

Projet de fin d'études - juin 2026

M2 Ingénierie de la Santé

Parcours : Technologies Biomédicales et Territoires de Santé

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE

Mise en exploitation du projet Hôpital Loire Santé

Yanis **GHOUAR**

yanis.ghouar@tutamail.com

Encadré par **Sandrine AUGY**

Responsable du Service Biomédical

Suivi par **Isabelle CLAUDE**

Responsable de formation



Disponible sur : <https://travaux.master.utc.fr/formations-master/ingenierie-de-la-sante/ids316/>

DOI : 10.34746/ids316




ALLIANCE
SORBONNE
UNIVERSITÉ

 **utc**

Remerciements

Louange au Seigneur des Cieux et de la Terre.

À ma responsable de stage pour m'avoir permis de participer à un projet aussi singulier que formateur et pour son suivi tout au long de cette période.

À mes suiveurs de stage pour leur accompagnement sur les missions confiées et pour m'avoir permis de les accompagner sur divers sujets qui complètent le rôle d'ingénieur biomédical hospitalier.

À l'ensemble des intervenants stagiaires, alternant, logisticiens, techniciens et ingénieurs du service biomédical des sites de l'Hôtel-Dieu, de l'hôpital Guillaume-et-René-Laennec et de l'hôpital Saint-Jacques que j'ai eu l'occasion de rencontrer et avec qui j'ai eu le plaisir d'échanger et de travailler.

À nos responsables de formation et l'ensemble du corps pédagogique pour ces 2 années d'apprentissages et de développement personnel.



Table des matières

Remerciements	1
Liste des acronymes et abréviations	3
Table des figures.....	4
Résumé	5
Introduction.....	6
Partie 1. Présentation de l'organisme d'accueil	7
1. Le CHU de Nantes dans son environnement.....	7
2. Le service biomédical et le projet Hôpital Loire Santé	8
3. Cadre et missions du stage.....	11
Partie 2. Mise en exploitation du projet Hôpital Loire Santé.....	12
Préparation des chantiers post-réception	12
2.1. Organisation du transfert des équipements vers le nouveau site	14
2.1.1. Mise en place de la méthodologie de planification	14
2.1.2. Rédaction des dossiers de consultation des entreprises pour les modalités d'imagerie ...	19
2.2. Renouvellement des équipements de pharmacotechnie et de radiopharmacie.....	24
2.2.1. Recensement du besoin et choix de la procédure d'achat	24
2.2.2. Consultation des fournisseurs pour les isolateurs	26
2.2.3. Étude de la faisabilité d'implantation et de cheminement des enceintes blindées	28
Bilan de stage	32
Conclusion	33
Références.....	34
Annexes	35

Liste des acronymes et abréviations

AE	Acte d'engagement
BPU	Bordereau de prix unitaire
CCAP	Cahier des clauses administratives particulières
CCTP	Cahier des clauses techniques particulières
CDA	Commission des achats
CETRES	Centre de traitement des endoscopes (souples)
COP	Conduite d'opération
CSPS	Coordonnateur sécurité et protection de la santé
CSSI	Coordination des systèmes de sécurité incendie
DCE	Dossier de consultation des entreprises
DHA	Direction des achats
DLRO	Date limite de réception des offres
DSN	Direction des services numériques
EPRD	État prévisionnel des recettes et des dépenses
ESET	Enceinte de stockage des endoscopes thermosensibles
FITM	Fiche d'instruction des travaux modificatifs
GHT	Groupement hospitalier de territoire
GMAO	Gestion de maintenance assistée par ordinateur
IRM	Imagerie par résonance magnétique
ISO	Organisation internationale de normalisation
LDE	Laveur-désinfecteur d'endoscopes
MAC	Marchés accords-cadres
MAPA	Marché à procédure adaptée
MOA	Maîtrise d'ouvrage
MOE	Maîtrise d'œuvre
MSMC	Marché sans publicité ni mise en concurrence préalables
OPC	Ordonnancement, pilotage et coordination
PCR	Personne compétente en radioprotection
SJM	Service juridique des marchés
UCME	Unité de contrôle microbiologique de l'environnement
UGRI	Unité de gestion du risque infectieux

Table des figures

Figure 1 : Carte des neuf sites du CHU de Nantes et localisation du futur Hôpital Loire Santé. Source : interne	8
Figure 2 : Organisation et effectifs du service biomédical. MPR : Médecine physique et de réadaptation. Source : interne.	9
Figure 3 : Organisation des bâtiments de l'Hôpital Loire Santé. Source : [2].....	10
Figure 4 : La mise en exploitation, phase intermédiaire entre la livraison des bâtiments et l'ouverture de l'hôpital. Source : interne	12
Figure 5 : Inter-relations des acteurs du projet. Source : interne	13
Figure 6 : Les quatre dimensions à coordonner pendant la mise en exploitation. Source : interne	14
Figure 7 : Capture d'écran du panneau de gauche dans le cas d'un projet de transfert d'un monoplan en cardiologie structurale. Source : auteur	16
Figure 8 : Capture d'écran d'un projet type imagerie sur Microsoft Project (dates indicatives). Source : auteur	17
Figure 9 : Répartition de la planification de projets par secteur. IML : Institut Médico-Légal. Source : auteur	18
Figure 10: Répartition du parc d'imagerie entre transferts, renouvellements et extensions. Source : interne	19
Figure 11 : Répartition des 18 transferts d'équipements par procédure et chiffrage estimatif du coût. Source : interne	21
Figure 12 : Étapes et durées (en jours ouvrés) types d'un rétroplanning d'une procédure de MSMC. Source : interne	23
Figure 13 : À gauche : local de l'Hôpital Loire Santé réservé aux préparations de chimiothérapies représenté en vert, à droite : proposition d'implantation d'un constructeur, les cotes renseignent sur l'espace de travail disponible autour des isolateurs. Source : interne	27
Figure 14 : Plan de surcharge des emplacements d'enceintes blindées (à gauche) et leur localisation dans le laboratoire chaud (à droite, encadré rouge) avec les voies de cheminement en orange. Source : interne	29
Figure 15 : Tableau de recensement des pièces marché par phase de consultation et par référent. PT : Ingénieur biomédical. Source : interne	30

Résumé

Ce stage de fin d'études s'est déroulé au sein du service biomédical du CHU de Nantes dans le cadre du projet Hôpital Loire Santé. Ce futur établissement situé sur l'Île de Nantes doit naître de la fusion des deux principaux sites du CHU : l'hôpital Hôtel-Dieu transféré en intégralité et l'hôpital Nord Laennec en majorité. Mon intervention a porté sur la mise en exploitation de ce nouvel établissement.

Trois missions principales ont structuré mon stage. La première a consisté à mettre en place une méthodologie de planification commune aux ingénieurs biomédicaux à l'aide de fichiers Microsoft Project, servant de support de gestion interne et de communication externe. La deuxième mission a porté sur l'organisation du transfert de certaines modalités d'imagerie en déterminant la procédure d'achat adaptée à chacune et en préparant les pièces constitutives des marchés. Le troisième projet suivi a concerné le renouvellement des équipements de pharmacotechnie et de radiopharmacie, de la définition du besoin à l'étude de faisabilité d'implantation sur le nouveau site.

Mon rôle m'a permis de mieux cerner et d'exercer les fonctions d'ingénieur biomédical dans le cadre d'un projet hospitalier de grande envergure où la planification et la répartition des responsabilités entre les acteurs sont essentielles pour assurer l'enchaînement des étapes.

Mots-clés : Ingénierie biomédicale, Déménagement hospitalier, Mise en exploitation, Pharmacotechnie, Radiopharmacie

Abstract

This final-year internship took place in the biomedical engineering department of Nantes University Hospital (CHU), as part of the Hôpital Loire Santé project. This future facility, on the Île de Nantes, will bring together the two main sites of the CHU: the whole of the Hôtel-Dieu hospital and most of the Nord Laennec hospital. My work focused on the operational commissioning of the new facility.

The internship was built around three main tasks. The first was to set up a shared scheduling methodology for the biomedical engineers, using Microsoft Project files as a tool for both internal management and external communication. The second involved organising the transfer of several imaging modalities: determining the procurement procedure best suited to each one and preparing the tender documents. The third covered the replacement of pharmacy compounding and radiopharmacy equipment, from defining the requirements to a feasibility study for installation on the new site.

This role helped me better understand and carry out the duties of a biomedical engineer within a large-scale hospital project, where careful planning and a clear division of responsibilities among stakeholders are essential to keep each stage moving forward.

Keywords: Biomedical engineering, Hospital relocation, Operational commissioning, Pharmacotechnics, Radiopharmacy

Introduction

Juin 2026, le CHU de Nantes prépare activement l'ouverture de son futur Hôpital Loire Santé, présenté comme le plus grand chantier hospitalier de France. Ce nouvel établissement réunira sur un site unique les activités de court séjour aujourd'hui réparties entre l'Hôtel-Dieu et l'hôpital Nord Laennec. Un temps prévue pour fin 2027 puis reportée à la mi-2028, la prise en charge des premiers patients doit marquer l'aboutissement d'un projet engagé depuis plus de 15 ans.

Un chantier de cette ampleur ne se limite pas à construire un bâtiment et à y installer du matériel. Il faut aussi préparer le transfert du parc existant, renouveler les équipements en fin de vie et organiser leur mise en service sans interrompre l'activité de soins. Cette préparation mobilise l'ensemble des personnels de l'établissement, et plus particulièrement le service biomédical qui se trouve à l'interface de nombreux acteurs et doit articuler des contraintes de soins, d'achat, de planning, de travaux et de réglementation. L'enjeu est donc multiple, il s'agit d'assurer la projection des activités sur un nouveau site tout en maintenant la qualité de l'offre de soins actuelle et en limitant au maximum l'impact du transfert.

C'est dans ce cadre que s'est déroulé mon stage, consacré à l'accompagnement de la mise en exploitation de l'Hôpital Loire Santé à travers des missions différentes mais complémentaires. Ce rapport s'organise en deux parties :

- La première présente l'organisme d'accueil, l'environnement et le périmètre du stage : le CHU de Nantes, son service biomédical et le projet en cours de l'Hôpital Loire Santé.
- La seconde détaille les missions conduites, de l'outil de planification commun aux ingénieurs jusqu'au transfert des modalités d'imagerie. Dans le cadre du projet d'équipement du nouvel hôpital, la conduite du renouvellement des équipements de pharmacotechnie et de radiopharmacie est également abordée.

Chacune des missions est présentée selon la même logique de rappel du contexte et des enjeux, puis de présentation de la méthodologie mise en place suivie d'une discussion des résultats obtenus et des étapes à venir.

Partie 1. Présentation de l'organisme d'accueil

1. Le CHU de Nantes dans son environnement

Le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Nantes constitue l'établissement public de santé de référence du grand Ouest. Conformément à la vocation conférée aux CHU par la loi Debré de 1958, il poursuit une triple mission de soin, d'enseignement et de recherche. Premier employeur des Pays de la Loire, il réunit plus de 13 000 professionnels et disposait en 2024 d'environ 2 432 lits et 530 places. L'établissement conjugue une offre de recours hautement spécialisée, dont le rayonnement s'étend à l'échelle régionale et interrégionale, et une mission de proximité au bénéfice de la population du bassin nantais [1].

L'offre de soins régionale ne se limite pas au secteur public : plusieurs établissements privés de médecine, chirurgie et obstétrique y interviennent en complémentarité, dans le cadre des autorisations délivrées par l'Agence Régionale de Santé. Ce secteur privé constitue une réelle concurrence sur les activités de court séjour, structurée notamment autour de l'hôpital privé du Confluent et de la clinique Jules Verne, réunis au sein du Pôle hospitalier mutualiste, ainsi que de l'établissement Santé Atlantique à Saint-Herblain (groupe Elsan).

À l'échelle départementale, le CHU est l'établissement support du Groupement Hospitalier de Territoire de Loire-Atlantique (GHT 44). Créé en 2016 et réunissant treize établissements publics, ce groupement totalise environ 7 000 lits et places avec plus de 17 000 professionnels, et organise la coordination et la gradation des soins sur le territoire [1]. La politique d'équipement de l'établissement repose sur plusieurs marchés mutualisés à l'échelle du GHT, qu'il s'agisse de l'adhésion à des centrales d'achat, du recours à des accords-cadres ou de partenariats industriels de long terme. Selon les activités concernées, cette mutualisation peut également prendre la forme d'un groupement de coopération sanitaire associant plusieurs établissements autour d'un équipement ou d'un plateau partagé.

Sur le plan organisationnel, l'activité du CHU se répartit sur neuf sites implantés dans la métropole nantaise et sa périphérie (Figure 1). Le périmètre du stage couvre les trois principaux :

- L'Hôtel-Dieu, site historique implanté au cœur de Nantes sur les bords de Loire, concentre une large part de l'activité de court séjour et héberge notamment le Centre 15, le service des urgences et le SAMU [1].
- L'hôpital Guillaume-et-René-Laennec (HGRL), sur le site hospitalo-universitaire Nord à Saint-Herblain, constitue le second pôle médico-chirurgical de l'établissement et jouxte le centre de lutte contre le cancer René-Gauducheau [2].
- L'hôpital Saint-Jacques, établi sur la rive sud de la Loire, accueille les soins de réadaptation, la psychiatrie, la gériatrie, la stérilisation centrale ainsi que la plateforme logistique du CHU [1]. Il réunit en outre plusieurs fonctions support qui concourent à la politique d'équipement : l'ingénierie biomédicale, la conduite d'opération chargée du pilotage des projets, le service juridique et la cellule des marchés.

L'établissement comprend enfin d'autres structures dédiées aux soins de longue durée, notamment l'hôpital Bellier, la maison Pirmil et les résidences Beauséjour et de la Seilleraye [1].

Les 9 sites du CHU de Nantes

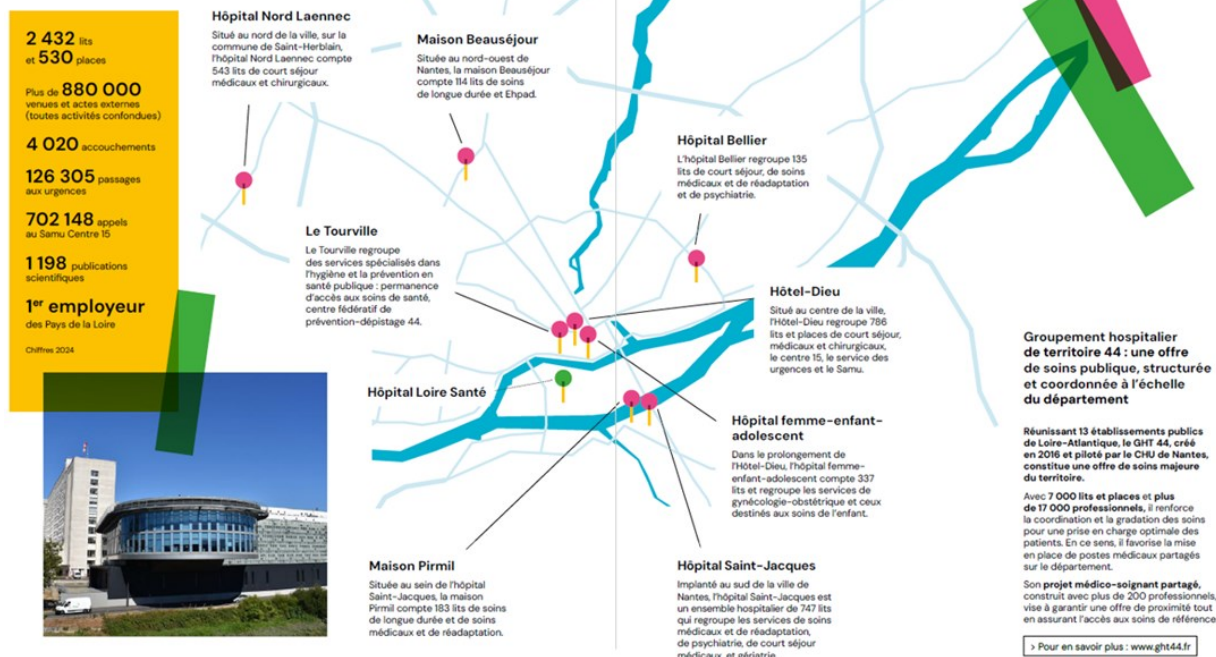


Figure 1 : Carte des neuf sites du CHU de Nantes et localisation du futur Hôpital Loire Santé. Source : interne

Le CHU demeure néanmoins exposé à des fragilités structurelles : des tensions de recrutement, une partie de son parc d'équipements en fin de vie, et surtout la vétusté de certains bâtiments difficiles à maintenir aux normes réglementaires. C'est à cette dernière contrainte que répond son projet phare, l'Hôpital Loire Santé pensé pour simplifier les parcours patients, améliorer l'accessibilité aux soins et renforcer l'attractivité de l'établissement pour les professionnels [3].

