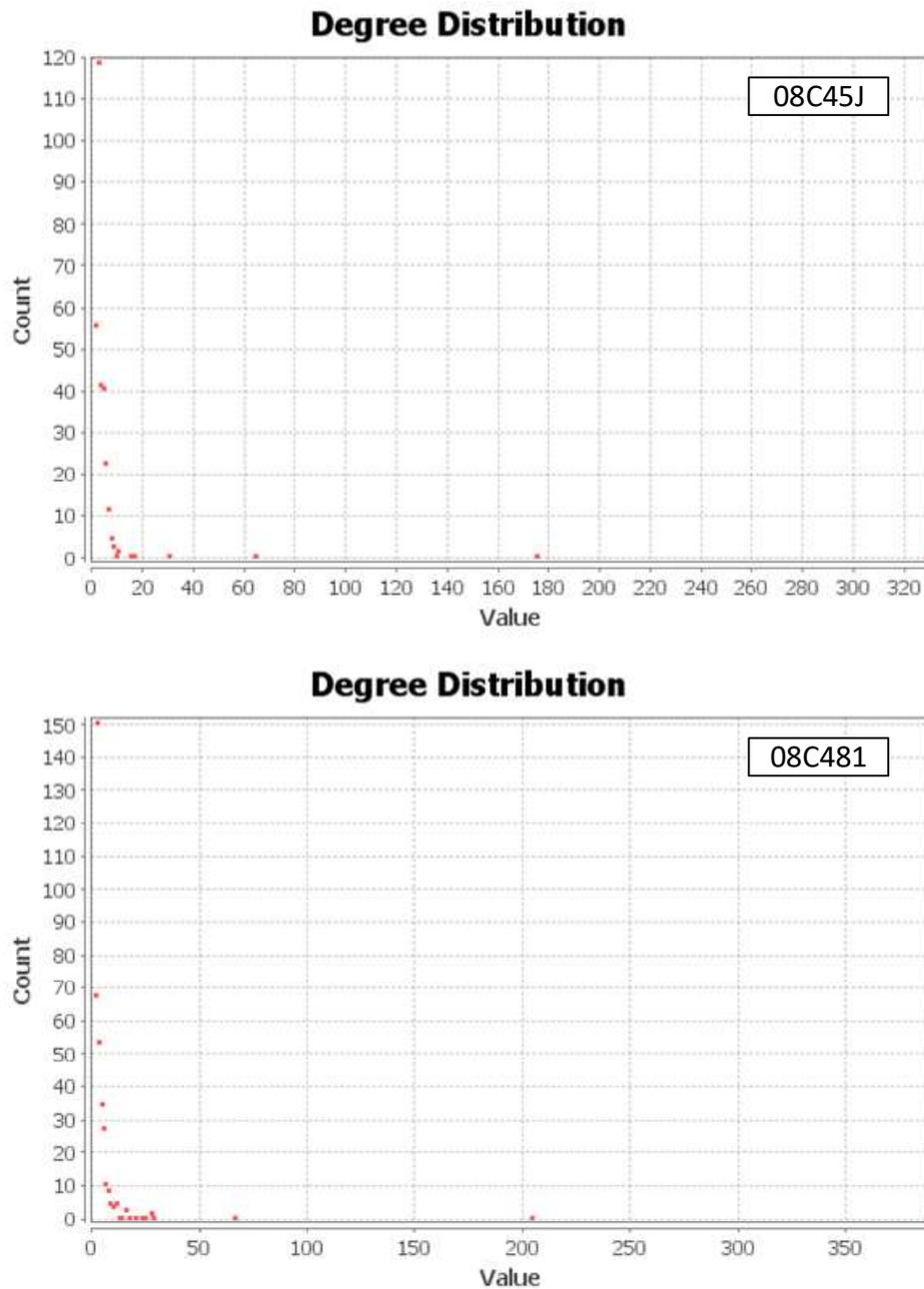


Figure 71 : Comparaison des degrés de distribution - 2013

Les deux distributions ont le profil d'une fonction puissance en entier négatif qui "s'écraserait" autour d'une valeur comprise entre 20 et 30 degrés d'incidence. On constate pour 08C481 une densité de nœuds plus importante sur cette tranche.

Nous extrayons les valeurs exactes du TOP10 pour le constater :

08C45J		08C481	
Nœuds	Degré d'incidence non pondérée	Nœuds	Degré d'incidence non pondérée
08C45J	329	08C481	388
sortie	175	sortie	204
90Z00Z	64	90Z00Z	66
06K04J	30	23M20T	28
06K02Z	16	28Z04Z	27
28Z17Z	15	28Z07Z	27
23K02Z	10	02C05J	24
23M20T	10	06K04J	23
08C241	9	08M18T	20
02C05J	8	05K101	17

Tableau 26 : Tableau du TOP10 des degrés d'incidence pour 2013

Nous retrouvons les principaux séjours qui se sont révélés dans l'approche visuelle initiale ; avec un degré d'incidence supérieur pour les séjours les mieux placés et liés à 08C481. Ceci signifie que pour notre set 08C481, il existe une variabilité plus importante dans les parcours possibles.

Les distributions constatées pour l'un et l'autre des sets expérimentaux, en s'apparentant à une fonction puissance, évoquent celles des réseaux sans échelle. Cette information devra être validée spécifiquement. Mais la démarche n'a d'intérêt que dans une situation d'exploitation des propriétés et des modèles liés aux réseaux sans échelle : modélisation, création de graphes aléatoires capables de reproduire les graphes réels, simulation.

ii. Centralité de vecteur propre (Eigenvector)

L'indicateur mesure l'importance d'un nœud dans le réseau selon sa position par rapport aux sommets très connectés ; partant du principe qu'un nœud qui possède un lien avec un autre nœud lui-même "pauvrement" connecté vaut moins qu'un nœud lié à un nœud "richement" connecté. Il s'agit d'un indice dont la valeur se situe entre 0 et 1.

Avec cet indicateur, les nœuds d'autorité du réseau possédant déjà un degré d'incidence élevé se voient affecter un score Eigenvector généralement assez important ; parce que justement ils ont plus de probabilité d'être connectés aux autres nœuds d'autorité ; c'est-à-dire entre eux.

La distribution de cette centralité de vecteur propre est représentée dans les figures suivantes :

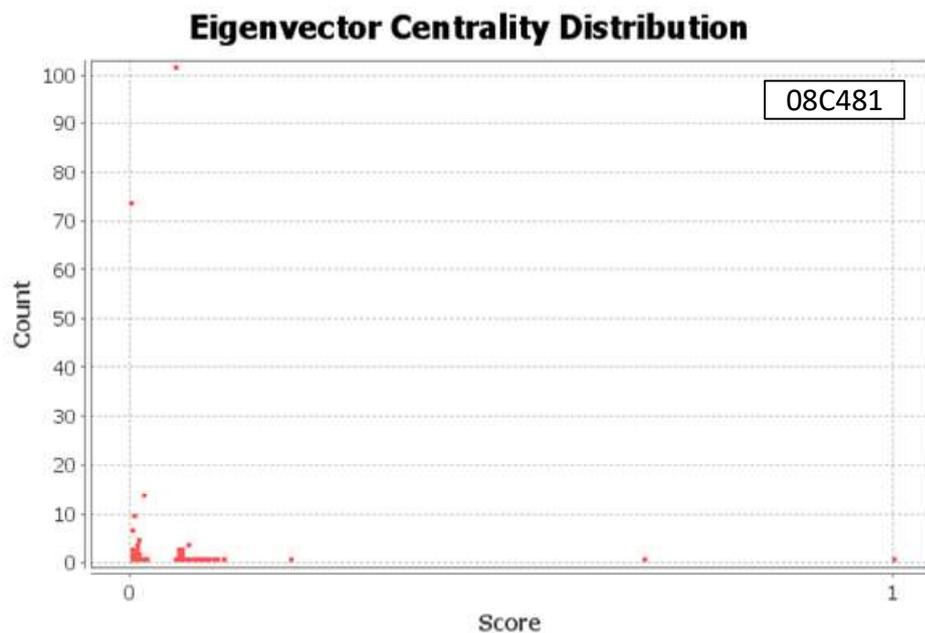
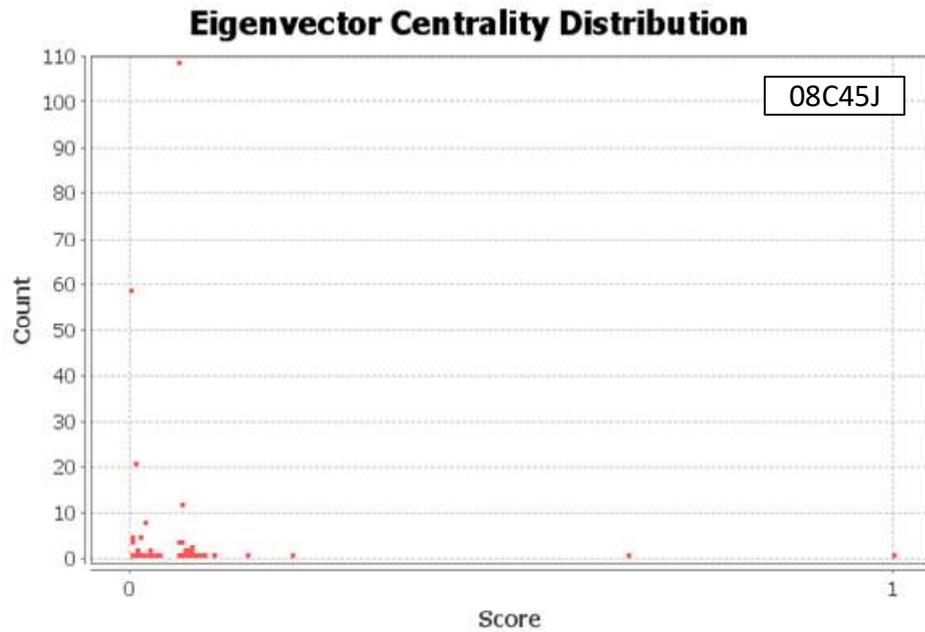


Tableau 27 : Distribution de la centralité de vecteur propre - 2013

Dans les graphes précédents, on identifie des scores élevés par les trois nœuds traditionnels de nos sets : la sortie, le nœud de critère (08C45J, 08C481) et le nœud 90Z00Z, en tant que nœuds "leader". Ces scores correspondent aux multiples connections que ces trois nœuds possèdent entre eux trois.

On distingue ensuite une sorte de premier regroupement. Il correspond aux nœuds liés aux trois nœuds "leader". Nous extrayons le TOP10 des scores d'Eigenvector pour identifier certains de ces nœuds :

08C45J		08C481	
Eigenvector		Eigenvector	
sortie	1,0000	sortie	1,0000
08C45J	0,6532	08C481	0,6723
90Z00Z	0,2109	90Z00Z	0,2101
06K04J	0,1519	28Z04Z	0,1221
06K02Z	0,1092	23M20T	0,1204
23K02Z	0,1089	08C221	0,1123
28Z17Z	0,0970	02C05J	0,1120
01K04J	0,0955	05K101	0,1087
08C241	0,0892	08M18T	0,1017
08C441	0,0880	23K02Z	0,1011

Tableau 28 : TOP10 des scores d'Eigenvector - 2013

On observe également un pic ; plus d'une centaine de nœuds possède un score autour de 0.06154. Surtout se crée une sorte de rupture entre les nœuds de scores intermédiaires et des nœuds de scores très faibles. Les graphes n'ont pas permis d'identifier, en projection simple, cette dichotomie. En fait, nous avons, au cœur de nos graphes, trois nœuds "leader" au centre entourés d'une première cohorte de nœuds puis une troisième couronne de nœuds relativement éloignés du cœur et faiblement connectés. Cette particularité pourrait être exploitée pour l'identification de sous-graphes par partition.

4.3.2. Centralité distante

Les mesures de centralité "distante" étudient la place d'un sommet par rapport à tous les autres sommets. Elles vont considérer chaque nœud en tant qu'étape d'un chemin spécifique. Pour réaliser toutes les mesures, nous avons gardé le caractère dirigé du graphe.

Les mesures les plus simples sont :

- Les mesures de distance moyenne entre deux nœuds. Il est de 2.604 [longueur moyenne du chemin] pour 08C45J et 2.756 pour 08C481.
- Les mesures de diamètre, c'est-à-dire la plus longue distance possible entre deux nœuds du réseau : 6 pour 08C45J et 9 pour 08C481.

Ces premières mesures confirment que le set 08C45J est un réseau de séjours un peu plus resserré que 08C481. Ce dernier possède des distances plus longues.

Sur la mesure de centralité distante, trois mesures principales reviennent régulièrement en science des réseaux :

- La centralité d'intermédiarité ou *betweenness centrality* ;
- La centralité de proximité ou *closeness centrality* ;
- L'excentricité ou *excentricity*.

Nous engageons des mesures pour chacune d'entre elles.

i. Centralité d'intermédiarité

Elle mesure la fréquence d'apparition d'un nœud sur l'ensemble des plus courts chemins entre les nœuds du réseau. Précisons que notre réseau est directif ; les enchainements séjour-séjour ont un sens, celui observé dans les parcours réels. La mesure d'intermédiarité va par contre envisager tous les plus courts chemins possibles au sein de notre réseau ; en respectant seulement le caractère dirigé des liens. Dans notre cas, cette mesure sera un indicateur de participation au parcours, en tant que point de passage possible – *ou obligé* ; et en tant qu'intermédiaire potentiel.

Les graphes des distributions de cette mesure sont les suivants :

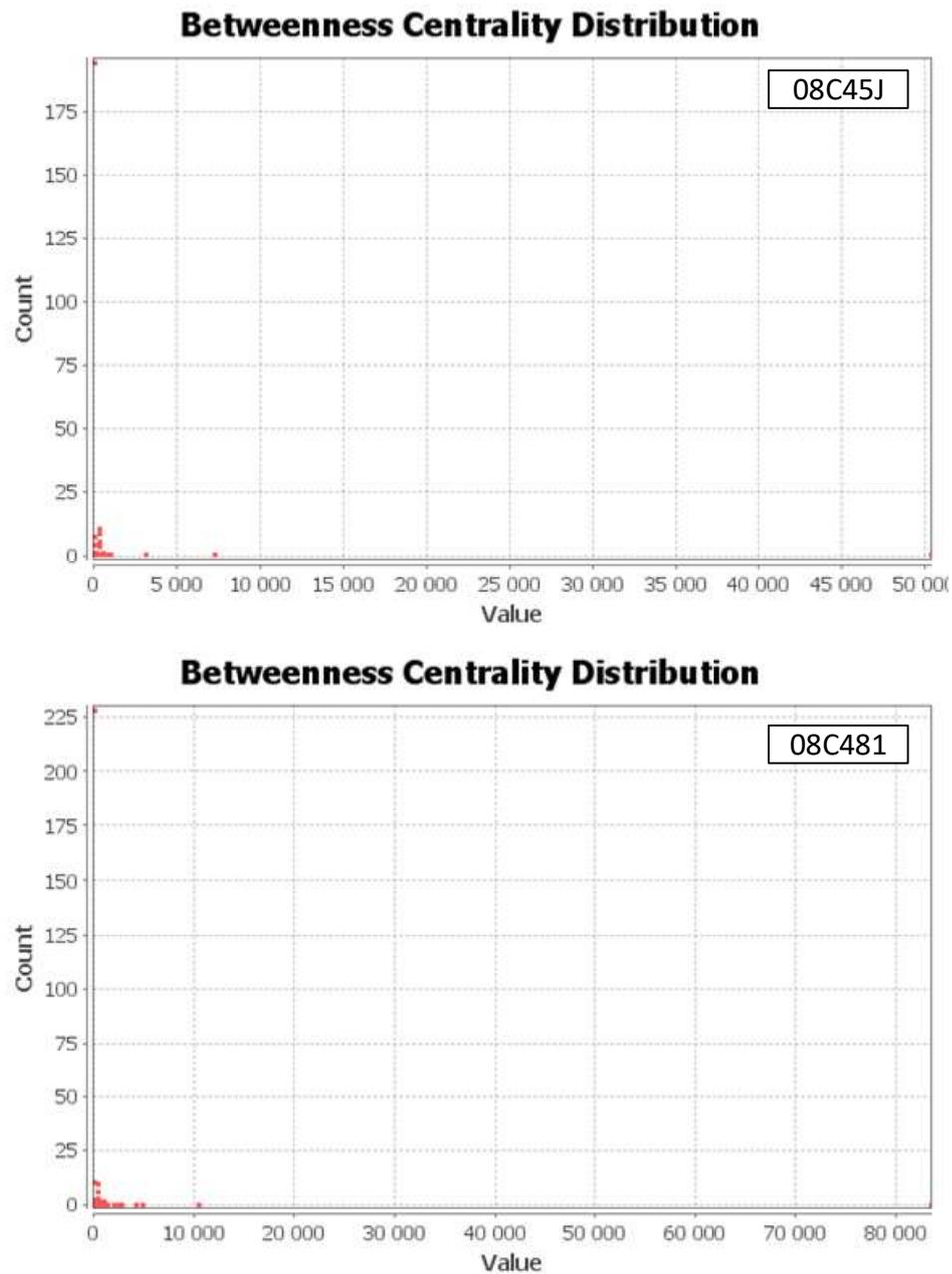


Figure 72 : Centralité d'intermédierité - 2013

On remarque immédiatement une différence d'échelle entre les deux graphes précédents ; le graphe 08C45J s'étend jusqu' 50 333 contre 83 471 en 08C481 ; l'un et l'autre valant pour les séjours critères 08C45J et 08C481. Le nœud 'sortie' n'est pas un nœud intermédiaire et possède, en tant que nœud de fin comme d'autres nœuds d'entrée pure, un score de 0.

Le TOP10 des scores est le suivant :

08C45J		08C481	
Betweenness		Betweenness	
08C45J	50 333,55	08C481	83 471,77
90Z00Z	7 186,44	90Z00Z	10 278,90
06K04J	3 043,59	28Z07Z	4 646,08
23M20Z	879,00	28Z04Z	4 016,92
23K02Z	743,97	06K04J	2 627,03
06M201	716,00	02C05J	2 509,36
08C321	714,00	05K101	2 363,40
28Z17Z	695,17	23M20T	1 853,99
02C05J	687,00	08M18T	1 222,18
11K08J	631,35	28Z14Z	1 186,00

Tableau 29 : Centralité d'intermédiarité - 2013

Nous retrouvons 90Z00Z en tant que nœud intermédiaire d'importance. Pour le réseau 08C45J, 06K04J⁸⁵ qui suit puis 23M20Z⁸⁶, 23K02Z⁸⁷, 06M201⁸⁸. Nous n'avons pas identifié ces séjours graphiquement ; leur incidence ne les fait pas forcément ressortir. Ils constituent des points de passage un peu plus probables que d'autres parmi l'ensemble des plus courts chemins. Pour 08C481, les séjours classés pour cet indicateur sont identiques à ceux déjà repérés en centralité de voisinage. Les scores des séjours du réseau 08C481 sont également plus élevés. Pour ce réseau, les nœuds intermédiaires sont susceptibles de participer plus souvent en tant qu'intermédiaire possible d'un parcours. Le graphe 08C481 s'avère plus complexe que 08C45J par le nombre plus élevé de combinaisons qu'il propose.

ii. Centralité de proximité

Elle est calculée à partir de la distance moyenne depuis un nœud de départ vers tous les nœuds du réseau. La mesure est normalisée sous forme d'indice entre 0 et 1. A partir d'un nœud donné, elle traduira la facilité pour atteindre un autre nœud du réseau. Les nœuds situés à moyenne distance – *égale distance*, de tous les autres nœuds auront un meilleur indice.

Les distributions sont les suivantes :

⁸⁵ Endoscopie digestive diagnostique et anesthésie, en ambulatoire

⁸⁶ Autres symptômes et motifs de recours aux soins de la CMD 23

⁸⁷ Explorations nocturnes et apparentées : séjours de moins de 2 jours

⁸⁸ Tumeurs bénignes de l'appareil digestif, niveau 1

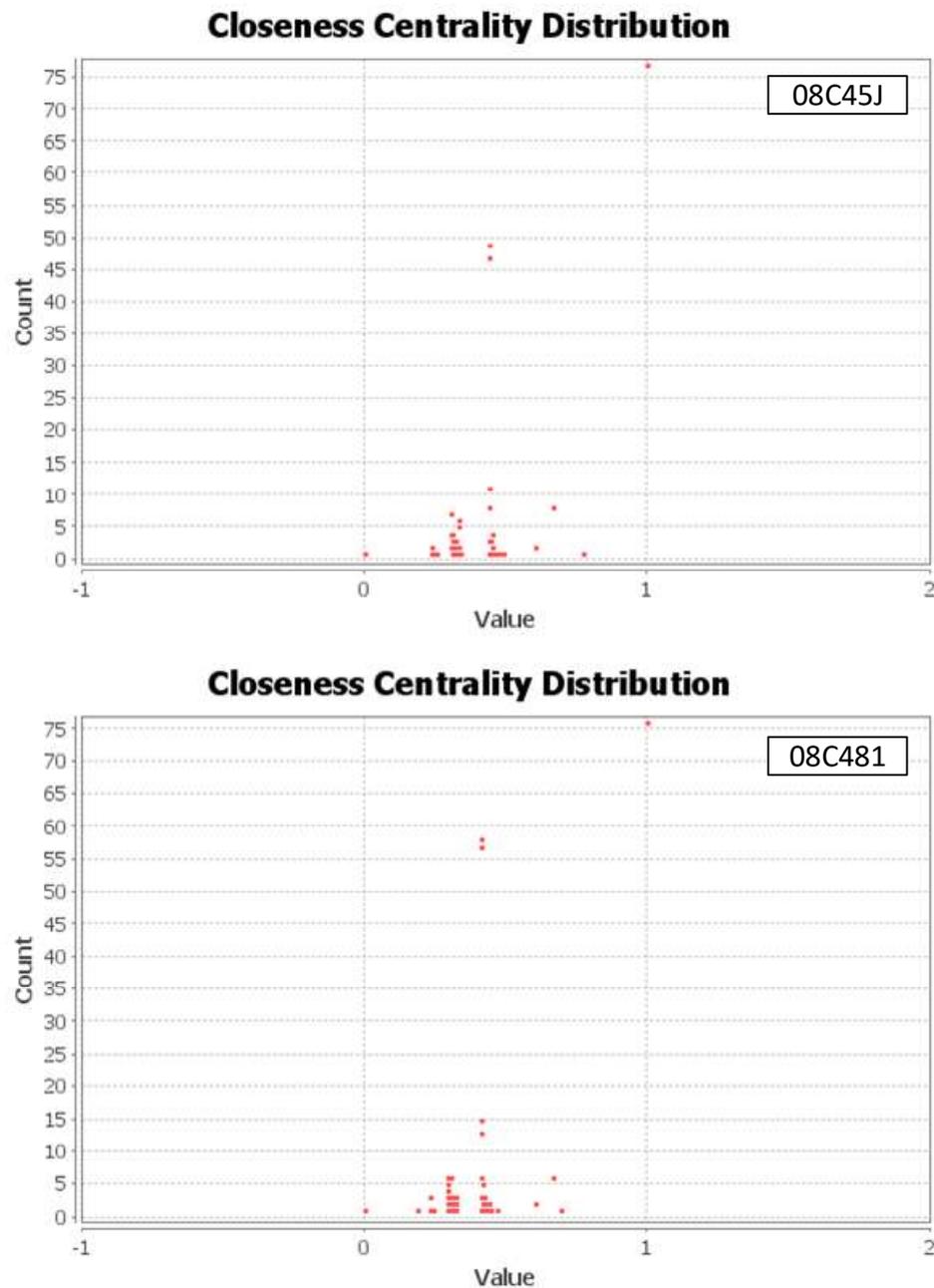


Figure 73 : Centralité de voisinage - 2013

Situons, dans un premier temps, les extrêmes placés en 0 et en 1 sur ces distributions :

- En valeur égale à 0, nous retrouvons la sortie ; logiquement puisqu'elle est le nœud final à partir duquel le patient termine son parcours. C'est le nœud le plus éloigné de tous les autres nœuds ; considérés dans leur ensemble.
- En valeur égale à 1, nous retrouvons tous les parcours qui sont les plus proches de tous les nœuds du graphe. Dans notre cas, ils vont se situer opportunément entre le nœud de critère (08C45J ou 08C481) et la sortie ; et ainsi priver le nœud de critère (08C45J ou 08C481) d'obtenir le meilleur score.

Sur le graphe de distribution et quel que soit le set, il s'agit d'environ 75 séjours qui scorent à 1 et graphiquement situés entre les séjours critères (08C45J ou 08481) et la sortie.

- Les figures précédentes laissent penser que les valeurs sont stratifiées. Pour le vérifier, nous recréons un graphe spécifique avec l'ensemble des scores :

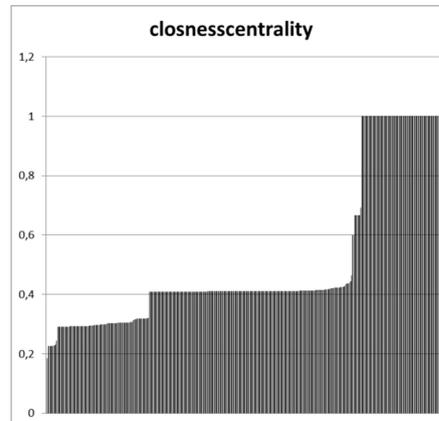


Figure 74 : Mise en évidence des scores par strate – centralité de voisinage

Des groupes de nœuds se situent au même endroit dans le graphe ; à l'origine de la stratification du score de centralité de voisinage. Un contrôle visuel des graphes NŒUD-LIEN confirme cet aspect dans certaines zones. Néanmoins les processus de spatialisation de base que nous utilisons ont tendance à gommer cette information.

