

Présentation du contexte et des problématiques

Suite à plusieurs réunions exploratoires avec le CHRU de Tours, trois thèmes de travail ont été identifiés :

- la gestion des flux logistiques sur deux niveaux : entre les hôpitaux du CHRU de Tours et au sein d'un vaste hôpital, l'hôpital Bretonneau (mise en place d'une équipe de manutention et réorganisation des flux) ;
- la planification des transports des patients, urgents ou non, en particulier entre les divers hôpitaux qui composent le CHRU de Tours ;
- la gestion du matériel dans le futur bloc opératoire de l'hôpital Trousseau.

Pour des raisons de temps et étant donné l'ampleur des travaux, nous avons décidé de retenir uniquement les deux premiers thèmes, liés aux transports. Afin de nous familiariser avec le fonctionnement et surtout les contraintes des services concernés (Centrale des Ambulanciers, SAMU et les différents services logistiques), nous avons systématiquement interviewé les responsables et réalisé des visites sur site. Cela nous a permis de réaliser un état des lieux précis sur les différents flux et sur les points pouvant être abordés et résolus par des techniques de Recherche Opérationnelle.

Ce chapitre présente le contexte général des travaux de recherche effectués durant cette thèse et leurs champs d'application dans le cadre du CHRU de Tours. Après une première partie consacrée à la présentation générale du CHRU de Tours, une deuxième et une troisième partie présentent les services concernés que sont les diverses logistiques (les Archives, la Blanchisserie, l'Unité Centrale de Production Alimentaire, la Pharmacie, la Stérilisation, la Logistique Hôtelière et la Salubrité) ainsi que la Centrale des Ambulanciers et le SAMU. La dernière partie du chapitre expose les deux grandes problématiques qui ont été traitées (transport de patients et logistique).

1.1 Contexte hospitalier à Tours

Afin de mieux comprendre les enjeux des problématiques posées, une présentation du contexte hospitalier dans le région de Tours est nécessaire. Les sites géographiques et quelques chiffres clés sont listés de manière à présenter l'importance et l'étendue des activités du CHRU de Tours.

Le CHRU de Tours (ville comptant plus de 300 000 habitants avec l'agglomération), regroupe 6 sites de soins : l'hôpital Bretonneau, l'hôpital Trousseau, l'hôpital Clocheville, l'hôpital Ermitage, le Centre Psychothérapique de Tours Sud (CPTS), et le Centre Psychiatrie Universitaire (CPU). Les premiers bâtiments ont été construits au XVème siècle, depuis le CHRU de Tours n'a cessé d'évoluer pour devenir le plus grand établissement de santé de la région Centre avec un budget de plus de 320 millions d'Euros. Pour avoir une idée de l'activité, le CHRU de Tours soigne par an près de 80 000 patients en hospitalisation complète (>24h) avec une durée de séjour en moyenne de 6 jours, et environ 110 000 patients en hospitalisation de jour (<24h). Environ 25% des patients sont originaires d'autres départements que l'Indre et Loire. Pour accueillir toutes ces personnes, il y a au total plus de 2 000 lits et plus de 7 600 personnes travaillant au CHRU (premier employeur de la région Centre). Les services enregistrant la plus forte attractivité sont la chirurgie cardiaque/pédiatrique, l'oncologie pédiatrique, la biologie de la reproduction, et le service des brûlés. Parmi les chiffres clés intéressants de 2008, nous pouvons citer :

- Les types de soins majeurs : 41 252 interventions chirurgicales, 9 160 séances de chimiothérapie, 22 377 séances de radiothérapie et 368 861 consultations externes.
- Les urgences : 90 259 passages aux urgences, 89 065 affaires traitées par le SAMU, 4 100 sorties terrestres du Service Mobile d'Urgence et de Réanimation (SMUR) et 657 sorties en hélicoptère.
- Le plateau technique : 51 salles d'opérations, 27 salles de radiologie, 31 échographes lourds et 12 laboratoires.
- Et aussi : 49 660 patients transportés par ambulance et Véhicule Sanitaire Léger (VSL), 1 549 566 repas servis aux patients et personnels du CHRU et 3 306 tonnes de linge lavé.

La direction du CHRU est divisée en plusieurs pôles comme le montre l'organigramme de la figure 1.1.

L'inconvénient du CHRU de Tours est l'éparpillement géographique de ses établissements dans Tours comme le montre la figure 1.2. Sur cette carte figurent les six sites de soins, le CETRA, la Centrale des Ambulanciers (CA) et les dépôts des différentes logistiques : la Salubrité, les Archives, la Blanchisserie, et le "Logipôle" qui est constitué de la Logistique Hôtelière, de la Pharmacie et de l'UCPA.

Nous allons maintenant détailler davantage les deux services sur lesquels notre étude a principalement porté. Le paragraphe 1.2 présente la logistique et le paragraphe 1.3 présente la Centrale des Ambulanciers et le SAMU.

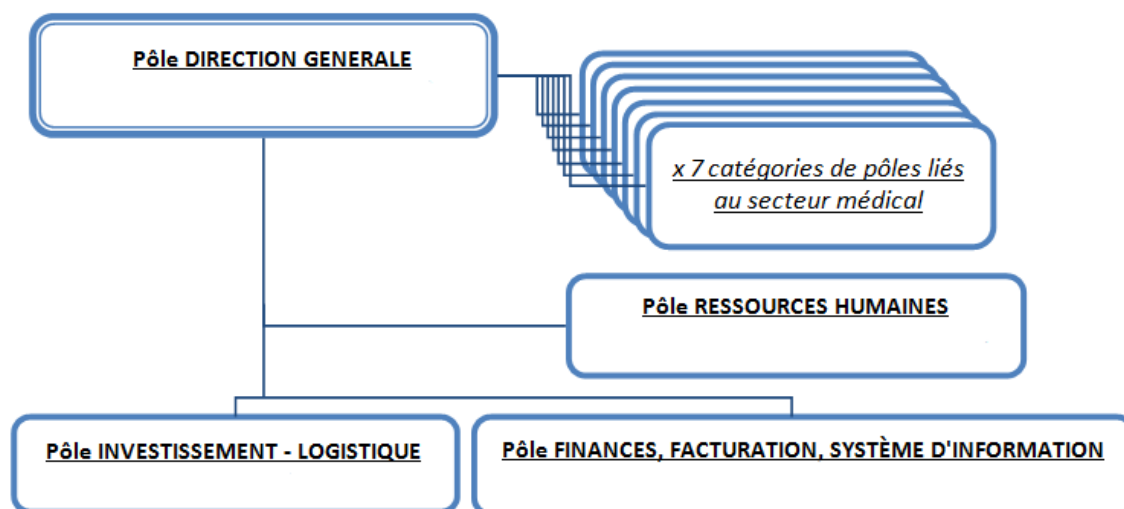


FIG. 1.1 – Organigramme partiel du CHRU

1.2 La Logistique

Plusieurs circuits logistiques se sont mis en place, de manière à réapprovisionner tous les services appartenant au CHRU en linge propre, matériel, repas, médicament, etc., mais aussi à collecter les déchets et le linge sale. L'organisation et la structure de ces logistiques sont conséquentes en raison de l'ampleur du CHRU et des quantités des produits consommés ou utilisés, ainsi que du fait que les services sont dispersés sur six sites distants. L'un des premiers travaux fut de dresser, suite à de nombreuses visites et réunions, un état des lieux de l'ensemble de ces logistiques ou flux, d'un point de vue transport et de leurs principales contraintes. Ce document est disponible en annexe A. Cette section résume chaque flux individuellement, afin de bien dissocier les éléments de l'étude, les éléments considérés en tant que contraintes, et les éléments non retenus pour cette étude. D'un point de vue général, les sept flux considérés sont les suivants :

- Salubrité,
- Archives,
- Blanchisserie,
- UCPA,
- Stérilisation (uniquement Trousseau),
- Logistique Hôtelière,
- Pharmacie.

Enfin, cette section se termine par une description des "clients" de ces logistiques : les services, ainsi que leur environnement et en particulier le cas de Bretonneau.

1.2.1 Les archives

Cette logistique assure le stockage et le transport des dossiers patients. Les personnes des archives s'occupent d'une part de collecter les dossiers patients qui ne sont plus utilisés dans les services de soins et d'autre part de livrer les dossiers patients demandés par le

1.2. LA LOGISTIQUE

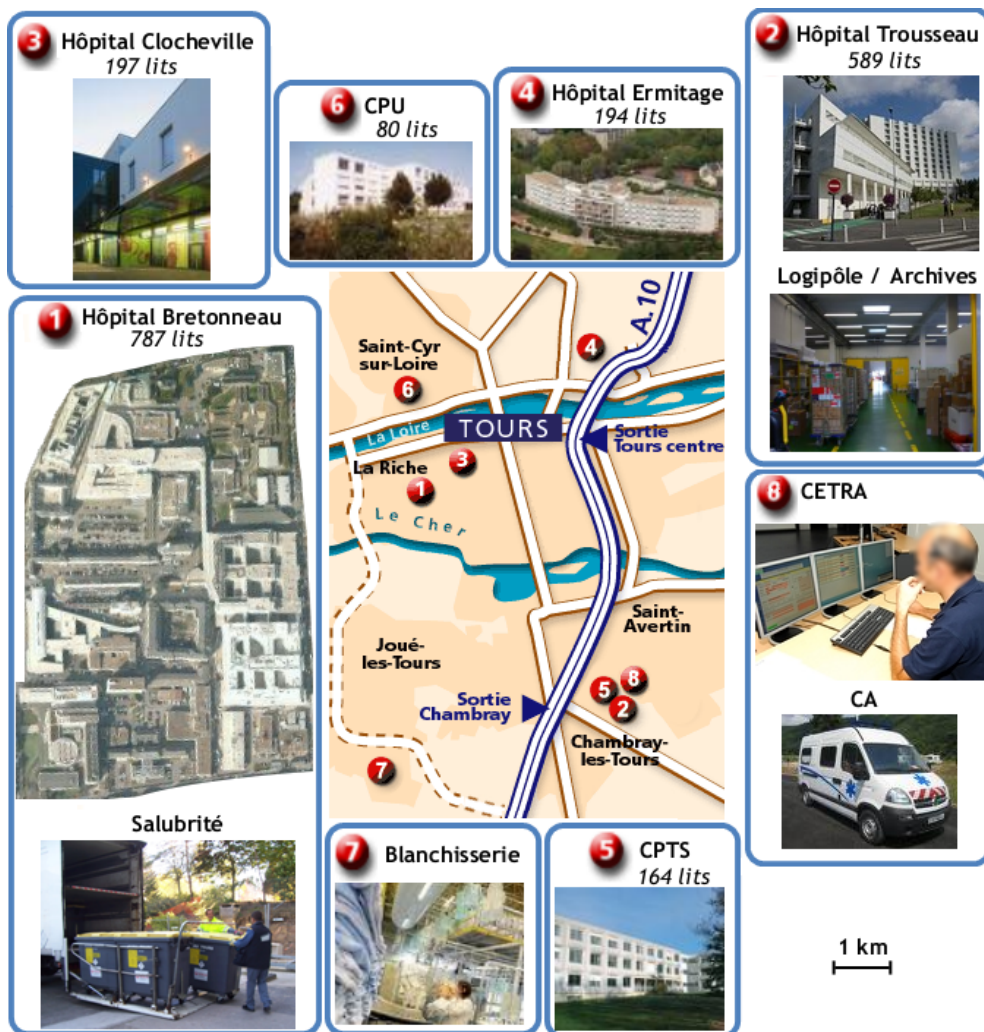


FIG. 1.2 – Carte des sites du CHRU sur Tours

1.2. LA LOGISTIQUE

personnel des services de soins. Les dossiers patients sont donc soit entreposés aux archives (proche de Trousseau) soit dans les stockages de proximité des hôpitaux. Plus de 35 km linéaires de dossiers sont actuellement entreposés. Pour des raisons de confidentialité, les dossiers sont livrés et collectés dans des armoires verrouillées en des lieux de stockages de proximité dont l'accès nécessite un badge. De plus, les temps de livraison et de collecte ne sont pas négligeables à cause principalement du classement des dossiers. Actuellement, les archives possèdent un véhicule qui effectue une tournée journalière avec deux personnes. Elle livre le matin à trois points : Trousseau, Bretonneau, et Clocheville. Les armoires sont ensuite ramenées aux archives de manière à traiter les dossiers retournés et à les ranger.