2. Le service biomédical et le projet Hôpital Loire Santé

L'organisation du CHU (Annexe 1) repose sur plusieurs pôles placés sous l'autorité de la Direction générale. Les fonctions techniques et logistiques relèvent du pôle investissement et logistique, subdivisé en un département logistique et achats et un département investissement, travaux et infrastructure. C'est à ce second département qu'est rattachée la direction de la maintenance et de l'exploitation technique, dont dépend le service biomédical. Cette direction assure la sécurité, la fiabilité et la continuité de fonctionnement des bâtiments, des installations et des équipements indispensables à l'activité hospitalière. La gestion s'inscrit dans le cadre de l'État Prévisionnel des Recettes et des Dépenses (EPRD), document propre aux établissements de santé qui articule l'exploitation et l'investissement et conditionne la capacité d'engagement de tout projet d'équipement :

- L'investissement recouvre l'acquisition et le renouvellement des équipements
- L'exploitation vise à maintenir le parc existant en condition opérationnelle.

Le service biomédical assure la gestion du parc d'équipements médicaux sur l'ensemble du cycle de vie des dispositifs, de l'expression du besoin jusqu'à la réforme. Il poursuit un double objectif permanent : garantir la disponibilité et la sécurité des équipements pour les utilisateurs, et optimiser l'emploi des ressources allouées. Son activité se structure autour de quatre axes complémentaires : la gestion des investissements, la gestion de l'inventaire, la gestion de l'exploitation et la gestion des risques.

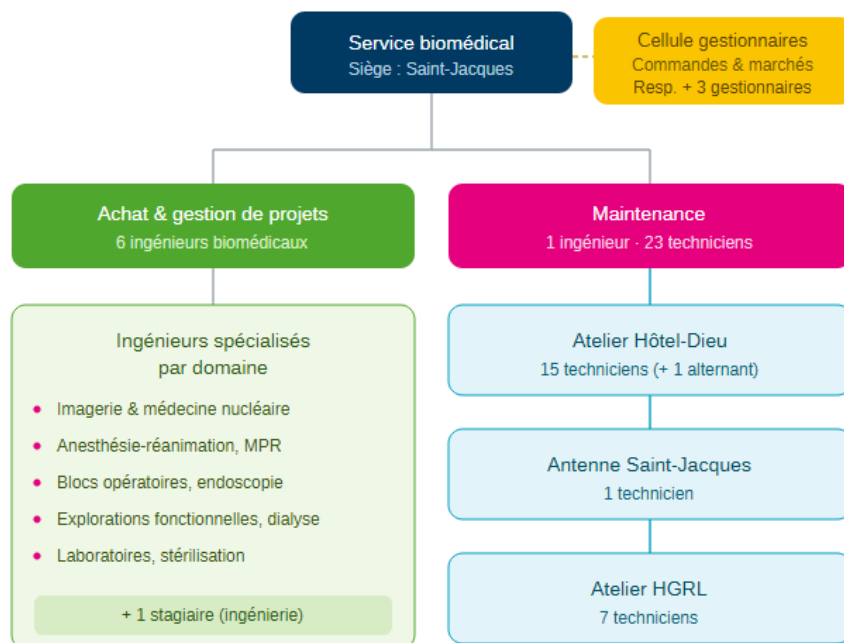


Figure 2 : Organisation et effectifs du service biomédical. MPR : Médecine physique et de réadaptation. Source : interne.

Le service biomédical s'organise en trois entités (Figure 2) :

- La maintenance, dont les contrats sont pilotés par un ingénieur dédié et les ateliers placés sous la responsabilité d'un ingénieur référent. Ces derniers réunissent vingt-et-un techniciens répartis sur les deux sites principaux, l'Hôtel-Dieu et l'hôpital Guillaume-et-René-Laennec. Ils assurent le suivi de l'exploitation technique du parc, traitent les demandes d'intervention sur les matériels défectueux, par réparation interne ou par recours au fournisseur, et veillent au respect de l'obligation réglementaire de maintenance des dispositifs médicaux fixée par l'arrêté du 3 mars 2003.
- Les investissements et la gestion de projet sont portés par cinq ingénieurs biomédicaux référents, qui se répartissent les secteurs de l'établissement.

Le service biomédical est responsable d'un parc d'environ 27 000 équipements biomédicaux, dont le suivi est centralisé par un logiciel de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO). Cet outil constitue le référentiel commun de l'activité : il recense l'inventaire, trace les interventions et alimente les indicateurs de pilotage. Le service biomédical est également chargé de la matériovigilance, dans une démarche de prévention et de traitement de tout incident lié à l'utilisation des dispositifs médicaux.

L'ensemble de ces activités s'inscrivent aujourd'hui dans la perspective de l'Hôpital Loire Santé, établissement neuf en construction sur l'Île de Nantes. Le projet réunira sur un site unique les activités de court séjour réparties entre l'Hôtel-Dieu et l'hôpital Nord Laennec, de la médecine, de la chirurgie

et de l'obstétrique jusqu'aux urgences, aux soins critiques et au plateau médico-technique. Représentant un investissement de l'ordre de 1,25 milliard d'euros [4], il est présenté comme le plus grand chantier hospitalier de France et l'un des plus importants d'Europe. Le projet porte sur quelque 230 000 mètres carrés répartis sur une dizaine d'hectares. Érigé sur un ancien site des chantiers navals de l'Île de Nantes, son implantation au cœur de la métropole vise à garantir une accessibilité équitable à l'ensemble de l'agglomération [2][3]. Il s'inscrit autour d'un quartier de la santé conçu pour réunir un pôle d'enseignement d'environ 7 000 étudiants, des instituts de recherche et un incubateur d'entreprises, dans une logique associant soin, formation, recherche et innovation. Un exemple en est le bâtiment GINA, inauguré en juin 2025, et qui rassemble des start-up de l'e-santé, des laboratoires de petites et moyennes entreprises (PME), d'entreprises de taille intermédiaire (ETI) et des chercheurs hospitaliers [3][5]. L'hôpital Loire Santé se traduit également par une refonte du modèle de prise en charge, qui se mesure à quelques indicateurs clés détaillés en Annexe 2.

Le calendrier (Annexe 3) du projet se structure autour de plusieurs jalons successifs, de la décision Copermo de 2013 à l'ouverture, un temps prévue pour fin 2027 puis reportée à l'horizon de la mi-2028 [6]. La répartition des activités sur le nouvel hôpital obéit à une logique fonctionnelle, dont la Figure 3 donne une vue d'ensemble :

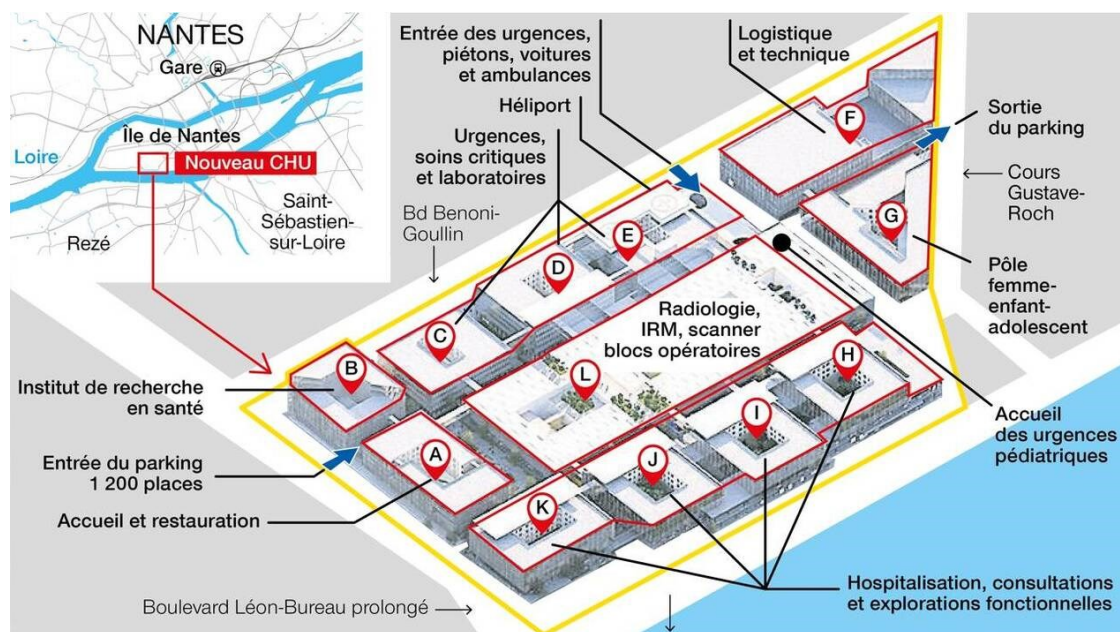


Figure 3 : Organisation des bâtiments de l'Hôpital Loire Santé. Source : [2]

Après le déménagement, le devenir des deux sites principaux du CHU est prévu comme suit :

- L'Hôtel-Dieu sera entièrement libéré de ses activités de soins, et sa propriété sera transférée à Nantes Métropole, qui en pilote la reconversion urbaine [7].
- L'hôpital Nord Laennec verra l'essentiel de ses activités de court séjour rejoindre le nouvel hôpital, tout en conservant, par décision de 2021 du ministère de la Santé et de l'Agence Régionale de Santé, une activité d'hospitalisation de médecine d'environ 140 lits [7].

La préparation de l'ouverture du nouvel hôpital est notamment portée par le programme Convergence, lancé en 2022 selon une approche participative mobilisant une cinquantaine de groupes de travail [8][9].

3. Cadre et missions du stage

Le projet Hôpital Loire Santé mobilise le service biomédical qui doit adapter sa stratégie de plan d'équipement à un double impératif : le transfert des activités de soins sur un nouveau site et une continuité des soins à préserver tout au long du déménagement. Il est ainsi préférable d'orienter les budgets d'investissement vers le nouvel hôpital plutôt que de renouveler des équipements sur un site appelé à être prochainement libéré. Cet arbitrage est particulièrement sensible pour les installations non transférables et qui doivent donc être maintenues jusqu'au déménagement, comme la boucle de traitement d'eau pour la dialyse.

C'est dans ce contexte que s'est inscrit mon stage, au cours duquel j'ai principalement travaillé auprès de deux ingénieurs : le référent imagerie, pour l'organisation du transfert des modalités d'imagerie et le renouvellement des enceintes blindées de radiopharmacie, et la référente pharmacotechnie et exploration fonctionnelle, pour le renouvellement des isolateurs de pharmacotechnie et la planification du centre de traitement des endoscopes souples thermosensibles (CeTrES).

La première mission, transversale à toutes les autres, a consisté à outiller la planification des projets d'équipement. J'ai structuré avec chaque ingénieur référent un outil de pilotage spécifique recensant les opérations et leurs grandes étapes associées. Ce support distingue au sein des projets les étapes relevant d'une planification classique, dont la date de début est connue, de celles relevant d'une rétroplanification, déduites à partir de la date de fléchage du déménagement. Cette démarche a pour objectif de caractériser les échéances, les besoins en ressources et les risques liés afin d'orienter les arbitrages de priorité confiés à la direction.

La deuxième mission a porté sur l'organisation du transfert des modalités d'imagerie : radiologie conventionnelle, imagerie en coupe et médecine nucléaire. Le choix entre l'acquisition d'un matériel neuf et le transfert d'un appareil existant avait été acté avant mon arrivée. Mon intervention a d'abord consisté à fiabiliser, à partir d'une extraction de la GMAO et de visites de sites, la liste des équipements qui m'avait été transmise. J'ai ensuite déterminé pour chaque modalité la procédure de transfert applicable et constitué les pièces des marchés correspondants. Dans le prolongement de cette organisation des transferts, j'ai également participé à la préparation des plannings détaillés de déménagement du centre de traitement des endoscopes souples.

La troisième mission a concerné le renouvellement des isolateurs de pharmacotechnie, justifié par l'obsolescence des équipements actuels. J'ai conduit la caractérisation du besoin avec les utilisateurs, pharmaciens et préparateurs, élaboré une grille comparative des offres et organisé les consultations des fournisseurs. Le renouvellement des enceintes blindées de radiopharmacie a été suivi selon une démarche très proche.

Ces différents sujets en lien avec la mise en exploitation du futur établissement ont été menés de front, ce qui a supposé de les prioriser en permanence et d'adapter mon organisation au rythme des réunions et à la disponibilité des nombreux interlocuteurs. La conduite de ces missions et les méthodes mises en œuvre font l'objet de la partie suivante.

Partie 2. Mise en exploitation du projet Hôpital Loire Santé

La livraison des bâtiments ne suffit pas à rendre un établissement opérationnel. Cela nécessite une étape intermédiaire de mise en exploitation au cours de laquelle le chantier devient un hôpital qui fonctionne réellement. Il faut pour cela y déployer les processus et installer les équipements, former les équipes, tester les systèmes ensemble et organiser les modes dégradés (Figure 4). C'est dans cette perspective que s'inscrivent les missions décrites par la suite.