Nous réutilisons les séjours identifiés par la mesure de centralité d'intermédiation et calculons le score pour chacun des séjours et dont avons constaté qu'ils étaient centraux :

08C45J		08C481	
closeness		closeness	
08C45J	0,77	08C481	0,69
90Z00Z	0,49	90Z00Z	0,46
06K04J	0,47	06K04J	0,44
28Z17Z	0,45	28Z04Z	0,44
23M20Z	0,45	02C05J	0,44
08C321	0,44	23M20T	0,44
23K02Z	0,44	28Z07Z	0,43
02C05J	0,44	08M18T	0,43
11K08J	0,44	05K101	0,42
06M201	0,44	28Z14Z	0,23

Tableau 30 : Principaux séjours et mesure de centralité de voisinage (closeness) - 2013

En termes de centralité de proximité, les séjours précédents se situent au milieu de la distribution ; sauf le séjour de critère, plus proximal. Sans référentiel, l'interprétation de cette mesure s'avère malgré tout difficile.

Nous engageons le calcul d'une mesure complémentaire : l'excentricité. Cette mesure calcule la distance depuis un nœud de départ vers le nœud le plus loin dans le réseau. Elle mettra en évidence l'éloignement des nœuds ; et peut être considérée comme l'inverse de la centralité de proximité calculée précédemment. Il ne s'agira plus d'un indice mais d'une mesure en nombre de nœuds – *en sautant de nœud en nœud*, pour atteindre la fin du parcours sur le graphe. Le caractère discret de cette mesure – *au sens mathématique*, induit un regroupement des séjours par valeur contrairement à la centralité de voisinage.

Egalement on retrouve, dans la présentation des distributions d'excentricité, la valeur du diamètre du graphe comme valeur d'éloignement maximale. Les figures ci-dessous présentent la distribution d'excentricité :

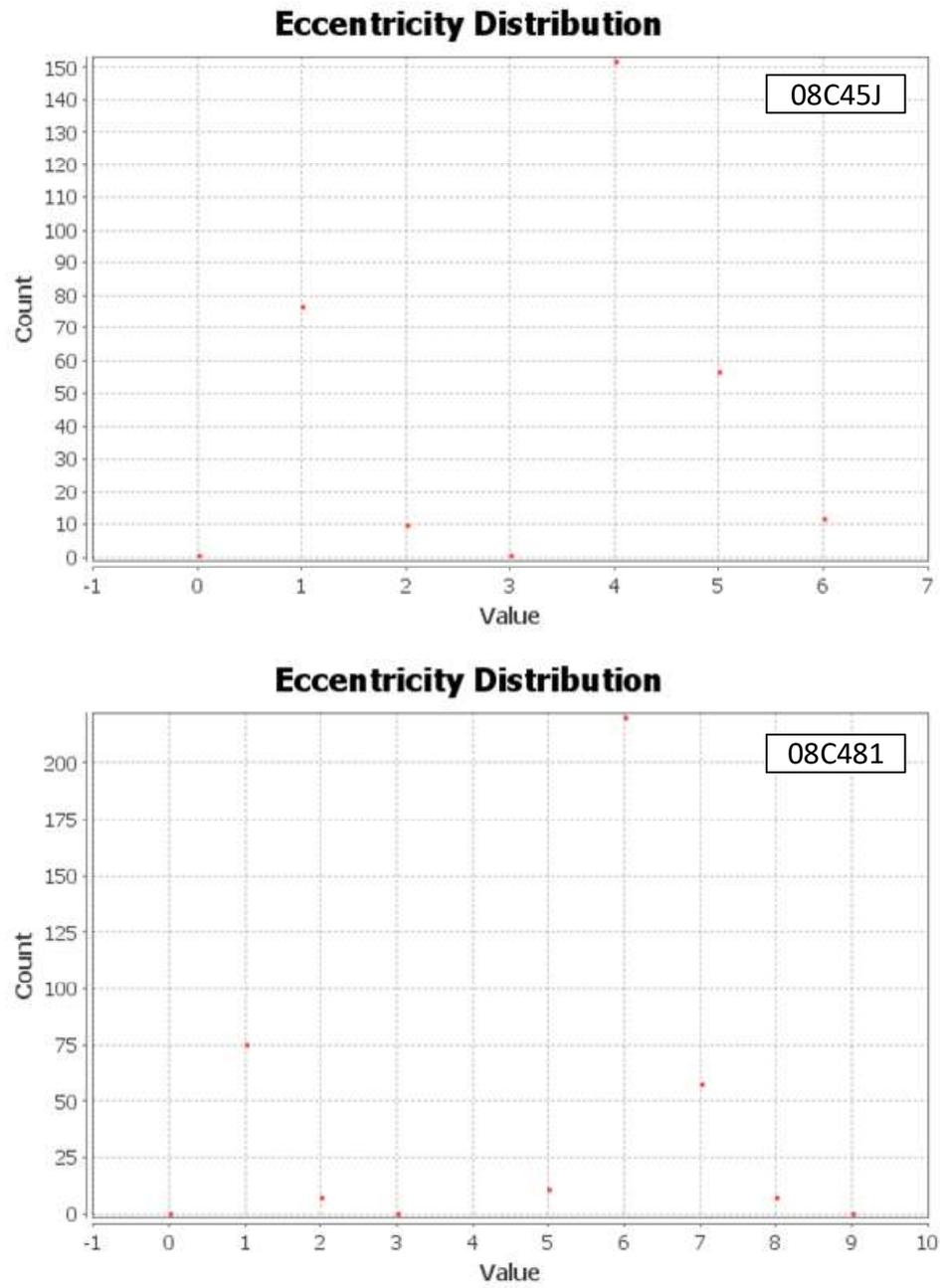


Figure 75 : Excentricité - 2013

Pour les deux distributions, on constate :

- Pour 08C45J, les valeurs maximales d'excentricité se situent à 1 et 4.
- Pour 08c481, les valeurs maximales d'excentricité se situent à 1 et 6.

Dans les deux cas, la valeur 1 correspond aux amas de séjours situés entre le séjour de critère et la sortie et coté 1 en centralité d'intermédiarité. Pour le reste, les parcours de séjours vers la sortie sont plus courts de 2 nœuds en 08C45J ; en conformité avec les diamètres du graphe. Ces mesures renforcent l'impression globale de complexité supérieure pour 08C481 ; le réseau est plus long et offre plus de combinaisons.

4.3.3. Indicateurs de densité et de partition

i. Densité

Cet indicateur mesure à quel point le graphe est complet ; un graphe complet étant un graphe où tous les nœuds possèdent un lien entre eux. Nous imaginons bien ce qu'un graphe complet représente en termes de densité des connections. Les réseaux de séjours restent dans tous les cas des réseaux à la densité faible comme c'est le cas ici :

08C45J	08C481
Densité	
0,008	0,007

Tableau 31 : Mesure de la densité des graphes - 2013

On remarque seulement la différence de densité entre les deux sets de données, le set de séjours liés à 08C45J ayant une densité supérieure. En l'absence de référentiel, il s'avère difficile d'exploiter cette mesure qu'il faudrait confronter à une base de données de ce type de mesure.

ii. Modularité et détection des communautés

Nous devons enfin rechercher s'il existe des partitions pertinentes au sein du graphe ou des sous-graphes fortement connectés. Typiquement, il s'agit de détecter des communautés dont les membres seraient très liés entre eux et avec de faibles liens extra-communautaires vers le reste du graphe. De telles situations sont légèrement perceptibles sur nos graphes de base. Le calcul de modularité donne un indicateur complémentaire d'éventuels phénomènes communautaires.

Sur le plan technique, la mesure est assez complexe. Il s'agit de coupler le calcul d'un coefficient de regroupement – *dit de clustering*, au plus court chemin moyen. La combinaison indique la présence d'un éventuel effet de "*small-world*", soit la manière dont les nœuds sont encadrés dans leur voisinage. La moyenne donne un indice général sur taux de *clustering* du

réseau. Une valeur supérieure à 0.3 signe la présence de clusters. Le regroupement par classe des valeurs individuelles donne une mesure de nombre de communautés relevé.

Les algorithmes de calcul nécessitent de faire un certain nombre de choix au préalable qui vont déterminer la précision et le temps de calcul. Nous appliquons les mesures par défaut proposées par GEPHI⁸⁹.

Le tableau suivant donne d'abord un aperçu des indicateurs moyens sur les graphes :

08C45J		08C481	
Modularité	Nombre de communautés	Modularité	Nombre de communautés
0,313	17	0,247	18

Tableau 32 : Modularité et communautés - 2013

Le réseau 08C45J indique une modularité de 0.313 ; soit un indicateur qu'il existe éventuellement des clusters dans le réseau. Avec une valeur inférieure, le réseau 08C481 est sous la limite. L'algorithme identifie également des communautés. Ses valeurs dépendent particulièrement des paramètres algorithmiques.

⁸⁹ Avec notamment : Approche aléatoire, prise en compte du poids des liens et résolution normalisée.

Nous poursuivons en présentant les distributions des communautés détectées :

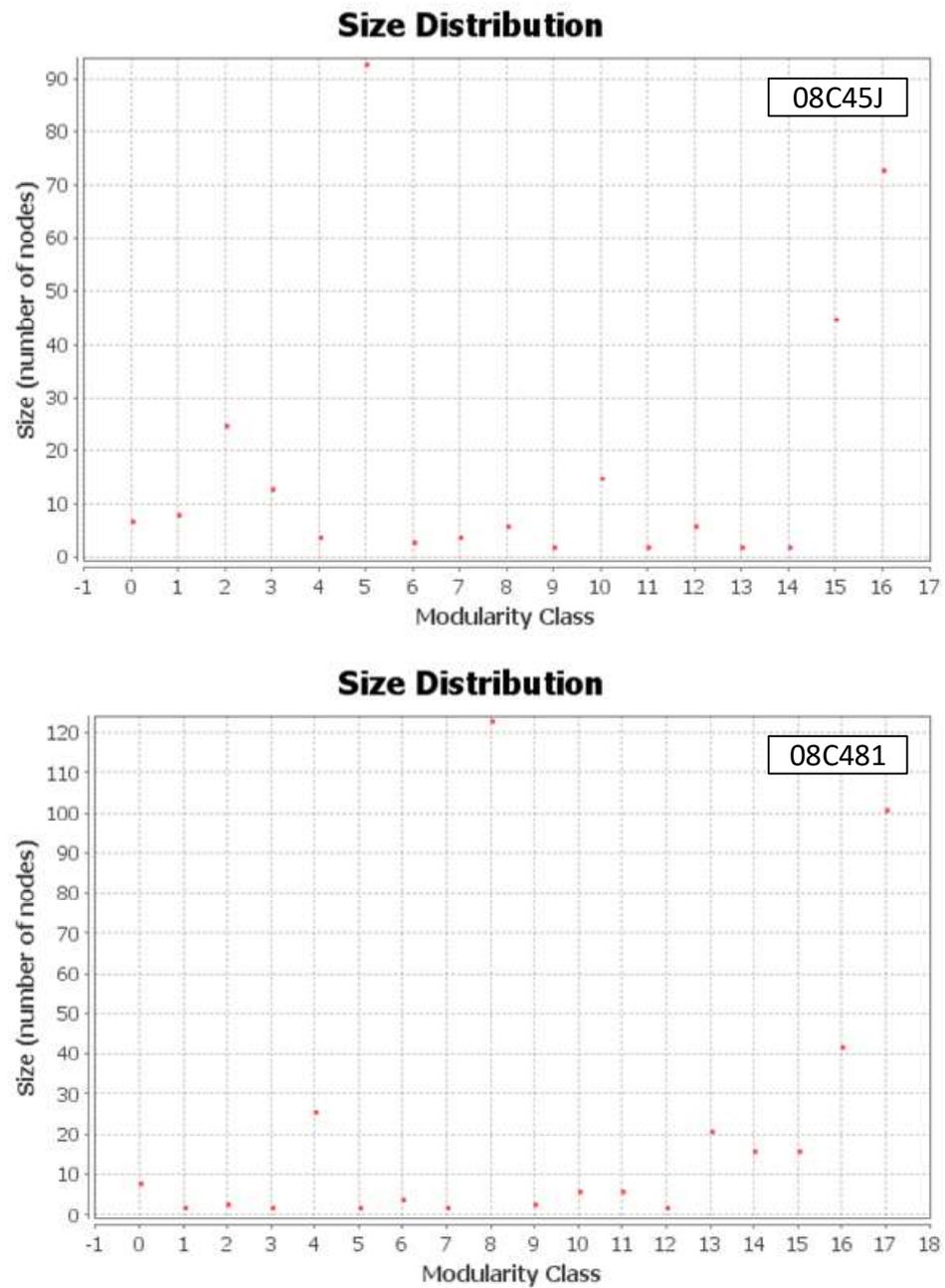


Figure 76 : Détection des communautés - 2013

En parallèle, nous reprenons le TOP10 des séjours les plus connectés (degré d'incidence les plus élevés) pour déterminer à quelle communauté ils sont apparentés :

08C45J		08C481	
Modularité		Modularité	
08C45J	5	08C481	2
sortie	16	sortie	12
90Z00Z	15	90Z00Z	11
06K04J	2	23M20T	2
06K02Z	2	28Z04Z	9
28Z17Z	3	28Z07Z	8
23K02Z	3	02C05J	0
23M20T	10	06K04J	2
08C241	2	08M18T	4
02C05J	0	05K101	2

Tableau 33 : Valeur de modularité pour les séjours très connectés - 2013

Dans chaque set, les séjours les plus connectés sont associés, dans de nombreux cas, à des communautés différentes selon le calcul de modularité. C'est une information intéressante. Ces indicateurs mettent également en évidence que la détection d'association via cette mesure apporte un nouveau classement. Le calcul de modularité peut ensuite permettre l'application de filtres de visualisation.

*
**

Au cours de cette dernière partie, nous avons réalisé un certain nombre de mesures sur les réseaux de séjours 08C45J et 08C481. Compte tenu de la multiplicité des mesures, nous avons limité nos calculs aux mesures les plus courantes en suivant par ailleurs une approche structurée, conformément à notre proposition faite en Annexe 6.

A travers ce processus, les nœuds principaux gardent le plus souvent une bonne place quel que soit l'angle de vue. Des indicateurs nous permettent de déterminer que le réseau 08C481 est plus complexe. L'information n'est pas surprenante. Nous manquons toutefois de références à des réseaux similaires pour interpréter plus finement les éventuels phénomènes significatifs. Par ailleurs, ces mesures ouvrent un champ très vaste d'étude, de confrontation de sets de séjours et d'association mesures-graphes qu'il nous est difficile d'envisager en quelques pages.

4.4. DISCUSSION

Au cours de ce chapitre, nous nous sommes intéressés à deux sets de séjours relevant de la chirurgie orthopédique. Le choix de 08C45J – séjour de ménisectomie et de 08C481 – séjour relatif à une prothèse de hanche de niveau 1, s'est justifié par leurs fréquences parmi l'ensemble des autres séjours du même type. Nous souhaitons bénéficier de sets de séjours à la fois typés, avec leurs caractères propres mais qui puissent aussi garantir quelques différences : Il s'agit pour l'un et l'autre d'interventions à caractère orthopédique sur le membre inférieur et réalisées le plus souvent dans le cadre d'une programmation. Le séjour 08C45J relève d'une prise en charge en ambulatoire avec une entrée et une sortie du patient dans la journée. Le séjour 08C481 engage une hospitalisation de plusieurs jours⁹⁰.

Les sets de données ont été extraits de la base de données PMSI des années 2013 et 2014 et mise à disposition par la chaire de Management des Technologies de Santé de l'EHESP. Les sets de 08C45J et 08C481 concernaient plusieurs milliers de patients et séjours.

i. A propos des résultats des mesures et des graphes

Nous avons démarré notre étude par un recueil d'informations statistiques sur nos données. Nous avons procédé aux présentations des années 2013 et 2014 en parallèle. A ce stade, aucune différence notable n'a été remarquée lorsqu'il s'agissait des mêmes types de séjours.

Le contexte de l'âge s'est avéré différent sur nos deux sets avec des moyennes d'âges respectivement de 47 et 64 ans pour 08C45J et 08C481. Cette différence était intéressante dans la mesure où elle révèle une différenciation propre aux deux sets. Nous avons prolongé l'étude de ce contexte en créant les pyramides des âges. Nous avons enregistré une seconde différenciation concernant la répartition des deux sexes. Le set 08C45J concerne à 80% des hommes alors que nous sommes sur un ratio 50%/50% pour le set 08C481. Les pyramides des âges montrent également l'évolution des recrutements dans le temps entre les deux sexes. A ce titre, ces graphes, très communs, nous ont semblé particulièrement utiles. Ils améliorent la connaissance du contexte global âge-sexe d'un set de patients en une seule prise de vue. Pour cette raison, les pyramides des âges devraient être des solutions de présentation régulièrement utilisées lorsqu'il s'agit d'aborder la question du contexte ou même lorsqu'il s'agit de filtrer de façon dynamique des contextes. Nous reviendrons spécifiquement sur ce point lorsque nous discuterons de l'outil.

Les provenances et destination de ces patients ont été étudiées. Nos séjours correspondent à des séjours programmés. La plupart des patients provenaient directement du domicile pour

⁹⁰ De nouvelles pratiques de PTH par voie antérieure, moins traumatiques, permettent des séjours ambulatoires. Ces pratiques sont en voie de développement.

08C45J comme pour 08C481. Pour la sortie, nous avons constaté qu'une partie des patients de 08C481 enregistrait une prise en charge ultérieure en unité médicale.

De manière générale, les départements appartenant à la région et les plus peuplés génèrent les volumes de séjours les plus importants. En ramenant ces volumes à la population totale par département, nous avons mis en évidence des ratios différents pour les séjours 08C481 sur certains départements. Le ratio plus faible pour la Haute-Garonne traduit une population sans doute plus jeune⁹¹ et moins concernée que d'autres départements comme le Tarn ou l'Aveyron, réputés pour leur population vieillissante et plus âgée. Cette différence n'a pas été observée de manière évidente sur le set 08C45J.

A l'aide de QGIS, nous avons également modélisé le parcours des patients entre leur commune de résidence et la destination de réalisation du séjour. Nous avons obtenu des graphes en oursins. Ces graphes sont apparus assez similaires pour les deux sets de données. Dans la plupart des villes intermédiaires, des établissements captent les patients de leur bassin. L'agglomération de Toulouse exerce son attractivité sur toute la région à la fois par la qualité et la quantité de l'offre. Nous avons ainsi observé des trajectoires centripètes c'est-à-dire à destination soit du centre urbain immédiat soit du centre toulousain. Quelques grands établissements privés captent massivement les flux sur Toulouse. Aucun flux notable de centre urbain périphérique à centre urbain périphérique ne se dégage. Nous avons trouvé cette information préoccupante pour le Tarn où une séparation nette du territoire se dessine entre le CHIC Castres Mazamet et le CH d'ALBI aujourd'hui en GHT.

Ces graphes en oursins donnent une vision géographique appréciable et immédiate des flux. Ils matérialisent ce que l'on pourrait qualifier, une fois visualisée, d'évidence. Leur création reste malgré tout complexe, réservée sous QGIS, à des expertises spécifiques.

Du point de vue d'un établissement de santé, ces graphes peuvent avoir deux usages principaux : Un usage stratégique externe, dans le cadre de la défense de dossiers d'autorisation ou développement d'activité auprès des tutelles ou dans le cadre de recherche de coopérations. Dans ce cas, l'environnement QGIS suffit à produire des vues formatées et probantes. L'autre usage, toujours de niveau stratégique mais cette fois à vocation interne en collaboration avec une équipe médicale, consiste à permettre plus librement la fouille et l'analyse détaillée, ce qui suppose une interaction avec l'outil au gré des réflexions. Il s'agit pour une équipe médicale de visualiser les compétiteurs, les partenaires, les vides. Le développement de solutions plus légères sous LEAFLET, certes moins paramétrables que QGIS, offre une solution ; tout comme ADAPT édité par HEVA.

Surtout ces graphes dépendent du niveau d'information disponible et du code géographique de résidence du patient. Or ce niveau d'information risque de devenir difficilement accessible alors même que s'impose pour les décideurs hospitaliers une logique territoriale et coopérative et une nécessaire connaissance des flux géographiques.

⁹¹ Assertion toutefois à démontrer.

Le libre accès aux bases de calcul d'itinéraires nous a également permis de calculer, via le moteur *Google Maps*, plusieurs milliers de trajets en distance réelle et temps de déplacement. Les résultats sont similaires pour nos deux types de séjours. Nous pensons que le peu d'établissements producteurs pour les séjours sélectionnés explique ces résultats. Les patients habitent les mêmes communes et ont finalement peu de choix. D'autres sets de séjours auraient peut-être apportés des résultats plus variables et plus intéressants. Dans le cadre de l'organisation sanitaire régionale, de telles approches, désormais très faciles à réaliser, sont justifiées. On pense à l'étude des prises en charge des séances de radiothérapie ou de chimiothérapie, qui induisent de nombreux déplacements sur quelques centres. On pense aussi à la distribution et l'implantation des équipements lourds qui pourraient être décidées sur des mesures objectives d'éloignement ou de proximité ; celles qui importent au patient en dehors du délai de rendez-vous.

A l'issue de cette approche générale, nous avons projeté l'ensemble des parcours dans un graphe NŒUDS-LIENS développé au cours de notre étude. Les graphes obtenus montrent que les données sélectionnées et la méthodologie utilisée permettent de traiter les séjours successifs en tant que réseaux de données. Ce résultat et la qualité des graphes obtenus nous paraissent très intéressants. Il existe un potentiel de développement important en termes de mesures et de modélisation sur la base de la théorie des réseaux.

Le graphe NŒUDS-LIENS met en évidence le nœud critère du set, 08C45J ou 08C481 ainsi que les nœuds principaux, par leur incidence, à travers un épaississement des liens. Un certain nombre de séjours plus fréquents que d'autres dans la cohorte des séjours ressortent : les séjours inclassables, les autres séjours d'orthopédie, les séjours de gastro-entérologies, d'ophtalmologie, les séances. Les graphes 08C45J pour 2013 et 2014 montrent des similitudes contrairement à 08C481 : Si l'année 2013 s'apparente aux projections graphiques observées pour 05C45J, le set de données 08C481 pour 2014 produit un graphe moins lisible, avec des recouvrements et concentrations centrales. Ce rendu s'explique, selon nous, par la présence des séjours de type séance nombreux et éloignés du séjour critère 08C481, créant de fait un resserrement de tous les autres séjours. Au cours du travail sur les sets de données préalablement à leur projection, nous nous sommes interrogés sur la conservation ou non de certains séjours ; celle des séances et celle des séjours inclassables. Nous les avons finalement maintenus. Dans tous les cas, le choix et le filtrage des données restent des étapes fondamentales dont les résultats dépendent éminemment. Un travail d'exploration sur l'impact du filtrage de certains séjours reste à réaliser pour déterminer jusqu'où un set filtré de séjours reste représentatif.

Dans le même ordre d'idée, la prise en compte du contexte a pu sembler nécessaire. Une fois l'ensemble du set de données projeté, la fouille du graphe met en évidence des pistes relationnelles entre différents séjours. Le besoin d'un filtrage par contexte – âge, sexe,

privé/public, se confirme alors. De ce point de vue, nous ne disposons pas de résultat ; pour des raisons techniques que nous évoquons au niveau du bilan sur l'outil.

ii. A propos des graphes NŒUDS-LIENS sous JavaScript

En engageant ce travail, le développement d'un outil propre de visualisation n'était pas envisagé. Il s'est imposé en tant que réponse à divers problèmes rencontrés. Au départ, nous avons été confrontés à des difficultés de reproductibilité et de compréhension des graphes sous GEPHI ou R dues à leurs immenses possibilités de paramétrage et sans doute l'abstraction que leur usage implique. Le besoin de disposer de graphes simples, reproductibles nous a engagés dans la voie du développement d'un outil en propre. L'appropriation des concepts de la science des réseaux que nécessite l'élaboration d'un environnement logiciel aboutit nécessairement à une élévation du niveau de connaissance et de compréhension. Le recours à GEPHI s'est avéré en retour beaucoup plus aisé.

Sur la question de l'intérêt de ces graphes NŒUDS-LIENS, nous pensons qu'ils apportent une nouvelle connaissance. Il s'agit d'une connaissance subjective liée à l'absence de mesures, d'indicateurs chiffrés et à la sémantique colorée associée aux nœuds et aux liens. La présentation de tableaux des séjours classés par divers ordres d'importance apportent une information objective, en concurrence de ces graphes. Mais l'aspect dynamique des graphes autorise une véritable fouille interactive et une nouvelle approche. Ces graphes ont été mis à disposition de plusieurs professionnels de façon expérimentale. A l'issue, il nous a semblé que le processus visuel et la fouille provoquaient un vif intérêt, l'acquisition rapide d'une certaine connaissance et des demandes immédiates d'approfondissement pour aller encore plus loin. La possibilité de fouille du graphe permet une appropriation des données différentes des connaissances. Cette aptitude nous semble primordiale.