1.2.2 La blanchisserie

La blanchisserie s'occupe de toute la lingerie du CHRU (environ 15 tonnes de linge lavé par jour de semaine). Située à Tours sud, elle est distante de tous les autres sites. Le flux blanchisserie doit être décomposé en deux types de flux : la collecte du linge sale et la livraison du linge propre. Livraisons et collectes ne s'effectuent pas par les mêmes véhicules à cause des réglementations d'hygiène des hôpitaux, même si les points de collecte et de livraison sont les mêmes dans les six établissements.

La collecte du linge sale est réalisée à l'aide de deux véhicules dédiés grâce à des sacs de différentes couleurs entreposés dans des chariots. Les chauffeurs des véhicules effectuent plusieurs tournées par jour afin de collecter des chariots pleins et de déposer des vides. Généralement, les points de collectes associent plusieurs services, et le personnel de soin s'occupe lui même de descendre les sacs de linge sale à ces points.

Les tournées du linge propre fonctionnent sur le même principe que celles du linge sale excepté le fait qu'elles consistent à livrer du linge au lieu de le collecter. Actuellement, trois véhicules sont dédiés pour cette livraison dans plus de 180 points différents en effectuant trois à quatre tournées par jour chacun. Le transport du linge s'effectue dans des armoires. Celles-ci peuvent être dédiées à un service particulier ou regrouper plusieurs services. La blanchisserie fonctionne à flux tiré, la plupart des armoires sont préparées le jour même. Il n'y a pas assez d'armoires préparées en avance pour que toutes les tournées commencent le matin au même moment.

1.2.3 L'UCPA

L'Unité Centrale de Production Alimentaire (UCPA) assure toute la production et la livraison des plateaux repas pour le midi et le soir (4500 repas par jour). Actuellement, l'UCPA dispose de quatre véhicules identiques et d'une camionnette frigorifique. Cette dernière est utilisée pour livrer uniquement les selfs et internats. Les quatre véhicules effectuent deux à trois tournées par jour avec une seule personne. Etant donné que l'UCPA est située à Trousseau, les repas à destination de cet hôpital ne nécessitent pas de transports par véhicule. La livraison est directement prise en charge par l'équipe de manutention de Trousseau. L'une des contraintes fortes est celle restreignant les horaires de livraison des repas dans chaque service. Les repas sont transportés dans des chariots frigorifiques à eau

1.2. LA LOGISTIQUE

qui sont caractérisés par leur autonomie (les repas ne peuvent plus être transportés au-delà d'un certain temps). Enfin, lors de la livraison, les chariots vides du repas précédent doivent être récupérés. Ainsi, les chariots des repas du midi seront ramassés à la livraison des chariots du repas le soir et inversement, les chariots des repas du soir seront ramassés à la livraison des repas du lendemain midi.

Comme pour le flux du linge propre, il faut considérer des contraintes liées à la production des repas et au chargement des repas dans les chariots. En effet, l'UCPA ne peut pas fournir tous les repas à livrer pour la journée en un seul coup, mais successivement dans la journée. Enfin, l'un des projets de cette logistique est de changer son parc de chariots et de véhicules. Ce changement modifierait les temps d'autonomie et autoriserait éventuellement une mutualisation avec d'autres flux, sauf si le transport des chariots nécessite des véhicules frigorifiques.

1.2.4 La pharmacie

La logistique pharmaceutique livre l'ensemble des services du CHRU en médicaments, solutés, dispositifs médicaux, etc. Actuellement, six tournées par jour à l'aide de deux véhicules sont prévues pour assurer ces livraisons. Comme pour l'UCPA, la pharmacie se situe à Trousseau et les livraisons à destination des services de Trousseau sont prises en charge par l'équipe de manutention. Les produits sont transportés essentiellement dans des chariots et parfois par palettes (équivalent à deux chariots en surface). Chaque chariot est destiné à un service. Le livreur dépose chaque chariot aux services et récupère les chariots vides de la tournée précédente. Certains services restreignent fortement l'horaire de livraison de manière à s'assurer qu'une personne du service sera présente pour la réception et qu'aucune pénurie de médicaments ne surviendra. Enfin, la pharmacie requiert un temps de préparation de chariots. Elle prépare les chariots 2h00 avant la livraison, et la veille pour les tournées du matin, permettant ainsi aux services d'effectuer des commandes de dernière minute.

1.2.5 La stérilisation

La stérilisation de Trousseau s'occupe du matériel médical à stériliser (essentiellement pour les blocs opératoires). Actuellement, les produits sont livrés en passant par le flux pharmaceutique, il fonctionne donc sur le même principe. Le transport de ces produits s'effectue dans des bacs qui sont placés dans des armoires. Les trois points de livraisons concernés sont l'Unité de Soins et de Cardiologie Interventionnelle (USCI), la réanimation médicale et l'Oncologie de Bretonneau. Ces points doivent être livrés plusieurs fois par semaine avec un horaire de livraison par service contraint par une fenêtre de temps. Les produits à stériliser sont collectés lors des livraisons et conduits à Trousseau.

1.2.6 La Logistique Hôtelière

La logistique hôtelière livre tous les produits consommés par le CHU (650 références) autres que les produits pharmaceutiques. Ces livraisons sont assurées par deux véhicules

1.2. LA LOGISTIQUE

effectuant chacun deux longues tournées par jour. Le transport des produits s'effectue toujours à l'aide de chariots, cependant ces derniers ne sont pas simplement déposés dans les services puisque les produits hôteliers doivent être rangés par le livreur dans les zones de stockage. Le temps de livraison n'est donc pas à négliger. Pour essayer de gagner du temps, la logistique hôtelière a décidé d'affecter 2 personnes par tournée. Comme pour la pharmacie, les chariots vides doivent être ramenés, et les chariots à destination des services de Trousseau sont livrés directement par l'équipe de manutention. La fréquence de livraison est pratiquement la même pour tous les services, elle est d'une seule fois par semaine.

1.2.7 La salubrité

Le flux Salubrité assure l'évacuation de nombreux types de déchets dont les plus importants sont les Déchets Ménagers et Assimilé (DMA) et les Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) des services par des chariots spécifiques. Actuellement, une benne collecte les DMA et un véhicule spécifique s'occupe de collecter les DASRI, uniquement sur Bretonneau et Trousseau, pour ensuite les emmener sur un site éloigné dédié au traitement de ce type de déchets. Enfin, une équipe salubrité aide à organiser ces collectes en se synchronisant avec les autres tournées pour regrouper les chariots de certains hôpitaux sur certains points stratégiques et moins nombreux. Cette équipe utilise soit un véhicule pour les collectes hors Bretonneau, soit un fenwick extérieur pour les collectes de Bretonneau. Les points stratégiques sont les quais d'un bâtiment de Bretonneau et Trousseau. Enfin, aucune mutualisation avec un autre type de flux n'est envisageable.

1.2.8 Les services à livrer ou à collecter

Les services de soins sont également un élément clé du système, puisqu'ils font office de clients d'un point de vue d'un problème de tournées de véhicules. Chaque service émet des besoins en collecte ou en livraison de différents types de produits. Pour certains types de produits, l'horaire de livraison ou même de ramassage est important. Enfin, il y a également par type de produits une notion de variabilité des quantités (demande par jour, augmentation continue de la quantité de linge sale, etc.), et une notion de fréquence de livraison pour certains flux (une fois par jour, une fois par semaine, etc.).

Les demandes des services en produits sont donc assurées par les flux décrits précédemment, qui doivent traiter toutes les demandes en temps et en heure aux points de livraison ou de ramassage convenus. Ces points sont importants, ils définissent implicitement les temps de trajet par leur localisation géographique et leur accessibilité et les temps de livraison par des contraintes de livraison ou de ramassage. L'accessibilité est définie par l'ensemble des obstacles structurels. Ces derniers sont fortement liés à l'étage des points et par les différents ascenseurs à emprunter, avec leur fréquentation et leur capacité (2 chariots uniquement). Les durées de livraison sont influencées par deux facteurs : la quantité de produits à livrer ou à ramasser et les procédés (produits à ranger, chariots à déposer, trier ou non le linge, etc.) qui peuvent aussi dépendre des points à livrer ou à collecter. Notons que par moments, nous pourrions nous permettre de raisonner par groupement de services plutôt que par service.

Les services sont répartis dans les six hôpitaux. Chaque hôpital possède un unique quai pour le chargement et le déchargement des véhicules hormis l'hôpital Bretonneau qui est composé de plusieurs pavillons dont la plupart dispose d'un quai. Ces quais peuvent offrir plusieurs places et être classés en deux types. Le premier type appartient à la catégorie des quais niveleurs qui permettent de charger et décharger les chariots très rapidement. Le deuxième type de quai correspond à une simple place de véhicule qui nécessite un hayon élévateur pour charger et décharger. Même si tous les véhicules du CHRU possèdent des hayons élévateurs, la priorité de transbordement est donnée au premier type de quai puisque l'opération du deuxième type de quai nécessite plus de temps. Enfin, le nombre de quais est limité par hôpital, en particulier pour Clocheville où cette contrainte est majeure. Situé en centre ville, cet hôpital connaît actuellement des difficultés de succession de véhicules au quai (attente importante de libération d'une des deux places, retards sur les tournées) qui génèrent quelques conflits.

1.2.9 Le cas Bretonneau

L'hôpital Bretonneau est le plus grand des hôpitaux du CHRU de Tours par sa taille et par son activité. Bretonneau est constitué de nombreux bâtiments au travers desquels la circulation est malaisée et est rapidement perturbée dès qu'un camion stationne trop longtemps pour décharger. Actuellement, les chauffeurs doivent monter dans les bâtiments pour effectuer eux-mêmes les livraisons dans chaque service. En plus de gêner la circulation, cela induit également des retards de livraisons lorsque deux camions de flux différents se succèdent trop rapidement et cela peut, par effet domino, perturber l'ensemble des tournées ainsi que le fonctionnement des services.

C'est dans ce contexte que le CHRU de Tours a débuté une réflexion sur la restructuration de la logistique dans Bretonneau. Cette restructuration prévoit la création d'une équipe de manutentionnaires et l'utilisation d'un grand quai de déchargement pour faciliter le stationnement des camions et en limiter le temps, et ainsi fluidifier au maximum la circulation dans cet hôpital. Ces manutentionnaires prendront en charge les livraisons dans les services des bâtiments en utilisant autant que possible des fenwick et des couloirs souterrains. Cependant après une étude de terrain, il est apparu que seul un sous-ensemble de bâtiments de Bretonneau peut être livré par des manutentionnaires. Ce sous-ensemble correspond aux cinq plus grands bâtiments de Bretonneau. La figure 1.3 représente un plan de Bretonneau avec une indication sur les bâtiments pouvant être livrés par les manutentionnaires avec éventuellement un fenwick, les bâtiments livrable uniquement par véhicules, les couloirs souterrains et le quai de transbordement des chariots à destination des bâtiments et services qui seront livrés par les manutentionnaires.