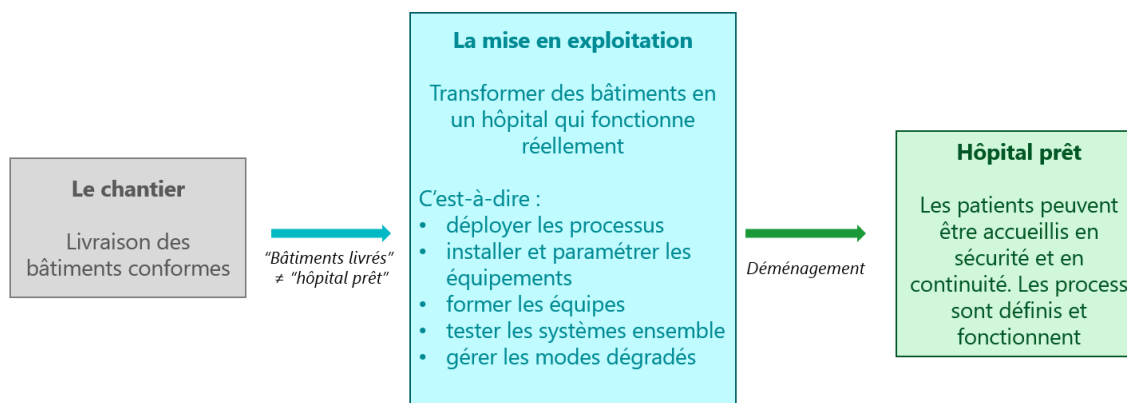


Figure 4 : La mise en exploitation, phase intermédiaire entre la livraison des bâtiments et l'ouverture de l'hôpital. Source : interne

Préparation des chantiers post-réception

Il a été convenu que la livraison des bâtiments du nouvel hôpital, progressive et par paliers, donne lieu à une réception unique et programmée. À compter de cette réception, le CHU devient juridiquement propriétaire des locaux et doit en assurer la sécurisation des accès ainsi que le maintien des installations techniques (courants forts et faibles, systèmes d'information, réseaux sanitaires). Il exploite et planifie alors ses propres interventions qui relèvent désormais des accords-cadres du GHT : travaux d'adaptation, missions de coordination de sécurité et de contrôle technique. Ce passage d'une logique de chantier à une logique d'exploitant constitue donc un point de bascule majeur. C'est dans la période entre la réception du chantier et le déménagement que les installations biomédicales neuves et transférées en anticipation doivent être rendues opérationnelles afin de permettre une continuité des soins lors du transfert des équipements restants. Les travaux d'adaptation à l'installation des équipements sont également réalisés au cours de cette fenêtre, restreignant davantage les délais disponibles pour chaque étape.

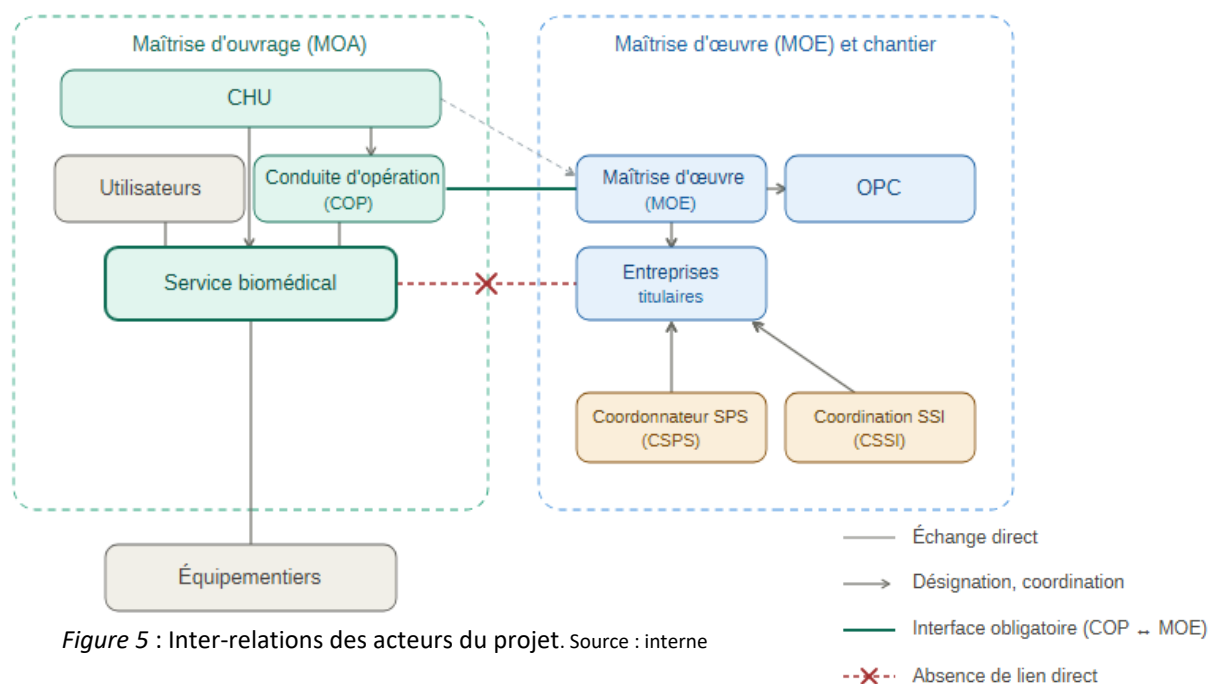
Une part de la préparation porte sur l'anticipation des travaux d'adaptation postérieurs à la réception. Ces travaux résultent d'une contrainte propre au chantier : solliciter une modification auprès des entreprises titulaires du marché initial entraînerait des surcoûts et des décalages considérables. La logique retenue consiste donc à mener à leur terme les travaux prévus au marché, puis à reprendre en post-réception les seules adaptations nécessaires. Or ces travaux ne peuvent être réalisés que s'ils sont anticipés et bien répartis sur le temps imparti. Le rôle du service biomédical est alors de les prévoir sans les surestimer, au moyen de mesures conservatoires relatives aux contraintes connues et sur les évolutions raisonnablement prévisibles.

Le suivi de ces adaptations s'appuie sur un tableau d'interface conduite d'opération / biomédical. Il recense toutes les salles pouvant nécessiter des travaux et recouvre plusieurs cas de figure :

- Adaptations marginales (une prise manquante, une attente à déplacer), liées à des écarts ponctuels entre les locaux livrés et les besoins réels.
- Adaptations substantielles, lorsqu'une évolution du projet médical entre la conception et la livraison impose de reprendre les locaux reçus, par exemple pour adapter les attentes techniques.

Sur une opération de cette ampleur reposant sur le concours de plusieurs acteurs, il est important de connaître leur répartition : elle découle de la loi MOP relative à la maîtrise d'ouvrage publique, aujourd'hui intégrée au Code de la commande publique, qui distingue la maîtrise d'ouvrage de la maîtrise d'œuvre et encadre leurs rapports (Figure 5) :

- La Maîtrise d'ouvrage (MOA), assurée par le CHU, porte le besoin et la décision
- La Maîtrise d'œuvre (MOE), assistée de ses architectes et bureaux d'études, conçoit l'ouvrage et en intègre les contraintes techniques
- La Conduite d'opération (COP) pilote l'exécution et constitue l'interface obligatoire du service biomédical. Le détail de son organisation pour le projet Hôpital Loire Santé est donné en Annexe 2
- L'Ordonnancement, le Pilotage et la Coordination (OPC) tiennent le planning du chantier, dans lequel doivent s'insérer les équipements du CHU
- Le Coordonnateur sécurité et protection de la santé (CSPS) veille à la sécurité du chantier
- La Coordination des Systèmes de Sécurité Incendie (CSSI) garantit la cohérence du dispositif de sécurité incendie.



Tant que les travaux se poursuivent, le chantier demeure sous la responsabilité des entreprises titulaires, les échanges du service biomédical avec les entreprises transitent donc par la conduite d'opération et la maîtrise d'œuvre. Chaque intervention sur site doit être portée à la connaissance du CSPS au moyen du plan de prévention, et toute coupure sur les réseaux doit être déclarée par avance, notamment au regard du risque incendie relevant du CSSI. Ce cloisonnement préserve la cohérence contractuelle du chantier mais allonge les délais de transmission de l'information. Lorsqu'une adaptation s'avère nécessaire, c'est donc à la maîtrise d'œuvre qu'il revient de saisir formellement la maîtrise d'ouvrage au moyen d'une fiche d'instruction des travaux modificatifs (FITM).

2.1. Organisation du transfert des équipements vers le nouveau site

Cette partie porte sur l'acheminement et la remise en service des équipements actuellement exploités vers le nouveau site. Elle regroupe l'outillage de la planification, et la préparation des consultations pour le transfert des modalités d'imagerie.

2.1.1. Mise en place de la méthodologie de planification

Contexte : Mon stage a consisté à accompagner la mise en exploitation du futur établissement, à travers une mission transversale portant sur l'outillage de la planification de l'ensemble des opérations des ingénieurs biomédicaux. L'objectif est de répondre à un besoin de la direction : lorsque plusieurs projets progressent simultanément sur des périmètres distincts, elle doit disposer d'une visibilité d'ensemble sur les risques, les solutions alternatives envisageables et l'impact en ressources. Une même ressource, comme le service informatique, ne pouvant être partagée simultanément que par un nombre limité de projets. Ces supports servent précisément à identifier d'éventuels conflits et à permettre les arbitrages de priorité.

Le nouvel établissement représente treize bâtiments à mettre en service et dont les livraisons ne sont pas nécessairement synchrones. Il mobilise aussi une quinzaine de processus fortement interdépendants, du numérique au biomédical jusqu'à la pharmacie ou la restauration. Chaque processus doit être déployé bâtiment par bâtiment puis articulé avec les autres, le tout sous la contrainte des aléas de fin de chantier. Un tel niveau d'interdépendance ne saurait être maîtrisé uniquement par des plannings de chantier ou des listes de contrôle isolées. Il suppose un pilotage global qui coordonne simultanément quatre dimensions : les processus, les bâtiments, les ressources et le temps. C'est dans cette logique que s'inscrit l'outillage de la planification confié au service biomédical et qui porte plus particulièrement sur deux d'entre elles : le temps et les ressources.

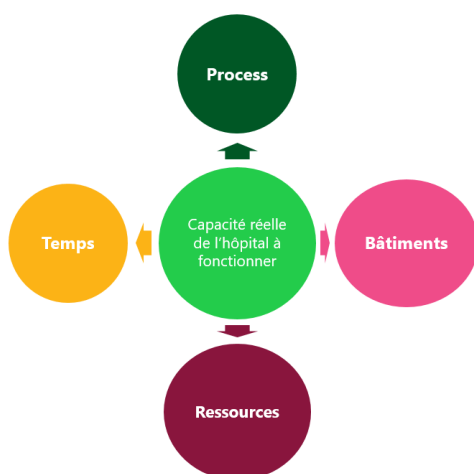


Figure 6 : Les quatre dimensions à coordonner pendant la mise en exploitation. Source : interne

Process : Service Informatique, logistique, pharmacie, restauration, sûreté

Bâtiments : A, B, L, etc.

Ressources : équipes, prestataires, équipements

Temps : enchaînements, jalons, marges

Le déménagement, initialement prévu fin 2027 et reporté à la mi-2028, doit s'effectuer en treize semaines. Cette fenêtre concentre l'essentiel du risque, puisque les enchaînements doivent être respectés afin d'assurer un retour opérationnel des services aux dates prévues. Suite à la mise en place des équipements renouvelés et des équipements transférés par anticipation, l'ordre de déménagement doit donc permettre de réduire l'impact sur l'indisponibilité des salles et des équipements. Certaines étapes d'installation étant incompatibles avec les qualifications requises sur certains secteurs sensibles (préparation de produits injectables), un phasage d'ensemble cohérent nécessite une approche rigoureuse.

L'agencement des installations, qu'elles soient neuves ou anticipées, résulte d'un arbitrage entre deux logiques. Du côté de la conduite d'opération, il dépend de la complexité technique, des contraintes d'hygiène, des requalifications nécessaires et de la possibilité de regrouper les interventions. Du côté biomédical, il dépend de la procédure d'achat, du délai d'approvisionnement, du risque de perte de garantie, des besoins de formation et de sécurisation. La disponibilité des différents acteurs, qu'il s'agisse du service biomédical et des services supports comme les services techniques et la DSN, des conducteurs d'opération ou des entreprises des MAC, constitue une limite à part entière qui impose de planifier et d'étaler les interventions.

Méthode : La planification des projets d'équipement du service biomédical (acquisition ou transfert) reposait initialement sur un unique tableur Excel partagé, qui comportait plusieurs limites : travail simultané impossible, exploitation des données difficile et dépendances entre étapes non caractérisées. J'ai proposé et mis en place un basculement vers Microsoft Project au format .mpp, à raison d'un fichier dédié par ingénieur référent, recensant l'ensemble de ses opérations et leurs grandes étapes. L'apport déterminant de cet outil tient à la gestion des liens entre étapes : en reliant les tâches d'une opération, un décalage sur l'une se répercute automatiquement sur toutes celles qui en dépendent. La construction s'est faite de façon itérative avec chaque ingénieur référent, au cours d'une ou plusieurs réunions selon les périmètres, afin d'identifier les étapes générales propres à chaque projet et la stratégie d'articulation entre elles.

Les réunions organisées avec les ingénieurs ont notamment porté sur l'adoption d'une liste de tâches commune à l'ensemble des projets de leurs secteurs, aux durées de référence de chaque tâche et aux liens de dépendance entre elles.

En imagerie, certains projets combinent deux logiques : une planification directe pour les premières étapes, du cahier des charges jusqu'à la commande en passant par la mise en concurrence, puis une rétroplanification des étapes suivantes à partir de la date de référence du déménagement, dite S0, dont sont déduits les jalons antérieurs. L'écart entre la date de commande et le début de fabrication constitue la marge du projet qu'il faut surveiller. Les travaux d'adaptation sont quant à eux considérés comme une étape indépendante dont la date devra être précisée en fonction de la réception du chantier.

À chaque étape sont associées les ressources mobilisées, telles que la conduite d'opération, l'ingénieur biomédical, les services techniques, le fournisseur, la direction des services numériques ou les utilisateurs, ainsi qu'un niveau de risque, apprécié à la fois par l'impact d'un retard sur la suite du projet et par la probabilité que l'étape génère elle-même un retard en fonction de la marge de délai accordée. Ces plannings demeurent volontairement macroscopiques et ne se substituent pas aux planifications micro (détaillées) propres à chaque projet.

L'interface des documents Microsoft Project se décline en 2 panneaux :

- À gauche se trouve le tableau de saisie des données (Figure 7). On renseigne pour chaque tâche associée à un projet : le statut Non initiée/Initiée, l'intitulé, les dates de début et de fin qui peuvent être saisies manuellement ou déduites, la durée en jours ouvrés, les ressources associées, le risque estimé et les liens de prédécesseur. La déclinaison et l'organisation des phases varient selon les projets et les secteurs.

	Nom de la tâche ▼	Tâches ▼	Début ▼	Fin ▼	Durée ▼	Noms ressources ▼	Risque planning / projet ▼	Prédécesseurs ▼
50	Transfert Monoplan Cardio Structurale HD 41 / S23		Lun 29/03/27	Jeu 10/02/28	229 jours?			
51	Non initié	Travaux post-réception	Lun 29/03/27	Ven 28/05/27	45 jours	Ingénieur BIOMED Conduite	Faible	
52	Non initié	Date de livraison	Lun 13/12/27	Ven 17/12/27	5 jours	Fournisseur	Faible	
53	Non initié	Durée d'installation	Lun 20/12/27	Ven 14/01/28	20 jours	Fournisseur; Ingénieur BIOMED	Faible	52
54	Non initié	Paramétrage	Lun 17/01/28	Mer 19/01/28	3 jours	DSN	Faible	53
55	Non initié	Qualification / Validation	Jeu 20/01/28	Mer 02/02/28	10 jours	UGRI;URPM	Faible	54
56	Non initié	Formation des utilisateurs	Jeu 03/02/28	Mer 09/02/28	5 jours	Fournisseur	Faible	55
57	Non initié	Mise en service	Jeu 10/02/28	Jeu 10/02/28	1 jour?	Cadres de service; Fournisseur; Ingénieur	Faible	56

Figure 7 : Capture d'écran du panneau de gauche dans le cas d'un projet de transfert d'un monoplan en cardiologie structurale. Source : auteur

Le mode de planification est automatique par défaut sur l'ensemble des projets, ce qui permet d'assurer la mise à jour dynamique des dates associées par un lien de prédécesseur. On distingue 4 types de liens :

- Fin à Début (FD) : La tâche B commence quand la tâche A est terminée.
- Début à Début (DD) : La tâche B commence dès que la tâche A commence.
- Fin à Fin (FF) : La tâche B se termine dès que la tâche A se termine.
- Début à Fin (DF) : La tâche B se termine dès que la tâche A commence.