La technologie utilisée, en JavaScript, permet une utilisation temps-réel. La fouille dynamique des graphes est un indice de ce potentiel. Chaque nœud possède deux informations de coordonnées : la coordonnée actuelle et la précédente. Cette spécificité rend possible son utilisation dans le cadre d'un usage temps-réel de présentation de parcours, d'enchaînement d'actes, etc. Cette faculté peut être utilisée lorsque les graphes sont utilisés dans des suivis de processus à un niveau opérationnel.

La problématique des couleurs a déjà été exposée au cours de la présentation de nos résultats. Cet aspect peut sembler accessoire au premier abord et relevant de la technique pure. Les couleurs ont pourtant un impact direct sur la perception du graphe. Sur ce point, nous souhaitons évoquer deux remarques :

Un même graphe avec des couleurs de nœuds différentes laisse des impressions différentes. Les nœuds les plus importants ressortent toujours mais les nœuds d'importance intermédiaire sont affectés par l'attribution d'une couleur différente. Or ces nœuds intermédiaires sont

d'intérêt. On doit s'assurer qu'ils ressortent le mieux possible et qu'entre nœuds intermédiaires de même valeur, certains ne sont pas mis en évidence plus que d'autres par seul leur attribut de couleur. Pour réduire ce risque, une des solutions est de permettre à l'utilisateur de modifier les couleurs lors de la fouille du graphe. Mais dans ce cas, on introduit une difficulté éventuelle de comparaison des graphes. On exclut aussi l'idée de normalisation de la couleur des nœuds en tant que séjour en fonction de leur appartenance aux catégories de CMD par exemple.

Seconde remarque : Différencier une dizaine d'objets différents avec des couleurs différentes s'avère finalement assez facile. Chaque objet se voit attribuer une couleur spécifique sans recouvrement. Au-delà de dix couleurs différentes, nous avons presque épuisé la palette des couleurs *stricto sensu*. Nous sommes obligés de jouer sur les saturations : chaque couleur spécifique est déclinée en une couleur saturée à 100% et une couleur saturée à 50% (voir figure 24). Nous obtenons ainsi une palette d'une vingtaine de couleurs assez différenciées. Mais en engagement une deuxième itération sur la saturation pour obtenir une trentaine de couleurs, la différenciation recherchée, pour que les nœuds se distinguent, s'atténue nettement. L'utilisation d'une palette de vingt couleurs avec utilisation d'une couleur identique pour des nœuds différents ne nous a pas semblé moins efficace dans le travail de fouille d'un graphe que l'utilisation d'une trentaine de couleurs où chaque nœud a sa couleur propre mais avec des niveaux de saturation resserrés.

Nous n'avons pas engagé plus en détails une réflexion sur les couleurs et les perceptions. Ce sujet doit seulement être traité pour maîtriser cet aspect et améliorer la qualité de l'outil.

Nous avons été également confrontés à des dilemmes techniques sur la façon de rendre accès au contexte sexe-âge. La création des liens de séjours à séjours par patient s'est faite à l'origine sans conserver l'attribut de l'âge et du sexe et le besoin de gestion du contexte a été révélé à l'utilisation de l'outil. C'est une preuve que l'outil répondait bien sur certains aspects de fouille et de présentation des parcours. A ce stade, nous n'avons pas pu engager de correctifs. Nous sommes convaincus que l'outil, une fois le contexte implémenté, peut proposer une dynamique de gestion du contexte supérieur à d'autres environnements. Nous avons étudié une solution : pour rester cohérent par rapport à notre cahier des charges qui spécifiait la réduction de l'information chiffrée, nous avons développé un visuel type pyramide des âges couplé à un graphe NŒUDS-LIENS – voir [Annexe 11](#) pour le rendu et [Annexe 12](#) pour la présentation du code. Le code d'interaction dynamique entre les deux graphes n'a pas, pour l'heure, été développé. L'intérêt de l'outil et les conditions d'accès aux données dans le futur doivent être confirmés avant d'engager de tels travaux. Ils nécessitent des filtrages à *la volée*. Dès lors la technologie doit faire l'objet d'une confirmation (JavaScript *versus* php ou SQL).

D'autres développements ont été envisagés, *quasi* fonctionnels mais non présentés dans ce rapport car éloigné de l'objectif assigné. Il s'agit d'une fonction SEARCH qui permet de chercher un séjour en particulier et d'une fonction de mise en évidence des nœuds adjacents lorsqu'on

"clic" sur un nœud. Ce clic simple induit de modifier le paramètre évènementiel du renvoi du tarif en double-clic. Mais ce sont surtout les développements relatifs à la mesure des réseaux qui permettraient d'accéder à un niveau supérieur de connaissance. Comme pour la problématique du contexte, nous avons le choix entre disposer déjà des valeurs calculées ou bien faire le calcul *à la volée*. Cette dernière solution mérite d'être expérimentée, surtout en JavaScript où les calculs se font sur le terminal de l'utilisateur. Quant à la présentation du résultat, nous pensons qu'elle doit aboutir à une modification du graphe de base par pondération des attributs des nœuds ou des liens plutôt qu'à la présentation de tableaux ou de distributions. Voir [Annexe 10](#) en tant qu'illustration.

Rappelons également la possibilité de coupler une couche géographique type LEAFLET à un graphe NŒUDS-LIENS ; avec l'avantage de garder l'aspect dynamique. D'autres solutions graphiques ont été travaillées ; certaines ont été présentées en chapitre III. Sur ce point de grands travaux restent à engager.

iii. L'impact sur le management

Nous avons ouvert cette thèse de Doctorat sur des passages consacrés au management. Nous aboutissons à un livrable et des contenus assez techniques qui peuvent paraître bien éloignés des préoccupations du décideur hospitalier. Se pose forcément la question de l'utilité. Nous allons tenter d'y répondre en deux temps ; en évoquant l'environnement décisionnel de demain d'abord puis en discutant de la préoccupation actuelle en matière de prise en charge des patients, et donc aussi de management.

Depuis une quinzaine d'années, notre environnement a considérablement évolué. Les objets connectés envahissent nos espaces et créent presque naturellement du contenu web. Bill GATES parlait, dans les années 2 000, de cette brosse à dents qui allait bientôt générer elle-même du contenu web et ainsi un niveau d'information sur son usage. Si nombres de prédictions de Bill GATES se sont (étonnamment) réalisées (GATES, 1999), nous avons encore un peu de marge pour la brosse à dents... Mais ce qu'il faut saisir c'est la surcharge informative à laquelle nous allons être confrontés dans notre vie personnelle et professionnelle. Ce que nous expérimentons depuis quelques années déjà n'est sans doute qu'un tout début. Les données, le contenu vont continuer à croître.

La seconde remarque, indissociable de la première, c'est la centralité croissante de l'écran ou des écrans avec tout leur potentiel d'affichage de cette surcharge informative (CITTON, 2014). Le décideur hospitalier va être confronté à cette réalité et pourquoi pas être concurrencé dans certains cas (O'CONNOR, 2016). Dans cet environnement, il ne fait aucun doute que les capacités innées des hommes à interpréter les figures sont une solution. Elles restent encore

inégalées comme le démontre l'usage des *captcha*⁹²; c'est-à-dire l'utilisation de la reconnaissance d'images pour différencier l'humain du robot. A la fin du XIX, les peintres ne pouvaient plus concurrencer la photographie sur la qualité de reproduction d'un objet. Il leur restait à exprimer leurs "impressions". Aujourd'hui l'abandon des chiffres dans la considération immédiate des données nous semble tout aussi probable et convaincante. Cette entrée dans la visualité entraîne celle de l'acceptation de la subjectivité pour le décideur puisqu'il s'agit aussi de faire appel à sa perception visuelle – *au moins*.

Le développement des graphes et des cartes nous semble participer utilement aux mutations que le décideur hospitalier ne manquera pas de demander à l'avenir : de l'information visuelle en priorité, pour gagner du temps tout en multipliant le contenu, avec la faculté du détail et de l'objectivité si nécessaire. Ces graphes, cartes et nouveaux outils visuels sont des technologies de santé à part entière et au service du décideur.

Le second argument que nous souhaitons mettre en avant pour justifier de l'utilité de notre démarche rejoint les préoccupations actuelles autour de l'amélioration de la prise en charge du patient. Nous risquons là une disruption : Chacun connaît la métaphore de l'homme qui cherche ses clefs au pied d'un réverbère non pas parce qu'il les a perdues à cet endroit mais « parce qu'on a la lumière pour chercher »⁹³. Dans le même ordre d'idée, il est essentiel de s'interroger sur nos modèles en matière d'amélioration de la prise en charge des patients. Depuis plusieurs années, sécurité, qualité, et désormais pertinence – *qui succède à efficience*, constituent des slogans hégémoniques et systématiques. Cette focalisation risque de nous faire oublier d'autres modèles – *et d'autres zones où installer un réverbère*. Remettre le patient au cœur du système est sans doute un premier pas de côté. Remettre la "santé du patient" voire la "santé de la population" au cœur des préoccupations encore un autre, avec des conséquences immédiates en matière de raisonnement, d'indicateurs, de tarifs.

Notre approche et nos graphes tentent de mettre en évidence des parcours fréquents dans un objectif plus large, celui de participer à l'établissement d'une cartographie absolue des parcours du patient. Nous sommes aujourd'hui à un niveau de connaissance réduit. Nous disposons d'une cartographie relative, avec un déplacement du patient vers le point suivant en fonction du point atteint. Une sorte de déplacement à un coup. Disposer d'une cartographie absolue permet d'anticiper les déplacements sur plusieurs coups, d'abord manuellement comme sur une carte routière papier puis électroniquement comme le font nos GPS.

Notre travail s'inscrit dans cette recherche cartographique de connaissance des parcours de soins du patient. En cartographie routière, l'usage du GPS s'est banalisé y compris dans toutes les optimisations immédiates en fonction du trafic, des incidents, des aléas. Notre travail

⁹² Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart, soit en français, « Test public de Turing complètement automatique ayant pour but de différencier les humains des ordinateurs »

⁹³ FITOUSSI (2013) ; le théorème du réverbère. Emission LES CARNETS DE L'ÉCONOMIE par Vincent LEMERRE – FRANCE CULTURE – 2013

s'inscrit dans l'idée qu'un jour nous disposerons d'un *Health Positioning system* (HPS)⁹⁴. Il peut d'ailleurs s'agir de systèmes valant pour les séjours, à une échelle territoriale ou pour les actes au sein d'un établissement. Ces cartographies sont à écrire. Il s'agit aussi de technologies de santé. Nous avons au tout début de notre travail, en 2012, schématisé la situation. La figure de l'époque, inchangée et rudimentaire, est présentée à la page suivante.

Au-delà de ces éventuelles finalités, nous souhaitons que notre outil et nos résultats puissent susciter un usage et s'inscrire dans le besoin d'une époque. Nous avons entamé notre recherche sur le thème de l'optimisation des systèmes et pris le bloc opératoire en exemple d'un milieu complexe. La question de l'usage au sein du bloc opératoire de notre approche BIG DATA sur la base de notre outil se pose légitimement. A ce niveau opérationnel s'ajoute également la question de l'usage auprès des décideurs à un niveau tactique et stratégique : Nos propositions sur le bloc opératoires ont permis de dégager une voie d'étude pour l'optimisation basée sur les données massives. Nous sommes restés, au cours de la recherche, sur le thème de la chirurgie en nous éloignant des problématiques opérationnelles évoquées au chapitre II et sommes entrés dans une dimension plus large à vision territoriale. Cette situation a plusieurs fondements. Le choix d'un set de données basé sur les séjours plutôt que sur les actes est une première explication. Un set de données d'actes renvoie à une analyse beaucoup plus interne du fonctionnement des établissements. Un set encore plus spécifique au bloc opératoire sur les types d'interventions par opérateur, par horaire ou par salle aurait encore renforcé le caractère opérationnel de notre travail et formé un enchaînement plus homogène avec le chapitre II en regard des résultats. Le tournant technique engagé par le développement de l'outil a joué aussi un rôle, notamment le travail sur les bibliothèques géographiques LEAFLET, moins développées dans ce rapport de thèse, mais fortement liées au développement JavaScript. Elles ont donné un attrait certain pour une approche plus territoriale et donc moins interne.

Au niveau du bloc opératoire, nous pensons que les résultats actuels, avec quelques adaptations, peuvent être utilisés dans le cadre d'une analyse de l'enchaînement interne des séjours par les opérateurs de chirurgie, avec une fréquence annuelle ou biannuelle. L'outil est bien évidemment extensible à toutes les spécialités médicales d'un établissement. Il se positionne à un niveau tactique pour augmenter les connaissances et imaginer des pistes d'optimisation par les opérateurs eux-mêmes. A terme, après une utilisation récurrente, l'intégration d'une dimension temporelle avec enchaînement de graphes dans le temps⁹⁵ voire l'élaboration d'un modèle est envisageable. Mais au bloc opératoire ou à d'autres niveaux productifs, c'est plutôt le principe des graphes, les fonctionnalités dynamiques et l'environnement léger, accessible pour des non-spécialistes qui nous semblent finalement susceptibles du plus d'intérêt.

⁹⁴ Avant 2040 peut-être ? En référence à la fiction de P. PUJOL (PUJOL, 2018).

⁹⁵ GEPHI dispose nativement d'une telle faculté.

En matière de connaissance des parcours de soins, nous sommes encore en niveau **a**.

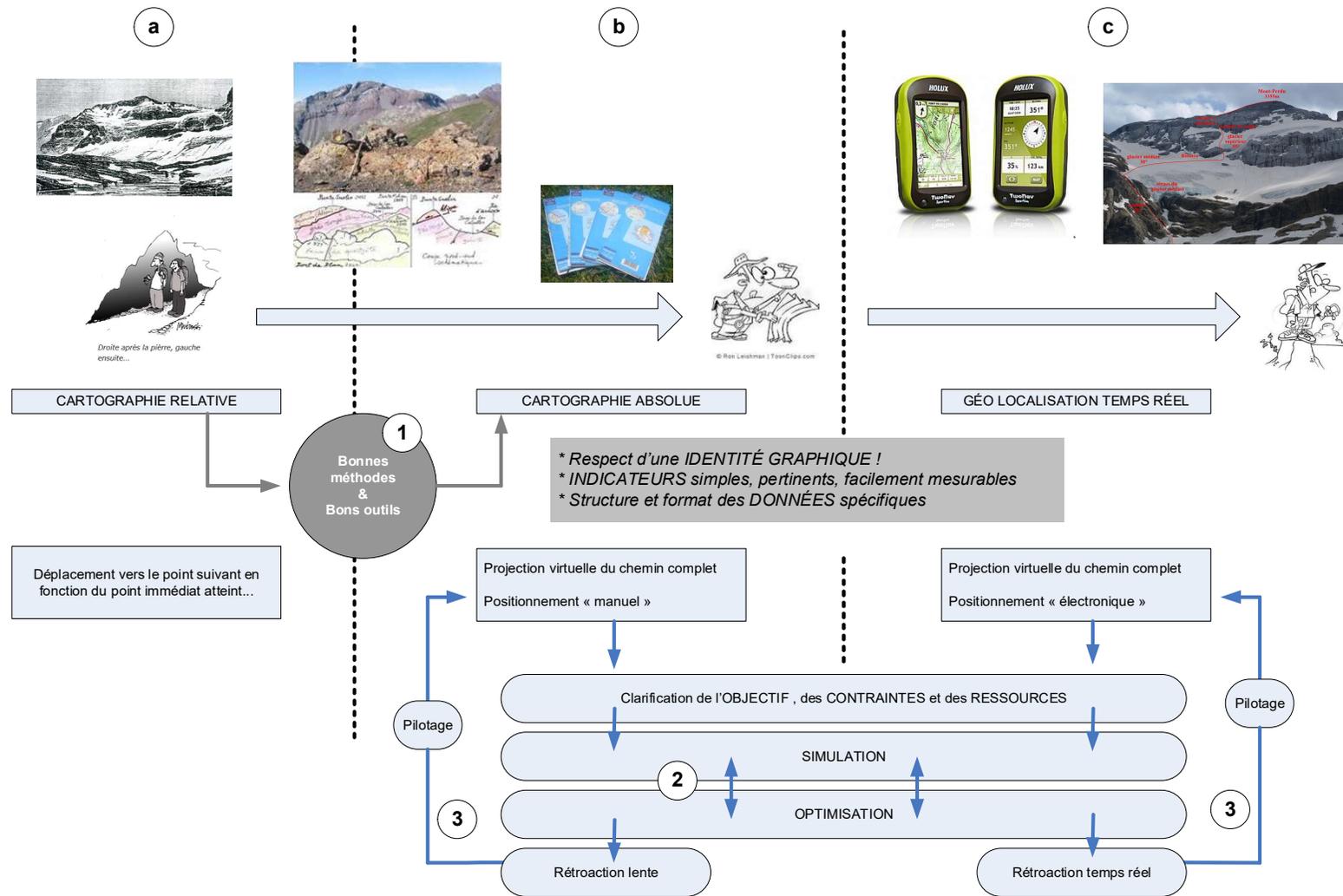


Figure 77 : Vers une cartographie des parcours de soins

Au départ, il pourrait s'agir de petits graphes NŒUDS-LIENS permettant de réduire l'affichage de données brutes et qui lanceraient également la diffusion de la science des réseaux et les notions de centralité associées.

Pour ce qui concerne le décideur, évoqué plusieurs fois dans ce rapport, nous devons faire une mise au point ; car il y a finalement deux niveaux de décideurs : les chefs d'établissements en tant que décideur hospitalier d'une part et les ARS d'autre part, en tant que planificateur de l'organisation sanitaire dans les régions. Or nos résultats semblent pouvoir intéresser ces deux types de décideurs, avec des informations à caractère stratégique mais aussi des informations qui peuvent alimenter des décisions en termes de planification de l'offre de soins.

Nous ne revenons pas sur les graphes en oursins. L'application apparaît immédiate et sans doute déjà faite intensément compte tenu de l'information factuelle qu'ils apportent sur les flux "patients". Pour ce qui est du graphe NŒUDS-LIENS, notre monographie sur deux séjours limite un peu notre visibilité. La projection de sets de séjours, toute spécialité confondue, donne une nouvelle connaissance qui intéresse les deux parties. Par contre, l'utilisation de sets d'actes pourrait intéresser avant tout le décideur hospitalier et lui permettre de prendre connaissance de la constellation des actes réalisés pour différents types de prise en charge. Cette connaissance, associée à des comparaisons selon les prises en charges ou les filières, améliorerait les décisions et optimisations.

Soulevons enfin la problématique des données et de leur accès. Notre travail a pu avoir lieu dans la mesure où nous avons accès à la base de données PMSI dans le cadre de notre travail de recherche. Les conditions d'accès aux données ont évolué et la question de l'accès aux données de santé est posée. Les établissements disposeront toujours de leurs données internes ; mais l'impact du RGPD peut avoir des conséquences en termes d'usage, d'hébergement et de justification à garder et exploiter certaines données à caractère personnel. L'échange de données même au sein d'un GHT peut également soulever des difficultés selon leur usage. Quant aux données dites granulaires, c'est-à-dire du niveau de précision le plus élevé et dont nous avons bénéficié pour les graphes sous GIS, les conditions sont désormais restreintes.

A l'issue de ce travail, nous restons persuadés que les données de santé agrégées et anonymisées contiennent de nombreuses informations à même d'améliorer et d'optimiser le système de santé et la santé de la population. Si l'accès aux données de santé doit faire l'objet d'une prudence et de précautions minimums, nous redoutons d'avoir basculé dans une posture de suspicion que les patients eux-mêmes non pas pour leurs données personnelles par ailleurs. D'autres pays comparables à la France hors Union Européenne et moins exigeants verront peut-être plus d'initiatives de recherches se poursuivre en la matière, avec un risque de distanciation. Un cadre uniquement public de recherche et d'appropriation ne favorise pas tous les potentiels alors qu'une "*healthdata valley*" est peut-être à créer.

CONCLUSION

Notre travail s'intéressait à la problématique de l'optimisation des systèmes et organisations complexes des plateaux techniques de santé. Notre but était d'apporter de nouvelles solutions en matière d'analyse et d'aide à la décision dans le domaine des parcours de soins. La recherche et la mise en évidence de motifs graphiques significatifs étaient l'une des grandes attentes du travail engagé, avec la science des réseaux comme nouvel environnement de travail et outil d'optimisation.

*
**

Le premier chapitre a d'abord rappelé les éléments de contexte et d'enjeux contemporains en matière de santé et de soins. Il a également tenté une réflexion sur la notion de performance et ainsi ouvert un cadre pour la réalisation d'une première étude sur le thème de l'optimisation des performances.

Dans le second chapitre, nous avons réalisé, sur les bases théoriques données dans le chapitre précédent, un classement de différentes approches d'optimisation au bloc opératoire, choisi en tant que terrain expérimental complexe et emblématique. Nous avons ajouté à ce chapitre la rétrospective d'une fusion d'établissements en tant qu'exemple concret d'une approche d'optimisation par massification. L'un et l'autre de ces sujets constituent nos premiers résultats. La mise en évidence de différentes voies d'optimisation nous a permis de dégager, avec une plus grande conviction, une autre voie d'intérêt pour la suite de notre étude. Elle est consacrée à la science des réseaux appliquée aux données de la santé. Il s'agissait de tester le potentiel d'une combinaison entre graphes et données massives de santé vues comme des réseaux de données. Notre objectif était la recherche d'éventuelles signatures graphiques significatives à même d'apporter de nouvelles connaissances et des pistes d'optimisation.

Dans ce cadre, le troisième chapitre établit les conditions méthodologiques avec la présentation de différentes notions relatives aux données massives ainsi que des éléments techniques sur la visualisation et les graphes. Un rappel sur le socle des sources de données utilisées pour produire le PMSI est également engagé. Une fois ces bases établies, le chapitre se clôt par la sélection des données et des outils graphiques requis pour la suite de notre étude.

Le quatrième chapitre s'attache ainsi à étudier deux sets de données relatifs à des séjours de chirurgie orthopédique et portant sur deux années différentes. Une première analyse conventionnelle améliore notre connaissance de ces sets et de leur contexte. Une analyse émergente tente ensuite d'apporter de nouveaux résultats. L'utilisation de graphes NCEUDS-LIENS est testée. Cette approche subjective est suivie de mesures devant apporter un support plus objectif.

*
**

En termes de résultat, nous démontrons la possibilité de visualiser des parcours de santé sous forme de graphes NŒUDS-LIENS de manière assez novatrice. Ces graphes apportent, selon nous, une connaissance supplémentaire sur les enchainements de séjours par le visuel et le concept de fouille qu'ils offrent. Nous avons également développé un outil pour réaliser des graphes NŒUDS-LIENS. Son élaboration nous a permis d'améliorer notre compréhension de la science des réseaux et la façon de traiter les données vues sous la forme d'un réseau. L'outil possède une légèreté à même de favoriser sa diffusion. Ses fonctions qui permettent la fouille du graphe nous apparaissent très intéressantes.

Ce caractère dynamique et le visuel apporté par les graphes issus de la science des réseaux vont, selon nous, constituer de nouveaux outils indissociables du monde des données massives et de la surcharge informative dans lequel nous entrons. Ces outils permettront de projeter de grandes quantités de données significatives pour alimenter le pilotage et les actions de communication de niveau stratégique et tactique. Un graphe ne doit plus être présenté à la fin, après des tableaux et de manière accessoire, mais au début, en tant qu'information principale et si possible suffisante.

*
**

Les perspectives que suscite ce travail concernent essentiellement la **science des réseaux** appliquée au domaine de la santé. Cette science présente un potentiel important qui reste à développer. Nous n'avons qu'introduit de manière très basique quelques premières notions. Reste tout un univers à développer sur des sujets tels que la modélisation des systèmes par les graphes, l'étude des phénomènes d'évolution et de diffusion, de robustesse des réseaux, etc. Des obstacles techniques et méthodologiques doivent être franchis. Cela passe par la mise au point et l'utilisation d'outils légers permettant aussi des mesures objectives. Une méthodologie spécifique à la science des réseaux appliquée aux données de santé pourrait aussi être proposée. Mais immédiatement l'engagement de tests larges et intensifs sur toute sorte d'échantillons issus des données de santé, actes et séjours notamment, nous semble prioritaire. La mise au point d'une plateforme de tests accessible librement et en ligne est une solution. Nous espérons pouvoir continuer à participer à ce développement.

*
**

LEXIQUE

d3 : d3 pour *Data Driven Documents* est une bibliothèque graphique JavaScript. Elle permet l'affichage de données numériques sous une forme graphique et dynamique. Mike Bostock, le professeur Jeff Heer et Vadim Ogievetsky sont à l'origine de cette bibliothèque.

GEPHI : Gephi est un logiciel libre d'analyse et de visualisation de réseaux, développé en Java. Des étudiants et des chercheurs de l'UTC sont à l'origine de ce logiciel.

JavaScript : Il s'agit d'un langage de programmation employé dans les pages web interactives mais aussi, dans certains cas, pour les serveurs. Il ne doit pas être confondu avec JAVA.

LEAFLET : Leaflet est une bibliothèque JavaScript libre de cartographie. Elle est utilisée par le projet de cartographie libre et ouverte OpenStreetMap.

QGIS : QGIS est un logiciel SIG (système d'information géographique) libre multiplateforme. Il est employé intensément par les géographes.

pgAdmin : Le logiciel pgAdmin est un outil qui permet de gérer les bases de données sous PostgreSQL. Une fois les données hébergées sous PostgreSQL, l'ensemble des manipulations des données se fait à travers pgAdmin qui offre une ergonomie multifenêtre et une aide au codage des requêtes SQL.