L'équipe manutention aura pour objectif d'assurer la plupart des tournées intra Bretonneau. Le nombre de manutentionnaires est à déterminer comme leurs horaires de travail. Il est prévu que lorsqu'un véhicule arrive sur le quai de Bretonneau, le chauffeur décharge seul le véhicule, charge les chariots éventuellement à récupérer puis reparte. Les chariots sont ensuite récupérés et livrés par les manutentionnaires soit à pieds par lots de deux, soit

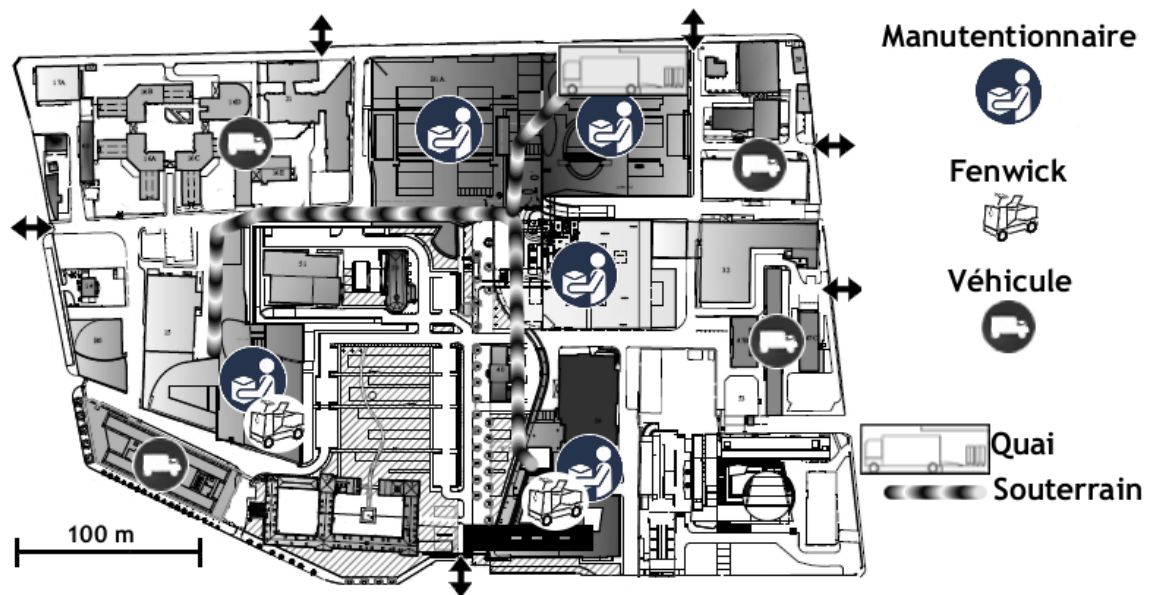


FIG. 1.3 – Plan de Bretonneau et modes de livraison par bâtiment

par fenwicks par lots de cinq. Enfin, il faut noter que tous les types de chariots peuvent s'attacher entre eux pour le transport.

Ce projet étant encore à l'étape de réflexion, la direction logistique du CHRU souhaite envisager plusieurs cas. Comme par exemple, le cas où l'équipe de manutention ne prend pas en charge certains types de flux, à savoir la salubrité ou le linge sale dans Bretonneau, ces derniers étant gérés par l'équipe salubrité. Le cas du "futur Bretonneau" (suite d'une longue série de rénovations de bâtiments dans Bretonneau) pourrait être aussi envisagé avec la construction d'un dernier grand bâtiment.

Enfin, la création d'une équipe de manutentionnaires apporterait d'autres avantages car elle pourrait réaliser quelques tâches supplémentaires. Certaines de ces tâches ont pour objectif d'alléger les transports effectués par les services de soins. Les tâches supplémentaires qui peuvent être considérées sont les suivantes :

- Les caisses roses : ce sont ces bacs de médicaments transportés à l'aide de chariots qui peuvent être vus comme un flux interne à Bretonneau. Ils ont pour origine la Pharmacie à Usage Intérieur (PUI) de Bretonneau et sont à destination de tous les services de soins de l'hôpital.
- Transport à la demande intra-Bretonneau : certaines des demandes de transports ponctuels du Logicourses doivent être réalisées entre services de Bretonneau. Elles pourraient être réalisées par l'équipe de manutention.
- Réception des bidons de solutions acides : les palettes des bidons de solutions acides (quantité importante d'une solution pour le fonctionnement de certaines machines), sont transportées dans le service par le coursier du service d'hémodialyse (1/2h à 3/4h de temps de traitement). Cette tâche pourrait éventuellement faire intervenir

l'équipe de manutention.

- enfin, il serait envisageable que l'équipe de manutention apporte son aide au service du Logicourses. Le Logicourses est un service basé à Bretonneau, en charge de tous les transports à la demande.

1.3 Centrale des ambulanciers et SAMU

Les transports de patients concernent deux services différents au CHRU : la Centrale des Ambulanciers pour essentiellement les transports internes du CHRU, et le SAMU pour les transports nécessitant une aide médicale urgente. Le SAMU n'a aucun ambulancier d'affecté, il doit à chaque fois faire une demande à la Centrale des Ambulanciers.

1.3.1 La Centrale des Ambulanciers

La Centrale des Ambulanciers a pour objectif d'assurer tous les transports internes des patients qui nécessitent un véhicule mais aussi de répondre aux demandes d'ambulanciers émanant du SAMU. Les demandes de transports sont émises par les différents services du CHRU de Tours. Suite à ces demandes, ce sont les régulateurs de la centrale qui décident quelle équipe ambulancière effectue quel transport. Seuls 30% des transports sont connus en début de matinée pour la journée même, les autres demandes de transports arrivent en temps réel.

1.3.1.1 Les ressources

La Centrale des Ambulanciers est composée de 61 personnes dont 55 ambulanciers. Le nombre de transports est en moyenne de 50 000 par an soit environ 140 par jour de semaine. Ces transports peuvent être effectués par trois types de véhicules : des Véhicule Sanitaire Léger (VSL) au nombre de 4, des ambulances classiques, dites de type C, au nombre de 15, ou des ambulances dites de type A pour des transports médicalisés au nombre de 2. Les VSL sont conduits par un seul ambulancier et peuvent transporter plusieurs patients à la fois en position assise. Les ambulances (avec deux ambulanciers) sont réservées au transport d'un seul patient en position allongée ou demi-assise ou assise nécessitant une surveillance particulière (sous oxygène, perfusé,...). L'ambulance est dite médicalisée s'il y a présence d'un médecin d'un service ou du SAMU avec éventuellement du matériel embarqué spécifique. Seuls les véhicules de catégorie A sont médicalisables. Lors d'un transport médicalisé par un médecin d'un service, la même ambulance doit ramener le médecin dans son service. Cependant, pour des raisons d'économie et de gain de temps, elle peut effectuer le retour en transportant un autre patient, même avec la présence du médecin qu'il faut ramener.

Parmi les 55 postes ambulanciers, dix sont réservés à la formation de deux équipes pour assurer les transports de nuit. Les 45 autres postes servent donc à constituer les équipes de jour. Il y a au total 13 équipes d'ambulanciers théoriques sans compter les VSL. Mais en pratique, le nombre d'équipes présentes simultanément varie entre 10 et 12. Les postes

1.3. CENTRALE DES AMBULANCIERS ET SAMU

pour VSL peuvent être considérés comme indépendants, puisqu'ils sont occupés par des ambulanciers qui ne sont plus aptes à brancarder des patients. Ces ambulanciers sont donc obligés d'effectuer du VSL. Le nombre d'ambulanciers dans ce cas est suffisamment important pour assurer tous les transports de patients en VSL sans problème. C'est pourquoi seuls les transports en ambulance sont considérés dans cette étude. Les caractéristiques des 13 équipes de jour sont fournies dans le tableau 1.1 (deux équipes I8 et I9 signalées par l'astérisque effectuent uniquement des transports pour l'imagerie de Bretonneau).

| Départ | Horaires | Dénomination |
|------------|-------------|--------------|
| Trousseau | 6h00-13h30 | T6 |
| | 7h00-14h30 | T7 |
| | 9h30-17h00 | T9 |
| | 12h30-20h00 | T1 |
| | 13h30-21h00 | T2 |
| Bretonneau | 7h00-14h30 | B7 |
| | 8h00-15h30 | B8 |
| | 8h30-16h00 | I8* |
| | 9h30-17h00 | I9* |
| | 9h30-17h00 | B9 |
| | 12h00-19h30 | B1 |
| | 12h00-19h30 | B1 |
| | 13h30-21h00 | B2 |

TAB. 1.1 – Equipes Ambulancières

Toutes les équipes prennent au début de leur service des ambulances de type C, car 90% des transports s'effectuent avec ce type de véhicule. Elles pourront être amenées à changer de véhicule en fonction des demandes traitées. Les horaires sont fixes, et le planning du personnel de la centrale est prévu au minimum 2 à 4 semaines à l'avance.

En fonction de la charge de travail sur une journée, la Centrale des Ambulanciers ne possède pas toujours assez de moyens pour répondre à toutes les demandes. Ils sous-traitent alors une partie de l'activité à des ambulances privées lorsqu'elles sont disponibles. Toutes les ambulances privées ne coûtent pas le même prix. Le régulateur privilégie les entreprises les moins onéreuses. Le coût des ambulances privées est composé d'un forfait auquel vient s'ajouter une tarification au kilométrage si le trajet parcouru par le patient dépasse les 5 km. En effet seule la distance parcourue avec le patient est prise en compte, quelle que soit la localisation de l'entreprise.

Pour traiter toutes les demandes de transports, les régulateurs ont comme outil de travail un logiciel, nommé PTAH¹, permettant d'organiser les transports. Pour cela, deux postes d'ordinateurs sont disponibles pour la régulation. Chaque poste possède une application pour réguler tous les transports. Le logiciel PTAH est directement lié à un transmetteur de données relié aux différents véhicules. Ainsi, chaque équipe possède un boîtier leur permettant de visualiser, d'accepter ou de refuser les demandes de transports, mais aussi de

¹Logiciel de gestion et d'optimisation des transports en milieu hospitalier, développé par Géo Soft Aquitaine

communiquer par radio avec un régulateur.

Le rôle du régulateur est donc très important. C'est à lui d'affecter les équipes aux différentes demandes de transports suivant la disponibilité des équipes d'ambulanciers, leurs situations géographiques, les priorités des demandes, le type de véhicule nécessaire, les transports à venir, etc.. C'est aussi lui qui vérifie que le transport peut être assuré par une équipe ou qui décide de faire appel au privé si nécessaire. Il peut aussi décider de reporter le déplacement du patient et devra dans ce cas prévenir les services concernés. Le régulateur garde sous les yeux une feuille des véhicules et équipes du jour disponibles avec leurs horaires. Les écrans lui permettent donc de prendre toutes ces décisions, mais c'est aussi à lui de vérifier et de garder en tête la localisation en temps réel des équipes.

1.3.1.2 Les demandes de transports internes

Les demandes de transports internes au CHRU sont émises par les différents services. Ces transports correspondent à la prise en charge d'un transfert de patient d'un point A à un point B (analyses à faire dans un autre service, transfert de service, etc.). Même si le patient doit faire un aller-retour, la Centrale des Ambulanciers traite ce type de transport comme deux transports différents. Cette différenciation permet à l'équipe assurant le transport aller de ne pas attendre inutilement, car généralement la différence de temps entre l'entrée et la sortie du patient dans le service destination est assez importante. Cependant, aucune heure de retour n'est connue à l'avance. Une équipe ambulancière dépose le patient dans le service à l'heure convenue puis repart. Le régulateur sait que le patient est arrivé et qu'il faudra prévoir son retour lorsque le service accueillant l'aura décidé.