À titre d'exemple l'étape de paramétrage étant directement consécutive à celle d'installation, le lien de prédécesseur associé correspond à : 53 (ou 53FD) soit un début de la tâche en ligne 54 au premier jour ouvré suivant la finalisation de la tâche précédente (ligne 53).

- À droite se trouve le panneau d'affichage au format Gantt : les barres horizontales représentent l'étalement temporel des tâches, elles sont personnalisables et peuvent être complétées par les dates de début et de fin, le titre de la tâche etc. (Figure 8).

Mise en exploitation du projet Hôpital Loire Santé – Stage 2026

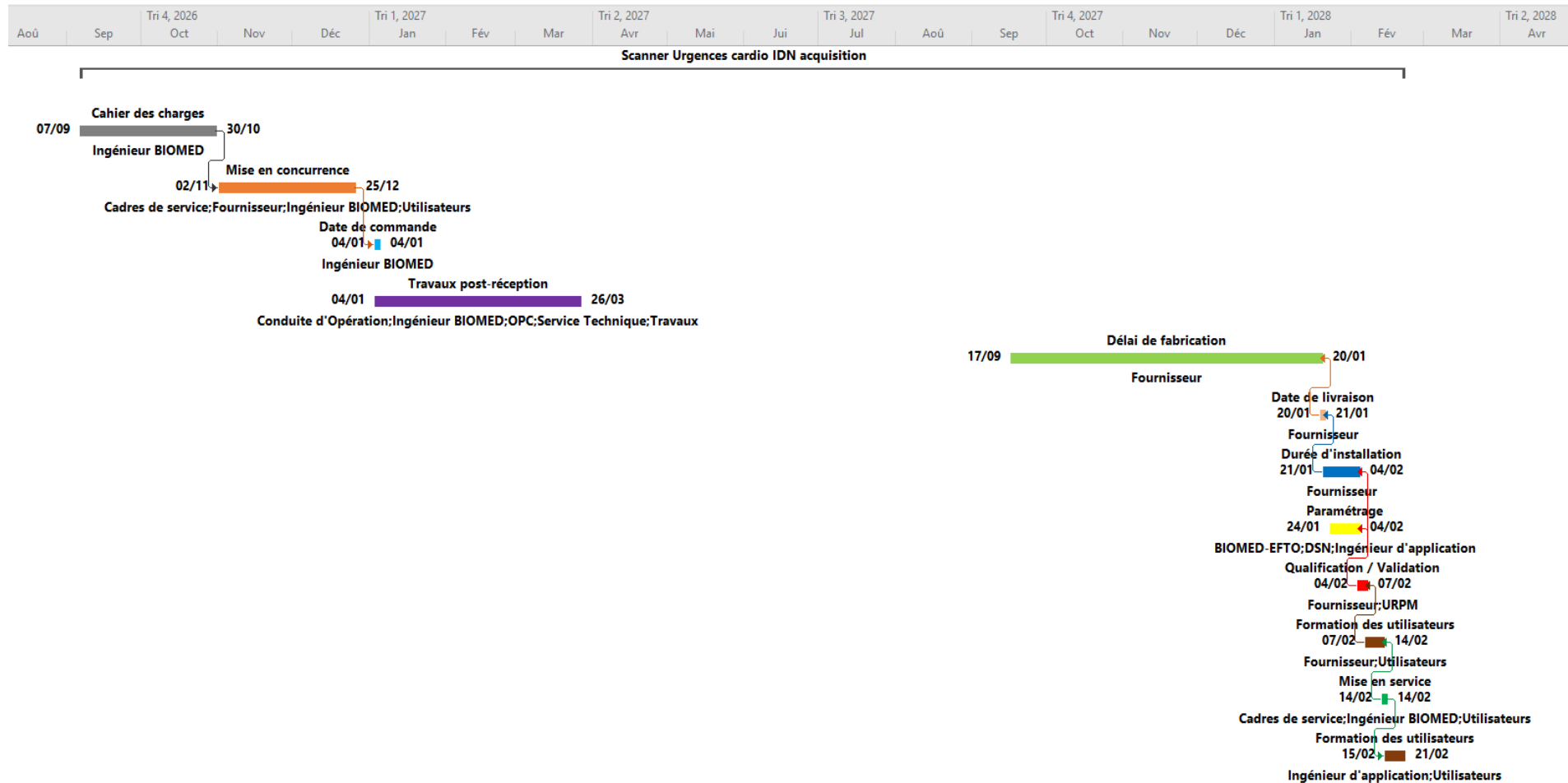


Figure 8 : Capture d'écran d'un projet type imagerie sur Microsoft Project (dates indicatives). Source : auteur

Ce Gantt illustre un projet d'acquisition (scanner des urgences cardio). Trois points d'attention : le sens des flèches qui traduit une planification pour les premières étapes (cahier des charges, mise en concurrence, commande) et une rétroplanification des étapes suivantes en fonction de la date de mise en service, l'attribution des ressources à chaque étape et le code couleur qui permet de distinguer rapidement les grandes phases (achat, travaux, fabrication, installation, qualification, formation).

Ces diagrammes de Gantt sont complétés par un tableur Excel (.xlsx) de recensement des projets qui référence : l'ingénieur associé, le secteur, la localisation sur le futur site, le chiffrage à date et la procédure d'achat projetée. Ce document complète ainsi la planification et permet d'accéder rapidement et de manière centralisée à l'ensemble des projets en cours et aux informations complémentaires associées.

Résultats : Au total, 54 projets ont pu être formalisés selon la répartition suivante (Figure 9) :

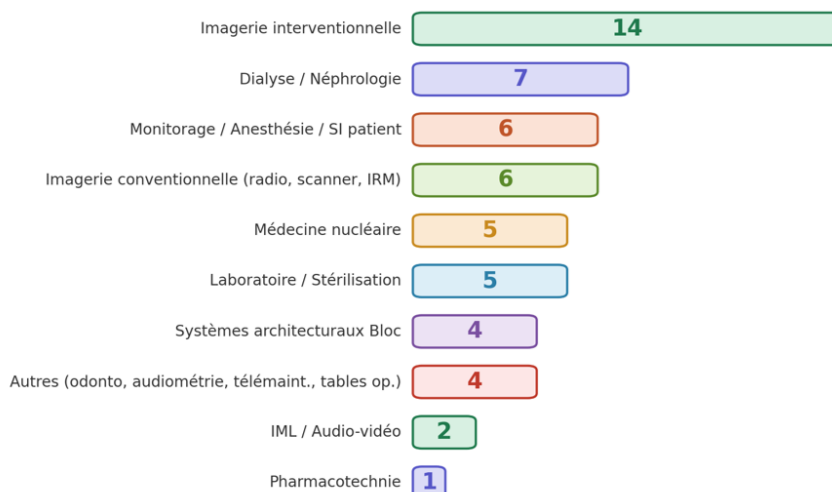


Figure 9 : Répartition de la planification de projets par secteur. IML : Institut Médico-Légal. Source : auteur

Les fichiers nominatifs (par ingénieur) sont placés dans un répertoire dédié aux projets de l'Hôpital Loire Santé et sont exploités par un ingénieur d'exploitation chargé d'assurer les remontées d'informations des services technique, informatique, et biomédical vers la direction. Ces supports ont également été réalisés en concertation avec cet intervenant afin qu'ils contiennent les informations nécessaires et de simplifier l'extraction des données par l'utilisation d'un vocabulaire commun.

Le processus de développement des outils de planification m'a notamment conduit à réaliser un support de calcul de dates HTML destiné à faciliter la construction des projets en imagerie. L'utilisateur renseigne d'abord le type de projet, transfert ou renouvellement, la modalité, la quantité d'équipements, puis sélectionne les étapes à retenir parmi une trame préétablie avec des durées préremplies et ajustables. En outre, ce support de planification signale automatiquement les incohérences, par exemple une date de commande postérieure au début de fabrication imposée par le rétroplanning. Suite à une présentation en réunion de service, cet outil s'est révélé difficile à exploiter, car il impose de réimporter les données dans Microsoft Project et de les mettre en forme. Cette démarche s'est inscrite dans un processus de recherche de la solution optimale. La maîtrise de Microsoft Project reste donc incontournable pour assurer la continuité et la mise à jour de la base de projets existante.

À ce stade, le déploiement de cette méthodologie peut être poursuivi par 2 voies :

- Simplification de l'usage par la mise en place de liens de prédécesseur entre les dates de mise en service des projets et la date de lancement du déménagement afin d'automatiser la replanification de l'ensemble des tâches en cas de mise à jour du S0.
- La préparation de supports didactiques de présentation des principales fonctionnalités.

2.1.2. Rédaction des dossiers de consultation des entreprises pour les modalités d'imagerie

Contexte : La deuxième mission de cette partie a porté sur l'organisation du transfert des modalités d'imagerie vers le nouveau site et sur la préparation des consultations correspondantes. Le déménagement de la majorité des équipements de l'établissement est confié à un prestataire logistique spécialisé (BOVIS), mandaté en assistance à maîtrise d'ouvrage et adossé au marché de déménagement. Ce prestataire assure, entre autres, pour les équipements dont il a la charge : la planification de l'ordre de déménagement, le transport, les opérations de manutention, du chargement à la mise en place sur le nouveau site, ainsi que l'accueil et le contrôle du matériel à l'arrivée. Sa responsabilité ne couvre toutefois ni la remise en service ni la qualification des équipements. L'imagerie lourde, qui exige précisément ces opérations, est donc exclue de ce marché et nécessite un traitement spécifique.

Le périmètre couvre l'ensemble des modalités, à savoir la radiologie conventionnelle, l'imagerie en coupe (scanners et IRM) et la médecine nucléaire. Cette dernière regroupe les gamma-caméras et leurs déclinaisons tomographiques (SPECT et SPECT-CT) ainsi que les tomographes par émission de positons (TEP), dans leurs couplages TEP-CT et TEP-IRM. Selon la modalité, trois situations se présentent : le transfert de l'appareil depuis un site actuel vers l'Île de Nantes, le renouvellement par acquisition d'un matériel neuf installé directement sur le nouveau site ou l'extension du parc. La répartition d'ensemble entre ces trois cas est présentée en Figure 10 ci-dessous :

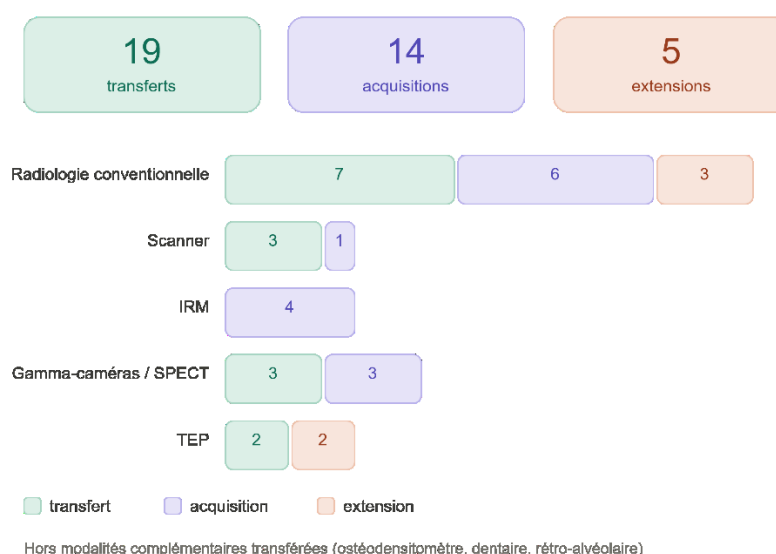


Figure 10: Répartition du parc d'imagerie entre transferts, renouvellements et extensions. Source : interne

Le renouvellement de l'imagerie de coupe s'inscrit pour une large part dans le programme PIMENT (Partenariat pour l'Imagerie Médicale des Établissements du Territoire 44), accord-cadre de long terme associant le CHU, le GHT 44 et un industriel. D'une durée de douze ans et d'un montant de cinquante-cinq millions d'euros, il concerne les treize établissements du GHT 44 et prévoit notamment le renouvellement de neuf scanners, avec l'option d'une technologie à comptage photonique, et de six IRM. Il comporte en outre un accompagnement des équipes pendant le transfert et un volet recherche et innovation, porté par un laboratoire commun, le LIMAO (Laboratoire d'Innovation en Imagerie

Médicale Nantais), qui associe l'accès à l'innovation, la formation des équipes sur un parc homogène et l'accélération de la recherche clinique en imagerie.

Dans le cas des transferts, l'équipement demeure en service jusqu'au dernier jour d'activité du site d'origine. Le délai séparant l'arrêt sur l'ancien site de la remise en service sur le nouveau est formalisé sous l'intitulé dernier patient / premier patient doit être maîtrisé. La durée de transfert varie sensiblement selon la modalité, de quelques jours ouvrés pour une salle de radiologie conventionnelle à deux ou trois semaines pour certaines installations de médecine nucléaire. Certains équipements d'imagerie lourde imposent en outre des exigences réglementaires fortes, en radioprotection comme en contrôles qualité ou qualification, qui pèsent directement sur ce délai.

Méthode : La liste des modalités à transférer ou à renouveler avait été arrêtée avant mon arrivée, selon des critères tenant notamment à l'âge des équipements et à la fin de support annoncée par les constructeurs. La première étape de mon intervention a consisté à fiabiliser la liste des modalités transférées qui m'avait été transmise, en recensant à l'aide de la GMAO l'inventaire exhaustif des sous-équipements associés à chaque modalité, puis à renseigner ces éléments dans un tableau d'évaluation assorti d'un chiffrage approximatif des frais de transfert.

Suite à ma participation à des réunions de formation autour des procédures de marchés publics (déontologie et seuils) et à l'étude de supports fournis par la cellule des marchés, j'ai déterminé, pour chaque modalité, la procédure d'achat applicable à la prestation de transfert selon le raisonnement suivant (Annexe 4) :

- Transférabilité dans le cadre du marché de déménagement avec le prestataire retenu (équipement standard, ne requérant ni démontage complexe ni recalibrage lourd)
- Droit exclusif du constructeur sur les prestations de transfert, l'article R2122-3 du Code de la commande publique autorise un marché sans publicité ni mise en concurrence préalables (MSMC), notamment pour des raisons techniques ou en raison de droits d'exclusivité.
- Procédure adaptée (MAPA) dédiée aux prestations de démontage, transfert, remontage et remise en service, ou Appel d'Offres (AO) dépendamment du montant au regard des seuils de la commande publique.