PostgreSQL : C'est un système de gestion de bases de données. Cet outil libre très performant concurrence des solutions payantes type ORACLE.

Santé : D'après les "Principes de la Constitution" de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) : La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité". La constitution a été adoptée par la Conférence internationale de la Santé, tenue à New York du 19 juin au 22 juillet 1946.

Service Médical Rendu : Le niveau de service médical rendu (SMR) par une spécialité médicale détermine son degré de prise en charge par l'assurance maladie obligatoire. Le service médical rendu est un critère qui prend en compte plusieurs aspects :

- D'une part la gravité de la pathologie pour laquelle le médicament est indiqué ;
- D'autre part des données propres au médicament lui-même dans une indication donnée :
 - efficacité et effets indésirables ;
 - place dans la stratégie thérapeutique (notamment au regard des autres thérapies disponibles) et existence d'alternatives thérapeutiques ;
 - intérêt pour la santé publique.

BIBLIOGRAPHIE

- ABELL, R. G., & VOTE, B. J. (2014). Cost-Effectiveness of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery versus Phacoemulsi fication Cataract Surgery. *Ophthalmology*, 10-16.
- ADAIR, A. M. (1959). Planning and organizing an operating room suite. *The american journal of nursing*, 1212.
- AFP. (2010, 07 28). Récupéré sur [www.lemonde.fr: http://www.lemonde.fr/societe/article/2010/07/28/la-fermeture-des-petits-blocs-operatoires-est-reportee_1392831_3224.html](http://www.lemonde.fr/societe/article/2010/07/28/la-fermeture-des-petits-blocs-operatoires-est-reportee_1392831_3224.html)
- Agence Régionale de Santé Bretagne. (2011). *Benchmark Bloc*. Consulté le 10 08, 2014, sur <http://www.benchmarkbloc.com>
- AGNETIS, A., COPPI, A., CORSINI, M., DELLINO, G., MELONI, C., & PRANZO, M. (2012). Long term evaluation of operating theater planning policies. *Operations Research for Health Care*, 95–104.
- ALBERT, R., & BARABASI, A.-L. (2002). Statistical mechanics of complex networks. (T. A. Society, Éd.) *REVEIEWS OF MODERN PHYSICS*, 74, 47-97.
- ALBERT, R., & BARABASI, A.-L. (2002). Statistical mechanics of complex networks. *REVIEWS OF MODERN PHYSICS*, 74-95.
- ANAP, H. (2012). *Ensemble pour le développement de la chirurgie ambulatoire : outils et recommandations économiques Note de cadrage*.
- ANAP, H. (2014). *Ensemble pour le développement de la chirurgie ambulatoire : éléments d'appréciation en vue de la prise en charge d'un patient*. PARIS: Haute Autorité de Santé.
- ANTONIADIS, S., PASSAUER-BAIERL, S., BASCHNEGGER, H., & WEIGL, M. (2014). Identification and interference of intraoperative distractions and interruptions in operating rooms. *Journal of surgical research*, 188(1), 21-29.
- ARAKELIAN, E., GUNNINGBERG, L., & LARSSON, J. (2011). How operating room efficiency is understood in a surgical team: a qualitative study. *International journal for quality in health care*, 23(1), 100-6.
- ARNAUD, A., LEHERICEY, H., & TASSERY, M. (2011). *Guide méthodologique des coopérations territoriales*. Paris: ANAP & DGOS.
- ARORA, S., HULL, L., SEVDALIS, N., TIERNEY, T., NESTEL, D., WOLOSHYNOWYCH, M., . . . KNEEBONE, R. (2010). Factors compromising safety in surgery: stressful events in the operating room. *American journal of surgery*, 199(1), 60-5.
- ASHBY, M., FERRIN, D., MILLER, M., & SHAHI, N. (2008). Discret event simulation : optimizing patient flow and redesign in a replacement facility. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference* (pp. 1632-36). IEEE.
- ASSAD, A. A., & GASS, S. I. (2011). *Profiles in operations research. Pionneers and innovators* (Vol. 147). SPRINGER.
- Association Cercle Valeur Santé. (2017). *La valeur en Santé : Manifeste pour un système de santé fondé sur la Valeur*. PARIS: RRD.
- AUGUSTO, V., XIE, X., & PERDOMO, V. (2010). Operating theatre scheduling with patient recovery in both operating rooms and recovery beds. *Computers & Industrial Engineering*, 58, 231–238.
- AVERY, D., & MATULLO, K. (2014). The Efficiency of a Dedicated Staff on Operating Room Turnover Time in Hand Surgery. *J Hand Surg Am*, 39(1), 108-110.

- AWAD, S., FAGAN, S., BELLOW, C., ALBO, D., GREEN-RASHAD, B., DE LA GARZA, M., & BERGER, D. (2005). Bridging the communication gap in the operating room with medical team training. *American journal of surgery*, 190(5), 770-4.
- BAL, G., DAVID, S., SELLIER, E., & FRANÇOIS, P. (2009). Intérêt des revues de mortalité et de morbidité pour la formation des médecins et l'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins : revue de la littérature. *La presse Médicale*, 39, 161-168.
- BALLY, B., & ABELMANN, C. (2010). Revue de mortalité et de morbidité : enjeux et perspectives. *Le Praticien en anesthésie réanimation*, 388-392.
- BALMER, J., & DINNIE, K. (1999). Merger madness : the final coup de grâce. *Journal of general management*, 24(4), 53-70. doi:http://dx.doi.org/10.1108/13563289910299300
- BARABÁSI, A.-L. (2007). The architecture of complexity. *IEEE CONTROL SYSTEMS MAGAZINE*, 33-42.
- BARSHES, N. R., CHAMBERS, J. D., CANTOR, S. B., COHEN, J., & BELKIN, M. (2012). A primer on cost-effectiveness analyses for vascular surgeons. *JOURNAL OF VASCULAR SURGERY*, 1794-800.
- BASTIAN, M., HEYMAN, S., & JACOMY, M. (2009). Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. *Proceedings of the Third International ICWSM Conference*, (pp. 361-362).
- BEAUGUITTE, L. (2010). *Graphes, réseaux, réseaux sociaux : vocabulaire et notation*. Groupe FMR. HAL.
- BECKER, K. (1999). Saving Money on Anesthesia Drugs: Does This Decrease Efficiency? *Seminars in Anesthesia, Perioperative Medicine and Pain*, 18(4), 289-299.
- BELIEN, J., & DEMEULEMEESTER, E. (2007). Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy. *European Journal of Operational Research*, 1185-1204.
- BELIEN, J., DEMEULEMEESTER, E., & CARDOEN, B. (2006). Visualizing the Demand for Various Resources as a Function of the Master Surgery Schedule: A Case Study. *J Med Syst*, 343-350.
- BENSINGER, G. (2014, 01 17). *amazon wants to ship your package before you buy*. (T. W. JOURNAL, Éd.) Consulté le 02 12, 2014, sur [http://blogs.wsj.com/digits/2014/01/17/amazon-wants-to-ship-your-package-before-you-buy-it/](http://online.wsj.com/home-page: http://blogs.wsj.com/digits/2014/01/17/amazon-wants-to-ship-your-package-before-you-buy-it/)
- BERGOIGNAN-ESPER, C. (2009). Les formes de coopération dans la loi HPST. Avancées et manques. *Gestions hospitalières*(489), 481-486.
- BERMAN, J. J. (2013). *Principles of Big Data: Preparing, Sharing, and Analyzing Complex Information*. Morgan Kaufmann.
- BESOMBES, B., MARCON, É., BERNAUD, M., & MERCHIER, L. (2007). Restructuration de blocs opératoires Une approche basée sur l'adaptation des concepts et méthodes du génie industriel. *Techniques Hospitalières*(701), 43-49.
- BHARATHAN, R., AGGARWAL, R., & DARZI, A. (2013). Operating room of the future. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics and Gynaecology*, 27, 311-322.
- BLAT, N. (2007, Novembre). Piloter une coopération. *Gestions hospitalières*, 663-665.
- BLOOM, B. S., POUVOURVILLE, N. d., LIBERT, S., & FENDRICK, A. M. (2000). Surgeon predictions on growth of minimal invasive therapy: the difficulty of estimating technologic diffusion. *Health Policy*, 54, 201-207.
- BOCQUET, P.-Y., BONNET, J.-L., LALANDE, F., & SCOTTON, C. (2012). *Fusions et regroupements hospitaliers : quel bilan pour les 15 dernières années?* Inspection générale des affaires sociales.

- BONVOISIN, F. (2011). *Evaluation de la performance des blocs opératoires : du modèle aux indicateurs*. Thèse doctorale.
- BONVOISIN, F., BURTON, É., HENSOTTE, J.-C., GODICHAL, M., GUISSSET, A.-L., HUT, F., . . . WITTMANN, V. (2007). Le projet Path de l'OMS Recommandation d'indicateurs pour la gestion de quartier opératoire. *Gestions Hospitalières*, 1-6.
- BOURGAIN, J.-L. (2012). Performance du bloc opératoire : Apport de la check-list de sécurité. *Gestion Hospitalière*, 174-176.
- BRESLAWSKI, S., & HAMILTON, D. (1991). Operating room scheduling: choosing the best system. *AORN*, 53(5), 1229-1237.
- BRUCKER, P., DREXL, A., MOHRING, R., NEUMANN, K., & PESCH, E. (1999). Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods. *European Journal of Operational Research*, 112, 3-41.
- BURDY, G., DALBAN-SILLAS, B., LECLERC, C., BONNAVENTURE, F., AUDY, J.-C. R., & FRILEUX, P. (2009). Analyse comptable de l'activité d'un service de chirurgie digestive : l'activité d'urgence est fortement déficitaire. Quelles conséquences pour les patients ? *Journal de Chirurgie*(146), 469—476.
- CABARROT, P., BALLY, B., BENHAMOU, D., BOURGAIN, J.-L., RAUCOULES-AIME, M., MIENVIELLE, É., . . . DEGOS, L. (2011). Check-list « Sécurité du patient au bloc opératoire ». *Le Praticien en anesthésie réanimation*, 44—53.
- CALMES, G., & DEHAINE, J.-B. (2012). Fusion juridique des établissements publics de santé, en 2012 - De la théorie à la pratique. *Réflexions hospitalières*(544), 60-63.
- CARDOEN, B., DEMEULEMEESTER, E., & BELIEN, J. (2010). Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 201(3), 921-932.
- CATON, J. (2012). Typologie et épidémiologie des prothèses totales de hanche en France, , 2012, 11 (2) : 001-007. *11(2)*, 0001-0007.
- CENDAN, J. C., & GOOD, M. (2006). Interdisciplinary Work Flow Assessment and Redesign Decreases Operating Room Turnover Time and Allows for Additional Caseload. *Arch Surg.*, 141, 65-69.
- CEPISUL, M. (2007). Respect des compétences et communication au sein du bloc opératoire. *Droit, Déontologie & Soins*, 7(3), 350-359.
- CHAABANE, S., MESKENS, N., GUINET, A., & LAURENT, M. (2007). Comparaison des performances des politiques de programmation opératoire. *Logistique & Management*, 17-26.
- CHANNEL, D. A., NAVARRO, V. B., & KIDWELL, P. W. (1998). Operating room time is a terrible thing to waste: An operating room work - improvement project. *the Journal of the American Society of Ophthalmic*, 23(2), 43-7.
- CHANSON, P. (2011, 11 05). *Blocs opératoires : l'émulation par la certification et le benchmarking interne*. Consulté le 10 03, 2014, sur <http://www.reseau-chu.org>: <http://www.reseau-chu.org/les-articles/article/article/blocs-operatoires-lemulation-par-la-certification-et-le-benchmarking-interne/>
- CHAO, T. a., SHARMA, K., MANDIGO, M., HAGANDER, L., RESCH, S. C., WEISER, T. G., & MEARA, J. G. (2014). Cost-effectiveness of surgery and its policy implications for global health: a systematic review and analysis. *THE LANCET*, 2, e334—45.
- CHAUCHAT, A. (2013). La T2A, un levier pour les coopérations sanitaires ? *Gestions Hospitalières*, 123-125.
- CHAUMONT, C. (2012). Le paradoxe de la coopération en milieu hospitalier. *Gestions hospitalières*(512), 26-30.

- CIMA, R., Brown, M., Hebl, J., Moore, R., Rogers, J., Kollengode, A., . . . Deschamps, C. (2011). Use of Lean and Six Sigma Methodology to Improve Operating Room Efficiency in a High-Volume Tertiary-Care Academic Medical Center. *American College of Surgeons*, 83-92.
- CISTAC, C. (2013). Debriefing d'une infection de site opératoire. *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique*, S143-S150.
- CITTON, Y. (2014). *L'économie de l'attention : Nouvel horizon du capitalisme ?* PARIS: LA DECOUVERTE.
- CLAYTON, J., ISAACS, A. N., & ELLENDER, I. (2014). Perioperative nurses' experiences of communication in a multicultural operating theatre: A qualitative study. *International journal of nursing studies*.
- CNC. (2009). *Conseil National de la Chirurgie*.
- CNOM. (2015). *Santé connectée, de la e-santé à la santé connectée*. Rapport technique, Conseil National de l'Ordre des Médecins, Paris.
- COHEN, L. (2014). *Proposition de loi tendant à instaurer un moratoire sur les fermetures de service et d'établissements de santé ou leur regroupement*. PARIS: SÉNAT.
- COLLAR, R. M., SHUMAN, A. G., FEINER, S., MCGONEGAL, A. K., HEIDEL, N., DUCK, M., . . . BRADFORD, C. R. (2012). Lean Management in Academic Surgery. *J Am Coll Surg*, 214, 928–936.
- COLLIN, A., DEMANET, Q., & PAUL, E. (2015). L'analyse territoriale en santé au service de la stratégie d'établissement. *Techniques Hospitalières*, 50-54.
- COMBES, C., MESKENS, N., RIVAT, C., & VANDAMME, J.-P. (2007). Using a KDD process to forecast the duration of surgery. *Int. J. Production Economics*, 112, 279–293.
- CONNAN, E. (2010). Medical-economic assessment in orthopaedic surgery: Study appropriateness and choice of indicators - editorial. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 111-112.
- CONNOR, R., FELDMAN, r., DOWD, B., & RADCLIFF, T. (1997). Which types of hospital mergers save consumers money ? *Health Affairs*, 16(6), 62-74.
- Conseil Constitutionnel. (2004, 07 06). <https://www.conseil-constitutionnel.fr/le-bloc-de-constitutionnalite/charte-de-l-environnement-de-2004>. Récupéré sur <https://www.conseil-constitutionnel.fr/>.
- COUAT, J.-F., CEGARRA, J., RODSPHON, T., GEERAERTS, T., LELARDEUX, C., SOL, J.-C., . . . V.F.LUBRANO. (2013). A prospective video-based observational and analytical approach to evaluate management during brain tumour surgery at a university hospital. *Neurochirurgie*, 142-148.
- Cour des comptes. (2013). *Les restructurations hospitalières : trois illustrations des difficultés rencontrées*,. Cour des comptes. PARIS: La documentation française.
- CROZIER, M. (1971). *Le phénomène bureaucratique*. (Seuil, Éd.)
- CROZIER, M., & FRIEDBERG, E. (1977). *L'Acteur et le Système*. Seuil.
- CZAP, H., & BECKER, M. (2003). Multi-Agent Systems and Microeconomic Theory: A Negotiation Approach to solve Scheduling Problems in High Dynamic Environments. *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1-8). IEEE.
- DARD-LEVIEUX, A., & CALONEGO, F. (2010). Le hall opératoire : Une nouvelle conception du bloc. *TECHNOLOGIE HOSPITALIERE*, 722, 55-62.
- DAUVILLIERS, Y., ARNULF, I., LECENDREUX, M., CHARLEY, C. M., FRANCO, P., DROUOT, X., . . . SCHOLZ, S. (2013). Increased risk of narcolepsy in children and adults after pandemic H1N1 vaccination in France. *BRAIN*.

- DAVID, A., HATCHUEL, A., & LAUFER, R. (2012). *Les Nouvelles Fondations des sciences de gestion. Eléments d'épistémologie de la recherche en management* (éd. 3ième édition). (P. d. Mines, Éd.) PARIS: DUNOD.
- DAVIES, J. M. (2005). Team communication in the operating room. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*, 49(7), 898-901.
- DE POUVOURVILLE, G. (1998). Quelques aspects théoriques et pratiques sur la mesure de la performance hospitalière. *RUPTURES, revue transdisciplinaire en santé*, 5(1), pp. 99-105.
- DENTON, B., VIAPIANO, J., & VOGL, A. (2007). Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty. *Health Care Manage Sci*, 13–24.
- DEVILLE, A., & LESDOS-CAUHAPÉ, C. (1999). *L'activité des hôpitaux en 1997 et 1998*. DREES. Ministère de l'Emploi et de la Solidarité.
- DEXTER, F. (2007). Letters to the Editors : Reductions in non-operative times, not increases in operating room efficiency - . *Surgery*, 544-45.
- DEXTER, F., & LUBARSKY, D. A. (2004). Using Length of Stay Data from a Hospital to Evaluate Whether Limiting Elective Surgery at the Hospital is an Inappropriate Decision. *Journal of Clinical Anesthesia*, 16, 421-425.
- DEXTER, F., MACARIO, A., & TRAUB, R. D. (1999). Which Algorithm for Scheduling Add-on Elective Cases Maximizes Operating Room Utilization ? Use of Bin Packing Algorithms and Fuzzy Constraints in Operating Room Management. *Anesthesiology*, 91, 1491-500.
- DEXTER, F., MACARIO, A., LUBARSKY, D. A., & BURNS, D. D. (1999). Statistical Method to Evaluate Management Strategies to Decrease Variability in Operating Room Utilization Application of Linear Statistical Modeling and Monte Carlo Simulation to Operating Room Management. *Anesthesiology*, 91, 262-74.
- DGOS. (2011). *Calcul des coûts par activité- Données 2011*. Ministère des affaires sociales et de la santé, Direction Générale de l'Offre de Soins.
- DHUPAR, R., EVANKOVICH, J., KLUNE, J. R., VARGAS, L. G., & HUGHES, S. J. (2011). Delayed operating room availability significantly impacts the total hospital costs of an urgent surgical procedure. *SURGERY*, 150(2), 299-305.
- DIMITRIADIS, P., IYER, S., & EVGENIOU, E. (2013). The challenge of cancellations on the day of surgery. *International Journal of Surgery*, 11, 1126-1130.
- DOMERGUE, J., & GUIDICELLI, H. (2003). *LA CHIRURGIE FRANCAISE EN 2003, LES RAISONS DE LA CRISE ET LES PROPOSITIONS*.
- DOMIN, J.-P. (2010). Les dispositifs de gestion dans les réformes hospitalières : l'impossible passage de l'hôpital bureaucratique à l'hôpital-entreprise (1980-2009). HAL archives-ouvertes.
- DONABEDIAN, A. (1980). *Explorations in quality assessment and monitoring*. ANN ARBOR: Health Administration Press.
- DUCLOS, A., COURAY-TARGE, S., PERRIN, G., MARIAN, L., & COLIN, C. (2007). Le pôle d'activité, une opportunité pour formaliser des processus de soins transversaux à l'hôpital public. *Presse médicale (Paris, France : 1983)*, 36(4 Pt 2), 674-80.
- DUCRUET, C. (2010). *Les mesures locales d'un réseau*. Groupe FMR. HAL. Récupéré sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00546814v2>
- DUMOND, J.-P. (2006). Les professionnels de santé à l'épreuve des fusions d'établissements et de services hospitaliers. *Sciences sociales et santé*, 24(4), 97-127.
- DUPRAT, P. (2000). Qu'est-ce que le benchmarking ? *Revue Hospitalière de France*(6).
- DUPUY, F. (2011). *Lost in Management*. Paris: SEUIL.

- DUREUIL, B., & FAICT, S. (2007). Intérêt et limites de la rotation des personnels dans les blocs opératoires. (E. MASON, Éd.) *Le praticien en anesthésie réanimation*, 65-67.
- ECOFEY, C. (2013). Y a-t-il nécessité à créer un pôle bloc opératoire ? Editorial. *Annales Françaises de d'Anesthésie et de réanimation*, 32, 539-540.
- EL KHATIB, K., DANINO, A., & MALKA, G. (2004). Étude de la corrélation entre le coût réel d'une intervention et ses modes de facturation en France : exemple de l'ablation de matériel d'ostéosynthèse de mandibule. *Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac.*, 105(3), 143-148.
- ELBARDISSI, A., WIEGMANN, D., DEARANI, J., DALY, R., & SUNDT, T. (2007). Application of the human factors analysis and classification system methodology to the cardiovascular surgery operating room. *The Annals of thoracic surgery*, 83(4), 1412-8; discussion 1418-9.
- ENTIBI, D. (2016, Juin). Dossier spécial : 10 questions aux acteurs qui conçoivent et accompagnent les établissements de santé de demain. (H. MEDIA, Éd.) *Architecture Hospitalière*(HORS SERIE n°1 : 2016-2017).
- EON, B., LEHMANN, M., FRANCOIS, G., CAILAR, J. d., GOURSOT, G., & POUVOURVILLE, G. d. (1996). Evaluation de l'activité anesthésique au bloc opératoire. Utilisation de l'ICR Bêta. *Ann Fr Anesth Réanim*(15), 608-616.
- ERDEM, E., QU, X., & SHI, J. (2012). Rescheduling of elective patients upon the arrival of emergency patients. *Decision Support Systems*, 551–563.
- ESSEN, J. v., HANS, E., HURINK, J., & OVERSBERG, A. (2012). Minimizing the Waiting Time for Emergency Surgery. *Operations Research for Health Care*, 1(2-3), 34-44.
- ETTORCHI-TARDY, A., LEVIF, M., & MICHEL, P. (2011). Le benchmarking : une méthode d'amélioration continue de la qualité en santé. *Pratiques et Organisation des Soins*, 42, 35-46.
- FAGE-MOREEL, V., JENNER, A., & HIRN, P. (2013). Gestion et réorganisation des blocs opératoires. *Gestions Hospitalières*, 543-548.
- FARISON, V. (2001). La mémoire d'Internet. *Séminaire internet de Sciences-Po PARIS*. PARIS.
- FAURE, R., LEMAIRE, B., & PICOULEAU, C. (2009). *Précis de recherche opérationnelle*. PARIS: DUNOD.
- FEI, H., DUVIVIER, D., MESKENS, N., & CHU, C. (2006). Ordonnancement journalier dans un bloc opératoire dans le cadre d'une stratégie "open scheduling". *Conférence francophone de Gestion et Ingénierie des Systèmes Hospitaliers (GISEH'06)*, (pp. 615-622). Luxembourg.
- FÉRY-LEMONNIER, E. (2002, Juin). L'évaluation des technologies médicales. *ADSP*, 39, pp. 28-33.
- FETTER, R., & FREEMAN, J. (1986). Diagnosis related groups: product line management within hospitals. *Academy of Management Review*, 11(1), 41–54.
- FETTER, R., SHIN, Y., FREEMAN, J., AVERILL, R., & THOMPSON, J. (1980). Case mix definition by diagnosis-related groups. *Medical care*, 18(2), 1–53.
- FRUCHTERMAN, T., & REINGOLD, E. (1991). Graph Drawing by Force-directed Placement. *SOFTWARE—PRACTICE AND EXPERIENCE*, 1139-1164.
- FRY, B. (2007). *Visualizing Data: Exploring and Explaining Data with the Processing Environment*. O'REILLY.
- GALA, R. B., MARGULIES, R., STEINBERG, A., MURPHY, M., LUKBAN, J., JEPSON, P., . . . SUNG, V. (2013). Systematic review of robotic surgery in gynecology: Robotic techniques compared with laparoscopy and laparotomy. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, 353–361.