Lorsqu'un service procède à une demande de transport d'un patient, il effectue cette demande par l'informatique grâce au logiciel PTAH. Cette demande consiste à remplir un formulaire contenant les caractéristiques du transport demandé :

- le type de transport (aller simple, aller-retour, aller médicalisé, aller-retour médicalisé, décès),
- mode de transport (brancard, fauteuil ou marche),
- isolement ou non (si le patient est contagieux),
- précautions à prendre (perfusion, oxygène, dossier à prendre,...),
- information sur le lieu de départ du patient,
- date et horaire du rendez-vous à son service de destination,
- et d'autres informations, comme le nom du patient, le type d'examen, etc.

Dans le cas d'un isolement (personnes contagieuses), le véhicule doit subir après le transport une désinfection, qui prend au total une heure d'immobilisation et doit se réaliser soit à Bretonneau soit à Trousseau. Deux cas de figures peuvent arriver :

- l'équipe ambulancière change de véhicule pour réaliser d'autres transports et reviendra désinfecter le véhicule ultérieurement,
- l'équipe ambulancière garde ce véhicule et s'occupe donc de la désinfection immédiatement après le transport en isolement.

1.3. CENTRALE DES AMBULANCIERS ET SAMU

Seules, la date et l'heure auxquelles le patient doit arriver au service destination sont données. C'est le logiciel PTAH qui calcule l'heure de départ du patient de son service d'origine en fonction du trajet et des heures de pointe. Enfin, un service peut annuler une demande de transport d'un patient jusqu'à 30 minutes avant l'heure de départ prévue.

Il faut noter que le service des urgences demande des transports à partir de 14h avec un pic à 16h afin de libérer leurs chambres. Il y a aussi de nombreux retours de consultations vers 12h30 suite aux rendez-vous de la matinée.

Enfin, la durée de prise en charge du patient hors véhicule varie selon son point de départ et d'arrivée. De plus, le temps du trajet est aussi variable.

1.3.1.3 Les demandes d'ambulanciers émanant du SAMU

Le SAMU du CHRU de Tours ne dispose pas d'ambulanciers, il doit donc en faire la demande à la centrale. La centrale doit alors libérer des ambulanciers pour effectuer des transports en commun avec le SAMU. En effet, dans certains cas, le SAMU envoie une équipe SMUR qui requiert entre 1 et 2 ambulanciers pour aider au brancardage et conduire l'ambulance A du SAMU. Le nombre d'ambulanciers qui doit être envoyé dépend normalement du type d'intervention SAMU, cependant, pour des raisons pratiques, les ambulanciers sont toujours envoyés par deux.

Ce type de demande est peu prévisible et le délai de réponse varie entre une dizaine de minutes et une heure. Il n'est connu que très peu de temps à l'avance et il est difficile de prévoir le retour des ambulanciers. Ce transport peut aussi bien avoir lieu depuis le point d'arrivée de l'hélicoptère à l'hôpital Trousseau (500 mètres seulement), que de cet hôpital à un hôpital hors département. Cette demande est donc à caractère fortement aléatoire. La centrale ambulancière est obligée de satisfaire ces demandes car six postes ambulanciers sont budgétés par le SAMU. En théorie la centrale ne peut pas faire appel aux ambulances privées pour intervenir avec le SAMU.

1.3.2 Le SAMU

Le SAMU et le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS, Pompiers) sont dans le même bâtiment appelé le CETRA. Ce centre reçoit tous les appels de détresse du département, aussi bien le 15 que le 18 ou le 112. L'objectif de ce regroupement est d'améliorer la qualité des échanges en permettant la diffusion immédiate d'informations entre les différents services, de réguler tous les appels de secours, d'apporter une réponse graduée et adaptée en fonction de la nature et du degré d'urgence, de faciliter le déclenchement des secours et de mutualiser les secours. Il existe donc toute une procédure pour traiter chaque appel avec envoi d'un certain type de secours suivant le type de détresse. Les secours qui peuvent être envoyés sont soit les pompiers, soit les SMUR, soit les médecins généralistes de garde, soit les ambulances privées. Le Cetra reçoit plus de 10 000 appels par mois dont la moitié nécessite un envoi de véhicule.

1.3.2.1 Gestion des appels

Tous les appels sont gérés par des opérateurs appartenant aussi bien aux pompiers qu'au SAMU, à l'aide d'un équipement informatique important. Ils sont divisés en trois parties : le front office, les pompiers par le SDIS et le SAMU constitué de permanenciers et médecins. A chaque réception d'un appel, une fiche informatique, nommée "affaire", est créée. L'affaire est généralement créée par le front office et peut être communiquée à toutes les autres personnes du centre d'appel grâce au logiciel. Ces affaires servent de fiche de suivi avec toutes les informations qui conviennent (adresse, état de la victime,...), un code couleur pour le degré d'urgence, les secours affectés et encore bien d'autres champs textes pour le suivi correct de l'appel (bilan santé, les décisions prises, ...). L'affaire est généralement clôturée par le SDIS ou le SAMU suivant le cas. Nous nous intéressons uniquement aux appels impliquant une intervention du SAMU et un transport de patient.

Tous les appels passent par le front office. Cette étape permet de trier les appels et de compiler un ensemble d'informations préliminaires. A partir de ces informations, des premiers secours peuvent être envoyés, comme des Véhicules de Secours et d'Assistance aux Victimes (VSAV) et les affaires sont transmises au SAMU avec un code prioritaire.

1.3.2.2 Le SAMU

Le SAMU est donc constitué de permanenciers et de médecins régulateurs. Ce sont eux qui assurent le suivi des opérations jusqu'à la clôture des affaires. A la réception des affaires, les permanenciers ont pour but de les traiter par ordre de priorité. Plusieurs cas peuvent se produire :

- sachant qu'un VSAV a été envoyé, le permanencier attend un bilan médical qui sera donné par radio par un pompier et décidera à ce moment là d'envoyer ou non un autre type de secours ou ordonnera aux pompiers d'amener la victime dans un hôpital,
- si le cas est grave, le permanencier envoie une équipe SMUR immédiatement,
- si le cas est moins grave, mais que le patient a besoin d'être transporté dans un établissement de soins, il enverra soit un VSAV soit une ambulance privée pour tous les lieux privés.
- si le cas est vraiment mineur, il peut faire appel à des médecins généralistes de garde,
- enfin, pour certains appels, il arrive qu'un simple conseil suffise pour régler l'affaire.

L'envoi des moyens de secours doit être pris en concertation avec le médecin régulateur. C'est aussi à eux de vérifier la disponibilité des secours en particulier pour les SMUR.

Dans le cas d'un rapatriement de la victime vers un établissement de santé, le choix de l'hôpital est soit imposé par la maladie du patient (s'il a des problèmes au coeur, il sera envoyé à Trousseau qui a une spécialité cardio-vasculaire) soit laissé au choix au patient entre une clinique ou un hôpital public. L'établissement de destination choisi dépend aussi de la localisation géographique.

Enfin, il existe un dernier type d'urgence qui ne concerne que le SAMU : les urgences secondaires. Pour celles-ci, le SAMU est appelé directement sur sa ligne privée. Ces ur-

gences secondaires consistent à transporter tout patient d'un établissement de soins à un autre en extrême urgence avec généralement un matériel médical spécifique. Ces urgences peuvent avoir donc recours au SMUR.

1.3.2.3 Les SMUR

Un SMUR est une équipe de deux personnes compétentes dans les soins d'urgences : un médecin et un infirmier avec un matériel médical conséquent. Il y a en permanence deux équipes à Tours, une à Chinon, une à Loches et une à Amboise (à noter qu'il existe aussi un SMUR particulier dit pédiatrique pour uniquement les enfants de très bas âge). Ces équipes sont prêtes à partir à tout moment à la demande des permanenciers et médecins régulateurs. Plusieurs véhicules sont à leur disposition : des VSL, des ambulances et même un hélicoptère. Ces véhicules sont lourdement équipés en matériel médical de secours. Les SMUR effectuent en moyenne 15 interventions par jour.

Suivant le type de transport, il existe deux types de SMUR :

- Primaire lorsqu'un appel nécessite l'envoi d'un SMUR immédiat sur un lieu quelconque, le SMUR part avec un véhicule léger sur les lieux, il sera rejoint par une ambulance privée ou un VSAV par la suite pour le rapatriement du patient avec l'équipe SMUR. Le véhicule léger sera alors ramené par un pompier ou un ambulancier privé suivant l'envoi du deuxième véhicule. Cependant l'appel d'un VSAV ou d'une ambulance privée induit un coût qui pourrait être évité si le SAMU possédait des ambulanciers pour les transports primaires.
- Secondaire : dans ce cas l'équipe SMUR part avec une ambulance appartenant au SAMU mais conduite par un ambulancier de la centrale. Ce processus engendre un dysfonctionnement au sein de la centrale ambulancière car elle doit libérer un ambulancier dans un bref délai.

Enfin, il faut noter que 6 postes d'ambulanciers sont budgétés par le SAMU afin d'avoir théoriquement un ambulancier disponible 24h sur 24. Cependant, pour éviter que les ambulanciers ne soient trop souvent dans l'attente des départs SMUR et donc à ne rien faire, ils ont été transférés à la centrale. Ainsi, la centrale est tenue de répondre au SAMU lors de sa demande d'ambulanciers, pour des départs de SMUR de type secondaire uniquement.

1.4 Deux problématiques au CHRU de Tours

Cette thèse aborde donc deux problématiques : le transport de biens par l'ensemble des logistiques du CHRU de Tours et le transport de patients par la Centrale des Ambulanciers (CA) ou le SAMU. Cette section introduit ces deux problématiques de manière générale.

1.4.1 Réorganisation de la logistique

La problématique de la logistique s'inscrit dans le cadre d'une étude sur la réorganisation de la logistique hospitalière du CHRU de Tours. Cette réorganisation prévoit la

1.4. DEUX PROBLÉMATIQUES AU CHRU DE TOURS

re-planification des tournées de véhicules entre les différents hôpitaux, la mutualisation de transports, dans la mesure du possible et la création d'une équipe de manutentionnaires dans l'hôpital très étendu qui est Bretonneau.

L'objectif de cette étude est donc de dimensionner et de mettre en place cette équipe de manutention et implique de revoir également la planification des tournées logistiques et les besoins en chauffeurs. En effet, les tournées entre les hôpitaux seront fortement connectées aux tournées des manutentionnaires et il n'est pas possible de négliger les livraisons et les collectes des autres hôpitaux. De plus, le CHRU impose que le futur nombre de manutentionnaires et de chauffeurs soit égal au nombre actuel de chauffeurs (effectif constant). Enfin, l'étude permettra aussi de tester différentes mutualisations possibles des ressources entre les différentes logistiques, contrairement à aujourd'hui où chaque logistique est complètement indépendante et possède ses propres véhicules et ses propres chauffeurs.

Le premier niveau du problème correspond aux tournées des véhicules entre les hôpitaux et les dépôts. Certains produits peuvent être transportés dans un même véhicule alors que d'autres doivent absolument être séparés. Le temps de chargement d'un camion n'est pas négligeable et doit être pris en compte, il dépend de la quantité de chariots à emporter. La flotte de véhicules n'est pas homogène, en particulier les capacités sont différentes. La capacité d'un véhicule est définie par un nombre de chariots. Les véhicules ne peuvent pas tous décharger et charger leurs cargaisons au même moment, il y a un nombre de places limité par quai.