Pour caractériser les éventuelles exclusivités, j'ai réalisé un certificat d'exclusivité type (Annexe 5) en adaptant un modèle concernant la maintenance fourni par la cellule des marchés. J'ai adressé à chaque constructeur ce document, accompagné de la liste de ses modalités potentiellement concernées, pour qu'il puisse le signer ou nous transmettre un justificatif équivalent. Le document impose une prise de position formelle et contractuelle. Le constructeur y atteste qu'il dispose d'un droit exclusif d'intervention, de manipulation, de transfert et de déplacement des appareils désignés, et qu'à ce titre sa société, ou toute autre société de son groupe, est la seule habilitée à effectuer l'ensemble des opérations de démontage, de manutention, de transport, de réinstallation et de vérifications techniques postérieures au déplacement de ces équipements. En couvrant la totalité de la chaîne de prestations, cette rédaction écarte l'hypothèse d'un prestataire tiers n'intervenant que sur un segment isolé et assure une remise en service complète.

Suite aux retours des fabricants sollicités, la stratégie de transfert s'est précisée. La répartition globale est représentée Figure 11 :

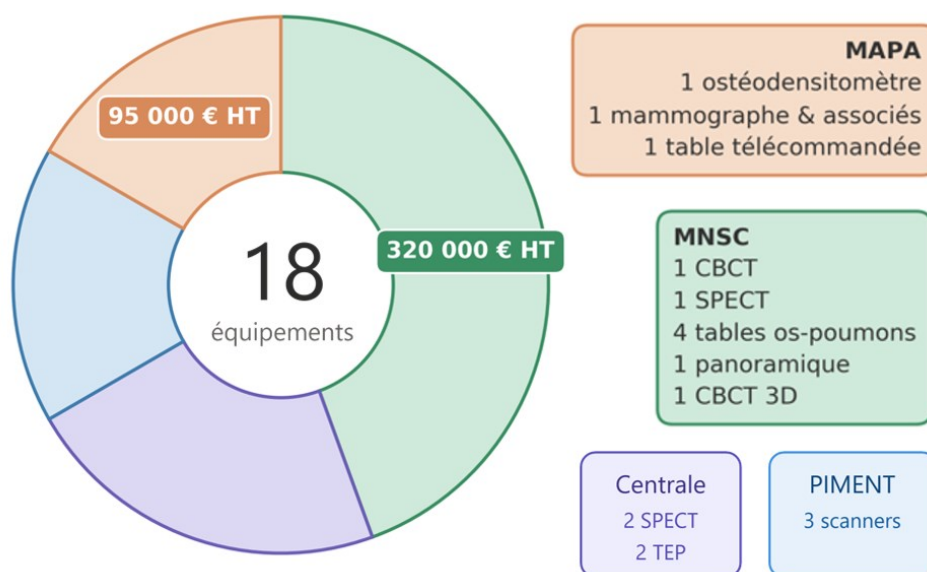


Figure 11 : Répartition des 18 transferts d'équipements par procédure et chiffrage estimatif du coût. Source : interne

J'ai retenu un marché sans mise en concurrence distinct pour chaque constructeur justifiant d'une exclusivité. Ce choix est le plus cohérent juridiquement, car chaque marché repose alors sur l'exclusivité propre du constructeur concerné et sur sa propre note de justification, là où un marché global mêlerait des prestations relevant d'exclusivités différentes et serait plus difficile à constituer et à défendre. Au vu de leur montant, les prestations dépourvues d'exclusivité ont été regroupées dans une procédure adaptée (MAPA). Cette décision a été prise conjointement avec la cellule marchés et l'appui du service juridique. Au total, cette démarche a conduit à retenir quatre marchés sans mise en concurrence, un par constructeur en exclusivité, et une procédure adaptée regroupant les prestations qui en sont dépourvues. Par ailleurs, le transfert de certaines modalités (2 SPECT, 2 TEP) a pu être rattaché à un marché de renouvellement de l'imagerie en médecine nucléaire via une centrale par voie d'avenant, évitant ainsi de dépasser le seuil d'appel d'offres qui nécessite davantage de formalisme qu'un MAPA. Du reste, 3 scanners sont transférés dans le cadre du contrat PIMENT, allégeant d'autant la quantité d'équipements à charge exclusive du CHU.

Pour consolider la liste des équipements et préparer la rédaction des pièces marchés, j'ai ensuite effectué des visites sur les sites de l'Hôtel-Dieu et de l'hôpital Nord Laennec en compagnie des techniciens biomédicaux référents. Une attention particulière a été portée sur la présence d'armoires électriques, de paravents plombés, de serrureries plafonniers, de postes informatiques d'acquisition et de reconstruction, ou encore de potters muraux, dont la présence signale un renforcement du plombage du mur. L'ensemble des éléments relevés a pu être consignée sur un tableau préparé en amont pour assurer la complétude des informations transmises.

J'ai par ailleurs effectué plusieurs visites du chantier, notamment pour accompagner des fournisseurs lors de la présentation des contraintes de livraison et d'acheminement et pour la réception des cages de Faraday. Ces visites m'ont permis de prendre connaissance des spécificités liées à l'isolation

phonique, aux revêtements muraux, à l'éclairage et la signalisation de radioprotection, au traitement aéraulique ou encore aux renforts de structure pour les équipements les plus lourds.

Ces démarches ont donné suite à la rédaction des limites de prestations à joindre aux dossiers de consultation des entreprises : elles répartissent contractuellement, interface par interface, les tâches entre les cosignataires que sont la maîtrise d'ouvrage (via les marchés accords-cadres) et le titulaire (via ses prestataires). Leur mise en place s'est faite selon un processus itératif avec l'ingénieur biomédical référent, d'autres intervenants étant sollicités pour valider certaines rubriques, notamment la personne compétente en radioprotection (PCR) pour le volet radioprotection. À titre d'illustration, le modèle établi pour une installation de médecine nucléaire précise que (Annexe 6) :

- Les carottages de dalle et l'encoffrement coupe-feu des fourreaux incombent à la maîtrise d'ouvrage, tandis que les percements dans les parois légères et leur rebouchage coupe-feu relèvent du titulaire
- L'alimentation électrique en amont de l'armoire est assurée par la maîtrise d'ouvrage, le titulaire fournissant l'armoire et réalisant le raccordement en aval
- Le plan de radioprotection et la note de calcul demeurent à la charge de la maîtrise d'ouvrage, le titulaire assurant la vérification initiale et la visite de conformité.

J'ai retenu des formulations volontairement larges, de manière à pouvoir réutiliser le modèle pour d'autres typologies d'équipements. Transmis aux titulaires concernés, ces documents leur permettent d'affiner le chiffrage de leur offre au regard des attributions retenues, de lever les ambiguïtés d'interface en garantissant qu'aucune tâche ne reste sans titulaire identifié, et de sécuriser juridiquement la répartition afin de prévenir les litiges en fin de chantier. L'association de la maîtrise d'ouvrage est indispensable puisqu'elle est chargée de fournir les documents nécessaires aux interventions du titulaire, tels que le plan de cheminement pour la livraison, et doit être en mesure d'assurer les travaux dont elle est responsable. L'attribution des prestations répond à des considérations économiques mais également de sensibilité et d'expertise sur les interventions, l'encoffrement coupe-feu des fourreaux est en ce sens à la charge de la MOA puisqu'il pourrait s'avérer particulièrement problématique en cas de non-conformité. Suite à leur validation, les limites de prestations peuvent être transmises à la maîtrise d'œuvre (MOE).

Pour chaque marché, j'ai ensuite préparé les pièces constitutives qui répartissent les clauses administratives, techniques et financières. Le cahier des clauses administratives particulières (CCAP) fixe les conditions d'exécution et de paiement, le cahier des clauses techniques particulières (CCTP), assorti d'un cadre de réponse, décrit les prestations attendues, l'acte d'engagement (AE) et son bordereau de prix unitaire (BPU) portent l'offre financière. Dans le cas d'un marché sans mise en concurrence, ce dossier est complété par la note de justification du recours à la procédure et par le certificat d'exclusivité correspondant. La demande d'un planning d'ordonnancement des phases au titulaire, selon un délai de prévenance, est également prévue. De même, la mise en place d'une pénalité économique est envisageable pour s'assurer du respect des délais.

Ces pièces s'articulent avec la fiche achat propre au CHU (Annexe 7), rédigée en coordination avec les gestionnaires de la cellule commandes et marchés. Cette fiche formalise la stratégie retenue pour chaque modalité et conditionne son passage en commission des achats (CDA), qui valide la stratégie

avant le lancement de la consultation. La constitution du rétroplanning (Figure 12) en interne s'est orientée vers un objectif de notification du marché début 2027 :

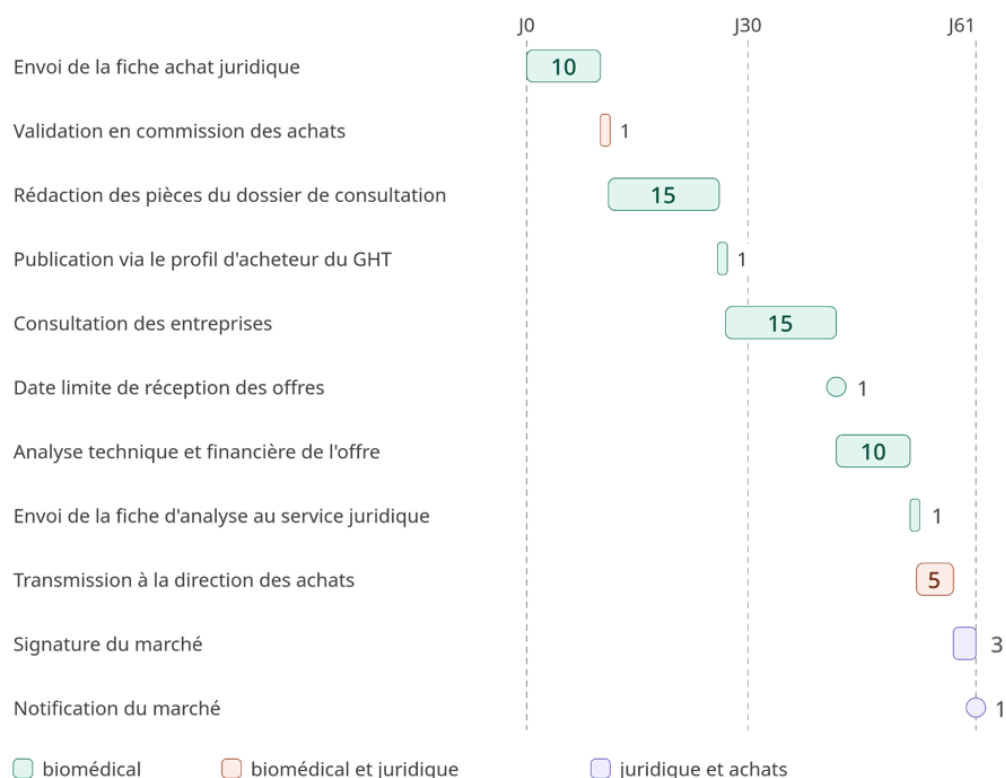


Figure 12 : Étapes et durées (en jours ouvrés) types d'un rétroplanning d'une procédure de MSMC. Source : interne

La prise en compte de la durée de validité des contrats, qui débute à la date limite de remise des offres (DLRO), est primordiale. Un contrat de longue durée sécurise le calendrier mais suppose de prévoir une clause de révision des prix par le titulaire, tandis qu'un contrat de courte durée expose au risque de devoir renouveler la consultation en cas de report du déménagement. Le transfert d'équipement n'impliquant pas de besoin en matières premières, comme le serait la production d'un nouvel équipement, la mise en place de clauses semble être la solution préférable car moins pénalisante.

Résultats : À ce stade, la préparation de la présentation du projet en commission, prévue au 4^{ème} trimestre 2026, et la constitution des dossiers de consultation des entreprises (DCE) restaient en cours et les documents de limites de prestations associés avaient été formalisés et validés par la signature des deux parties pour les équipements d'imagerie en médecine nucléaire. Suite au recensement de l'ensemble des documents à joindre au marché, la distinction des pièces à produire en interne de celles à réclamer au titulaire est primordiale pour s'assurer de la bonne conduite du projet.

De cette mission se dégagent plusieurs enseignements transposables à tout transfert d'équipement. La rédaction de limites de prestations pourrait notamment être transposée sur les autres secteurs (laboratoire, dialyse, bloc opératoire, etc.). En outre, dans le cas où le transfert est intégré au contrat PIMENT par exemple, il incombe tout de même à l'ingénieur référent de s'assurer qu'aucune intervention technique ne demeure dépourvue de titulaire identifié.

2.2. Renouvellement des équipements de pharmacotechnie et de radiopharmacie

Ce second ensemble de missions porte sur le renouvellement de deux familles d'équipements de production en environnement maîtrisé : les isolateurs de la pharmacotechnie et les enceintes blindées de la radiopharmacie. Ces deux opérations répondent à l'obsolescence technique du parc en place et partagent une exigence d'air (empoussièrément de la salle). Elles se distinguent en revanche par la nature du risque à maîtriser, d'ordre chimique et de stérilité pour les isolateurs, d'ordre radiologique pour les enceintes. J'ai suivi ces deux projets à des stades d'avancement différents, ce qui m'a permis d'appliquer aux enceintes les outils d'analyse que j'avais construits pour les isolateurs.

L'objectif commun consistait à renouveler ces équipements en définissant pour chacun la procédure d'achat la mieux adaptée au calendrier de déménagement, en associant étroitement les utilisateurs à la définition du besoin et au choix de la solution, et en s'assurant de la faisabilité dans le chantier ainsi que de l'adaptation des implantations et des attentes techniques.

2.2.1. Recensement du besoin et choix de la procédure d'achat

Contexte : Le renouvellement des isolateurs porte sur sept isolateurs neufs installés directement sur le nouveau site. La caractérisation du besoin part d'une exigence centrale : à l'intérieur de l'isolateur, l'air doit répondre à la classe particulière ISO 5, dite classe A au sens des bonnes pratiques de préparation, conformément à la norme ISO 14644 [11]. À cette exigence d'air s'ajoutent un sens de pression adapté à l'activité, le confinement pour les préparations cytotoxiques et le maintien de la stérilité dans l'enceinte par des systèmes de transfert étanches (appelés sas de sortie ou d'entrée). On utilise pour cela un agent de biodécontamination, le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ou l'acide peracétique (APA), employé en phase gazeuse pour éliminer toute contamination microbologique. Ces trois paramètres, qualité de l'air, sens de pression et décontamination, conditionnent à la fois la configuration des appareils et la définition des locaux qui les accueillent.

Le parc cible sur le nouvel hôpital se décline par typologie d'activité dont dépend la configuration :

- 3 isolateurs de chimiothérapie, en face à face sans cloisonnement, pour permettre le partage des tâches tout en préservant un prélèvement d'air unique
- 1 isolateur dédié aux préparations sous forme de poudre, en poste unique compte tenu de la faible activité
- 1 isolateur dédié à la nutrition parentérale, pour la préparation des mélanges nutritifs. Un arbitrage récent a fait évoluer la solution, le remplacement d'un poste de sécurité microbiologique par un isolateur dédié à la nutrition parentérale
- 2 isolateurs pour collyres et injectables, qui requièrent avant tout des capacités de stockage accrues.

Sur le plan organisationnel, la maintenance des laveurs-désinfecteurs, de l'autoclave et des isolateurs relève des services techniques et non du service biomédical. Cette répartition appelle un cadrage clair des responsabilités, le service biomédical cherchant à être davantage associé au suivi des interventions sur le nouveau site afin d'assurer ses obligations réglementaires de suivi.