- GALLOT, D., DELPIROU, F., FARGE, M., RODIER, S., GOURGAND, M., & CHABROL, M. (2012). Dimensionnement et organisation d'un bloc obstétrical. *Gestion Hospitalière*(513), 73-78.
- GARBER, A. M., & SCULPHER, M. J. (2012). Cost Effectiveness and Payment Policy. Dans M. V. PAULY, T. G. McGUIRE, & P. P. BARROS, *Handbook of Health Economics* (Vol. 2, pp. 471-497). Elsevier.
- GATES, B. (1999). *Business @ the Speed of Thought: Succeeding in the Digital Economy*. Grand Central Publishing.
- GAUDRON, P. (2007, octobre). Travaux en stratégie d'entreprise. Quels enseignements pour les directeurs d'hôpital ? *Gestions Hospitalières*, 554.
- GAWANDE, A., THOMAS, E., ZINNER, M., & BRENNAND, T. (1999). The incidence and nature of surgical adverse events in Colorado and Utah in 1992. *SURGERY*, 66-75.
- GELSOMINO, S., LORUSSO, R., LIVI, U., MASULLO, G., LUC, F., MAESSEN, J., & GENSINI, G. F. (2011). Cost and cost-effectiveness of cardiac surgery in elderly patients. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 142, 1062-73.
- GEORGES, P. M., & SAMSON, J. (2012). *Gérer un hôpital, un pôle; Les meilleures méthodes de management au service des gestionnaires hospitaliers*. SAURAMPS MEDICAL.
- GHIRARDINI, A., CARDONE, R., FEO, A. D., LEOMPORRA, G., CANNIZZARO, G., SGRÒ, A., & PALUMBO, F. (2010). National Policies for Risk Management in Italy. *Transplantation Proceedings*, 2181–2183.
- GILLESPIE, B., CHABOYER, W., LONGBOTTOM, P., & WALLIS, M. (2010). The impact of organisational and individual factors on team communication in surgery: a qualitative study. *International journal of nursing studies*, 47(6), 732-41.
- GLENN, D. M., & MACARIO, A. (1999). MANAGEMENT OF THE OPERATING ROOM A New Practice Opportunity for Anesthesiologists. *ANESTHESIOLOGY CLINICS OF NORTH AMERICA*, 17(2), 365-394.
- GOLDRATT, E. M., & COX, J. (1984). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*.
- GORDON, T., PAUL, S., LYLES, A., & FOUNTAIN, J. (1988). Surgical Unit Time Utilization Review: Resource Utilization and Management Implications. *Journal of Medical Systems*, 12(3), 169-179.
- GOTTLIEB, S., & MAKOWER, J. (2013). A Role for Entrepreneurs An Observation on Lowering Healthcare Costs via Technology Innovation. *American Journal of Preventive Medicine*, S43–S47.
- GOURGAND, M. (1984). *Outils logiciels pour l'évaluation des performances des systèmes informatiques*. Thèse d'Etat, Clermont-Ferrand.
- GRUENDEMANN, B. (1970). Social structure of hospital operating rooms. *AORN journal*, 11(6), 43-8.
- GUPTA, D. (2007). Surgical Suites' Operations Management. *PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT*, 16(6), 689–700.
- HALES, B., & PRONOVOST, P. (2006). The checklist—a tool for error management and performance improvement. *Journal of Critical Care*, 21, 231–235.
- HAMMAMI, S., LADET, P., ATIDEL, B. H., & RUIZ, A. (2007). Une programmation opératoire robuste. *Logistique & Management*, 15(1), 95-111.
- HANS, E., WULLINK, G., HOUDENHOVEN, M. V., & KAZEMIER, G. (2008). Robust surgery loading. *European Journal of Operational Research*, 185, 1038–1050.
- HARDERS, M., MALANGONI, M. A., WEIGHT, S., & SIDHU, T. (2006). Improving operating room efficiency through process redesign. *Surgery*, 140, 509-16.

- HASFELDT, D., LAERKNER, E., & BIRKELUND, R. (2010). Noise in the Operating Room—What Do We Know? A Review of the Literature. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, 25(6), 380-386.
- HAYNES, A. B., WEISER, T. G., BERRY, W. R., LIPSITZ, S. R., BREIZAT, A.-H. S., DELLINGER, P., . . . Bryce. (2009). A Surgical Safety Checklist to Reduce Morbidity and Mortality in a Global Population. *The new england journal of medicine*, 491-499.
- HEBERT, Y. (2010). *Le rôle de l'identité lors de la fusion d'unités opérationnelles d'un centre hospitalier universitaire*. MONTRÉAL : Université du Québec.
- HELMREICH, R., & DAVIES, J. (1996). Human factors in the operating room: interpersonal determinants of safety, efficiency and morale. *Baillière's Clinical Anaesthesiology*, 10(2), 277-295.
- HESLIN, M., DOSTER, B., DAILY, S., WALDRUM, M., BOUDREAUX, A., SMITH, B., . . . RUE, L. (2008). Durable improvements in Efficiency, Safety and Satisfaction in the Operating Room. *American College of Surgeons*, 1083-1089.
- HOLLENDER, L. (2005). La chirurgie en France. Recommandations des Académies nationales de médecine et de chirurgie. *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 189(6), 1289–1303.
- HU, Y. (2006). Efficient, High-Quality Force-Directed Graph Drawing. *The Mathematica Journal*, 10(1), 37-71.
- HUT, F. (2011). Les quartiers opératoires : Au coeur de la complexité. *hospitals.be*, pp. 16-22.
- IMBAUD, C. (2017). *Influence des technologies de santé dans les parcours de soins des personnes âgées; Quel plateau médico-technique ? Éléments de réponse par l'analyse des données de santé*. COMPIEGNE: UTC.
- INSEE. (2013, 11 14). *Médecins suivant le statut et la spécialité en 2012*. Récupéré sur http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF06102
- JACOMY, M., VENTURINI, T., HEYMAN, S., & BASTIAN, M. (2014). ForceAtlas2, A Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization designed for the Gephi software. *PLoS ONE*, 9(6). doi:10.1371/journal.pone.0098679
- JENA, A. B., & PHILIPSON, T. J. (2008). Cost-effectiveness analysis and innovation. *Journal of Health Economics*, 27, 1224–1236.
- JOUBERT, J., & LALA, J.-P. (2014, Mai). La communauté hospitalière de territoire : Un équilibre en stratégies mixtes. *GESTIONS HOSPITALIERES*(536), 283-288.
- JUVEN, P.-A. (2015). Calculer les coûts et fixer les tarifs : Des gestes politiques ? *Techniques hospitalières*, 753-754.
- KAAFARANI, H. M., ITANI, K. M., ROSEN, A. K., ZHAO, S., HARTMANN, C. W., & GABA, D. M. (2009). How does patient safety culture in the operating room and post-anesthesia care unit compare to the rest of the hospital? *The American Journal of Surgery*, 198(1), 70-75.
- KARVONEN, S., RAMO, J., LEIJALA, M., & HOLMSTROM, J. (2005). Productivity improvement in heart surgery – a case study on care process development. *Production Planning & Control*, 15(3), 238–246.
- KATZ, J. (2007). Conflict and its resolution in the operating room. *Journal of clinical anesthesia*, 19(2), 152-8.
- KERLEAU, M. (2001). Les processus de restructuration des systèmes hospitaliers : tendances générales et variations nationales (États-Unis, Royaume-Uni, Québec). *Revue française des affaires sociales*, 2(2), 59-78.
- KEYSER-BRILL, N. (2015, 03 04). Big data, les données changent la donne. (L. m. Paris, Éd.) *Paris WorldWide N°6*.

- KODALI, B. S., KIM, D., BLEDAY, R., FLANAGAN, H., & URMAN, R. D. (2014). Successful strategies for the reduction of operating room turnover times in a tertiary care academic medical center. *Journal of Surgical Research*, 403-411.
- KOURILSKY, P., & VINEY, G. (1999). *Le principe de précaution*. Rapport au 1er ministre, PARIS.
- KURMANN, A., TSCHAN, F., SEMMER, N. K., SEELANDT, J., CANDINAS, D., & BELDI, G. (2012). Human factors in the operating room – The surgeon's view. *Trends in Anaesthesia and Critical Care*, 2(5), 224-227.
- LAGARDE, J.-C., & DOOR, J.-P. (2010). *La campagne de vaccination antigrippale 2009 : une expérience pour l'avenir*. PARIS: Assemblée Nationale.
- LAGERGREN, M. (1998). What is the role and contribution of models to management and research in the health services? A view from Europe. *European Journal of Operational Research*, 105(2), 257-266.
- LAMIRI, M., XIE, X., DOLGUI, A., & GRIMAUD, F. (2008). A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery. *European Journal of Operational Research*, 1026–1037.
- LANGEVIN, F. (2011). *Le management des Technologies de santé, un enjeu de "taille"*. RENNES: Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique.
- LANSINGH, V. C., CARTER, M. J., & MARTENS, M. (2007). Global cost-effectiveness of cataract surgery. *Ophthalmology*, 114, 1670–1678.
- LATOUR, B. (1987). *La science en action* (éd. 2005). (Poche, Éd.) La Découverte.
- LAURENT, A. (2014, 01 27). *Cinq clés pour comprendre le «Big Data»*. (20minutes, Éd.) Consulté le 02 12, 2014, sur <http://www.20minutes.fr/>: <http://www.20minutes.fr/high-tech/1281614-20140127-20140127-cinq-cles-comprendre-big-data>
- LAURENT, F. (2016, 08 08). *Opikanoba.org*. Consulté le 06 21, 2018, sur https://www.opikanoba.org/sante/fitness_etalab
- LE MENN, J., & MILON, A. (2012). *Refonder la tarification hospitalière au service du patient : Rapport d'information n° 703*. SENAT, Mission d'évaluation et de contrôle de la sécurité sociale et de la commission des affaires sociales.
- LEE, B., TOBIAS, A., YUEH, J., BAR-MEIR, E., DARRAH, L., GUGLIELMI, C., . . . MOORMAN, D. (2008). Design and impact of an intraoperative pathway: A new operating room model for team-based practice. *American College of Surgeons*, 865-73.
- LEJEUNE, P., BOURDON, D., & CAILLET, R. (2012). A quoi ressemblera l'hôpital de 2050? *Revue Hospitalière de France*(544), 44-48.
- LENGLER, R., & EPPLER, M. (2007). Towards a periodic table of visualization methods of management. *GVE '07 Proceedings of the IASTED International Conference on Graphics and Visualization in Engineering* (pp. 83-88). Clearwater: ACTA Press.
- LERNOUT, T., LABALETTE, C., SEDEL, L., KORMANN, P., DUTEIL, C., DIVENAH, A. L., . . . SEGOUIN, C. (2010). Évaluation du coût de la prothèse totale de hanche: exemple du CHU Lariboisière Fernand-Widal. *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique*, 96, 156-166.
- LESLIE, M., HAGOOD, C., ROYER, A., REECE, C. P., & MALONEY, S. (2006). Using lean methods to improve OR turnover times. *AORN Journal*, 849-855.
- LIMA, M. (2011). *Visual Complexity: Mapping Patterns of Information*. Princeton Architectural Press.
- LIN, Z., & MOORE, T. J. (2014). Principles of organizing a surgical list. *SURGERY*, 105-108.
- LINGARD, L., ESPIN, S., WHYTE, S., REGEHR, G., BAKER, G. R., REZNICK, R., . . . GROBER, E. (2004). Communication failures in the operating room: an observational

- classification of recurrent types and effects. *Quality and Safety in Health Care*, 13(5), 330-334.
- LOUAZEL, M. (2013). Coopération hospitalière : Entre incitation réglementaire et intérêt stratégique à agir. *Gestions Hospitalières*, 117-119.
- MACARIO, A. (2010). What does one minute of operating room time cost? 22, pp. 233-236. ELSEVIER.
- MACARIO, A., VITEZ, T., DUNN, B., & McDONALD, T. (1995). Where are the costs in perioperative care ? *ANESTHESIOLOGY*, 83, 1138-1144.
- MAKARY, M., MUKHERJEE, A., SEXTON, J. B., SYIN, D., GOODRICH, E., HARTMANN, E., . . . PRONOVOST, P. J. (2007). Operating room briefings and wrong-site surgery. *Journal of the American College of Surgeons*, 204(2), 236-43.
- MALOT, J., COMBE, C., MOSS, A., SAVARY, P., HIDA, H., & LIGEON-LIGEONNET, P. (2011). Évaluation du coût de la chirurgie de la cataracte dans un établissement public de santé. *Journal français d'ophtalmologie*, 34, 10-16.
- MAQUIN, D. (2003, 05 03). Eléments de Théorie des Graphes. *Institut National Polytechnique de Lorraine*. Ecole nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique.
- MARQUES, I., CAPTIVO, M. E., & PATO, M. V. (2013). Scheduling elective surgeries in a Portuguese hospital using a genetic heuristic. *Operations Research for Health Care*, 3(2), 59-72.
- MAZZOCCO, K., PETITTI, D., FONG, K., BONACUM, D., BROOKEY, J., GRAHAM, S., . . . THOMAS, E. (2009). Surgical team behaviors and patient outcomes. *American journal of surgery*, 197(5), 678-85.
- MCFADDEN, D., TSAI, M., KADRY, B., & SOUBA, W. (2012). Game theory: applications for surgeons and the operating room environment. *Surgery*, 152(5), 915-22.
- MCGREEVY, J. M., & OTTEN, T. D. (2007). Briefing and debriefing in the operating room using fighter pilot crew resource management. *Journal of the American College of Surgeons*, 205(1), 169-76.
- McHENRY, C. R., BERGUER, R., ORTEGA, R. A., & YOWLER, C. J. (2004). Recognition, Management, and Prevention of Specific Operating Room Catastrophes. *American College of Surgeons*, 198(5), 810-821.
- MCKOIN, S., ARBITTIER, D., WESNER, V., MOORMAN, D., & CASTRONUOVO, J. (2010). Building a Culture of Operating Room Safety Using Crew Resource Management. *Pennsylvania Patient Safety Authority*, 7(2), 1-3.
- McLAIN, N. (1980). Risk management in the operating room. *AORN*, 31(5), 873-877.
- MEAH. (2007). *Benchmark des blocs opératoires dans dix régions pilotes*.
- MERAT, S., TORTOSA, J.-C., VINCENZI-ROUQUETTE, I., FEVRE, G., & ROUSSEAU, J.-M. (2006). Organisation d'un site opératoire. Comparaison des durées d'intervention prévues et réelles. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 152-157.
- MERCIER, G., & NGRO, G. (2013). Concordance entre deux méthodes de microcosting en chirurgie. *EPI-CLIN : 7e Conférence Francophone d'Épidémiologie Clinique*, (p. 23). PARIS 16 et 17 mai 2013.
- MESKENS, N., DUVIVIER, D., & HANSET, A. (2013). Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team. *Decision Support Systems*, 55, 650-659.
- MICHALET, M. (2013). Fusion des Etablissements Publics de Santé. De la théorie à la pratique. *Finances Hospitalières*, 19-22.
- MICHEL, P., LATHÉLIZE, M., QUENON, J., BRU-SONNET, R., DOMECCQ, S., & KRET, M. (2011). *Comparaison des deux Enquêtes Nationales sur les Événements Indésirables graves associés aux Soins menées en 2004 et 2009*. Ministère de la Santé et des

- Sports, Direction de la Recherche, des Etudes et de l'Évaluation et des Statistiques (DREES), BORDEAUX.
- MICHEL, P., QUENON, J.-L., DJIHOUD, A., TRICAUD-VIALLE, S., SARASQUETA, A.-M. d., & DOMECCQ, S. (2005). *Les événements indésirables graves liés aux soins observés dans les établissements de santé : premiers résultats d'une étude nationale*. Direction de la Recherche, des Etudes, de l'Évaluation et des Statistiques (DREES). PARIS: AIT du ministère des Solidarités, de la Santé et de la famille.
- MILON, A. (2008). *Rapport d'information au SENAT fait au nom de commission des Affaires sociales sur l'avenir de la chirurgie en France*. SENAT, PARIS.
- MOSSÉ, P., GERVASONI, N., & KERLAU, M. (1999). *Les restructurations hospitalières : acteurs, enjeux et stratégies*. Mission Interministérielle Recherche Expérimentation.
- MULROY, M. F. (2012). Checklists, Briefings, and Operating Room Safety. *Advances in Anesthesia*, 155-169.
- NOBRE, T., & MERDINGER-RUMPLER, C. (2010). Architecture et changement organisationnel : Le cas d'un déménagement d'un service de consultation externe au sein d'un nouvel hôpital. *GISEH*.
- NUROK, M., SUNDT, T., & FRANKEL, A. (2011). Teamwork and communication in the operating room: relationship to discrete outcomes and research challenges. *Anesthesiology clinics*, 29(1), 1-11.
- OCDE. (2011). *Systèmes de santé : efficacité et politiques*. OCDE.
- OCDE. (2017). *PANORAMA DE LA SANTÉ : LES INDICATEURS DE L'OCDE*. Paris: OCDE.
- O'CONNOR, S. (2016, 09 08). When your boss is an Algorithm. *Financial Times*.
- OLMSTEAD, J., COXON, P., FALCONE, D., IGNAS, L., & FOSS, P. (2007). World-Class OR Turnaround Times: Secrets Uncovered. *AORN JOURNAL*, 942-949.
- OMS. (2000). *Rapport sur la santé dans le monde 2000. Pour un système de santé plus performant*. GENEVE: Organisation Mondiale de la Santé. Récupéré sur <http://www.who.int/whr/2000/fr/>
- LOUDHOFF, J. P., TIMMERMANS, D., KNOL, D., BIJNEN, A., & WAL, G. V. (2007). Prioritising patients on surgical waiting lists: A conjoint analysis study on the priority judgements of patients, surgeons, occupational physicians, and general practitioners. *Social Science & Medicine*, 1863–1875.
- PAIGE, J. (2010). Surgical team training: promoting high reliability with nontechnical skills. *The Surgical clinics of North America*, 90(3), 569-81.
- PAIGE, J., & CHAUVIN, S. (2008). Transforming the Operating Room Team Through Simulation Training. *Seminars in Colon and Rectal Surgery*, 19(2), 98-107.
- PANEL, P., & CABARROT, P. (2010). Pourquoi une check-list au bloc opératoire ? *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, 362—370.
- PAPACONSTANTINO, H. T., SMYTHE, W. R., REZNIK, S. I., SIBBITT, S., & WEHBE-JANEK, H. (2013). Surgical safety checklist and operating room efficiency: results from a large multispecialty tertiary care hospital. *The American Journal of Surgery*, 853-860.
- PAPE, T. (2011). The Role of Distractions and Interruptions in Operating Room Safety. *Perioperative Nursing Clinics*, 6(2), 101-111.
- PARKER, S. H., YULE, S., FLIN, R., & MCKINLEY, A. (2012). Surgeons' leadership in the operating room: an observational study. *American journal of surgery*, 204(3), 347-54.
- PASCAL, C. (2003). La gestion par processus à l'hôpital, entre procédure et création de valeur. *Revue française de gestion*, 191-204.

- PATEL, V., AGGARWAL, R., OSINIBI, E., TAYLOR, D., ARORA, S., & DARZI, A. (2012). Operating room introduction for the novice. *American journal of surgery*, 203(2), 266-75.
- PAUL, E. (2014). *Appréhension économique des coopérations hospitalières. Un essai de modélisation*. EHESP.
- PELTOKORPI, A., & KUJALA, J. (2006). APPLICATION OF TIME BASED MANAGEMENT IN THE IMPROVEMENT OF PATIENT PROCESS EFFICIENCY. Helsinki University of Technology.
- PILLET, M. (2004). *Six Sigma* (éd. Éditions d'Organisation). Éditions d'Organisation.
- PODER, A. (2010). *Les chiffres clés de l'offre de soins - Edition 2010*. Direction Générale de l'Offre de Soins.
- PORTER, M. (1986). *L'avantage concurrentiel. Comment devancer ses concurrents et maintenir son avance*. (éd. 2003). DUNOD.
- PROST, T., & REY, S. (2015). *L'état de santé de la population en France*. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DRESS).
- PUJOL, P. (2018). *Marseille, 2040 - Le jour où notre système de santé craquera*. PARIS: FLAMMARION.
- QUISSAC, E., & GROSEIL, S. (2008, 05 01). *Finalités et définitions des Indices de Coût Relatif (ICR)*. (F. HOSPITALIERES, Éditeur) Consulté le 10 08, 2014, sur <http://finances-hospitalieres.fr>: <http://finances-hospitalieres.fr/print.asp?67A054883B78B9>
- RAMAIN, E., BRIGATO, K., LEHOT, J.-j., & MAURETTE, P. (2004). DÉSORGANISATION DU BLOC OPÉRATOIRE : LE RÔLE DES FACTEURS HUMAINS. *MAPAR*, (pp. 583-598).
- (2011). *Rapport 2012 au Parlement sur le financement des établissements de santé*. Ministère des affaires sociales et de la santé, PARIS.
- RICHARDSON, W. (1999). *To Err is Human : Building a safer health system*. Committee on quality of health care in America. INSTITUTE OF MEDICINE.
- ROADEF. (2011). *Le livre blanc de la recherche opérationnelle en France*. ROADEF.
- RODIER, S. (2010). *Une tentative d'unification et de résolution des problèmes de modélisation et d'optimisation dans les systèmes hospitaliers*. Thèse de doctorat, Clermont-Ferrand.
- ROGERS, D., LINGARD, L., BOEHLER, M., ESPIN, S., SCHINDLER, N., KLINGENSMITH, M., & MELLINGER, J. (2013). Foundations for teaching surgeons to address the contributions of systems to operating room team conflict. *American journal of surgery*, 206(3), 428-32.
- ROLAND, B., MARTINELLI, C. D., RIANE, F., & POCHE, Y. (2010). Scheduling an operating theatre under human resource constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 212–220.
- ROMEYER, C., BOIREAUX, A., DUPRÉ, V., GEINDRE, C., MATRAY, N., & MEYZONNIER, C. (2005). Modélisation par les processus - Une méthode préalable indispensable à la mise en œuvre d'un système d'information communicant centré sur le patient. *Gestions Hospitalières*, 447.
- ROSTENBERG, B., & BARACH, P. R. (2011). Design of cardiovascular operating rooms for tomorrow's technology and clinical practice — Part one. *Progress in Pediatric Cardiology*, 32, 121-128.
- ROUVROY, A. (2013, 09 19). Les données personnelles : une nouvelle donne pour le droit. *Le Bien commun 13-14; FRANCE CULTURE*. (A. Garapon, Intervieweur)
- ROUVROY, A., & BERNS, T. (2013). Gouvernamentalité algorithmique et perspectives d'émancipation : Le disparate comme condition d'individuation par la relation ? *Réseaux*(177), 163-196. doi:10.3917/res.177.0163

- ROY, B. (2006). Regard historique sur la recherche opérationnelle et l'aide à la décision en France. *175(44)*, 25-44.
- SACKETT, D. L., STRAUS, S. E., RICHARDSON, W. S., ROSENBERG, W., & HAYNES, R. B. (2000). *Evidence-Based Medicine: How to Practice and Teach EBM*. LONDON: Churchill Livingstone.
- SAINSAULIEU, I. (2006). Les appartenances collectives à l'hôpital. *Sociologie du Travail*, 72-87.
- SAPIN, M., ECKERT, C., & TOURAINE, M. (2015, 09 24). Projet de Loi de Financement de la Sécurité Sociale 2016 – DOSSIER DE PRESSE., (p. 7).
- SAUSSOIS, J.-M. (2012). *Les organisations Etat des savoirs*. Auxerre: SEUIL.
- SAVIN, P., & TESSALONIKOS, A. (2015, septembre-octobre). Big data, santé et droit : quelle combinaison idéale ? *Techniques Hospitalières(753)*, 26-30.
- SAVOLDELLI, G. L. (2009). Résolution de conflits au bloc opératoire. *Le Praticien en Anesthésie Réanimation*, 13(1), 65-69.
- SECHET, E., LEFRANC, B., GUILLE, R., DUTEILLE, F., & SELLAL, K.-O. (2010). Etude de coût d'un dispositif médical innovant : l'agrafeuse sous-cutanée à agrafes résorbables. *Le Pharmacien hospitalier*, 72-78.
- SEGRESTIN, B., & HATCHUEL, A. (2012). *Refonder l'entreprise*. (S.-L. R. idées, Éd.) PARIS.
- SEGUI-SAULNIER, S. (2012). Coopération : Comment fêter ses noces d'or ? *GESTIONS HOSPITALIERES(512)*, 61-63.
- SEGUI-SAULNIER, S. (2012). Coopérations hospitalières : Stop ou encore ? *GESTIONS HOSPITALIERES*, 508-510.
- SETBON, M. (2000). La qualité des soins, nouveau paradigme de l'action collective ? *Sociologie du travail*, 42(1), 51-68.
- SEXTON, B., MAKARY, M., TERSIGNI, A., PRYOR, D., HENDRICH, A., THOMAS, E., . . . PRONOVOST, P. (2006). Teamwork in the Operating Room. *Anesthesiology*, 105, 877-84.
- SHI, H.-Y., CHANG, H.-T., CULBERTSON, R., CHEN, Y.-J., LIAO, Y.-C., & HOU, M.-F. (2013). Breast cancer surgery volume-cost associations: Hierarchical linear regression and propensity score matching analysis in a nationwide Taiwan population. *Surgical Oncology*, 178-183.
- SHOWAN, A. M., & KENNEDY, S. K. (1999). Management of the operating room. *Seminars in Anesthesia, Perioperative Medicine and Pain*, 18(2), 117-124.
- SMITH, C. D., SPACKMAN, T., BROMMER, K., STEWART, M. W., VIZZINI, M., FRYE, J., & RUPP, W. C. (2013). Re-Engineering the Operating Room Using Variability Methodology to Improve Health Care Value. *J Am Coll Surg*, 559-570.
- SMITH, P. C., MOSSIALOS, E., & PAPANICOLAS, I. (2008). Mesure des performances pour l'amélioration des systèmes de santé : expériences, défis et perspectives. *Conférence ministérielle européenne de l'OMS sur les systèmes de santé : « Systèmes de santé, santé et prospérité »*. Tallinn: Organisation mondiale de la santé.
- SNOW, S. J. (2008). John Snow: the making of a hero? *THE LANCET*, 372(9632), 22 - 23.
- SOCKEEL, P., CHATELAIN, E., MASSOURE, M.-P., DAVID, P., CHAPPELLIER, X., & BUFFAT, S. (2009). Surgeons can learn from pilots: Human factors in surgery. *Journal de chirurgie*, 146(3), 250-5.
- SOUDEE, M. (2005). Accreditation and Quality Approach in Operating Theatre Departments: the French Approach. *Acta chir belg(105)*, 442-449.