Le deuxième niveau du problème se situe à Bretonneau, les chariots doivent être pris en charge par l'équipe de manutention qui devra les emmener dans les bâtiments. Pour effectuer les livraisons, l'équipe peut se déplacer à pied ou utiliser des fenwicks. L'utilisation de fenwicks souterrains est obligatoire pour relier certains bâtiments, les autres bâtiments étant livrables à pied. Un transport en fenwick permet de tracter un nombre maximum donné de chariots, et un transport pédestre présente la même caractéristique, dans les deux cas cela mobilise un unique manutentionnaire et des chariots de tout type peuvent être mélangés.

De manière générale, ces deux niveaux de problèmes sont interconnectés puisqu'ils sont reliés par le quai de transbordements de Bretonneau qui est, du point de vue du premier niveau, un point de livraison des tournées inter-hôpitaux et du point de vue du second niveau un point de départ des tournées internes à Bretonneau. Une autre contrainte forte liant ces deux problèmes est que l'équipe de manutentionnaires devra être constituée à partir du pool de chauffeurs existant actuellement. L'objectif principal est de livrer en temps et en heure tous les services et en respectant l'ensemble des différentes contraintes (autonomie des chariots, nombre de places par quai, préparation de chariots, etc.).

1.4.2 CA et SAMU

Plusieurs difficultés apparaissent dans la gestion des transports de patients. Ces difficultés sont principalement liées à la coordination entre le SAMU et la CA. D'un côté, des

demandes urgentes pour le SAMU sont à traiter le plus rapidement possible. D'un autre côté, des demandes de transports arrivent en temps réel et sont à planifier de manière à diminuer le temps d'attente des patients mais aussi à faire appel au privé le moins souvent possible. En plus de cette planification, des demandes inopinées d'ambulanciers sont à gérer. De plus, le SAMU ne possède pas d'ambulancier dans le cas d'intervention primaire et ne peut pas en demander à la CA. Cette carence volontaire provoque des appels aux pompiers ou au privé induisant un coût pour le SAMU non négligeable. Quelque soit le service, CA ou SAMU, deux critères sont importants : la qualité du service (temps de réponse, durée d'attente du patient, etc.) et les coûts engendrés (appels au privé, appels aux VSAV, frais kilométriques, etc.).

Deux sous problématiques peuvent être dégagées et éventuellement résolues par des outils de la RO. La première s'adresse principalement à la CA, et plus précisément aux régulateurs pour la planification des transports en temps réel. La deuxième problématique concerne la répartition du nombre d'ambulanciers entre ces deux services.

1.4.2.1 Planification de transport de patient en temps réel

Toutes les demandes de transports de patients sont donc traitées par le ou les régulateurs de la centrale. Le rôle du régulateur est de choisir la meilleure affectation des équipes (ou des véhicules) aux différentes demandes de transports suivant la disponibilité des véhicules, les contraintes d'horaires, les situations géographiques, le type de véhicule nécessaire et les autres transports à planifier. Il doit aussi répondre rapidement aux demandes d'ambulanciers pour le SAMU. C'est aussi à lui de décider de faire appel aux ambulances privées si nécessaire.

Le problème résolu chaque jour par les régulateurs correspond à un problème de transport à la demande avec des contraintes spécifiques au milieu hospitalier. Etant donné les transports à effectuer dans une journée, l'objectif est de trouver les affectations des véhicules aux demandes et de définir les trajets des véhicules de manière à minimiser les coûts de transports (appel aux ambulances privées, frais kilométriques,...) tout en assurant une qualité de transport pour le patient, qui doit attendre le moins possible l'ambulance. De plus, la nature du problème est dynamique, les demandes de transports arrivent en temps réel avec en plus les demandes du SAMU. Les tournées de véhicules doivent être calculées en fonction des données connues à un instant t (localisation des ambulances, transports à venir, etc.) et devront être recalculées à chaque nouvel événement.

1.4.2.2 Répartition du nombre d'ambulanciers entre la CA et le SAMU

Depuis le début, tous les ambulanciers sont gérés par la CA. Ce choix découle de l'idée qu'un ambulancier affecté au SAMU risquerait de passer trop de temps à ne rien faire en attendant des demandes non prévisibles de transport secondaire ou primaire. Cependant, si quelques ambulanciers étaient affectés au SAMU pour répondre à ces demandes, le coût d'appel au privé ou aux pompiers serait fortement diminué. De plus, le SAMU perturberait beaucoup moins la CA avec ses demandes urgentes d'ambulanciers. Néanmoins, comme

l'idée d'engager de nouveaux ambulanciers par le CHRU est difficilement concevable, les ambulanciers affectés en plus au SAMU seraient des ambulanciers en moins à la CA. Le premier impact pour la CA serait inévitablement une augmentation du nombre d'appels au privé, et donc un coût plus élevé, même si la CA serait moins perturbée par les demandes d'ambulanciers du SAMU. L'objectif de ce problème est de trouver un bon compromis entre l'augmentation des coûts pour la CA et la diminution des coûts pour le SAMU.

Le dimensionnement du nombre des ambulanciers au SAMU et à la CA n'est pas simple. D'une part, cela ne se résume pas à déterminer le nombre d'ambulanciers mais aussi leurs horaires de travail, leurs interventions possibles pour le SAMU (primaire et/ou secondaire), les nouvelles compositions d'équipes pour la CA, etc. D'autre part, l'aspect aléatoire des demandes au SAMU mais aussi à la CA jouent un grand rôle. Enfin, la comparaison entre deux solutions doit s'effectuer en termes de coût pour le CHRU mais aussi de qualité des transports.

1.5 Conclusion

Les travaux de recherche effectués durant cette thèse sont donc menés en collaboration avec le CHRU de Tours. Les services sur lesquels notre étude a principalement porté sont les services liés à la logistique, le SAMU et la Centrale des Ambulanciers. Les services de logistiques assurent l'approvisionnement des services de soins de chacun de ces hôpitaux en linge propre, en plateaux repas, en fournitures diverses, en médicaments, en dossiers patients papiers et en matériels stérilisés. Ils assurent également la collecte de déchets nécessitant des traitements particuliers et de linges sales. Ces flux de matière sont gérés séparément par la Blanchisserie, l'UCPA, la Logistique Hôtelière, la Pharmacie, les Archives, la Stérilisation, et la Salubrité. Pour améliorer leurs services, la direction de la logistique souhaite revoir leur organisation et mettre en place une nouvelle structuration de l'hôpital Bretonneau en termes de gestion de flux. La Centrale des Ambulanciers (CA) a deux objectifs. Le premier est d'assurer tous les transports internes des patients entre services de soins du CHRU de Tours. Le deuxième objectif est de répondre aux demandes d'ambulanciers qui émanent du SAMU. Le SAMU est chargé de gérer l'aide médicale urgente en passant par l'envoi de moyens de réanimations mobiles (SMUR), de VSAV ou d'ambulances privées. Les travaux de recherche dans cette thèse abordent deux problématiques : le transport de biens par l'ensemble des logistiques du CHRU de Tours et le transport de patients par la CA ou le SAMU. Les deux problématiques dégagées ont un point commun puisqu'elles sont toutes les deux liées à des problèmes de transports.

Première partie

Flux de matières

Chapitre 2

Position du problème de la logistique

Ce chapitre définit, positionne et délimite le problème général de la logistique au CHRU de Tours. Une première partie est consacrée à une description synthétique du problème auquel nous nous sommes intéressés, celui de l'optimisation des tournées et du dimensionnement des équipes. Une deuxième partie présente un état de l'art sur les problèmes étudiés dans la littérature proche de notre problématique.

2.1 Présentation générale

Après un rappel de la problématique de la logistique du CHRU de Tours, nous présentons le problème ainsi que tous les éléments à prendre en compte pour le résoudre.

2.1.1 Rappel de la problématique

La problématique du flux de matières du CHRU s'inscrit dans le cadre d'une étude sur la réorganisation de la logistique hospitalière (transports et livraisons). Cette réorganisation prévoit la re-planification des tournées de véhicules entre les différents hôpitaux, la mutualisation des transports, dans la mesure du possible et la création d'une équipe de manutentionnaires dans l'hôpital de grande taille Bretonneau.

Les services de soins de chacun des hôpitaux du CHRU de Tours doivent être approvisionnés en linge propre, en plateaux repas, en fournitures diverses, en médicaments, en dossiers patients papiers, en matériels stérilisés et sont centres de collecte de linge sale et de déchets nécessitant des traitements particuliers. Ces flux de matières sont gérés séparément par des services spécifiques, ce qui donne lieu à de nombreuses tournées de livraisons ou collectes manquant parfois de coordination. De plus, un des hôpitaux du CHRU (Bretonneau), est constitué de nombreux bâtiments au travers desquels la circulation est malaisée et est rapidement perturbée dès qu'un camion stationne trop longtemps pour décharger. Actuellement les chauffeurs doivent monter dans les services pour effectuer eux-mêmes les livraisons, ce qui les oblige à travailler en binômes. En plus de gêner la circulation, cela induit également des retards de livraison lorsque deux camions de flux différents se succèdent trop rapidement et cela peut, par effet domino, perturber l'ensemble des tournées

2.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

ainsi que le fonctionnement des services clients. De plus, certains hôpitaux possèdent trop peu de places sur les quais de déchargement, ce qui oblige parfois les chauffeurs à attendre qu'une place se libère pour pouvoir commencer à livrer.

C'est dans ce contexte qu'un projet de réorganisation de l'hôpital Bretonneau est actuellement en cours. Cette réorganisation prévoit l'utilisation d'un grand quai de déchargement pour faciliter le stationnement des camions et la mise en place d'une équipe de manutentionnaires pour limiter le temps de stationnement des camions et fluidifier au maximum la circulation dans cet hôpital. Ces manutentionnaires prendront en charge le transfert des chariots entre le quai de déchargement et les différents bâtiments et services de Bretonneau, en utilisant autant que possible des fenwicks et des couloirs souterrains. L'objectif de cette étude est donc de dimensionner et de mettre en place l'équipe de manutention et de revoir également la planification des tournées logistiques et les besoins en chauffeurs. En effet, les tournées entre les hôpitaux seront fortement connectées aux tournées des manutentionnaires, et il n'est pas possible de négliger les livraisons et les collectes des autres hôpitaux. De plus, le nombre futur de manutentionnaires et de chauffeurs doit être égal au nombre actuel de chauffeurs (effectif constant). Enfin, l'étude permettra aussi de tester différentes mutualisations possibles des ressources entre les différentes logistiques, contrairement à aujourd'hui où chaque logistique est complètement indépendante et possède ses propres véhicules et ses propres chauffeurs.

2.1.2 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de dimensionner et de mettre en place une équipe de manutention au sein de l'hôpital Bretonneau, qui sera chargée d'assurer les livraisons dans les divers bâtiments et ainsi de faire gagner du temps aux chauffeurs. La résolution de ce problème est similaire à la résolution d'un problème de livraison (VRP ou *Vehicle Routing Problem*) inter-hôpitaux pour planifier les tournées des camions et d'un autre problème de livraison intra-hôpital de Bretonneau pour planifier le travail des manutentionnaires. Les flux matériels considérés dans cette étude sont les sept plus importants du CHRU :

- La logistique pharmaceutique : elle livre le CHRU en médicaments, solutés, dispositifs médicaux, etc. Les produits sont transportés dans des chariots. Chaque chariot est destiné à un service hospitalier, ou Unité Fonctionnelle (UF). Le livreur dépose chaque chariot aux UF et récupère les chariots vides de la tournée précédente.
- La logistique hôtelière : elle livre tous les produits consommés par le CHRU (650 références) autres que les produits pharmaceutiques. Le transport des produits est similaire à la logistique précédente, cependant les chariots ne sont pas simplement déposés aux UF puisque les produits hôteliers doivent être rangés par le livreur dans les zones de stockages.
- La blanchisserie : elle s'occupe de toute la lingerie du CHRU (plus de 15 tonnes de linge lavé par jour). Elle livre le linge propre dans des armoires et ramasse le linge sale déposé dans des sacs de différentes couleurs entreposés dans des chariots. La livraison et la collecte du linge ne s'effectuent pas par les mêmes véhicules à cause des réglementations d'hygiène des hôpitaux.