Méthode : J'ai engagé la caractérisation du besoin par une visite du service, conduite avec l'ingénieur biomédical référent et le pharmacien chef de service. Cet échange a permis de cerner les problématiques actuelles, les attentes et l'organisation de la production, et de prendre connaissance des interlocuteurs métier propres au secteur, en particulier l'unité de gestion du risque infectieux (UGRI). Au-delà du parc lui-même, le renouvellement intègre un objectif principal et réglementaire au titre de la traçabilité. Il s'agit de la démarche de dématérialisation des fiches de production : les préparations de chimiothérapie sont aujourd'hui réalisées avec le logiciel métier Chimio, mais les fiches restent imprimées faute d'outil informatique dédié, ce qui les rend encombrantes et faciles à égarer. Par ailleurs, le service ne dispose pas de moyen de supervision numérique sur les cycles de production en cours (alarme de pression, étape, etc.).

Le renouvellement des enceintes blindées de la radiopharmacie obéit à une logique comparable, mais le risque à maîtriser y est radiologique. Le besoin se définit autour de la radioprotection, avec le blindage du plan de travail et de la zone du générateur, chaque enceinte étant dimensionnée selon les isotopes employés.

Le parc cible compte cinq enceintes à quatre ronds de gants dont la configuration dépend de l'énergie des isotopes employés et de l'activité desservie :

- 2 enceintes de basse et moyenne énergie dédiées aux SPECT/CT
- 1 enceinte de haute énergie dédiée à la radiothérapie interne vectorisée (RIV)
- 1 enceinte de haute énergie dédiée à l'imagerie TEP et qui sert également les programmes hospitaliers de recherche clinique (PHRC)
- 1 poste de sécurité microbiologique blindé pour les manipulations en environnement stérile, avec la particularité que la surpression requise pour la stérilité du laboratoire entre en contradiction avec la dépression nécessaire au confinement des particules radioactives

Comme pour les isolateurs, j'ai réalisé une visite du service de radiopharmacie en amont de la consultation, afin d'appréhender les contraintes d'utilisation actuelles et de préciser le besoin avec les utilisateurs. Les modèles étant peu évolutifs et conçus pour une durée de vie supérieure à 10 ans, les attentes du service étaient principalement portées sur le confort de travail (posture, organisation au sein de l'enceinte, affichage et suivi des préparations) et l'optimisation des outils comme la précision et la fiabilité de l'activimètre.

Suite à ces visites l'ensemble des attentes des services ont pu être consignées dans un tableau récapitulatif afin de constituer une grille de notation des présentations des fournisseurs. Pour cela, le choix de la procédure d'achat est primordial puisqu'il conditionne le calendrier. La voie privilégiée est le rattachement à une ou plusieurs centrales d'achat, dès lors qu'un nombre suffisant de constructeurs adéquats y sont référencés. Le recours à une centrale fait gagner du temps : l'établissement s'appuie sur un accord-cadre déjà passé et mis en concurrence par l'opérateur, ce qui le dispense de conduire lui-même la procédure et réduit d'autant les délais. Cette voie suppose toutefois que le besoin entre dans le périmètre d'un marché. À l'inverse, l'appel d'offres garantit une définition du besoin entièrement maîtrisée et l'accès à l'ensemble du marché, mais impose des procédures plus longues. Il interdit surtout toute négociation, le pouvoir adjudicateur attribue le marché sur les seules offres remises.

Les ingénieurs biomédicaux hospitaliers peuvent adhérer à plusieurs centrales parmi lesquelles :

- UniHA (Union des hôpitaux pour les achats), groupement de coopération sanitaire de droit public (GCS) issu de la mutualisation des hôpitaux publics et premier acheteur public du secteur de la santé, dont l'expertise couvre les dispositifs médicaux et l'ingénierie biomédicale
- Resah (Réseau des acheteurs hospitaliers), groupement d'intérêt public (GIP) sous tutelle du ministère de la Santé, au périmètre élargi aux champs sanitaire, médico-social et social
- UGAP (Union des groupements d'achat public), centrale d'achat publique généraliste constituée en établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC)

À ces opérateurs s'ajoute UniCancer, réseau des centres de lutte contre le cancer, pertinent pour les équipements relevant de la cancérologie. Suite à une phase de sourcing des marchés référencés pour les projets de renouvellement des isolateurs de pharmacotechnie et des enceintes blindées de radiopharmacie, le choix d'une procédure d'achat en centrale a pu être confirmé pour les 2 projets.

2.2.2. Consultation des fournisseurs pour les isolateurs

L'engagement de la phase de consultations vise à objectiver le choix des solutions proposées par les fournisseurs en s'appuyant sur l'expertise et sur les demandes des utilisateurs. Les offres d'isolateurs comme d'enceintes reposent sur des technologies proches d'un constructeur à l'autre si bien que l'enjeu tient moins à départager des solutions radicalement différentes qu'à faire ressortir des écarts fins en s'orientant vers les bons interlocuteurs et en condensant les nombreux échanges. Le volet financier est généralement maîtrisé par les ingénieurs biomédicaux tandis que le volet technique est partagé avec le service.

J'ai conduit l'étape de mise en concurrence des isolateurs à partir des fiches techniques des fournisseurs référencés et des demandes des utilisateurs pour réaliser une 1^{ère} grille comparative détaillée autour des critères les plus discriminants (Annexe 8) :

- L'ergonomie des postes avec l'accessibilité des zones de travail et le réglage en hauteur
- La fluidité des opérations de sortie et le temps de cycle de biodécontamination qui conditionne la cadence de production
- La traçabilité avec la compatibilité aux logiciels de contrôle des préparations et le degré de supervision informatique

J'ai ensuite sollicité des présentations des fournisseurs, autour des points précis préétablis, en leur proposant plusieurs créneaux au moyen de Framadata qui est un outil de sondage de données libre simple d'usage et respectueux des données. Un groupe de travail réunissant le service biomédical, les pharmaciens et les préparateurs a été constitué pour participer à ces réunions, examiner les offres et hiérarchiser les critères. Ces consultations ont permis de renseigner un tableau exhaustif reprenant l'ensemble des critères de différenciation entre les offres selon les types d'isolateurs proposés. Compte tenu de la diversité des modèles, ce tableau a été décliné par typologie d'activité entre chimiothérapie, collyres et injectables, poudre et nutrition parentérale en distinguant les critères transversaux à tous les postes et les critères propres à chaque typologie. Parmi ceux-ci (critères communs) on retrouve des considérations autour des contrats de maintenance et des coûts d'exploitation (consommables, télémaintenance, etc.), les délais de fabrication ou encore les conditions de reprise des équipements en fin de vie. Conformément aux obligations issues de la loi

Climat et Résilience et en application d'une formation suivie sur le développement durable dans les marchés publics j'y ai intégré des considérations sociales et environnementales parmi les critères d'analyse. Dans le cas d'un passage en centrale d'achat, la constitution d'un cahier des charges n'est pas obligatoire mais reste un exercice formateur pour comprendre le formalisme demandé en appel d'offres et permet de se focaliser sur les différents besoins. Cela permet également de communiquer les critères d'analyse aux fournisseurs en transparence en vertu des obligations de la commande publique.

Des réunions tripartites associant le service biomédical, la Direction des Services Numériques (DSN) et le constructeur ont ensuite été planifiées afin de s'assurer de la compatibilité des méthodes de dématérialisation et de supervision proposées avec les contraintes internes. À la suite de ces échanges les fournisseurs ont transmis les synoptiques et les prérequis techniques de leurs installations et de leurs options pour validation formelle de la DSN.

En parallèle, j'ai réalisé un support visuel reprenant les modèles et les implantations proposés afin d'éclairer le choix des utilisateurs. J'ai confronté chaque proposition à l'implantation cible du service en m'appuyant sur les plans afin de vérifier que les configurations retenues sont compatibles avec l'espace livré et avec l'organisation de la production. Cette analyse a porté sur plusieurs points complémentaires (Figure 13) :

- La correspondance de la disposition proposée avec les demandes des utilisateurs comme le choix d'une configuration en face à face
- Le positionnement des attentes pour les raccordements dont l'alimentation électrique, l'extraction d'air et le réseau informatique
- L'accès à la maintenance en face avant comme en face arrière avec les dégagements nécessaires aux filtres et aux systèmes de transfert
- L'espace de travail disponible pour les préparateurs autour des postes

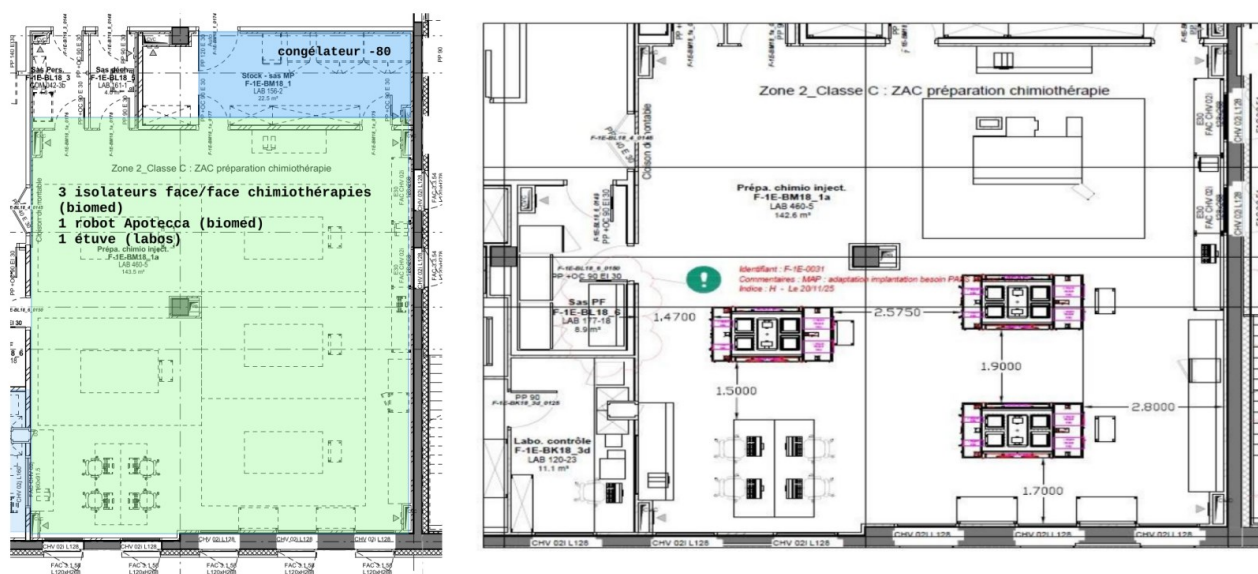


Figure 13 : À gauche : local de l'Hôpital Loire Santé réservé aux préparations de chimiothérapies représenté en vert, à droite : proposition d'implantation d'un constructeur, les cotes renseignent sur l'espace de travail disponible autour des isolateurs. Source : interne

L'étape d'analyse des implantations est réalisée en coordination avec les conducteurs d'opération référents qui fournissent les plans par corps d'état (fluides médicaux, courants forts et faibles, chauffage-ventilation-climatisation, plomberie), et les plans d'architecture à jour qu'ils extraient au format PDF ou DWG sur la plateforme collaborative Sofya [10]. Ils participent également aux visites de sites avec les fournisseurs et informent l'ingénieur biomédical des spécificités du chantier à prendre en compte. Le local livré sur le nouvel hôpital présente en outre une hygrométrie contrôlée qui se révèle favorable au procédé de biodécontamination au peroxyde d'hydrogène qui a l'avantage d'être moins corrosif que l'acide peracétique.

2.2.3. Étude de la faisabilité d'implantation et de cheminement des enceintes blindées

L'implantation d'équipements neufs dans des locaux livrés suppose de vérifier l'adéquation avec les contraintes des appareils. Cette étude nécessite une coordination avec les services techniques qui sont responsables de la maintenance d'une partie des équipements et des réseaux qui les desservent comme le traitement d'air, les fluides, et les alimentations électriques et elle nécessite aussi une coordination avec la conduite d'opération pour les travaux d'adaptation éventuels. Sur le plan technique, chaque enceinte est dimensionnée selon les isotopes manipulés : le fournisseur doit justifier l'épaisseur d'équivalent plomb au regard des radionucléides employés et garantir un environnement de travail en classe particulière A (ISO 5) sous flux laminaire vertical en dépression, conformément aux bonnes pratiques de préparation.

La consultation des enceintes blindées s'est organisée en deux phases qui ont fait suite à la définition des attentes du service concernant les volontés d'améliorations et l'évolution du projet de soin sur le nouvel hôpital. La première phase a été consacrée à une présentation ciblée des solutions proposées par les fournisseurs tandis que la seconde a porté sur l'ajustement des prix et sur la négociation à mesure que les options étaient arbitrées au regard des budgets disponibles. Cette seconde phase intègre également les contraintes propres au chantier, parmi lesquelles les paillasse, les limites de prestation et les accès.

L'étude de faisabilité s'est appuyée sur une visite de chantier conduite avec le fournisseur afin de revoir les contraintes de livraison, l'état d'avancement des travaux et les prérequis d'installation. Cette visite a permis d'identifier les premières questions techniques telles que la hauteur sous plafond, les attentes prévues, le mode d'extraction et le type de faux plafond. La masse et l'encombrement des enceintes rendent par ailleurs le cheminement dans le bâtiment aussi déterminant que l'aménagement de la salle elle-même ce qui a conduit à étudier les voies d'accès et la portance du sol (Figure 14). La livraison et l'acheminement des enceintes étant prévus au rez-de-chaussée du bâtiment L, le parcours du point de livraison jusqu'aux locaux de préparation a fait l'objet d'une attention particulière.

Plan de surcharge

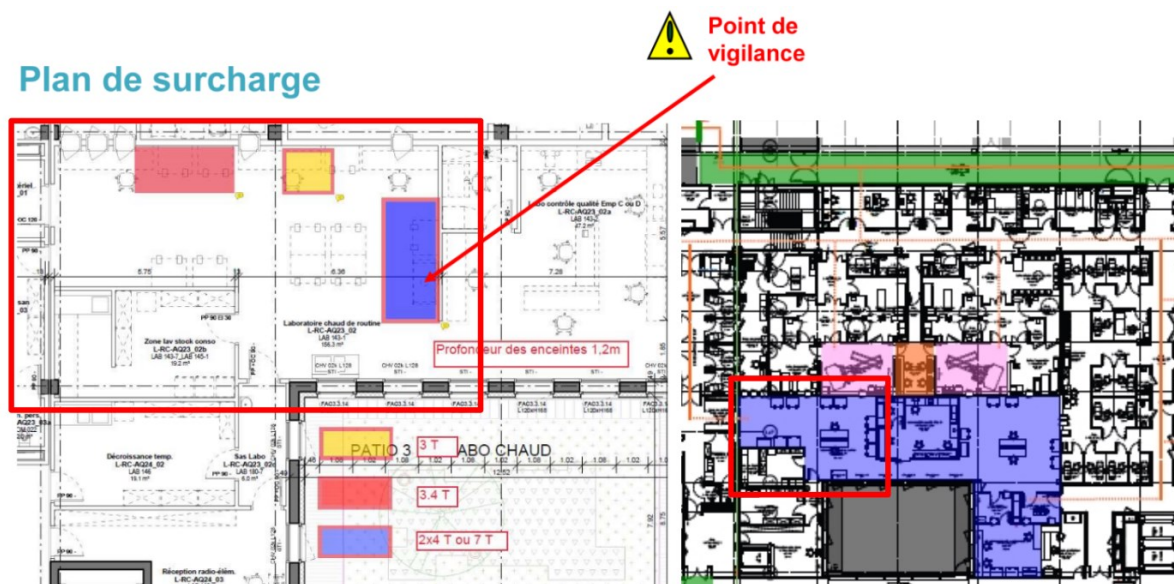


Figure 14 : Plan de surcharge des emplacements d'enceintes blindées (à gauche) et leur localisation dans le laboratoire chaud (à droite, encadré rouge) avec les voies de cheminement en orange. Source : interne

Les emplacements et les voies de cheminement des équipements sont identifiés à l'aide de couleurs qui dépendent de la charge d'exploitation fixe et roulante du sol. Un point de vigilance est notamment identifié sur l'emplacement d'une enceinte haute énergie qui ne peut accueillir que 7 tonnes (7T) ou deux postes de 4T (la masse d'une enceinte blindée peut atteindre 9T). En cas d'incompatibilité des sols pour le cheminement, des travaux d'adaptation sont envisageables et incluent un étaielement. Le renforcement de la charge d'exploitation fixe est plus complexe même s'il est possible avec des dalles de répartition par exemple. Compte tenu de la masse des enceintes, la portance du sol constitue un point de vigilance majeur qui pourrait même devenir un critère éliminatoire pour un constructeur dont l'équipement serait trop lourd pour être supporté sans renforcement important de la structure.