- SPANGLER, W. E., STRUM, D. P., VARGAS, L. G., & MAY, J. H. (2004). Estimating Procedure Times for Surgeries by Determining Location Parameters for the Lognormal Model. *Health Care Management Science*, 97–104.
- STAHL, J. E., EGAN, M. T., GOLDMAN, J. M., TENNEY, D., WIKLUND, R. A., SANDBERG, W. S., . . . RATTNER, D. W. (2005). Introducing new technology into the operating room: Measuring the impact on job performance and satisfaction. *SURGERY*, 137(5), 518-526.
- STAHL, J. E., SANDBERG, W. S., DAILY, B., WIKLUND, R., EGAN, M. T., GOLDMAN, J. M., . . . RATTNER, D. W. (2006). Reorganizing patient care and workflow in the operating room: a cost-effectiveness study. *SURGERY*, 139, 717-28.
- STRUM, D. P., MAY, J. H., & VARGAS, L. G. (2000). Modeling the Uncertainty of Surgical Procedure Times: Comparison of Log-normal and Normal Models. *The American Society of Anesthesiologists*, 92, 1160-7.
- STRUM, D. P., MAY, J. H., SAMPSON, A. R., VARGAS, L. G., & SPANGLER, W. E. (2003). Estimating Times of Surgeries with Two Component Procedures Comparison of the Lognormal and Normal Models. *American Society of Anesthesiologists*, 98, 232–40.
- SU, M.-C., LAI, S.-C., WANG, P.-C., HSIEH, Y.-Z., & LIN, S.-C. (2011). A SOMO-based approach to the operating room scheduling problem. *Expert Systems with Applications*, 38, 15447–15454.
- SULIMAN, A., KLABER, R., & WARREN, O. (2013). Exploiting opportunities for leadership development of surgeons within the operating theatre. *International journal of surgery (London, England)*, 11(1), 6-11.
- TAN, J., & MACARIO, A. (2008). How to Evaluate Whether a New Technology in the Operating Room is Cost-Effective from Society's Viewpoint. *ANESTHESIOLOGY*, 26, 745–764.
- TANCREZ, J.-S., ROLAND, B., CORDIER, J.-P., & RIANE, F. (2013). Assessing the impact of stochasticity for operating theater sizing. *Decision Support Systems*, 55, 616–628.
- TAPPER, A.-M., HANNOLA, M., ZEITLIN, R., ISOJÄRVI, J., SINTONEN, H., & IKONEN, T. S. (2014). A systematic review and cost analysis of robot-assisted hysterectomy in malignant and benign conditions. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 1-10.
- TAYLOR, F. W. (1957). *La Direction scientifique des entreprises* (éd. éd. américaine 1911). PARIS: DUNOD.
- TAYLOR, G., BARRIE, J., HOOD, A., CULMER, P., NEVILLE, A., & JAYNE, D. (2013). Surgical innovations: Addressing the technology gaps in minimally invasive surgery. *Trends in Anaesthesia and Critical Care*, 56-61.
- THEISSEN, A., FUZ, F., CATINEAU, J., SULTAN, W., BEAUSSIER, M., CARLES, M., . . . NICCOLAI, P. (2014). Epidémiologie du risque médico-légal lié à la pratique de la chirurgie ambulatoire en France: données SHAM. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 158-162.
- TONNEAU, D., & LABORIE, H. (2008). *Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et les cliniques - Rapport final du chantier approfondissement*. Mission Nationale d'Expertise et d'Audit Hospitaliers (MEAH). PARIS: Ministère de la Santé et des Solidarités.
- TONNEAU, D., & LUCAS, A. (2006). *Gestion et organisation des blocs opératoires dans les hôpitaux et cliniques - Rapport final*. Mission nationale d'Expertise et d'Audit Hospitaliers (MEAH). Ministère de la Santé et des Solidarités.
- TORKKI, P. M., MARJAMAA, R. A., TORKKI, M. I., KALLIO, P. E., & KIRVELA, O. A. (2005). Use of Anesthesia Induction Rooms Can Increase the Number of Urgent Orthopedic Cases Completed within 7 Hours. *ANESTHESIOLOGY*, 103, 401–5.

- TOURAINE, M. (17 décembre 2015). Discours d'adoption de la loi de modernisation du système de santé. *ASSEMBLÉE NATIONALE*. PARIS.
- TRAVERS, V., WATRELOT, A., & CUCHE, H. (2012). Évaluation du niveau de stress et de ses principaux indicateurs chez les praticiens de bloc opératoire. *La Presse Médicale*, 41(12), 577-85.
- TRILLING, L., GUINET, A., & MAGNY, D. L. (2005). Planification de ressources mutualisées: le cas des infirmiers anesthésistes. *Conférence JDMACS*. LYON.
- VALLENCIEN, G. (2006). *L'évaluation de la sécurité, de la qualité et de la continuité des soins chirurgicaux dans les petits hôpitaux publics en France*. PARIS.
- VEEN-BERKX, E. V., ELKHUIZEN, S. G., KALKMAN, C. J., BUHRE, W. F., & KAZEMIER, G. (2014). Successful interventions to reduce first-case tardiness in Dutch university medical centers: Results of a nationwide operating room benchmark study. *The American Journal of Surgery*, 6, 949-959.
- VENKAT, P., CHEN, L.-M., YOUNG-LIN, N., KIET, T. K., YOUNG, G., AMATORI, D., . . . CHAN, J. K. (2012). An economic analysis of robotic versus laparoscopic surgery for endometrial cancer: Costs, charges and reimbursements to hospitals and professionals. *Gynecologic Oncology*, 237-240.
- VERAN, O. (2017). *L'évolution des modes de financement des établissements de santé. Une nouvelle échelle de valeur*. Ministère des affaires sociales et de la santé. La documentation Française.
- VERMEULEN, B., BORST, F., UNGER, P., & HUBER, O. (1993). Un tableau noir informatisé pour la gestion d'un bloc opératoire d'urgence. *Réan. Urg.*, 2(3), 267-272.
- VIGNERON, E. (2005, Mars-Avril-Mai). La santé, un enjeu de société : Une conscience géographique de la santé. *Sciences Humaines - Hors-série*(48).
- VIGNERON, E., & PERICARD, B. (2006). Les territoires au chevet de la santé; Proposition de l'atelier santé 2006 de l'lhedate. *Gestions Hospitalières*, 643-646.
- WACHTEL, R. E., & DEXTER, F. (2008). Tactical Increases in Operating Room Block Time for Capacity Planning Should Not Be Based on Utilization. *Anesthesia & analgesia*, 106(1), 215-226.
- WALTERS, C. B., KILLEN, A., & GARRETT, J. (2008). Using Human Factors to "Balance" Your Operating Room. *Perioperative Nursing Clinics*, 3(4), 277-285.
- WANG, B., & FURNBACK, W. (2013). Modelling the long-term outcomes of bariatric surgery: A review of cost-effectiveness studies. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 27, 987-995.
- WARNER, C. J., WALSH, D. B., HORVATH, A. J., WALSH, T. R., HERRICK, D. P., PRENTISS, S. J., & POWELL, R. J. (2013). Lean principles optimize on-time vascular surgery operating room starts and decrease resident work hours. *J Vasc Surg*, 28, 1417-22.
- WATERMAN, R. H., PETERS, T. J., & PHILLIPS, J. R. (1980). Structure in not organization. *Business Horizons*, 23(3), 14-26.
- WATERMAN, R., PETERS, T., & PHILIPS, J. (1980). Structure is not organization. *Business Horizons*, 14-26.
- WATERS, J. A., CANAL, D. F., WIEBKE, E. A., DUMAS, R. P., BEANE, J. D., AGUILAR-SAAVEDRA, J. R., . . . SCHMIDT, C. M. (2010). Robotic distal pancreatectomy: Cost effective? *Surgery*, 814-23.
- WEINBROUM, A. A., EKSTEIN, P., & EZRI, T. (2002). Efficiency of the operating room suite. *The American Journal of Surgery*, 185, 244-250.

- WEISER, T., Regenbogen, S., Thompson, K., Haynes, A., Lipsitz, S., Berry, W., & Gawande, A. (2008). An estimation of the global volume of surgery: a modelling strategy based on available data. *THE LANCET*(372), 139–44.
- WHITE, P., & WHITE, L. (1994). Cost containment in the operating room : Who is responsible ? *J. Clin. Anesth.*, 6, 351-356.
- WHYTE, S., CARTMILL, C., GARDEZI, F., REZNICK, R., ORSER, B., DORAN, D., & LINGARD, L. (2009). Uptake of a team briefing in the operating theatre: a Burkean dramatic analysis. *Social science & medicine* (1982), 69(12), 1757-66.
- World Health Organization, W. (2009, 1). Surgical Safety Checklist.
- WULLINK, G., HOUDENHOVEN, M. V., HANS, E. W., OOSTRUM, J. M., LANS, M. V., & KAZEMIER, G. (2007). Closing Emergency Operating Rooms Improves Efficiency. *J Med Syst*, 31, 543-546.
- www.hopital.fr. (2013, 11 14). *Hopitaux/Nos-métiers*. Récupéré sur www.hopital.fr: <http://www.hopital.fr/Hopitaux/Nos-metiers/Les-metiers-soignants/>
- YOUYOU, W., KOSINSKIB, M., & STILLWELL, D. (2015). Computer-based personality judgments are more accurate than those made by humans. *PNAS*, 12(4), 1036–1040. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1418680112>
- YULE, S., FLIN, R., PATERSON-BROWN, S., & MARAN, N. (2006). Non-technical skills for surgeons in the operating room: a review of the literature. *Surgery*, 139(2), 140-9.
- ZACHAROPOULOU, C., SANANES, N., BAULON, E., GARBIN, O., & WATTIEZ, A. (2010). Chirurgie robotique en gynécologie : état des connaissances. Revue de la littérature. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, 444-452.
- ZHOU, J., & DEXTER, F. (1998). Method to assist in the scheduling of add-on surgical cases - upper prediction bounds for surgical case duration based on the log-normal distribution. *Anesthesiology*, 1228-32.
- ZIEWACZ, J. E., ARRIAGA, A. F., BADER, A. M., BERRY, W. R., EDMONDSON, L., WONG, J. M., . . . GAWANDE, A. A. (2010). Crisis Checklists for the Operating Room: Development and Pilot Testing. *The American College of Surgeons*, 212-217.
- ZINZINDOHOUE, F. (2008). De la genèse des erreurs médicales, de l'imputabilité de la faute. *J Chir*, 145(5), 509-510.

ANNEXES

1.1.	Santé, hôpital, système de soins : enjeux et contexte.....	4
1.2.	Performance et résultats en santé.....	23
2.1.	Optimisation au bloc opératoire : Proposition d'une classification des démarches.....	35
2.2.	Optimisation par massification : Exemple de la fusion de deux hôpitaux.....	59
2.3.	Objectifs et suite de la recherche	67
3.1.	Exploitation des données massives.....	69
3.2.	Le PMSI comme source de données.....	84
3.3.	Matériel et méthode	96
4.1.	Approche analytique du séjour « ménisque ».....	116
4.2.	Approche analytique du séjour « PTH »	139
4.3.	Calculs et mesure sur les graphes	163
4.4.	Discussion.....	181
	Annexe 1 : Calendrier de l'hôpital neuf du CHIC CASTRES MAZAMET.....	I
	Annexe 2 : Graphes historiques	II
	Annexe 3 : Indicateurs de performance hospitalière.....	IV
	Annexe 4 : Illustration des différentes démarches d'optimisation	V
	Annexe 5 : Notion de base sur la théorie des graphes	VI
	Annexe 6 : Proposition d'un début de mode opératoire des mesures sur les réseaux (extrait)	VII
	Annexe 7 : Structure de la base de données PMSI 2013 à disposition	VIII
	Annexe 8 : Diagrammes de Pareto des séjours d'orthopédie.....	IX
	Annexe 9 : Code JavaScript – Graphes NŒUDS-LIENS (extrait)	XI
	Annexe 10 : GRAPHERS 2013 sous GEPHI dans le cadre des mesures	XIII
	Annexe 11 : Proposition de sélection du contexte	XV
	Annexe 12 : Code JavaScript – Pyramide des âges (extrait)	XVI

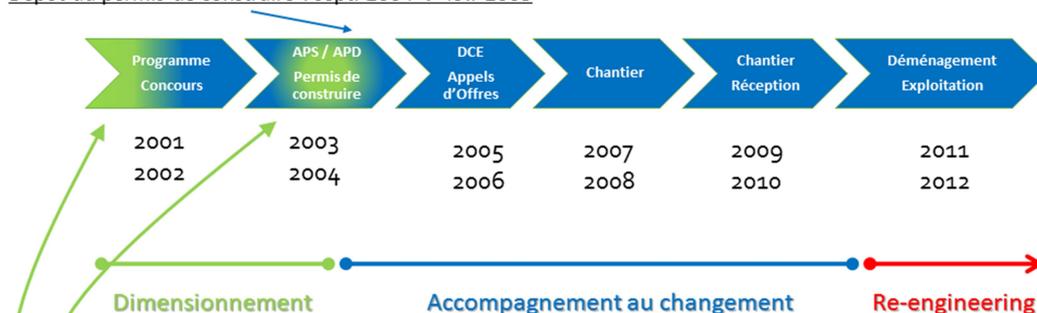
ANNEXE 1 : CALENDRIER DE L'HOPITAL NEUF DU CHIC CASTRES MAZAMET

- Le projet de l'hôpital neuf du CHIC Castre Mazamet a duré environ 11 ans, de 2000 à tout début 2011. Il s'est inscrit dans une procédure relevant de la loi MOP. Le permis de construire a été déposé en septembre 2004. A partir de cette date, le dimensionnement est figé. Toute modification ultérieure s'avérera *quasi* impossible pour des raisons temporelles, financières, économiques, techniques, juridiques. A partir de septembre 2004, il a fallu neutraliser une zone (ne pas la construire) plutôt que la modifier.

Entre 2000 et 2004, le temps des consultations de la phase avant-projet (programme, conduite d'opération, maîtrise d'œuvre, etc.), le jeu des allers-retours entre maître d'ouvrage et maître d'œuvre lors des phases APS et APD et bien d'autres événements ne permettent pas de consacrer plus de quelques mois au dimensionnement d'un tel projet.

Frise historique de l'Hôpital du Pays d'Audan CHIC Castres Mazamet

Dépôt du permis de construire : sept. 2004 → fév. 2005



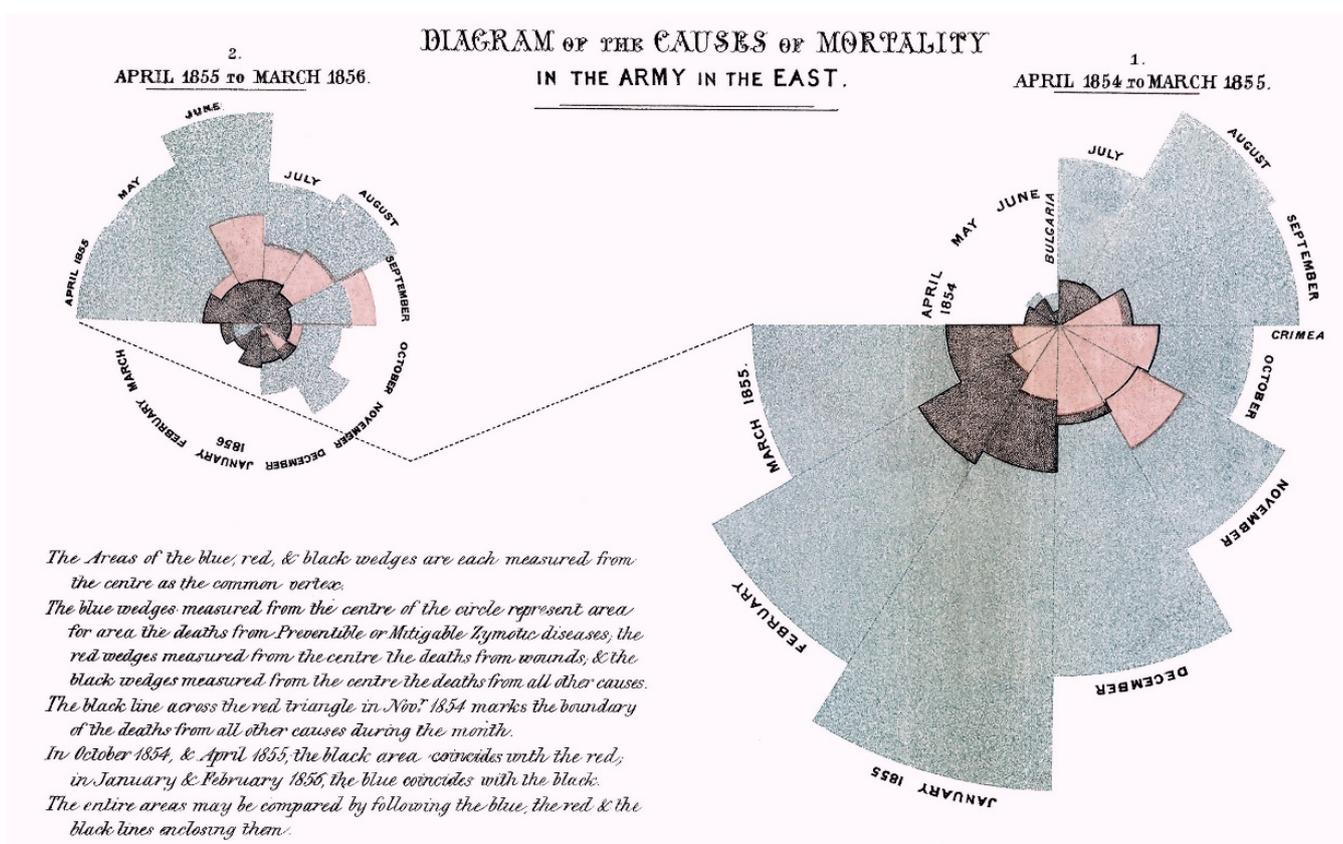
- ◆ En 10 ans, quel temps a été vraiment laissé au bon dimensionnement ?

◆ Finalement...au mieux 10% du projet (zones en vert)

ANNEXE 2 : GRAPHES HISTORIQUES

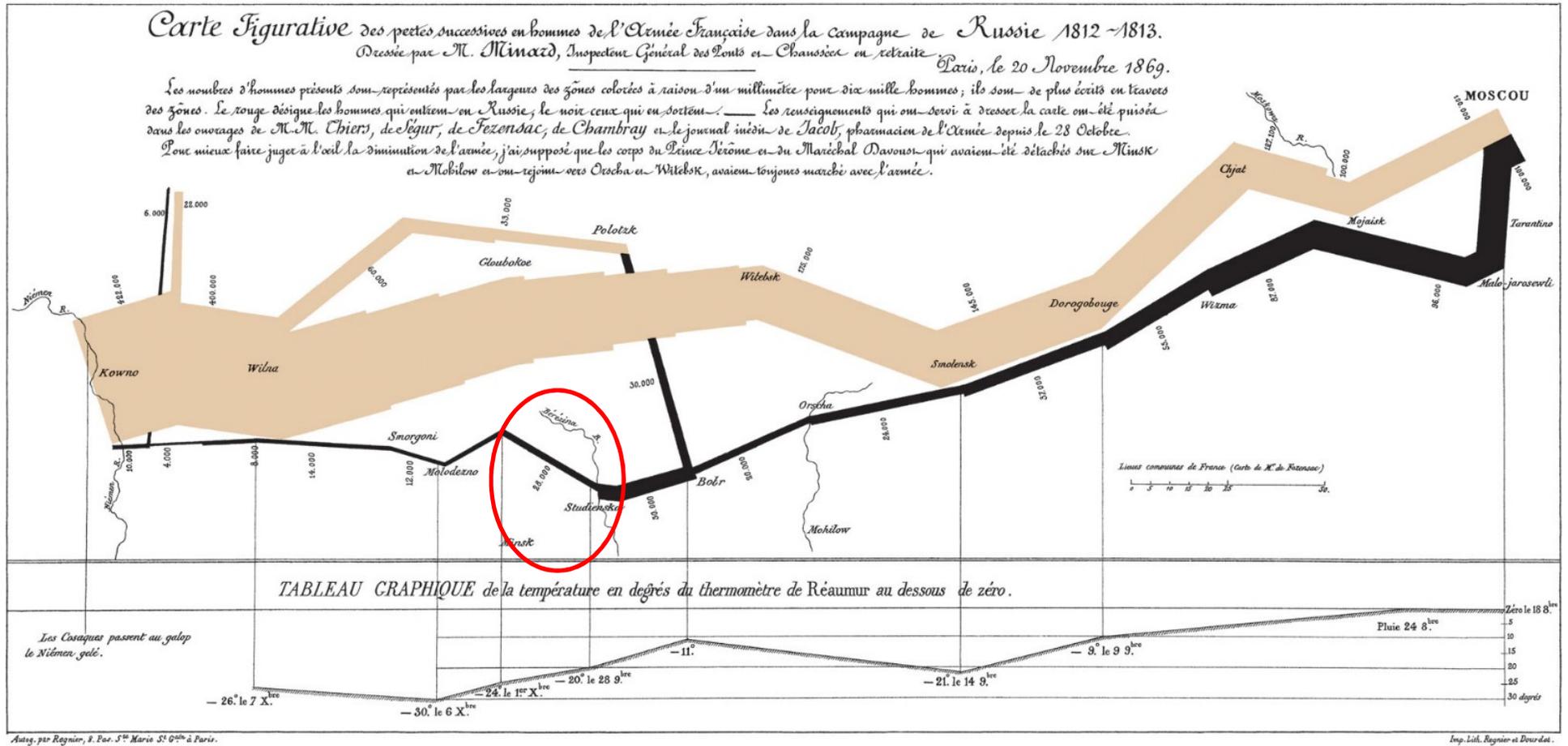
Deux visualisations historiques inspirent largement ce travail de recherche :

- 1- "Polar area diagrams by Florence Nightingale (1820–1910). This "Diagram of the causes of mortality in the army in the East" was published in *Notes on Matters Affecting the Health, Efficiency, and Hospital Administration of the British Army and sent to Queen Victoria in 1858.*"



2- Minard's classic diagram (1869) of Napoleon's invasion of Russia, using the feature now named after Sankey.

Ce graphe traduit l'évolution des effectifs en homme lors de la campagne de Russie 1812-1813. Le nombre d'hommes présents est représenté à raison d'un millimètre pour six mille hommes. Le lecteur pourra repérer le passage de la Bérézina en retour de campagne. Les températures négatives sont indiquées sous le graphe de flux. Des graphes similaires sont utilisés aujourd'hui pour décrire les types d'énergies consommées au niveau mondial. Cette représentation reste une piste de recherche sérieuse en matière de visualisation des parcours des patients.



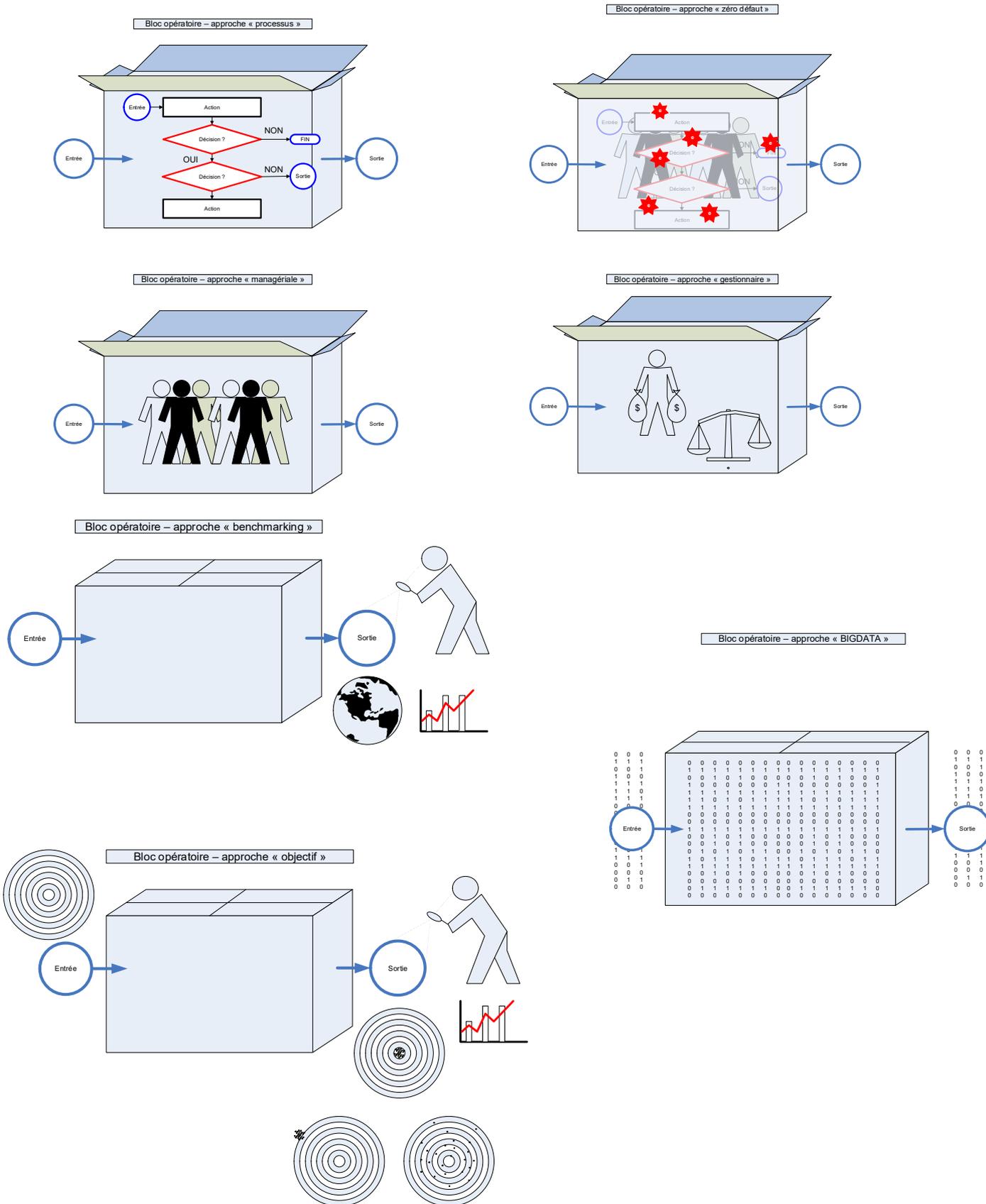
ANNEXE 3 : INDICATEURS DE PERFORMANCE HOSPITALIERE

Liste des indicateurs classiques utilisés pour qualifier la performance hospitalière et d'après le rapport de gestion 2017 du CHIC Castres Mazamet :

-
- 1- L'activité d'hospitalisation :
 - a. En séjours et précisément :
 - i. En nombre de séjours (RSS) avec une distinction à faire entre hospitalisation complète et hospitalisation associée à la chirurgie ambulatoire et l'hôpital de jour.
 1. En nombre de naissance le cas échéant ;
 2. En séjours de type SSR le cas échéant.
 - ii. En séjour par spécialité, comptée en nombre d'hospitalisation par unité médicale [RUM]
 - b. Les indices de références :
 - i. La Durée Moyenne de Séjour (DMS)
 - ii. L'Indice Pondérée de DMS (IP-DMS) qui mesure la moyenne des séjours relativement à d'autres établissements de santé comparables
 - iii. Le Taux d'Occupation des lits par Unité Fonctionnelle
 - c. La valorisation en recette T2A
 - 2- L'activité externe : Il s'agit des venues en consultation ou exploration dans les différentes unités de l'établissement. Elle est généralement analysée par spécialité.
 - 3- L'activité du plateau technique :
 - a. Les urgences :
 - i. Le nombre de passage par an ou par jour
 - ii. Le nombre de passage suivi d'une hospitalisation
 - iii. Le nombre de sortie des SMUR primaire ou secondaire
 - b. L'activité du bloc opératoire en nombre d'interventions par an
 - c. La consommation des molécules onéreuses et des dispositifs médicaux implantables
 - d. L'activité de biologie médicale :
 - i. En nombre de dossiers par an ou par jour
 - ii. En nombre de B réalisés ou transmis ou hors nomenclature
 - 4- Les indicateurs budgétaires :
 - a. Balance recettes-dépenses et ventilés par grande catégorie.
 - b. Evolution des effectifs
 - 5- Divers autres indicateurs :
 - a. Sites annexes type EPHAD (GIR, taux d'occupation, etc.)
 - b. Eléments d'activité en logistique (nombre de repas, blanchisserie)
 - c. Indicateurs de qualité (FEI, RMM, CREX, certification, etc.)