2.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

- L’UCPA (Unité Centrale de Production Alimentaire) : ce service assure toute la production et la livraison des plateaux repas pour le midi et le soir (4500 repas par jour). L’une des contraintes fortes est celle restreignant les horaires de livraison des repas dans chaque service. Les repas sont transportés dans des chariots frigorifiques à eau qui sont caractérisés par leurs autonomies (les repas ne peuvent pas être transportés après un certain temps). Enfin, lors de la livraison, les chariots vides du repas précédent doivent être récupérés
- Les archives : ce service assure le stockage et le transport des dossiers patients. En particulier, il s’occupe de collecter les dossiers patients qui ne sont plus utilisés dans les services de soins et livre les dossiers patients demandés par le personnel des services de soins. Pour des raisons de confidentialité, les livraisons et collectes de dossiers s’effectuent par des armoires verrouillées entreposées dans des lieux sécurisés de stockage de proximité. Les dossiers patients sont donc soit entreposés aux archives soit dans les stockages de proximité des hôpitaux. De plus, les temps de livraison et de collecte ne sont pas négligeables.
- La salubrité : Ce service assure l’évacuation des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) et des Déchets des Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) des UF par des chariots spécifiques.
- La stérilisation : ce service s’occupe du matériel médical à stériliser (essentiellement pour les blocs opératoires).

A chaque flux est associé un dépôt, qui correspond à sa zone de stockage (pour le flux pharmaceutique par exemple) ou de production (pour le flux de plateaux repas par exemple). Les dépôts sont répartis sur quatre sites géographiques (cf figure 2.1), quatre sont regroupés sur un même site nommé logipôle (logistique pharmaceutique, logistique hôtelière, stérilisation et UCPA), la salubrité se situe aux alentours de Bretonneau, les archives sont près du logipôle, tandis que la blanchisserie est à Tours Sud. Chaque flux a des véhicules attitrés, même si lors d’une tournée la cargaison de ces véhicules pourra être composée de plusieurs flux. Le dépôt d’un véhicule, c’est-à-dire son lieu de couchage est le dépôt de son flux propriétaire.

En résumé, les produits sont transportés dans des chariots de différents types ou armoires, pouvant être de tailles différentes mais tous attachables entre eux. Nous ne nous intéresserons donc qu’au nombre de chariots à livrer par type de produit. Chaque chariot a un point de livraison qui se situe dans un bâtiment dans Bretonneau ou dans un autre hôpital. Dans le cas de Bretonneau, nous définissons également un point de livraison de l’hôpital, qui est le quai de déchargement à partir duquel les chariots seront répartis dans les bâtiments. Chaque livraison ou collecte n’occupe pas le livreur de façon identique. Par exemple, il doit décharger lui-même les chariots de certains produits, comme ceux de la logistique hôtelière, tandis que d’autres sont pris en charge par le personnel soignant. Il repart du point de livraison avec autant de chariots vides qu’il a amené de chariots pleins, soit des chariots qu’il vient de vider, soit des chariots laissés lors d’un précédent passage. Pour la collecte du linge sale ou des déchets, la procédure est inverse, le livreur amène des chariots vides et prend des chariots non vides.

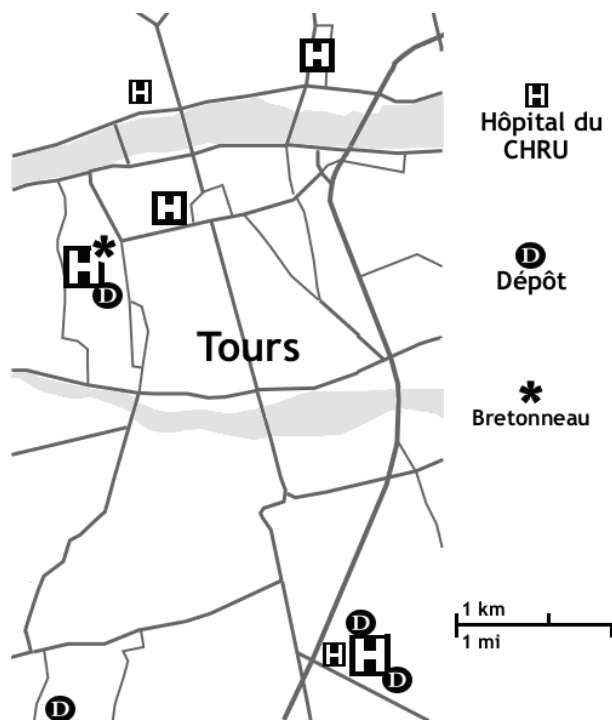


FIG. 2.1 – Carte de Tours

Le premier niveau du problème (inter-hôpitaux) correspond aux tournées des véhicules entre les hôpitaux et les dépôts. Certains produits peuvent être transportés dans le même véhicule alors que d'autres doivent être séparés. Une des données du problème est donc l'ensemble des combinaisons véhicule/produit qui pourront être modifiées par l'hôpital pour tester différentes politiques de mutualisation possibles. Chaque véhicule est attaché à un dépôt d'où il part et où il doit revenir, cependant il peut passer par plusieurs dépôts pour compléter sa cargaison avant de commencer à livrer. Le temps de chargement d'un camion doit être pris en compte, il dépend de la quantité de chariots à emporter, ceci est particulièrement vrai pour les chariots de plateaux repas. La flotte de véhicules n'est pas homogène, en particulier les capacités sont différentes. La capacité d'un véhicule est définie par un nombre de chariots. Les véhicules ne peuvent pas tous décharger et charger leurs cargaisons au même moment, il y a un nombre de places limité par quai. Chaque hôpital possède un unique quai, sauf Bretonneau où certains bâtiments ont leur propre quai, en plus du grand quai qui doit servir de base à l'équipe de manutentionnaires et qui à terme devrait être le seul utilisé. Il existe deux types de places qui se distinguent par leurs structures. Les places basses qui nécessitent un élévateur pour charger ou décharger les chariots du véhicule et les places hautes qui sont au même niveau que l'arrière des véhicules. Il faut donc différencier pour ces types de places, un temps de chargement et de déchargement par chariot.

A Bretonneau, les chariots doivent être pris en charge par une équipe de manutention pour être emmenés dans les bâtiments. Pour effectuer ces livraisons, l'équipe peut se déplacer à pied ou utiliser des fenwicks (chariots tracteurs). L'utilisation de fenwicks souterrains

2.2. LITTÉRATURE AUTOUR DE CE PROBLÈME

est obligatoire pour relier certains pavillons, les autres pavillons étant livrables par un fenwick extérieur ou à pied. L'équipe de manutention dispose de deux fenwicks souterrains et d'un fenwick extérieur. Un transport en fenwick permet de tracter un nombre maximum de chariots et un transport pédestre présente la même caractéristique, dans les deux cas cela mobilise un unique manutentionnaire et des chariots de tout type peuvent être mélangés.

Enfin le temps de livraison dépend du type de chariots, du nombre de chariots, du mode de transport et du point de livraison. Un point de livraison est caractérisé par une demande en un type de chariots avec une quantité et une fenêtre de temps durant laquelle la livraison ou collecte doit être réalisée. Cette fenêtre de temps peut être large, comme pour la logistique hôtelière, ou restreinte à un horaire, comme pour la pharmacie car une personne du service de soin doit réceptionner la livraison. Pour la plupart des demandes, un jour de livraison est affecté. Cependant pour certaines demandes ne devant être livrées qu'une seule fois par semaine, aucun jour n'est imposé. Il faudra donc déterminer le jour de livraison.

Le problème peut être vu sous la forme d'un problème de tournées de véhicules à deux niveaux. Le premier niveau porte sur les tournées entre les hôpitaux et le second niveau porte sur l'hôpital Bretonneau. Ces deux niveaux sont connectés par le quai de déchargements de Bretonneau qui est, du point de vue du premier niveau, un point de livraison et du point de vue du second niveau l'unique dépôt du problème de tournées interne à Bretonneau. Il est manifeste que les planifications des tournées des véhicules de ces deux niveaux sont inter-connectées. Les manutentionnaires doivent attendre l'arrivée et le déchargement des camions pour livrer et inversement les camions de collecte doivent attendre la fin du ramassage de chariots qui leurs sont affectés pour pouvoir repartir. La figure 2.2 représente ces deux niveaux de tournées.

Notre objectif est de planifier les tournées en dimensionnant au mieux les équipes (chauffeurs et manutentionnaires) sachant qu'il n'y a qu'un chauffeur/livreur par camion et par fenwick. La somme globale des chauffeurs et manutentionnaires est une donnée du problème, nous essaierons de maximiser le temps libre global des manutentionnaires afin de leur permettre d'effectuer d'autres tâches dans l'hôpital Bretonneau comme par exemple le transport en interne de médicaments, de machines, de dossiers, etc. Un chauffeur/manutentionnaire doit travailler chaque jour 7h30, doit avoir les mêmes horaires de travail chaque jour et les équipes sont fixes (un chauffeur une journée ne peut pas être employé comme manutentionnaire le lendemain, ni l'inverse). Dans cette étude, nous nous intéressons à la planification périodique des cinq jours de la semaine. Le cas du week-end sera traité à part ultérieurement.

2.2 Littérature autour de ce problème

Ce vaste problème appartient à la classe des "*Pickup and Delivery Problems*". Ce problème possède des points communs avec de nombreux problèmes de transports abordés dans la littérature, nous allons nous restreindre uniquement à la littérature des problèmes

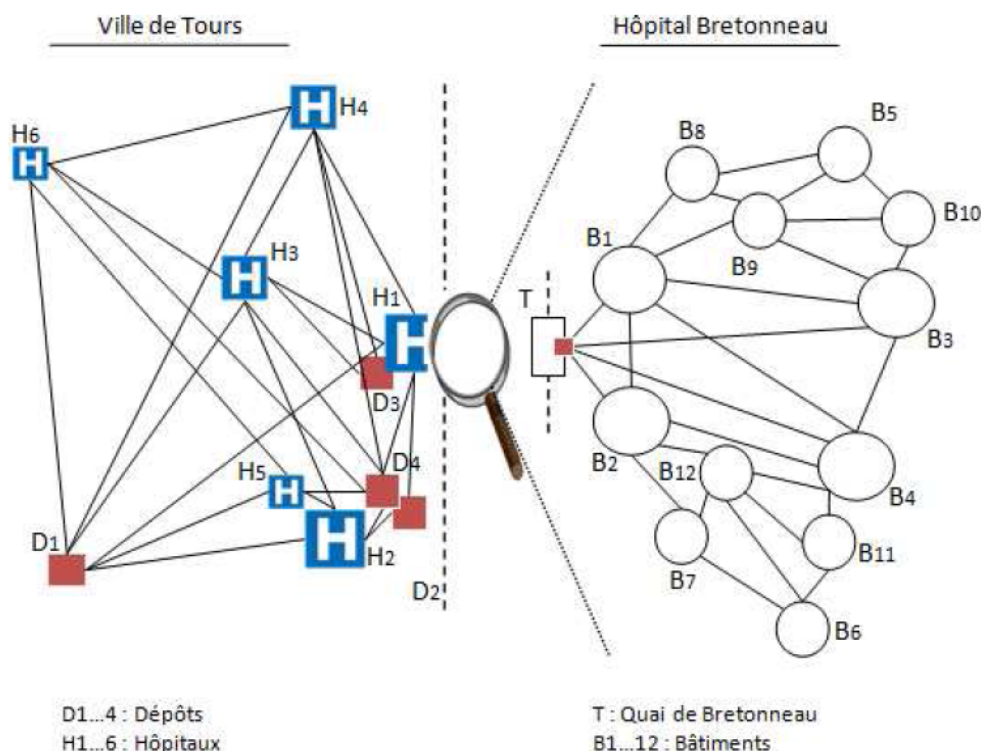


FIG. 2.2 – Réseaux des tournées

ayant des caractéristiques très similaires à celui du CHRU de Tours. Après une introduction aux problèmes de transports dans une première partie, nous présentons dans une seconde partie une littérature sur les problèmes de transports fortement similaires. Puis dans une troisième partie, nous abordons la littérature récente sur des problèmes de transports dans le milieu hospitalier.