Pour constituer le dossier de consultation j'ai préparé un tableau de référencement des pièces nécessaires. Pour chaque document, on y retrouve : l'intitulé, l'état d'avancement, l'auteur ou référent, et son chemin d'accès dynamique afin de centraliser les données et de suivre leur disponibilité. Les principales pièces à réunir sont les suivantes (Figure 15) :

- Le bordereau de prix unitaire (BPU) détaillant les configurations propres à chaque enceinte
- Le descriptif des paillasse techniques
- Le questionnaire technique structuré en volets enceintes et activimètres, maintenance et informatique
- Les plans nécessaires au dimensionnement et au cheminement parmi lesquels le plan du site, les plans de cheminement extérieur et intérieur, le plan de principe de localisation des enceintes et des paillasse, le plan d'extraction (CVC), les plans des terminaux électriques, le plan de surcharge des sols et le plan d'élévation
- La liste des sites référents
- Les limites de prestation et le descriptif des attentes techniques

Pièce	Type	Phase	Référent
BPU	Configurations propres à chaque enceinte	Phase 1 et 2	PT
Descriptif des paillasse techniques	—	Phase 2	RadioPharma
Questionnaire technique	Enceintes & activimètres · maintenance · informatique	Phase 1	PT
Plans	Plan du site	Phase 2	COP
	Cheminement extérieur	Phase 2	COP
	Cheminement intérieur	Phase 2	COP
	Principe de localisation des enceintes	Phase 1 et 2	PT
	Localisation des paillasses	Phase 1 et 2	PT / RadioPharma
	Extraction (CVC)	Phase 2	COP
	Terminaux électriques	Phase 2	COP
	Surcharge des sols	Phase 2	COP
	Élévation	Phase 2	COP
Liste des sites référents	—	Phase 1	PT
Limites de prestation	Descriptif des attentes techniques	Phase 2	PT / COP

Figure 15 : Tableau de recensement des pièces marché par phase de consultation et par référent. PT : Ingénieur biomédical. Source : interne

Ce recensement a permis de distinguer les pièces attendues dès la première phase de celles requises pour la phase de négociation et de cibler celles restant à produire ou à obtenir auprès de la conduite d'opération ou du service. Il met en évidence l'importance du travail collaboratif pour engager l'ensemble du groupe de projet à participer à la constitution. Au terme de cette étape les éléments de comparaison de la 1^{ère} phase étaient réunis pour permettre de poursuivre les consultations.

À ce stade les fournisseurs ont transmis leurs offres accompagnées du mémoire technique, du bordereau de prix unitaire et du questionnaire technique renseignés. Les offres sont analysées selon des critères pondérés, à hauteur de 40 % pour l'offre financière, appréciée sur le coût global sur quatorze ans, et de 60 % pour la qualité technique, au sein de laquelle l'ergonomie et la performance technique pèsent le plus. La phase suivante consiste à restituer l'analyse du groupe projet, à affiner le chiffrage et à répondre aux points soulevés lors des premières réunions. Elle doit être suivie d'une étape d'échange et de négociation des remises afin de concilier les options indispensables et les préférences du service avec le budget disponible. Le calendrier de la consultation prévoit la remise des offres de première phase pour mai 2026, suivie d'auditions auxquelles j'ai participé début juin, puis d'une seconde offre attendue en septembre.

Ce travail a par ailleurs mis en évidence un besoin plus large, dépassant le seul projet des enceintes blindées. Le rapprochement entre les pièces attendues et leur emplacement réel dans l'arborescence des dossiers internes a montré que la dispersion des documents et la coexistence de plusieurs versions compliquent le suivi des projets en cours. Pour y répondre, je développe actuellement une méthodologie de gestion documentaire destinée à référencer l'ensemble des projets et des plans selon une organisation cohérente et partagée. L'objectif est de garantir que chaque acteur, qu'il s'agisse du service biomédical, de la conduite d'opération, des utilisateurs ou des fournisseurs, puisse avoir accès,

par voie directe ou indirecte, aux versions à jour des informations et des documents, et de fiabiliser le suivi de l'ensemble des opérations.

Discussion : Le suivi de ces 2 projets de renouvellements m'a permis de travailler sur des étapes dont j'avais initialement pris connaissance lors de la planification de projet. La déclinaison opérationnelle s'est avérée particulièrement intéressante comme retour d'expérience sur les délais envisagés. Suite à un arbitrage en faveur de l'acquisition d'un isolateur supplémentaire en pharmacotechnie, il a notamment fallu prévoir une seconde phase de présentation des offres spécifiques au modèle attendu. De même, une présentation jugée superficielle peut conduire à rallonger les délais de consultation. Ce sont autant d'éléments qu'il faut anticiper lors de la planification de projet. Suite au report du déménagement, la principale contrainte liée aux délais de fabrication s'est fortement réduite laissant davantage conduire les consultations. Le choix du fabricant peut néanmoins être réalisé au plus tôt, et l'émission d'un bon d'intention de commande peut s'avérer pertinent pour figer les prix tout en engageant la production lorsque le calendrier le permet.

Enfin, j'ai pu m'appuyer sur les supports et méthodologies mis en place par 2 ingénieurs sur 2 secteurs distincts, me permettant ainsi d'avoir une vision comparative et de consolider ma compréhension relative à la conduite des étapes d'un projet renouvellement d'équipement, faisant partie du cœur des missions d'un ingénieur biomédical hospitalier.

Bilan de stage

Cette expérience au sein du CHU de Nantes m'a permis de développer plusieurs compétences en lien avec l'ingénierie biomédicale. Dans le cadre du nouvel Hôpital Loire Santé, la mise en place de supports de planification de projets a constitué l'une des parts les plus importantes de mon apprentissage et s'est étalée tout au long de mon intervention. Pour cela, il m'a fallu maîtriser les outils mis à disposition et développer une réflexion sur la démarche la plus efficace, en conciliant la nécessité de renseigner toutes les informations requises et la simplicité d'utilisation de l'outil. La rédaction des dossiers de consultation pour un déménagement demande a par ailleurs demandé un travail plus conséquent que pour un marché de maintenance, puisque moins de modèles et de documents de référence sur lesquels s'appuyer sont disponibles.

Ces missions m'ont également amené à mieux comprendre le fonctionnement et les contraintes d'implantation d'équipements variés, de l'imagerie en coupe à la médecine nucléaire, des isolateurs aux enceintes blindées. La compréhension du rôle et de l'organisation des acteurs dans un chantier hospitalier est particulièrement valorisable et s'est forgée grâce à des échanges avec les responsables de conduite d'opération et des visites sur site. Le contact avec le terrain m'ayant offert un aperçu concret des conditions de travail à intégrer le plus en amont possible des projets. J'ai également pu engager une stratégie de réflexion et de déclinaison des étapes d'un marché de transfert public en fonction des procédures applicables. Enfin, j'ai suivi et participé à deux projets majeurs de renouvellement, de l'expression du besoin jusqu'à la consultation des fournisseurs.

La diversité des sujets traités a été une source de motivation constante. D'autres missions ponctuelles, partagées avec les ingénieurs du service, m'ont permis de renforcer ma compréhension du rôle d'ingénieur biomédical et de la variété de ses champs d'intervention. Elles m'ont fait aborder des secteurs et des problématiques complémentaires. La conduite en parallèle de projets à des stades différents a constitué le principal défi de ce stage. Il a fallu hiérarchiser les tâches selon les échéances et transmettre les informations au bon moment, afin d'assurer l'avancement de chaque opération sans rupture dans le suivi. La préparation et l'organisation des échanges avec les intervenants des groupes projet se sont également avérées particulièrement formatrices, de la planification des réunions à la réalisation des supports de restitution.

Lien avec la formation théorique : Les connaissances acquises au cours de la formation et des projets menés, autour des dispositifs médicaux, de la gestion de projets et de la réglementation, ont jouées un rôle particulièrement important pour mener à bien les échanges avec différents professionnels de la santé ou des industriels. Plus particulièrement, ce stage a confirmé l'apport de connaissances théoriques solides sur les différentes modalités d'imagerie, dont un volet sur les contraintes et travaux d'installation d'une IRM qui s'est avéré particulièrement intéressant dans mon cas. En complément des supports de formation, j'ai pu préciser certaines notions lors du déroulement opérationnel des projets et constituer une base documentaire et méthodologique déployable de la planification au suivi de l'exécution des tâches.

Voies d'amélioration : Il me reste notamment à conduire une procédure de renouvellement d'équipement de la commande jusqu'à la mise en service. Du fait de l'ampleur des projets et des budgets engagés, les démarches présentées se déroulent sur des périodes qui ne permettent pas de les suivre dans leur intégralité au cours d'un stage de six mois.

Conclusion

Au moment de la rédaction de ce rapport, les missions conduites au cours du stage se trouvent à des stades d'avancement variés, mais toutes s'inscrivent dans la même logique de préparation de la mise en exploitation de l'Hôpital Loire Santé. L'outillage de la planification a permis de formaliser l'ensemble des projets d'équipement et de donner à la direction une visibilité d'ensemble sur les échéances, les ressources et les risques associés. L'organisation du transfert des modalités d'imagerie a abouti à définir et valider une stratégie d'achat qui doit à présent être déroulée selon le calendrier mis en place. Le renouvellement des isolateurs et des enceintes blindées a quant à lui progressé de la définition du besoin jusqu'à la consultation et la mise en concurrence des constructeurs.

Au-delà de leur diversité, ces opérations font apparaître un même fil conducteur : l'apport de l'ingénieur biomédical tient surtout à sa capacité à outiller la décision, à associer étroitement les utilisateurs et à articuler les interfaces entre les nombreux acteurs du projet. Les grilles comparatives, les supports de suivi et les recensements que j'ai construits servent à orienter les décisions et à mener la gestion de projet subséquente.

Ce constat éclaire aussi les difficultés rencontrées qui tiennent à la posture de l'ingénieur biomédical qui doit : éclairer le choix des utilisateurs sans se substituer à leur expertise métier, s'adapter à l'évolution des projets de soins et des calendriers de projets, collaborer avec plusieurs interfaces dans une logique de demandes et de transmission d'informations. Cette dernière contrainte impose un effort constant de centralisation, d'organisation et de mise à jour des données : la gestion documentaire constitue à cet égard un enjeu central puisqu'elle conditionne directement la maîtrise des projets.

Plusieurs formations et immersions ont par ailleurs consolidé ma compréhension du métier et de son cadre réglementaire, des ateliers de sensibilisation à la radioprotection au bloc opératoire, aux Comités de Pilotage et Opérationnels sur la maintenance, ou au suivi de présentation de nouveaux équipements, les dispositifs médicaux sont restés au centre de mon attention. Enfin, le déménagement ouvre une possibilité de revalorisation des équipements non transférés par un courtier spécialisé et s'inscrit dans une logique d'économie circulaire, faisant également partie des vocations du service biomédical.

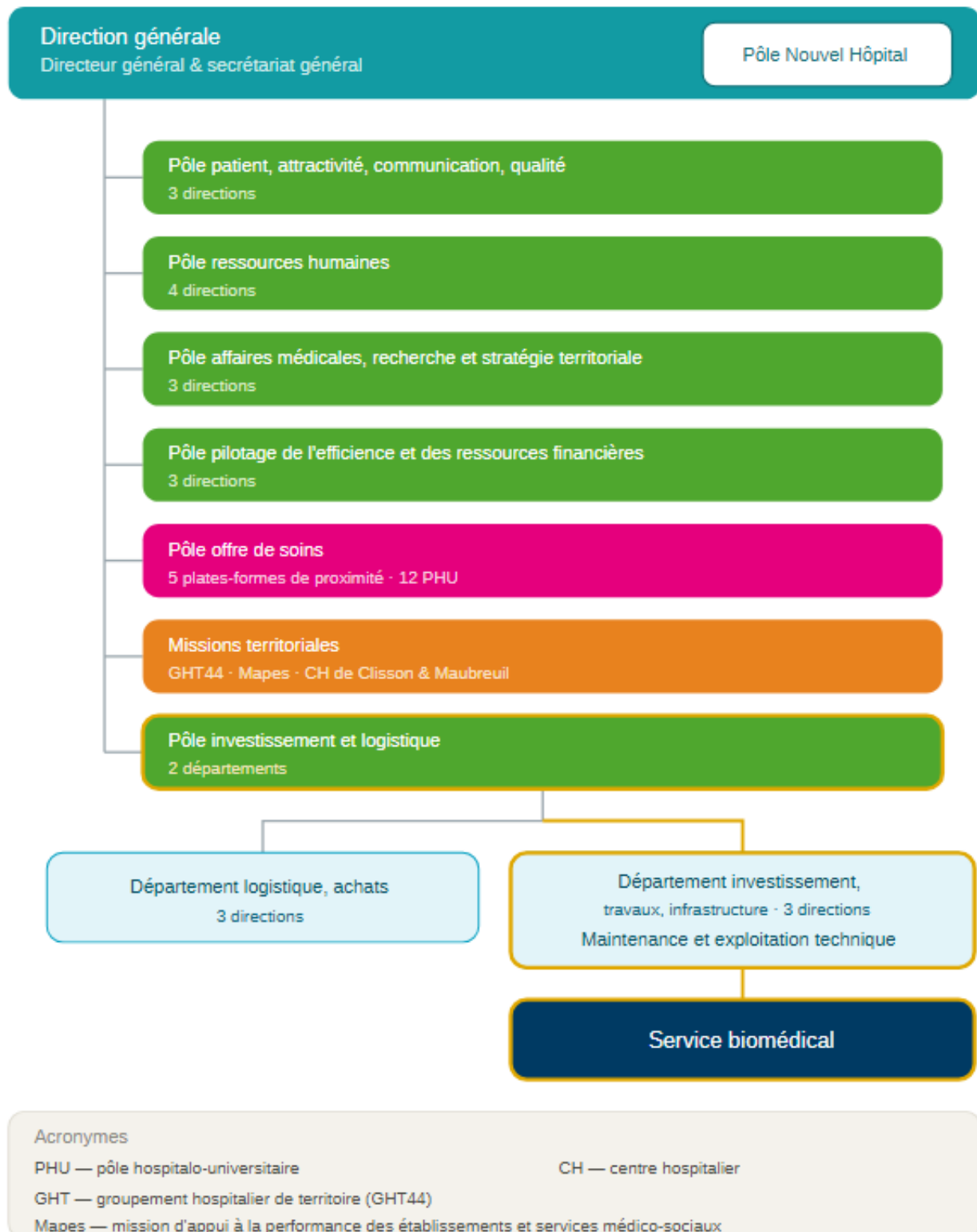
Au-delà des livrables réalisés, ce stage m'a permis de renforcer des compétences de méthodologie, de coordination et relationnelles, que la conduite de missions aussi diverses et la variété des interlocuteurs ont rendues indispensables. Cette expérience a conforté mon souhait de poursuivre dans cette filière, au sein d'un établissement de santé mêlant exigence réglementaire, dialogue avec les équipes soignantes et expertise technique.