*
**

ANNEXE 4 : ILLUSTRATION DES DIFFERENTES DEMARCHES D'OPTIMISATION



From Heini O. (2007). Designing a generic measure and performance indicator model. Master thesis (science in communication and information systems) from the Université de Genève, 135 p., Geneva.

ANNEXE 5 : NOTION DE BASE SUR LA THEORIE DES GRAPHES

Notions de base

Un graphe G est un ensemble de nœuds N avec $N \neq 0$ dont certaines paires sont reliés entre eux par un ensemble de liens L . Un graphe est dit simple quand il est composé d'un seul type de nœuds et de liens. Mais un graphe peut être constitué de plusieurs types de nœuds et de liens. Dans ce cas, il peut être appelé multi graphe. Un graphe se définit par son *ordre* c'est-à-dire son nombre de nœuds N et par sa *taille* L c'est-à-dire son nombre de liens.

Dans un graphe, les liens peuvent être orientés, ils possèdent un sens. Dans ce cas, le lien peut être représenté par une flèche. Dans d'autres cas, le graphe n'est pas orienté, les liens peuvent être parcourus dans un sens ou dans l'autre. Les propriétés et les mesures d'un graphe sont dépendantes de son aspect orienté ou non orienté.

Mesures de base

- Degré d'incidence :

C'est la mesure la plus simple que l'on fait sur un nœud. Elle consiste à mesurer le nombre de liens connectés à un nœud donné. La mesure varie de 0 à $N-1$, avec N le nombre total de nœuds du graphe. Plus un nœud possède un degré d'incidence élevé, plus il est important au regard du graphe.

Pour un nœud $i \in N$, son degré k_i est donné par :

$$k_i = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N a_{ij}$$

Où a_{ij} représente la matrice d'adjacence du graphe.

- Degré moyen :

Il s'agit de la moyenne des degrés de tous les nœuds du graphe. C'est une mesure globale qui permet de situer le degré d'incidence d'un nœud en particulier par rapport à la moyenne des autres nœuds. Elle permet aussi de comparer plusieurs graphes.

Pour un graphe non orienté et sans boucle d'ordre N et de taille L , le degré moyen k est donné par :

$$k = \frac{2L}{N}$$

- Densité :

La densité d'un graphe est égale à la proportion de liens existants par rapport au nombre total de liens possibles. Pour le graphe non orienté et sans boucle G , sa densité d est donnée par :

$$d = \frac{2L}{N(N-1)}$$

En général, la densité décroît avec l'augmentation du nombre de nœuds.

ANNEXE 6 : PROPOSITION D'UN DEBUT DE MODE OPERATOIRE DES MESURES SUR LES RESEAUX (EXTRAIT)

Travail original réalisé à partir de diverses sources dont les publications l'association de géographe FMR (citée en chapitre III).

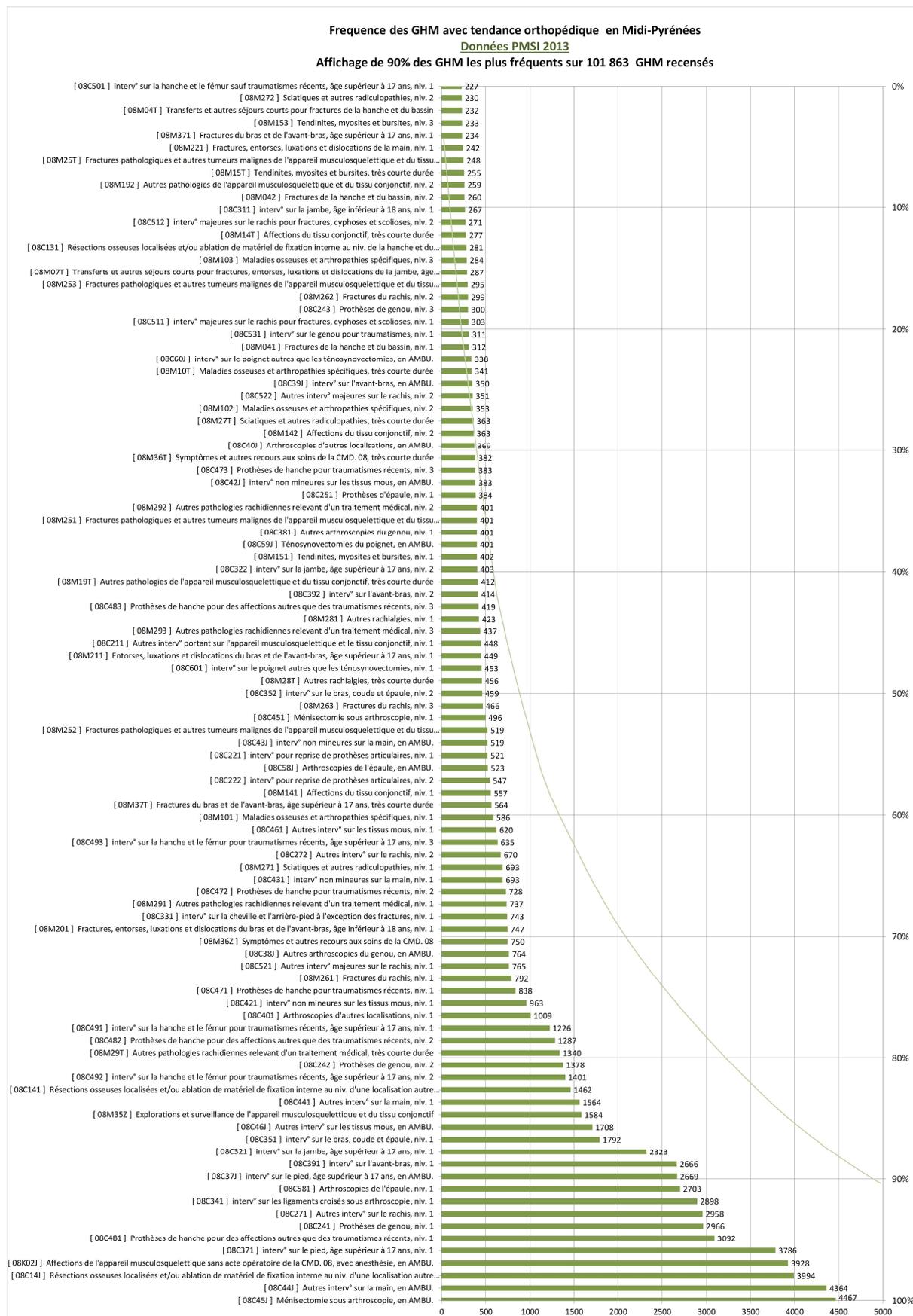
ANALYSE DES RÉSEAUX / APPROCHES DESCRIPTIVES Termes / définition / vocabulaire

1- Mesures locales élémentaires	(Etudes des caractéristiques des sommets et des liens)
<p>- Centralité de voisinage [NCEUD]</p> <p>...centralité d'incidence :</p> <p>...centralité « d'aboutissement » :</p>	<p>→ Degré de centralité / DEGREE CENTRALITY...= centralité topologique * nombre de liens incidents → Degré pondéré / WEIGHTED DEGREE...= poids / intensité des incidences * poids des liens incidents → Degré combiné / COMBINED CENTRALITY (TOPO + POIDS) * combin. nbre liens / poids des liens → Degré calculé à une profondeur / DEPTH...</p> <p>Recherche de... ...AUTORITIES, HUBS, BRIDGE = passages fréquents, obligés, uniques</p>
<p>- Centralité "distant" [NCEUD]</p> <p>...place d'un sommet par rapport à tous les autres sommets</p>	<p>→ Centralité de vecteur propre / [EIGEN VECTOR CENTRALITY]; = connexion aux sommets très connectés du graphe</p> <p>...repérage des nœuds centraux et des nœuds excentrés...</p> <p>→ Centralité de proximité / CLOSENESS CENTRALITY [0-1] : m.e.e. des nœuds facilement atteignables ou non (autonomie / indépendance) * Somme des longueurs des plus courts chemins... ...inverse indice de SHIMBEL / FARNESS / SHIMBEL DISTANCE ??</p> <p>→ Centralité d'intermédiarité / BETWEENESS CENTRALITY [0-1] : m.e.e des nœuds qu'on doit nécessairement traverser (potentiellement à fort point de passage) = qui ont, sans doute, un rôle de coordination et de contrôle * Nombre des plus courts chemins passant par chaque sommet = nœud traversé par un grand nombre de chemins géodésiques = chemins ayant une distance minimale → Excentricité / EXCENTRICITY : m.e.e des nœuds « excentriques » = pas centraux, donc autonomes et indépendants; * nombre de liens pour relier le sommet le plus distant</p>
<p>- Etude des liens [LIENS]</p>	<p>... notion d'INTERMEDIARITÉ : lien dont le passage est obligé ...détermination de la QUALITÉ DES LIENS : liens FORTS (fréquence, connaissance,...) ou FAIBLES (interaction ponctuelle) → THEORIE DE LIENS FAIBLES</p>
2- Mesures globales sur le réseau	(Etudes des caractéristiques du graphe dans son ensemble)
<p>- MESURES GLOBALES</p>	<p>...mesures générales : cycle, chaîne, chemin, circuit // PATH LENGHT, SHORTEST PATH / GEODESIC DISTANCE - Mesure des chemins / PATH / GEODESIC PATH * Chemin le plus court entre 2 nœuds : - Diamètre du graphe * le plus long des chemins les plus courts - Degré moyen * moyenne des degrés de tous les nœuds + notion d'ACCESSIBILITÉ relative / intégrale / géographique = effort pour relier des sommets</p>
<p>- INDICES TOPOLOGIQUES</p>	<p>→ Indices TOPOLOGIQUES...basés sur les liens, chemins, cycles, qui relient les nœuds α : ALPHA...chemins alternatifs = Redondance des CYCLES → CONNEXITÉ β : BETA...complexité du réseau γ : GAMMA...mesure la densité des liens : DENSITÉ / DENSITY [0-1] : 0 : graphe sans lien; 1 : graphe COMPLET * nombre de liens / nombre de liens total max. ...notion de CONNECTIVITÉ</p>
<p>- INDICES "GÉOGRAPHIQUES"</p>	<p>→ indices GÉOGRAPHIQUES ...prend en compte la longueur des liens et le trafic sur ces liens (flux) η : ETA...longueur moyenne du lien π : PI...longueur rapportée au diamètre du réseau ι : IOTA...trafic moyen par sommet θ : THETA...efficacité de gestion des flux</p>
<p>- DYNAMIQUE du graphe / FLUX</p>	<p>...apparition / disparition des liens // stabilité # fluctuation ...modélisation ALEAT / PETITS MONDES / RÉSEAU SANS ÉCHELLE ...croissance / décroissance (rare!) ...accessibilité / connexité / connectivité → vulnérabilité face aux changements...</p>
3- Méthode par partition	(Recherche des partitions pertinentes et des sous-graphes fortement connectés)
<p>- PARTICULARITÉS « GÉOMÉTRIQUES »</p> <p>...repérage des communautés</p>	<p>→ COEFFICIENT DE CLUSTERING LOCAL [0-1] : densité locale * étude des liens parmi les voisins d'un nœud : Identification des communautés [CLUSTER] : 0: Peu de liens, 1 : Tous les nœuds sont connectés → COEFFICIENT DE CLUSTERING GLOBAL [0-1] * moyenne des coef. de clustering locaux. 1 : le graphe a tendance à faire des clusters = formation de communautés → COEFFICIENT DE MODULARITÉ * Différence entre liens à l'intérieur d'une communauté et le nombre de liens attendus pour un réseau aléatoire de même taille et de même distribution en degré</p> <p>Recherche de... ... CLUSTER / COMMUNAUTÉ, CLIQUE, ÉTOILE, AUTORITIES, HUBS, BRIDGE (cut-edge, isthmus)</p>
<p>...repérage et analyse des sous-graphes</p>	<p>→ Méthode des k-CORES et K-PLEXES : méthode assouplie d'id* des CLIQUES (sous graphe max. complet) avec k à fixer → Arbres de recouvrement / SPANNING TREE : recherche des ARBRES, RACINES, FEUILLES...</p>
<p>- ETUDE DES FLUX</p>	<p>→ Graphe DES FLUX DOMINANTS / NODAL FLOW Recherche des HIERARCHIES...pôle principale / secondaire de rang x Recherche des EFFETS DE BARRIERES Partition en sous-graphes polarisés → Etude particulière des DYADES : utilisation des modèles gravitaires pour comparer les échanges [émission/réception d'info.] et étudier la proportionnalité des échanges</p>
<p>- MODÉLISATION / SIMPLIFICATION</p>	<p>→ BLOCKMODELING : partition basée sur les propriétés relationnelles des sommets MATRICE d'ADJA. → MATRICE BLOQUÉE → MATRICE IMAGE Passage du GRAPHE au GRAPHE RÉDUIT ...recherche des EQUIVALENCES entre sommets...</p>

ANNEXE 7 : STRUCTURE DE LA BASE DE DONNEES PMSI 2013 A DISPOSITION

ccam 2013 mp	sejour 1 2013 mp	sejour 2 2013 mp	unites medicales 2013 mp	das 2013 mp
<input type="checkbox"/> finess_pmsi	<input type="checkbox"/> num_anonyme	<input type="checkbox"/> finess_pmsi	<input type="checkbox"/> finess_pmsi	<input type="checkbox"/> finess_pmsi
<input type="checkbox"/> rsa	<input type="checkbox"/> num_de_sejour	<input type="checkbox"/> rsa	<input type="checkbox"/> rsa	<input type="checkbox"/> rsa
<input type="checkbox"/> mois_sortie	<input type="checkbox"/> finess_pmsi	<input type="checkbox"/> mois_sortie	<input type="checkbox"/> mois_sortie	<input type="checkbox"/> mois_sortie
<input type="checkbox"/> numero_ccam	<input type="checkbox"/> rsa	<input type="checkbox"/> trimestre	<input type="checkbox"/> numero_um	<input type="checkbox"/> numero_du_das
<input type="checkbox"/> num_rum	<input type="checkbox"/> mois_sortie	<input type="checkbox"/> version_rss_groupe	<input type="checkbox"/> no_seq_rum	<input type="checkbox"/> numero_um
<input type="checkbox"/> numero_ccam_dans_um	<input type="checkbox"/> version_rsa	<input type="checkbox"/> num_sequentiel_tarifs	<input type="checkbox"/> filler	<input type="checkbox"/> numero_du_das_dans_um
<input type="checkbox"/> delai_depuis_date_entree	<input type="checkbox"/> cmd_obtenu	<input type="checkbox"/> version_groupage_lu	<input type="checkbox"/> finess_geo	<input type="checkbox"/> das
<input type="checkbox"/> ccam	<input type="checkbox"/> type_obtenu	<input type="checkbox"/> cmd_lu	<input type="checkbox"/> dp	
<input type="checkbox"/> phase	<input type="checkbox"/> complexite_obtenu	<input type="checkbox"/> type_lu	<input type="checkbox"/> dr	
<input type="checkbox"/> activite	<input type="checkbox"/> ghm_obtenu	<input type="checkbox"/> numero_lu	<input type="checkbox"/> igs_2	
<input type="checkbox"/> extension_docu	<input type="checkbox"/> nb_de_rum	<input type="checkbox"/> complexite_lu	<input type="checkbox"/> nb_das	
<input type="checkbox"/> modificateur_1	<input type="checkbox"/> age	<input type="checkbox"/> ghm_lu	<input type="checkbox"/> nb_actes	
<input type="checkbox"/> modificateur_2	<input type="checkbox"/> age_jours	<input type="checkbox"/> code_retour_lu	<input type="checkbox"/> duree_sejour_partielle	
<input type="checkbox"/> modificateur_3	<input type="checkbox"/> sexe	<input type="checkbox"/> version_groupage_obtenu	<input type="checkbox"/> prem_type_autorisation	
<input type="checkbox"/> modificateur_4	<input type="checkbox"/> mode_entree	<input type="checkbox"/> numero_obtenu	<input type="checkbox"/> nature_supp_prem_auto	
<input type="checkbox"/> remboursement_excep	<input type="checkbox"/> provenance	<input type="checkbox"/> code_retour_obtenu	<input type="checkbox"/> nb_supp_prem_auto	
<input type="checkbox"/> association_non_prevue	<input type="checkbox"/> annee_sortie	<input type="checkbox"/> annee_sortie	<input type="checkbox"/> seconde_type_autorisation	
<input type="checkbox"/> nb_realisation_ccam	<input type="checkbox"/> mode_sortie	<input type="checkbox"/> type_sejour	<input type="checkbox"/> nature_supp_seconde_auto	
<input type="checkbox"/> date_valid_av_date_rum	<input type="checkbox"/> destination	<input type="checkbox"/> forfait_dialyse	<input type="checkbox"/> nb_supp_seconde_auto	
	<input type="checkbox"/> duree_sejour	<input type="checkbox"/> nb_sup_dialyse_hors_seances		
	<input type="checkbox"/> code_geo_residence	<input type="checkbox"/> nb_sup_entr_dialyse_pauto_hs		
	<input type="checkbox"/> poids_entree	<input type="checkbox"/> nb_sup_entr_dialyse_pcont_amb_hs		
	<input type="checkbox"/> age_gestationnel	<input type="checkbox"/> nb_sup_entr_dialyse_hs		
	<input type="checkbox"/> delai_regles	<input type="checkbox"/> nb_actes_ghs_9615		
	<input type="checkbox"/> nb_seances	<input type="checkbox"/> nb_sup_radio_pedia		
	<input type="checkbox"/> numero_ghs	<input type="checkbox"/> nb_sup_antep		
	<input type="checkbox"/> nb_autpgv	<input type="checkbox"/> top_valves		
	<input type="checkbox"/> nb_rdth	<input type="checkbox"/> nb_sup_caisson_hyperbare		
	<input type="checkbox"/> nb_jours_exh	<input type="checkbox"/> actes_prelev_organe		
	<input type="checkbox"/> type_inf_exb	<input type="checkbox"/> nb_sup_rea		
	<input type="checkbox"/> nb_jour_exb	<input type="checkbox"/> nb_sup_de_la_rea		
	<input type="checkbox"/> no_innovation	<input type="checkbox"/> nb_sup_stf_soins_intensifs		
	<input type="checkbox"/> num_rum_fourni_dp	<input type="checkbox"/> nb_sup_src_surv_continue		
	<input type="checkbox"/> dp	<input type="checkbox"/> nb_sup_nn1		
	<input type="checkbox"/> dr	<input type="checkbox"/> nb_sup_nn2		
	<input type="checkbox"/> nb_das	<input type="checkbox"/> nb_sup_nn3		
	<input type="checkbox"/> nb_actes	<input type="checkbox"/> nb_sup_rep		
		<input type="checkbox"/> pass_soins_palliatifs		
		<input type="checkbox"/> type_radiotherapie		
		<input type="checkbox"/> type_dosimetrie		
		<input type="checkbox"/> nb_faisceaux		

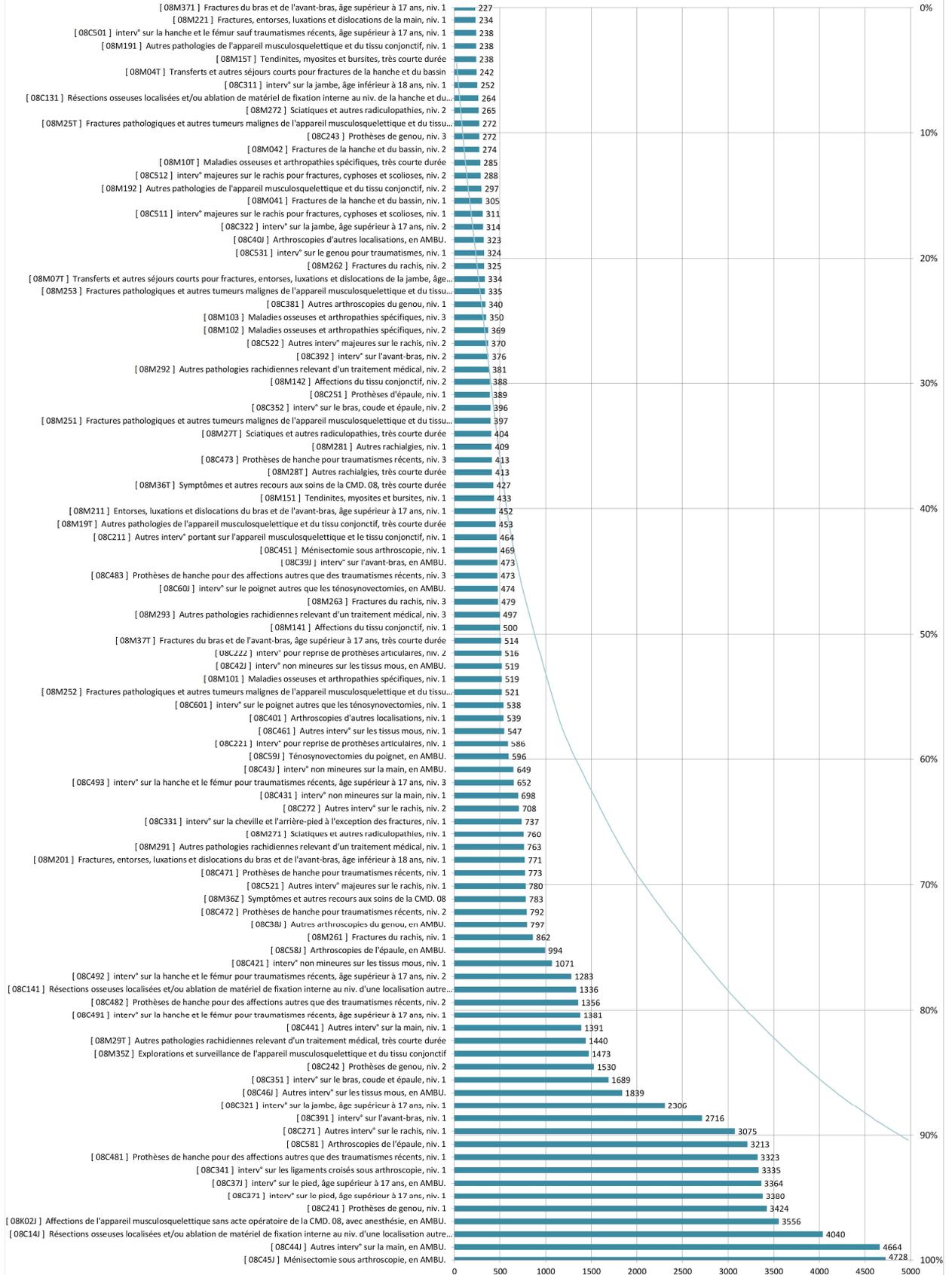
ANNEXE 8 : DIAGRAMMES DE PARETO DES SEJOURS D'ORTHOPEDIE



Frequence des GHM avec tendance orthopédique en Midi-Pyrénées

Données PMSI 2014

Affichage de 90% des GHM les plus fréquents sur 105 394 GHM recensés



ANNEXE 9 : CODE JAVASCRIPT – GRAPHES NŒUDS-LIENS (EXTRAIT)