2.2.1 Introduction aux problèmes de transports

Contrairement à la classe des problèmes d'ordonnancement où une classification et une notation des problèmes existant (Graham et al. [91]), la classe des problèmes de tournées de véhicules est moins facile à appréhender. Après avoir essayé de répertorier dans un premier temps la plupart de ces problèmes quelle que soit leur nature (cf. annexe B), nous nous sommes essentiellement intéressés à la catégorie des "*Pickup and Delivery Problems*" à laquelle appartient le problème général de la logistique au CHRU de Tours. Plusieurs classifications, ou même notations, ont été proposées pour cette catégorie de problèmes. L'une des classifications les plus pertinentes et récentes est celle de Berbeglia et al. [17]. Dans cet article, les auteurs présentent une classification et une notation se basant sur trois champs : [Structure | Visites | Véhicules]. Le premier champ indique le nombre d'origines et de destinations des biens ou personnes à transporter. Trois principales valeurs sont possibles :

- "Many-to-Many" (M-M) : chaque site, représenté par un sommet dans un graphe,

2.2. LITTÉRATURE AUTOUR DE CE PROBLÈME

peut être aussi bien un point de départ ou une destination des biens ou personnes transportés.

- "One-to-Many-to-One" (1-M-1) : ce cas concerne principalement les biens comme dans le cas de la distribution de bouteilles pleines avec collecte de bouteilles vides. Tous les biens à distribuer à un ensemble de clients partent d'un unique dépôt. Puis, les biens à collecter chez un ensemble de clients doivent revenir à unique dépôt également.
- "One-to-One" (1-1) : chaque personne ou bien est caractérisé par un unique point de départ et d'arrivée.

Le deuxième champ porte sur la manière de collecter ou livrer à un sommet client : soit chaque sommet est collecté et livré en même temps et en une seule fois (PD), soit les deux opérations peuvent être réalisées ensemble ou séparément (P-D), soit chaque sommet représente une livraison ou une collecte (P/D). Enfin, une indication dans ce champ peut être ajoutée avec la lettre 'T' pour spécifier la possibilité de transbordement (zones temporaires de biens qui sont déposés par un ensemble de véhicules et qui seront collectés par un autre ensemble de véhicules). Enfin, le dernier champ précise le nombre de véhicules dans le problème, ou un nombre variable par le caractère '-'. Si nous utilisons cette notation, notre problème serait noté [1-M-1 | P/D T | -]. La figure 2.3 représente un résumé de cette classification proposé par les auteurs.

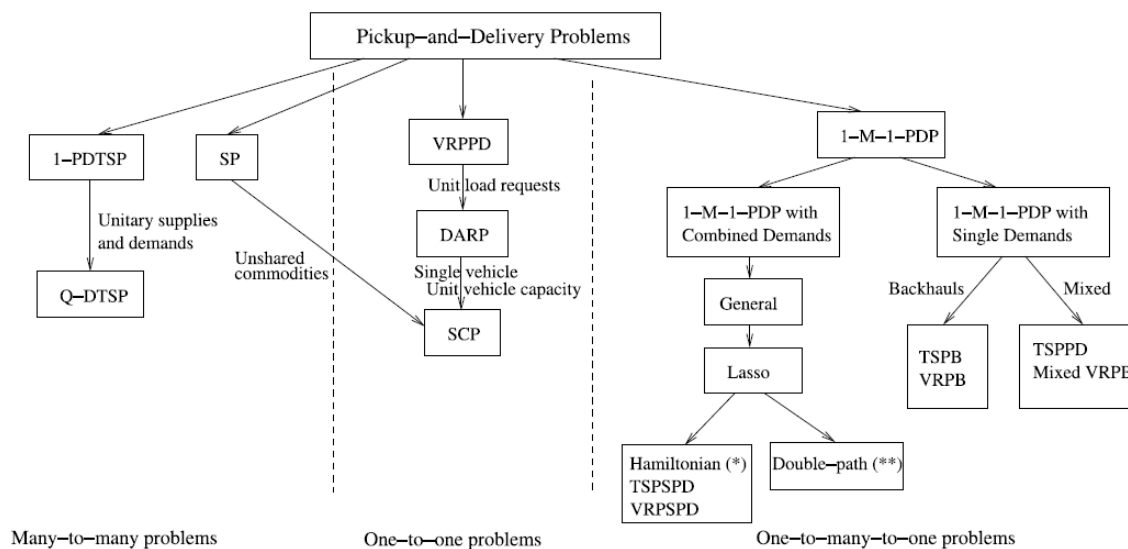


FIG. 2.3 – Résumé d'une classification des problèmes de tournées de véhicules (Berbeglia et al. [17])

A noter qu'il existe deux grandes classes de problèmes de planification de tournées : les problèmes de tournées sur arcs et les problèmes de tournées sur noeuds. Nous nous intéressons dans ce chapitre uniquement aux problèmes de tournées sur noeuds qui permettent de modéliser correctement le problème de logistique tel qu'il se présente au sein du CHRU. Cependant, ces deux classes de problèmes seront présentées dans le chapitre 6 section 6.2.

2.2.2 Problèmes de transports connexes

Ce problème est avant tout basé sur le problème classique de tournées de véhicules, ou encore *The Vehicle Routing Problem* (cf. Laporte [131]). Il existe de nombreux articles, revues et ouvrages traitant de ce problème et de ses nombreuses extensions. Des états de l'art très complets sont proposés par exemple dans Desaulniers et al. [56], Berbeglia et al. [17] et Parragh et al. [157]. La définition de ce problème s'appuie sur un graphe valué non orienté $G = (V, E)$, où $V = \{0, \dots, n\}$ est l'ensemble des sommets et E l'ensemble des arêtes. Le sommet 0 correspond au dépôt des véhicules (de capacité limitée) (chaque tournée de véhicule commence et termine au dépôt). Chaque sommet $i \neq 0$ représente un des n clients, un client étant caractérisé par une quantité de produit demandée. Chaque arête est valuée par un coût de déplacement. L'objectif du problème est de construire un ensemble de tournées de coût total minimal couvrant toutes les demandes, en respectant les capacités des véhicules sachant que chaque client est servi en une seule fois. De nombreuses méthodes ont été proposées pour résoudre ce problème aussi bien de manière exacte que de manière approchée. Certains articles, comme Laporte [129] ou Toth et Vigo [190], présentent ces différentes méthodes. Même si la plupart des cas traités dans la littérature sont de nature statique et déterministe, il existe des études avec un aspect aléatoire comme le problème de tournées de véhicules stochastiques. Cette catégorie de problème prend en compte un certain nombre de facteurs variables, comme les durées de déplacement, les volumes des commandes, voire le nombre de clients à servir. Un état de l'art sur ce type problème est disponible dans Gendreau et al. [85].

D'autre part, nous considérons le cas où les clients doivent être servis en respectant des fenêtres de temps. Le problème a été considérablement étudié, en commençant par Solomon [179]. Il a proposé un célèbre jeu de données et certaines heuristiques constructives pour minimiser le nombre de véhicules utilisés, puis la distance totale parcourue. Pour cette variante de problème, il existe aussi de nombreux états de l'art : Solomon et Desrosiers [180], Desrosiers et al. [57] et Bräysy et Gendreau [25] [26]. En plus d'être caractérisés par des fenêtres de temps, les clients peuvent être servis en plusieurs fois, c'est le cas du problème de tournées de véhicules avec préemption de la demande (SDVRP). Malgré l'importance de cette préemption dans les cas pratiques (Dror et Trudeau [63] [64]), le problème a été beaucoup moins étudié dans la littérature. Il existe cependant quelques articles s'intéressant au cas du SDVRP avec fenêtres de temps comme : Frizzell et Giffin [79], Ho et Haugland [98], Feillet et al. [70]. Le premier article propose une heuristique par construction avec deux variantes pour l'améliorer afin de résoudre le SDVRP avec multiples fenêtres de temps. Une recherche Tabou est proposée dans le deuxième article alors qu'une méthode exacte (*Branch and Price*) est proposée dans le troisième article.

Cependant, ce problème étant tiré d'un contexte spécifique, il s'éloigne un peu des problèmes classiques de VRP que nous pouvons trouver dans la littérature. L'un des premiers problèmes auxquels il se rapproche, est le problème de tournées de véhicules avec plusieurs types de produits, connu sous le nom "*The multi-commodity one-to-one pickup-and-delivery traveling salesman problem*" (m-PDTSP) comme traité récemment dans l'article de Hernández-Pérez et Salazar-González [97]. Les auteurs présentent deux modèles de pro-

2.2. LITTÉRATURE AUTOUR DE CE PROBLÈME

grammation en nombres entiers mixtes et décrivent une technique de décomposition pour chaque modèle afin de résoudre ce problème. Le cas de plusieurs types de produits est aussi abordé dans les problèmes de tournées de véhicules à multi-compartiments, comme traité dans l'article de Mendoza et al. [143] où les demandes sont stochastiques. Mais d'autres études présentent aussi des caractéristiques proches de celles qui nous concernent, comme la possibilité de transporter les chariots par divers moyens (transport multimodal) que l'on retrouve principalement dans la logistique du fret. Un état de l'art sur cette catégorie de problèmes de transports est disponible dans un article de Crainic et Laporte [47]. Dans un article de Horn [101], l'auteur s'intéresse aussi à des transports multimodaux. Il présente un système de planification de tournées de véhicules appelé L2sched permettant de manager une flotte hétérogène de véhicules destinée à des transports de personnes.

Certaines demandes de notre problème n'ont pas un jour de livraison fixé. Les choix des jours de livraison de ces demandes font partie aussi des variables du problème. Ce type de décision peut se retrouver dans la littérature des problèmes de tournées de véhicules multi-périodes (*Periodic VRP*). Dans ce type de problème, chaque client doit être servi une ou plusieurs fois dans un horizon donné. Le problème peut se décomposer en deux sous-problèmes indépendants : affectation des séquences de livraisons pour chaque client, et résolution d'un problème classique de tournées de véhicules par jour de l'horizon. Ce problème a été initialement étudié dans un contexte de collecte d'ordures (Beltrami et Bodin [16]) et continu toujours à être étudié dans ce contexte (Lacomme et al [126]). Dans l'article de Angelelli et Speranza [3], les auteurs s'intéressent à ce type de problème de collectes d'ordures en considérant que les véhicules peuvent, pendant leurs tournées, décharger les ordures collectées à certains lieux de traitements qui ne sont pas nécessairement leurs dépôts. Ils proposent une recherche Tabou pour résoudre ce problème. Enfin, un article de Cordeau et al. [45] présente une recherche Tabou pour des problèmes de tournées de véhicules multi-périodes et multi-dépôts.