Références

- [1] CHU DE NANTES. “Livret d’accueil du patient et chiffres clés 2024”, 2024. Consulté le : 8 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.chu-nantes.fr>
- [2] OUEST-FRANCE. “Le visage du futur CHU de Nantes se précise”, 2024. Consulté le : 25 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.ouest-france.fr/sante/le-visage-du-futur-chu-de-nantes-se-precise-6e24507e-b246-11ef-a8ca-075099a0d9c7>
- [3] CHU DE NANTES / NANTES MÉTROPOLE. “Dossier de présentation de l’Hôpital Loire Santé : architecture, organisation spatiale, logistique automatisée et quartier de la santé”, 2024-2025. Consulté le : 15 mai 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.hopital-loire-sante-nantes.fr/le-quartier-de-la-sante/>
- [4] NANTES MÉTROPOLE. “Un nouvel hôpital innovant pour demain”. Consulté le : 3 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://metropole.nantes.fr/ma-ville-ma-metropole/les-grands-projets/un-nouvel-hopital-innovant-pour-demain>
- [5] CHU DE NANTES. “Inauguration du bâtiment GINA, quartier de la santé de l’Île de Nantes”, 2025. Consulté le : 3 avril 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.hopital-loire-sante-nantes.fr/actualites/inauguration-du-batiment-gina/>
- [6] LE JOURNAL DES ENTREPRISES. “Le nouveau CHU de Nantes ouvrira à l’été 2028”, 2026. Consulté le : 7 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.lejournaldesentreprises.com/article/le-nouveau-chu-de-nantes-ouvrira-lete-2028-2142526>
- [7] NANTES MÉTROPOLE. “Où en est le chantier du nouvel hôpital Loire Santé ? / Quel avenir pour l’Hôtel-Dieu ?”, 2026. Consulté le : 2 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://metropole.nantes.fr/actualites/ou-en-est-le-chantier-du-nouvel-hopital-loire-sante>
- [8] CHU DE NANTES, HÔPITAL LOIRE SANTÉ. “L’hôpital Nord Laennec à horizon 2027”, 2024. Consulté le : 4 mai 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.hopital-loire-sante-nantes.fr/lhopital-nord-laennec-a-horizon-2027/>
- [9] CHU DE NANTES NOUVEL HÔPITAL. “Les organisations médico-soignantes vers demain, programme Convergence”, 2024. Consulté le : 12 mai 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.hopital-loire-sante-nantes.fr/les-organisations-medico-soignantes-vers-demain/>
- [10] SOFYA / BUILDERS AND PARTNERS. “Plateforme web collaborative BIM pour la maîtrise d’ouvrage”, 2026. Consulté le : 22 mai 2026. [En ligne]. Disponible sur : <https://sofya.fr/>
- [11] AFNOR. “NF EN ISO 14644-7, Salles propres et environnements maîtrisés apparentés, dispositifs séparatifs (isolateurs)”. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-iso-146447/salles-propres-et-environnements-maitrises-apparentes-partie-7-dispositifs-/fa108364/24391>

Annexes

Annexe 1 : Chiffres clés et activité du CHU de Nantes. Source : interne



Annexe 2 : Évolution de la prise en charge à l'Hôpital Loire Santé. Source : auteur



1 000
professionnels et
usagers associés
à la conception



10 %
de lits supplémentaires
en soins critiques



48
projets interdépen-
dants pour traiter
tous les sujets



plus de 90 %
de chambres seules
(versus 35% aujourd'hui)



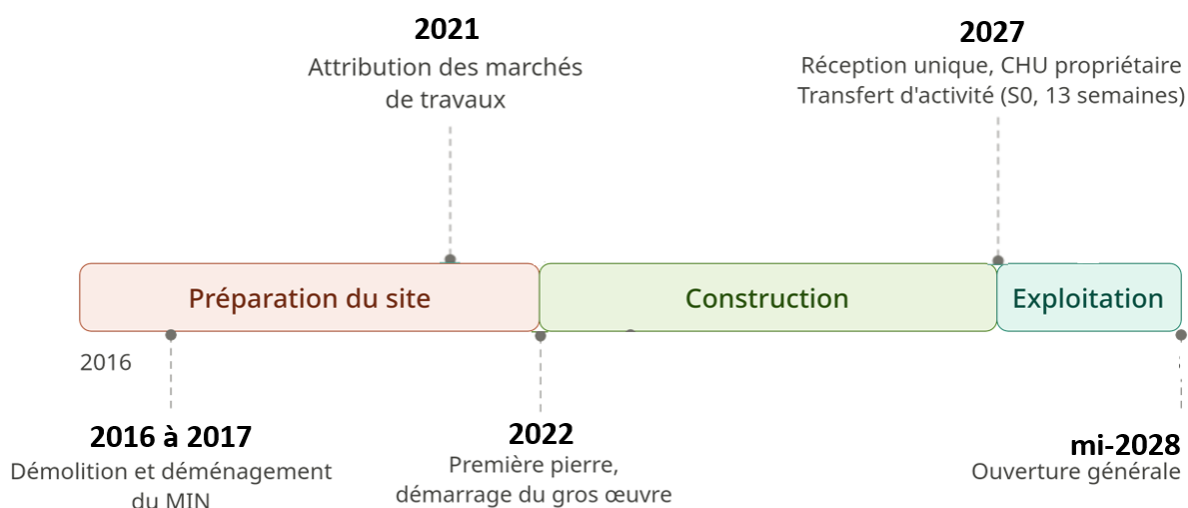
50
expérimentations
en cours inspirées
des meilleures
pratiques



64 %
de séjour en
ambulatoire (versus
près de 60% aujourd'hui)

57
salles de bloc opératoire

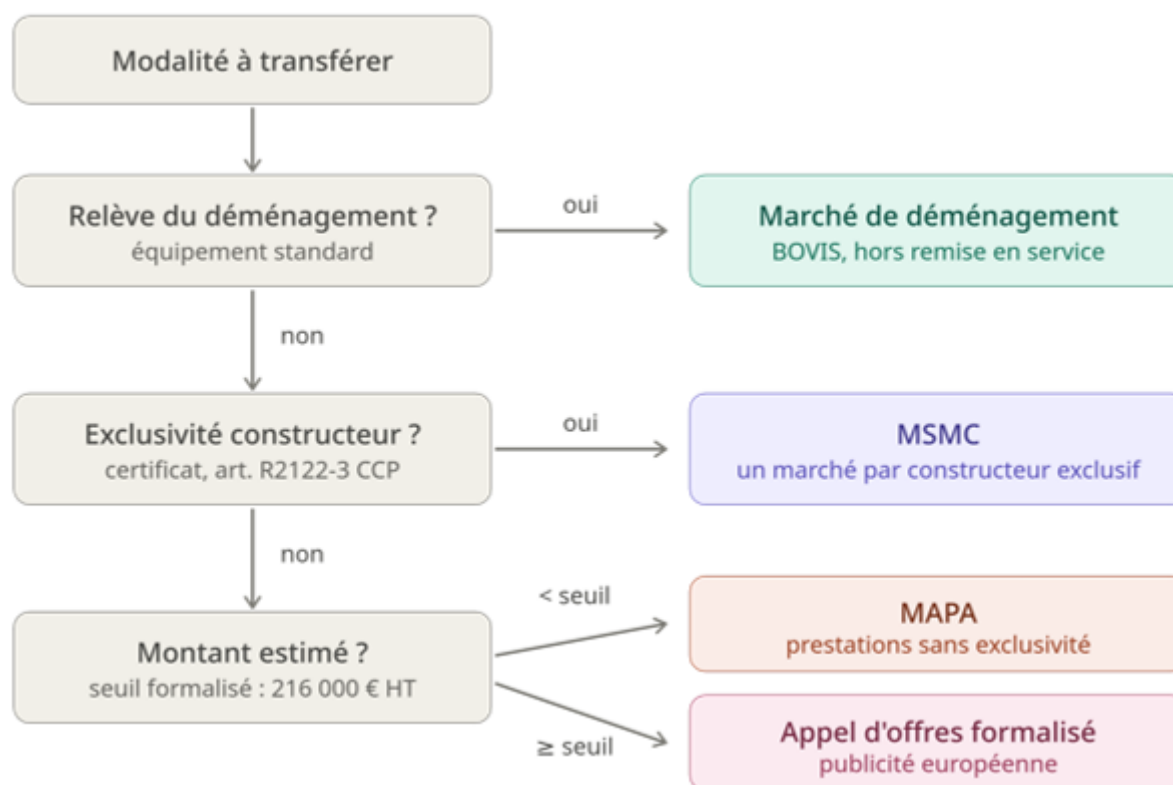
Annexe 3 : Frise calendaire prévisionnelle du projet Hôpital Loire Santé. Source : auteur.



S0 : jalon de référence, début du déménagement

MIN : Marché d'Intérêt National

Annexe 4 : Logigramme décisionnel des procédures de transfert en imagerie. Source : auteur



Cas particuliers de l'imagerie

Imagerie de coupe (scanners, IRM) renouvelée via l'accord-cadre PIMENT (GHT 44)
Certaines installations de médecine nucléaire transférées via le marché de renouvellement

Pièces du dossier de consultation

Tronc commun : CCAP, CCTP avec cadre de réponse, AE et BPU, limites de prestations
MSMC ajoute la note de justification et le certificat d'exclusivité

MSMC : marché sans publicité ni mise en concurrence préalables

MAPA : marché à procédure adaptée

AO : appel d'offres

CCP : code de la commande publique

AMO : assistance à maîtrise d'ouvrage

DCE : dossier de consultation des entreprises

CCAP : cahier des clauses administratives particulières

CCTP : cahier des clauses techniques particulières

AE : acte d'engagement

BPU : bordereau de prix unitaire

Annexe 5 : Modèle type de certificat d'exclusivité renseigné par le fournisseur. Source : interne



CERTIFICAT D'EXCLUSIVITE

Madame, Monsieur,

Je soussigné(é), NOM : [REDACTED] Prénom : [REDACTED],
agissant en qualité de Grade/Fonction : CEO
atteste sur l'honneur que la Société : Spectrum Dynamics Medical SA
dispose d'un droit exclusif d'intervention, de manipulation, de transfert et de déplacement des
appareils cités ci-dessous.

- **Désignation :** D-SPECT
- **Fabricant :** Spectrum Dynamics Medical SA

À ce titre, la société (ou toute autre société du groupe) est la seule, à ce jour, habilitée à effectuer l'ensemble des opérations de démontage, de manutention, de transport, de réinstallation, et de vérifications techniques post-déplacement pour ces équipements sur le territoire français.

Je vous prie de croire, Madame, Monsieur, en l'assurance de ma considération respectueuse.

Lieu et date : 09/06/2026

Signature (le pouvoir habilitant le signataire à engager la société doit être joint)

Annexe 6 : Attributions des prestations pour l'installation du TEP-IRM. Source : auteur



Travaux d'installation : TEP-IRM

Prestation	Description
Accès et manutention	Sur la base des plans de cheminements fournis par la Maîtrise d'Ouvrage ou une visite de site, le Titulaire s'assure de la possibilité d'acheminer ses équipements et prend toutes les mesures pour protéger les ouvrages lors de ses manipulations y compris renforcement du sol par plaque de répartition et étaieement des dalles béton. En extérieur, le Titulaire , mettra en œuvre des plaques de roulage afin de protéger les revêtements finis.
Réfection (sol, mur, faux-plafond, menuiserie)	En cas de dégradation liée à l'intervention du Titulaire , la réfection du sol, mur, faux-plafond ou menuiserie est à sa charge.
Chemins de câbles, goulottes et supportage	Cas 1 : Plafond démontable Le Titulaire assure le démontage et remontage du plafond pour l'installation de ses chemins de câbles, goulottes et supportage entre équipements. Cas 2 : Plafond non démontable La Maîtrise d'Ouvrage, en lien avec le Titulaire, réalisera les ouvertures nécessaires pour permettre à ce dernier l'installation de ses chemins de câbles, goulottes et supportage entre équipements.
Réalisation des carottages, traversées de cloisons et coupe-feu	Sur la base du plan d'implantation fourni par le Titulaire : les carottages de dalle et l'encoffrement coupe-feu du fourreau sont à la charge de la Maîtrise d'Ouvrage . Le passage de fourreau et tout autre percement dans des parois légères sont à la charge du Titulaire .
Rebouchage coupe-feu	Le Titulaire assure le rebouchage avec le niveau coupe-feu de ses réseaux au travers de chaque passage de cloison, dalle ou plancher.

Annexe 7 : Modèle de fiche achat du CHU de Nantes. Source : interne

PROPOSITION DE FICHE ACHAT AVEC REPRISE DES DONNEES SAISIES DANS L'ONGLET CONSULT

	FICHE ACHAT MARCHE SANS PUBLICITE NI MISE EN CONCURRENCE PREALABLES (MSMC)	Diffusion par :
		PILNH-Direction achats

SELECTIONNER LA REF DU DOSSIER D'ACHAT incrémentée dans l'onglet CONSULT =>

Pour les achats concurrentiels considération de montant



La transmission de la présente fiche au service juridique des marchés est réputée validée par le responsable département.

IDENTIFICATION DU BESOIN ET DEMARCHE ACHAT			
Acheteur		Département	BIOMEDICAL
Objet du marché	Transfert (démontage, transport, réinstallation et vérifications techniques post-déplacement) d'un panoramique dentaire et d'un CBCT 3D Vatech (panoramique n° inv. [] + CBCT 3D renouvelé) vers le site Île-de-Nantes		
N° consultation	MSMC-XXXXX	Marché N°	
CARACTERISTIQUES DU MARCHE			
Ets du GHT bénéficiaires	CHU de Nantes		
Montant estimatif de la consultation (€ HT)	20 000	Montant max prévisionnel (€ HT) (le cas échéant)	

Annexe 8 : Grille de notation des consultations. Source : auteur


Hôpital Loire Santé
Renouvellement des isolateurs de pharmacotechnie

FOURNISSEUR

ÉVALUATEUR – FONCTION

DATE D'ÉVALUATION
09/04/2026

0 / 28 critères renseignés

Réinitialiser
Tout développer
Tout réduire
Imprimer / PDF

1 Ergonomie et conception

Volume de l'espace de travail
Insuffisant
Satisfaisant
Optimal

Accessibilité des différentes zones
Évaluer la proportion et l'impact des zones mortes
Insuffisant
Satisfaisant
Optimal

SAS : durée de cycle
Optimal = cycle court et optimisé pour le flux de travail
Insuffisant
Satisfaisant
Optimal

Possibilité de 2 SAS asynchrones
Oui
Non

SAS de sortie rapide
Oui
Non