- La difficulté technique du code ci-dessous réside dans l'appel aux méthodes et à la plage des attributs des fonctions proposées par d3 pour ce type de graphe.

```
<!DOCTYPE html>
<meta charset="utf-8">
<style>
.links line {
  stroke: #999;
  stroke-opacity: 0.6;
}
.nodes circle {
  stroke: #fff;
  stroke-width: 1.5px;
}
</style>
<head>
<u> <p> Données 2013 - séjour avec 08C45J - Ménisque</p></u>
</head>
<body>
<svg width="900" height="600"></svg>
<script src="d3.v4.min.js"></script>
<script>
// Création de la variable svg qui va servir de cadre de projection
var svg = d3.select("svg"),
    width = +svg.attr("width"),
    height = +svg.attr("height");
// Appel de la fonction zoom
svg.call(d3.zoom().on('zoom', zoomed));
//var color = d3.scaleOrdinal(d3.schemeCategory20);
// Création de la variable color pour donner une couleur à nos noeuds
var color = d3.scaleOrdinal()
  .domain("group")
  .range([
    "#ffbb78", "#ff9896", "#ff7f0e", "#f7b6d2",
    "#e377c2", "#dbdb8d", "#d62728", "#c7c7c7",
    "#c5b0d5", "#c49c94", "#bcbd22", "#aec7e8",
    "#9edae5", "#98df8a", "#9467bd", "#8c6d31",
    "#8c564b", "#843c39", "#7f7f7f", "#7b4173",
    "#637939", "#636363", "#393b79", "#2ca02c",
    "#1f77b4", "#17becf"
  ]);
//Appui sur la méthode .forcesimulation de d3 pour créer les forces sur les liens
var simulation = d3.forceSimulation()
  .force("link", d3.forceLink().id(function(d) { return d.id; }))
  .force("charge", d3.forceManyBody())
  // la force est fixée par défaut en fonction du cadre mais on peut la personnaliser
  // en activant la fonction suivante :
  // .force("charge", d3.forceManyBody().strength([-40]).distanceMax([200]))
  .force("center", d3.forceCenter(width / 2, height / 2))
  // la méthode alphaDecay permet de figer plus ou moins vite le graphe
  .alphaDecay(0.03);
var svg = svg.append('g');
//Changement des données à partir du fichier .json mais on peut aussi
//développer le chargement à partir d'un fichier .csv
d3.json("file.json", function(error, graph) {
  if (error) throw error;
  // création des liens
  var link = svg.append("g")
    .attr("class", "links")
    .selectAll("line")
    .data(graph.links)
    .enter().append("line")
    //ci-dessous on voit bien la pondération de la racine-carré sur le lien
    .attr("stroke-width", function(d) { return Math.sqrt(d.value); });
  //création des nœuds
  var node = svg.append("g")
    .attr("class", "nodes")
    .selectAll("circle")
    .data(graph.nodes)
    .enter().append("circle")
```

```

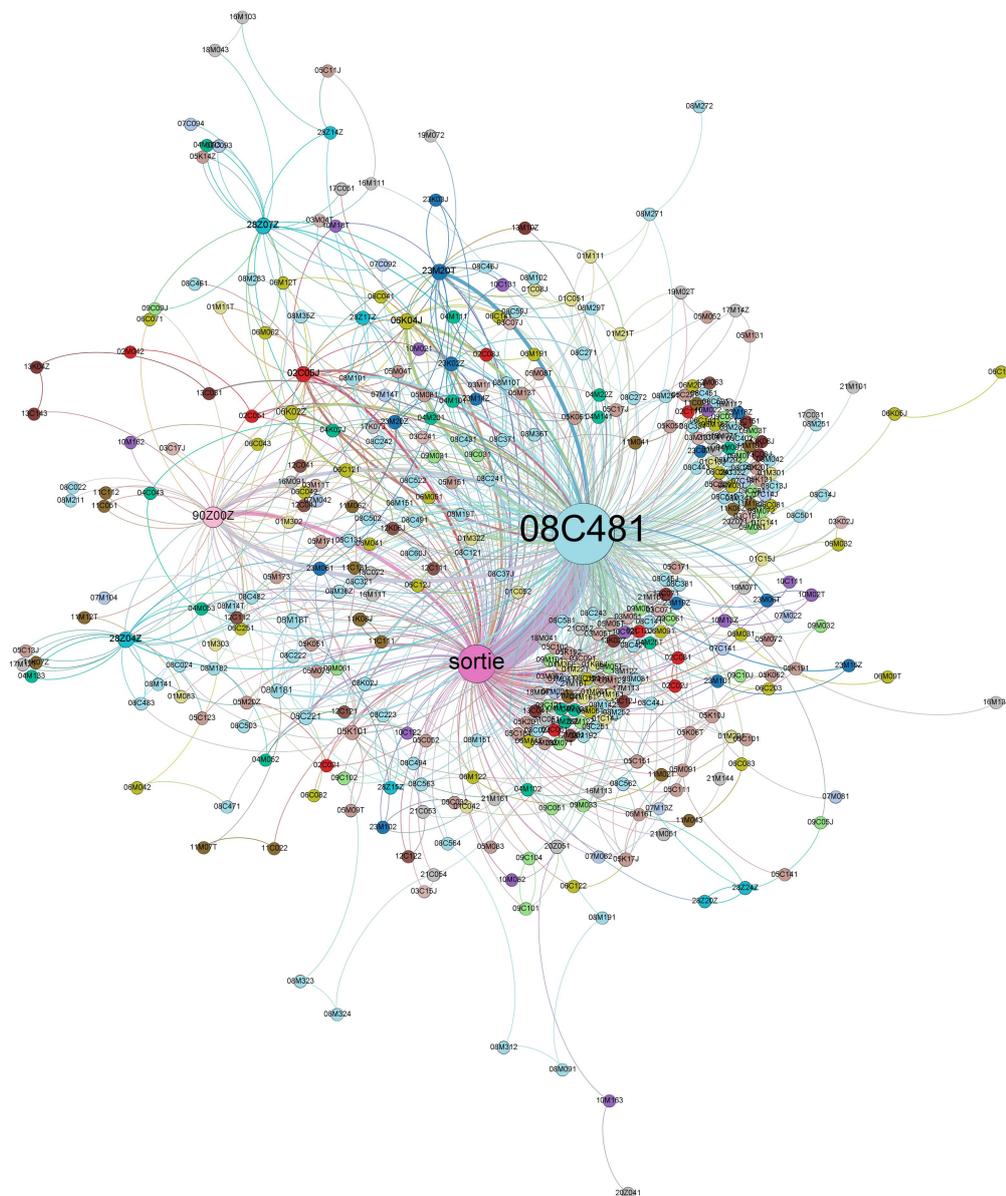
// Ci-dessous le diamètre est fixé à 5; rajouter une fonction ici si l'on veut le faire varier
// exemple : .attr("r", function(d) { return 3*(d.value); }) en ayant ajouté un attribut 'value'
// dans le fichier des noeuds
.attr("r", 5)
.attr("fill", function(d) { return color(d.group); })
.call(d3.drag()
  .on("start", dragstarted)
  .on("drag", dragged)
  .on("end", dragended))
//ici rajout d'une fonction qui permet de retrouver le type de séjour
.on("dblclick",function(d){
  //si le séjour est 0, message qu'il s'agit de la sortie
  if (d.id === "0")
    {return alert ("Il s'agit de la sortie du patient !");}
  //sinon, si 90Z00Z, on indique ... sinon on pointe directement sur aideaucodage
  else {
    if (d.id === "90Z00Z")
      {return alert ("90Z00Z : Erreurs et autres séjours inclassables !");}
    else
      {return window.open("https://www.aideaucodage.fr/ghm-" + d.id, '_blank')}
  }
});
//ici la petite fonction d'affichage du nom des noeuds
node.append("title")
  .text(function(d) { return d.id; });
simulation
  .nodes(graph.nodes)
  .on("tick", ticked);
simulation.force("link")
  .links(graph.links);
function ticked() {
  link
    .attr("x1", function(d) { return d.source.x; })
    .attr("y1", function(d) { return d.source.y; })
    .attr("x2", function(d) { return d.target.x; })
    .attr("y2", function(d) { return d.target.y; });
  node
    .attr("cx", function(d) { return d.x; })
    .attr("cy", function(d) { return d.y; });
}
});
function dragstarted(d) {
  if (!d3.event.active) simulation.alphaTarget(0.3).restart();
  d.fx = d.x;
  d.fy = d.y;
}
function dragged(d) {
  d.fx = d3.event.x;
  d.fy = d3.event.y;
}
function dragended(d) {
  if (!d3.event.active) simulation.alphaTarget(0);
  d.fx = null;
  d.fy = null;
}
// Zoom avec translation du cadre
function zoomed() {
  svg.attr("transform", "translate(" + d3.event.transform.x + ", " + d3.event.transform.y + ") scale(" +
d3.event.transform.k + ")");
}
</script>
</body>

```

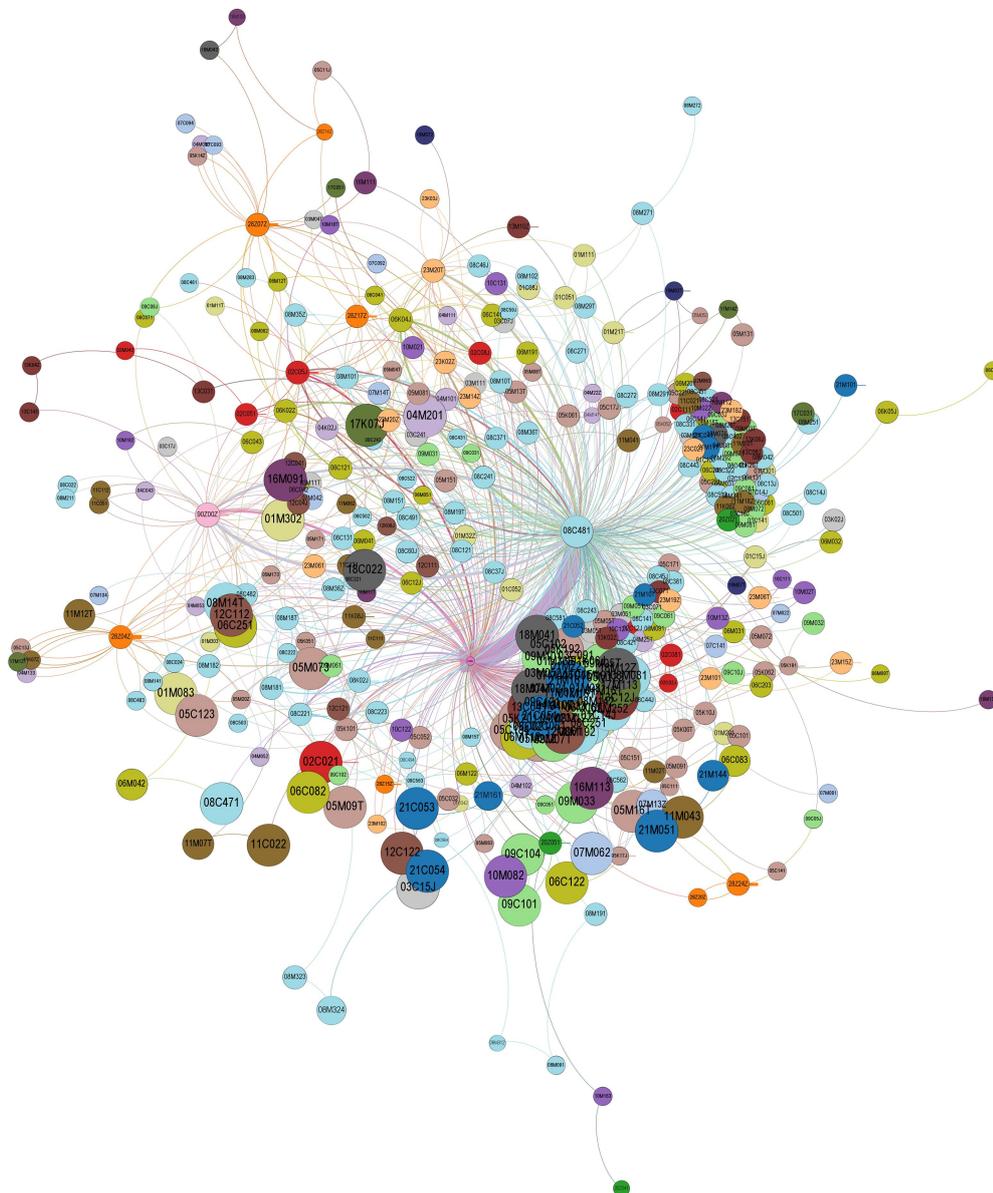
**

ANNEXE 10 : GRAPHES 2013 sous GEPHI DANS LE CADRE DES MESURES

- 2013 – 08C481 – graphe de base, diamètres des nœuds selon les degrés d'incidence

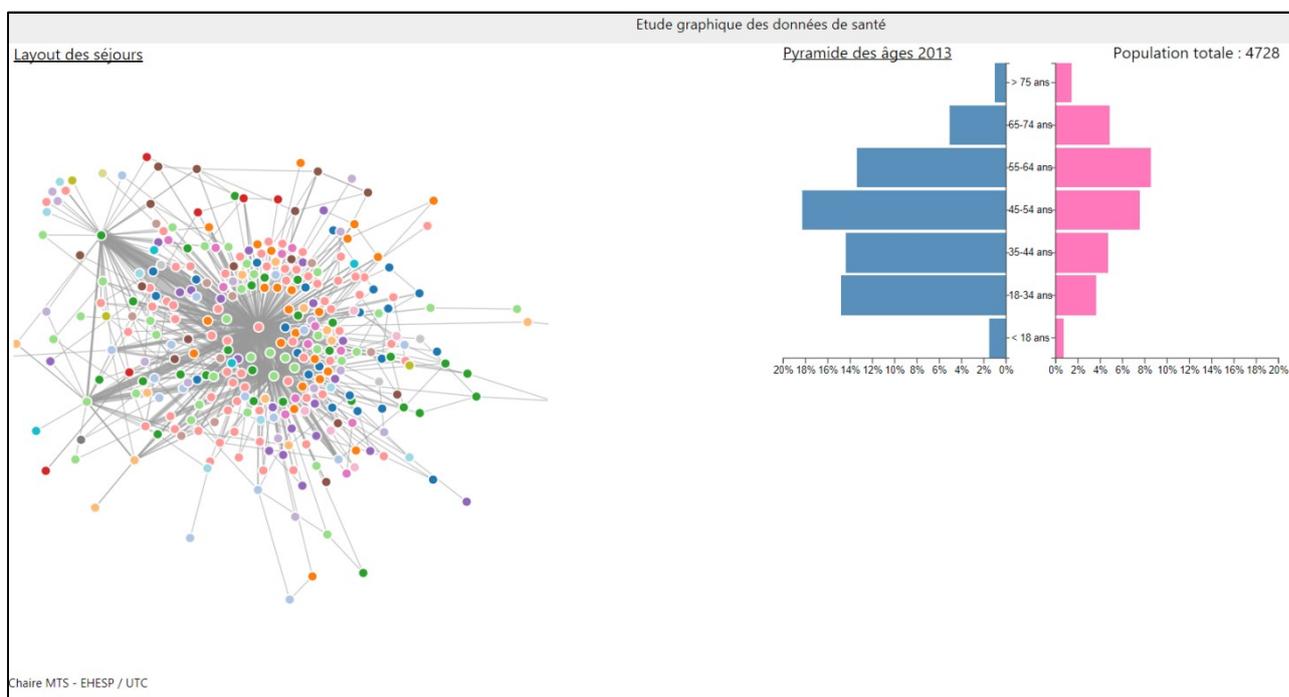


- 2013 – 08C481 – graphe de base, diamètres des nœuds selon la centralité de proximité (closeness centrality)
 - Mêmes données et paramètres que le graphe précédent, le diamètre des nœuds a seulement été pondéré par la centralité de proximité (closeness).
 - Les noms des nœuds ont été conservés malgré les recouvrements au niveau des clusters.

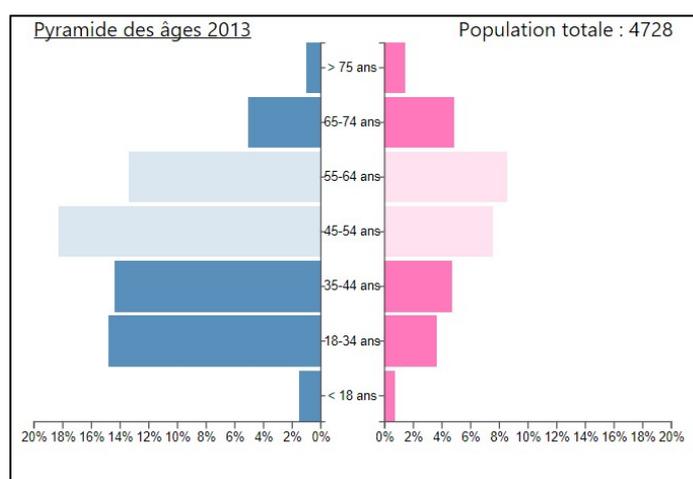


ANNEXE 11 : PROPOSITION DE SELECTION DU CONTEXTE

Le couple graphe NŒUDS-LIENS et pyramide des âges ajoute un niveau complémentaire d'information. La solution ci-dessous est entièrement développée sous JavaScript ce qui permet un affichage à partir de n'importe quel terminal (PC, tablette, téléphone). L'utilisateur bénéficie toujours du caractère dynamique de la fouille des données. Le survol des histogrammes du côté de la pyramide des âges donne l'information sur l'échantillonnage.



La suite du développement consiste à permettre la sélection d'un contexte particulier par l'utilisateur. En cliquant sur les histogrammes, l'utilisateur sélectionne ou désélectionne un ou plusieurs échantillons ; l'action induit une modification de la saturation en couleur comme suit :



Le lien dynamique "sélection du contexte (pyramide des âges) et reconstruction du graphe" NŒUDS-LIENS n'a pas été développé.

**

ANNEXE 12 : CODE JAVASCRIPT – PYRAMIDE DES AGES (EXTRAIT)

- Nous avons encapsulé la fonction `r_bargraph()` ci-dessous dans un fichier `.js` auquel nous faisons appel dans un fichier central `.html` (voir plus loin).
- Le code ci-dessous fait appel à la version `d3.v4`, seule solution pour la gestion des échelles notamment celle des ordonnées [voir `scaleBand()`].
- La difficulté du code ci-dessous réside dans la gestion des échelles, abscisses, ordonnées et notamment l'inversion des échelles sur la gauche sans qu'elles soient négatives ; et dans l'affectation de légendes aux échelles.

```
function r_bargraph() {
//-----d3 version 4-----
// Définition de la taille du graphe 500 - 300
var width = 500,
    height = 300;
// Définition des marges
var margin = {top: 20,right: 20,bottom: 20,    left: 20,
// et définition de la marge du milieu
    middle: 25};
// Définition de la largeur de chaque zone de graphe
var regionWidth = width/2 - margin.middle;
// Définition du point x et y maximum
var pointA = regionWidth,
    pointB = width - regionWidth;
// Récupération des données
var MyData = r_pyramid;
// Calcul de la population totale et calcul du pourcentage de chaque part
var totalPopulation = d3.sum(MyData, function(d) { return d.male + d.female; });
percentage = function(d) { return d / totalPopulation; };
// Création de la feuille SVG à droite : rightSVG
var rightSVG = d3.select('#rpane').append("svg")
    .attr('width', margin.left + width + margin.right)
    .attr('height', margin.top + height + margin.bottom)
// Création d'un groupe à l'intérieur de la marge centrale
    .append('g')
    .attr('transform', translation(margin.left, margin.top));
//----->
// Récupération de la valeur max. de part et d'autre des données
// Devenir ensuite la base max. partagée par chaque axe x
var maxValue = Math.max(
d3.max(MyData, function(d) { return percentage(d.male); });,
d3.max(MyData, function(d) { return percentage(d.female); });
);
//-----<
//Calcul la somme totale male + female de la population
//pour l'afficher en haut de zone via balise html ... à changer en JS ensuite
var sommePop =
d3.sum(MyData, function(d) { return d.male;}) +
d3.sum(MyData, function(d) { return d.female ;});
//-----<
// Définition des échelles ; de 0 à la largeur de la région mais inversé pour le graphe à gauche
var xScale = d3.scaleLinear() // fonctionnalité V4
    .domain([0, maxValue])
    .range([0, regionWidth])
    .nice();
var yScale = d3.scaleBand() //fonctionnalité V4 !!
    .domain(MyData.map(function(d) { return d.group; }))
    .range([height,0], 0.1)
    .paddingInner(0.07); //espace entre les rectangles
// Définition des paramètres des axes; d'abord x puis y
// version V4 de d3
var xAxisRight = d3.axisBottom(xScale)
    .tickFormat(d3.format(".0%"));
var xAxisLeft = d3.axisBottom(xScale.copy().range([pointA, 0]))
    .tickFormat(d3.format(".0%"));
var yAxisLeft = d3.axisRight (yScale)
    .tickSize(4,0)
    .tickPadding(margin.middle-4);
var yAxisRight = d3.axisLeft(yScale)
    .tickSize(4,0)
    .tickFormat('');
```

```

// Création d'un group "g" de chaque côté
// Et d'une translation pour positionner les bargraphs
var rightBarGroup = rightSVG.append('g')
  .attr('transform', translation(pointB, 0))
  .attr('fill', "hotpink")
  .attr('fill-opacity', 0.9)
  ;
var leftBarGroup = rightSVG.append('g')
  .attr('transform', translation(pointA, 0) + 'scale(-1,1)')
  .attr('fill', "steelblue")
  .attr('fill-opacity', 0.9)
  ;
// Création-dessin des axes
rightSVG.append('g')
  .attr('class', 'axis y left')
  .attr('transform', translation(pointA, 0))
  .call(yAxisLeft)
  .selectAll('text')
  .style('text-anchor', 'middle');
rightSVG.append('g')
  .attr('class', 'axis y right')
  .attr('transform', translation(pointB, 0))
  .call(yAxisRight);
rightSVG.append('g')
  .attr('class', 'axis x left')
  .attr('transform', translation(0, height))
  .call(xAxisLeft);
rightSVG.append('g')
  .attr('class', 'axis x right')
  .attr('transform', translation(pointB, height))
  .call(xAxisRight);
// Création des bars
leftBarGroup.selectAll('.bar.left')
  .data(MyData)
  .enter().append('rect')
  .attr('class', 'bar left')
  .attr('x', 0)
  .attr('y', function(d) { return yScale(d.group); })
  .attr('width', function(d) { return xScale(percentage(d.male)); })
  .attr('height', yScale.bandwidth())
  .append("title").text(function(d) {return d.male;})
  ;
rightBarGroup.selectAll('.bar.right')
  .data(MyData)
  .enter().append('rect')
  .attr('class', 'bar right')
  .attr('x', 0)
  .attr('y', function(d) { return yScale(d.group); })
  .attr('width', function(d) { return xScale(percentage(d.female)); })
  .attr('height', yScale.bandwidth())
  .append("title").text(function(d) {return d.female;})
  ;
// ajout d'un titre
rightSVG.append("text")
  .attr("x", 0)
  .attr("y", 2 - (margin.top / 3))
  .attr("text-anchor", "left")
  .style("font-size", "16px")
  .style("text-decoration", "underline")
  .text("Pyramide des âges 2013");
// ajout d'un autre élément de texte --> population totale
rightSVG.append("text")
  .attr("x", width/1.5)
  .attr("y", 2 - (margin.top / 3))
  .attr("text-anchor", "left")
  .style("font-size", "16px")
  .text("Population totale : " + sommePop);
// ajout d'un code pour gérer les clics sur les bars
leftBarGroup.selectAll('.bar.left')
  .on("click", function() {
    MyOpa = d3.select(this).style("fill-opacity");
    if (MyOpa > 0.8) {return d3.select(this).style("fill-opacity", 0.2)}
    else if (MyOpa < 0.3) {return d3.select(this).style("fill-opacity", 0.9)}
  }
  );
rightBarGroup.selectAll('.bar.right')
  .on("click", function() {

```

```

        MyOpa = d3.select(this).style("fill-opacity");
        if (MyOpa > 0.8) {return d3.select(this).style("fill-opacity", 0.2)}
        else if (MyOpa < 0.3) {return d3.select(this).style("fill-opacity", 0.9)}
        }
    );
};

```

- Le fichier *.html*, vide de contenu, fait appel à plusieurs fichiers *.js* et un fichier *.css*

```

<html>
  <head>
    <title>Etude graphique des données de santé</title>
    <script src="http://d3js.org/d3.v4.min.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="graph.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="r_pyramid.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="r_bargraph.js"></script>
    <meta charset="utf-8">
    <link rel="stylesheet" href="style.css">
  </head>
  <body>
    <div id="container">
      <div id="outer">
        <div id="header"><p>Etude graphique des données de santé</p></div>
        <div id="inner">
          <div id="lpane"></div>
          <div id="rpane"></div>
        </div>
      </div>
      <div id="footer"> <small>Chaire MTS - EHESP / UTC</small></div>
    </div>
    <script>
graph ()
r_bargraph()
</script>
  </body>
</html>

```

Fin