Une autre caractéristique de notre problème concerne le quai de Bretonneau qui peut être vu comme un dépôt de transfert, ou transbordement (*VRP with transshipment*) : point d'échange de produits entre véhicules. On retrouve ce concept dans les articles de Zhao et al. [201] et de Yang et Xiao [198], où des problèmes de VRP avec points de transfert sont traités dans le cas multi-périodes puis multi-produits. Dans les deux articles les auteurs résolvent le problème à l'aide de la programmation mathématique en s'appuyant sur des techniques de procédure par séparation et évaluation ainsi que sur certaines propriétés structurelles du problème.

Les problèmes d'élaboration de tournées de véhicules sous contraintes de planification du personnel se retrouvent fréquemment dans les problèmes postiers. Nous citerons comme premier exemple l'article de Zäpfel et Bögl [199]. Dans cet article, les auteurs s'intéressent à un problème de tournées de véhicules multi-périodique avec livraison et ramassage de courrier postal et de planification du personnel. Le volume de cargaison est variable, certains points possèdent des fenêtres de temps, les capacités des véhicules sont variables et il est possible de sous-traiter certaines demandes. Pour résoudre ce problème, les auteurs proposent une hybridation de méta-heuristiques qui est testée par simulation. Dans un article

de Hollis et al. [100], les auteurs présentent la résolution du problème postal "Australia". Le problème considéré est un problème multi-dépôts de planification de tournées de véhicules et de personnel. La principale contribution de ce papier est une nouvelle formulation mathématique intégrant les étapes de planification des véhicules et des équipes. Pour résoudre ce problème, les auteurs utilisent un algorithme basé sur la génération de colonne.

Enfin, la gestion des chariots vides et pleins de notre problème est similaire au problème de transport de conteneurs vides et pleins comme étudié dans l'article de Tan et al. [186]. Dans cet article, les auteurs s'intéressent à une compagnie de logistique qui détient des véhicules munis de remorques mais qui peut éventuellement sous-traiter en cas de pics de demandes. Le problème est bicritère car ils veulent minimiser le nombre de véhicules et la distance totale parcourue. Ils le résolvent en utilisant dans un algorithme évolutionnaire, des opérateurs de croisement spécifiques et une représentation des solutions à longueurs variables pour énumérer le front de Pareto.

2.2.3 Problèmes de transports dans le milieu hospitalier

Pendant longtemps, et même encore aujourd'hui, les centres hospitaliers ont souvent négligé le rôle de la logistique. Landry et Philippe [127] font remarqué en 2004 que toutes les activités en rapport avec la logistique engendrent environ 46% du budget total d'un hôpital. D'autre part, dans un livre consacré au flux de patients et à la réduction du retard de procuration des soins [172], certaines parties montrent que la logistique peut être aussi un des facteurs du processus d'amélioration de production de soins. Bien que le milieu hospitalier soit un secteur d'application assez récent pour les problèmes de transports et de logistique, il existe déjà plusieurs articles dans ce domaine.

L'un des premiers articles est apparu en 1996 (Shang et Carolyn [175]). Les auteurs s'intéressent à un problème de transports de dossiers patients, d'équipements et de fournitures médicales dans une région métropolitaine. Ce problème peut se ramener à un "*pickup and delivery problem*" avec fenêtre de temps et sans contrainte de capacité. La fonction multi-objectif du problème tient compte des critères à minimiser suivants : le nombre de véhicules utilisés, le nombre de demandes non satisfaites ou réalisées en retard et la distance totale parcourue par les véhicules. Pour résoudre ce problème, les auteurs proposent une heuristique basée sur une "approche concurrente d'ordonnancement" dans laquelle chaque client est affecté à un ou plusieurs véhicules à la fois. Un autre problème de transports de matériel médical est abordé dans un article de Sheng et al. [176]. Les auteurs s'intéressent à un problème classique de type VRP avec un unique dépôt de distribution de matériel médical dans un hôpital. Cette étude est basée sur de la logique floue pour la mesure des critères. Le problème est résolu à l'aide d'une heuristique en six étapes dont une étape consiste à appliquer un algorithme génétique.

Le chapitre, écrit par Doerner et Hartl [59] dans un livre sur les avancées et les derniers challenges des problèmes de tournées de véhicules, est entièrement consacré aux problèmes de transports dans le domaine de la logistique hospitalière, de préparation aux situations d'urgence et de secours en cas de catastrophe. Comme le précisent les auteurs, les problèmes

2.2. LITTÉRATURE AUTOUR DE CE PROBLÈME

fondamentaux sous-jacents sont des problèmes de tournées de véhicules, des transports à la demande, d'emplacement des entrepôts de routage et de couverture d'urgence. Toutefois, plusieurs contraintes du monde réel de l'hôpital permettent d'enrichir les caractéristiques de base des problèmes. Dans les problèmes de tournées de véhicules, autres que des problèmes de transports de patients par ambulance, les auteurs présentent des problèmes liés à la logistique de transports de matériel médical ainsi qu'à la collecte et la distribution de poches de sang. Ce dernier problème engendre deux extensions au modèle du VRP. La première extension est que les marchandises sont produites sur les sites, la production prenant place dans certaines fenêtres de temps. La deuxième extension introduit la notion de contrainte de temps stricte, sur un transport des poches de sang. Un autre problème également étudié dans ce chapitre est celui de la distribution de sang à l'aide de tournées de véhicules périodiques.

Un domaine autre que le transport de poche de sang et assez étudié, est celui de la distribution du linge sale (Florez et al. [74]) et propre (Banerjea-Brodeur et al. [11]) dans le milieu hospitalier. Dans le premier article, les auteurs s'intéressent à la logistique du flux du linge sale hospitalier à Bogotá. Ce problème est équivalent à un problème de tournées de véhicules avec la possibilité de servir un client en plusieurs fois (*Split Delivery Vehicle Routing Problem* [64]). Les auteurs proposent un modèle de programmation linéaire mixte pour trouver de nouvelles périodes de travail et de tournées de véhicules sous contraintes de disponibilité de ressources et de conditions d'hygiène. Le deuxième article présente un problème de planification de livraison de linge dans un vaste hôpital. Les auteurs ramènent ce problème à un problème classique de tournées périodiques de véhicules et utilisent une recherche Tabou pour le résoudre.

D'autres flux dans les hôpitaux différents du linge propre ou sale, font aussi l'objet de problèmes de tournées. Dans l'article de Shih et Chang [177], le flux étudié est celui des déchets infectieux dans des centres hospitaliers de Taiwan. Comme ce type de déchet nécessite un traitement spécifique, des tournées de véhicules périodiques pour collecter les déchets et les amener à une ou plusieurs usines de traitements sont à établir. Les auteurs proposent une heuristique à deux phases pour résoudre ce problème. Une phase consiste à trouver les jours de collectes en utilisant la programmation linéaire en nombres entiers mixte. Une autre phase consiste à résoudre un problème de tournées de véhicules dont les jours de collectes pour chaque client sont connus.

D'autres études ne se focalisent pas uniquement sur les problèmes de tournées mais sur la logistique en général. C'est le cas de l'étude de Lapierre et Ruiz en 2007 [128] qui concerne l'hôpital de Montréal. Dans cette étude, les auteurs traitent ce problème de logistique hospitalière dans sa globalité : commandes, livraisons et capacités des stocks. Les auteurs se sont concentrés sur la planification des décisions comme la date des commandes, les dates de livraisons et les quantités à livrer ainsi que sur la répartition des tâches au personnel. Ils présentent deux approches de modélisation et appliquent sur ces modélisations une recherche Tabou utilisant des voisinages de quatre types différents pour résoudre ce problème.

2.3. CONCLUSION

Un dernier type de problème de transport fait l'objet d'une étude récente dans un hôpital d'Autriche (Fiegl et Pontow [71]). Cette étude porte sur un problème de transport à la demande aussi bien de patients que de matériel médical. Les demandes de transports arrivent en temps réels et sont assurées par une équipe de l'hôpital ayant pour rôle d'assurer toutes ces demandes à l'heure. Même si ce problème appartient à la classe des problèmes "*Pickup and Delivery*", les auteurs ramènent ce problème à un problème d'ordonnement (machines parallèles non reliées avec minimisation de la somme pondérée du "*flow time*"). Les auteurs s'inspirent des algorithmes de la littérature pour résoudre ce problème d'ordonnement et proposer une méthode de résolution.

Enfin, une étude menée en collaboration avec un service hospitalier Belge de livraison est disponible dans un article de Gascon et Mechelon [80]. Les auteurs s'intéressent à un problème d'ordonnement de tâches de livraisons effectuées par des manutentionnaires dans un hôpital. L'objectif de cette étude est de comparer deux systèmes de livraisons sur le nombre de personnes nécessaires aux transports. Le système actuel est basé sur l'utilisation de doubles chariots de produits (un chariot reste toujours dans une unité de soin et un autre chariot sert à remplacer le premier lorsque celui-ci est presque vide). Le deuxième système prévu (pour diminuer le nombre de chariots et la quantité d'espace d'encombrement) est plus classique, il n'y a qu'un chariot qui sert à emmener les produits dans une unité de soin. Cependant pour ce dernier système, les auteurs proposent une heuristique pour trouver le nombre de manutentionnaires et leurs horaires. Ce problème est traité en deux étapes. La première consiste à affecter les jours de livraisons de chaque service en considérant des ensembles de tâches qu'auront à réaliser les manutentionnaires. Et la deuxième étape consiste à résoudre un problème d'affectation des tâches aux manutentionnaires et à trouver leurs horaires.

2.3 Conclusion

Le problème étudié dans cette première partie est un problème de tournées de véhicules avec livraisons et collectes, et dimensionnement du personnel. Etant tiré d'un contexte hospitalier spécifique, de nombreuses contraintes propres à ce contexte sont à prendre en compte. L'objectif du problème est de trouver une planification de tournées de véhicules sur un horizon d'une semaine ainsi que le nombre et les horaires des chauffeurs et des manutentionnaires. Le problème peut être vu sous la forme de deux problèmes de tournées de véhicules à deux niveaux qui sont interconnectés au quai de Bretonneau.

De nombreux problèmes de transports étudiés dans la littérature présentent des caractéristiques similaires (fenêtres de temps, flotte hétérogène sur plusieurs dépôts, contraintes de planification de personnel, point de transfert, multi-périodes, multi-produits, etc.). Cependant, il n'existe pas à notre connaissance d'étude regroupant toutes ces caractéristiques. D'autre part, la synchronisation de plusieurs tournées de véhicules à un endroit donné n'est pas une problématique couramment abordée dans la littérature à notre connaissance.

Enfin, les problèmes de logistique au sein d'un système hospitalier commencent à être

2.3. CONCLUSION

abordés. Dans la littérature, plusieurs études de problèmes de tournées de véhicules sont tirées d'un contexte hospitalier : ramassage du linge sale, livraison du linge propre, collecte des déchets, transports de poche de sang ou de matériel médicale, etc. Dans notre étude, il faut tenir compte conjointement de tous les flux de la logistique hospitalière, contrairement à ce qu'on trouve dans la littérature, où ils sont abordés de façon séparée. En conséquence, les méthodes proposées dans la littérature ne sont pas utilisables en l'état.