

Stage de fin d'étude ST02 - IDS 265

Ingénieur Biomédical Humanitaire

La Chaîne de l'Espoir



DOI : <https://doi.org/10.34746/ids265>

La chaîne
de l'espoir



Etudiant : **Alaeddine BOUTUIL**

Maitre de stage : **Steve Taye**

Encadrant pédagogique : **Céline Pierdet**

Lieu du stage : **La Chaîne de l'Espoir – Paris**

Résumé

Dans un monde où l'accès aux soins reste inégal, l'ingénieur biomédical agit dans le renforcement des systèmes de santé, notamment dans les contextes humanitaires. Ce mémoire retrace mon expérience de fin d'études au sein de La Chaîne de l'Espoir, une ONG engagée dans le développement de projets médico-techniques dans les pays à faibles ressources.

Au cours de ce stage de 22 semaines, j'ai eu l'opportunité de participer à des missions concrètes, réparties sur deux volets. En externe, pour Madagascar, j'ai contribué à l'achat et à la gestion d'équipements médicaux, ainsi qu'à l'élaboration d'un plan d'équipement pour une salle de coronarographie. En interne, au siège à Paris, j'ai été impliqué dans la gestion de l'atelier biomédical, la mise en place d'un système de gestion de maintenance assisté par ordinateur (GMAO), la révision des procédures de donation, ainsi que l'organisation de journées avec des bénévoles engagé à La Chaîne de l'Espoir.

À travers cette expérience, ce mémoire interroge la capacité de l'ingénieur biomédical à concevoir et adapter des solutions techniques dans des environnements contraints, en tenant compte des enjeux humains, éthiques et logistiques.

Ce travail met en lumière l'importance des compétences transversales telles que la communication, l'adaptation culturelle, l'évaluation des besoins et la rigueur organisationnelle, tout en proposant une réflexion sur l'avenir du biomédical humanitaire.

Sommaire

Résumé	1
Remerciements.....	3
1. Introduction	4
2. Présentation de La Chaîne de l'Espoir et de ses pôles d'expertise	5
2.1. La direction de l'expertise technique	5
2.1.1. Le département médical	7
2.1.2. Le département Infrastructure et Biomédical.....	7
2.2. Ressources financières	8
3. Missions de l'ingénieur biomédical dans un projet humanitaire	9
3.1. Projet de mise en place de la chirurgie cardiaque à cœur ouvert à Madagascar9	
3.1.1. Le Centre Hospitalier de Soavinandriana et La Chaîne de l'Espoir	9
3.1.2. Achats complémentaires de dispositifs médicaux pour le CENHOSOA..	12
3.1.3. Logistique et préparation des expéditions du matériel.....	15
3.2. Élaboration de plans d'équipements pour un projet en étude de coronarographie au CENHOSOA.....	16
3.2.1. Phase 1 : Une salle de réanimation de trois lits et une salle de coronarographie.....	17
3.2.2. Phase 2 : Deux chambres d'hospitalisation de trois lits	24
3.2.3. Plus-values du projet pour le CENHOSOA	26
3.3. Gestion de l'atelier biomédical de la Chaîne de l'Espoir.....	27
3.3.1. Revu des procédures de donation	28
3.3.2. Cas concret avec le Centre Hospitalier Universitaire d'Arcachon	28
3.3.3. Mise en place d'une nouvelle GMAO (Fiix).....	31
3.3.4. Organisation d'une « journée bénévoles » et supervision de l'entretien de l'atelier biomédical.....	36
4. Bilan personnel des missions de l'ingénieur biomédical en contexte humanitaire : entre exigences techniques et engagement humain.....	43
4.1. Adaptation culturelle	43
4.2. Responsabilités de l'ingénieur en milieu humanitaire.....	44
4.3. Bilan personnel du stage	44
4.4. Quel avenir pour le biomédical humanitaire ?.....	44
Bibliographies	46

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire et à l'enrichissement de mon expérience professionnelle.

En premier lieu, je remercie chaleureusement M. Steve Taye, ingénieur biomédical et maître de stage, pour son accompagnement bienveillant, ses conseils avisés et la confiance qu'il m'a accordée tout au long de ce stage. Sa rigueur professionnelle et son engagement humanitaire ont été une véritable source d'inspiration.

Je remercie également Mme Céline Pierdet, mon encadrante pédagogique, pour son suivi académique, sa disponibilité et ses conseils constructifs dans la rédaction de ce mémoire.

Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à La Chaîne de l'Espoir pour m'avoir offert l'opportunité d'intégrer son équipe. Travailler dans cette organisation humanitaire m'a permis de découvrir une autre dimension du métier d'ingénieur biomédical.

Je remercie également l'ensemble des membres du département Infrastructure et Biomédical, notamment Amadou Diallo, Kaotoan Sieng, Sauveur Hirwa, Hélène Jouot, Manon Ory et Elena Lopez, pour leur accueil chaleureux, leurs partages d'expériences et leur professionnalisme.

Enfin, je dédie une pensée particulière à mes proches, ma famille et mes amis, pour leur soutien constant, leur patience et leurs encouragements durant toute la durée de mon parcours.

1. Introduction

Dans de nombreux pays à faibles ressources, l'accès aux soins de santé reste limité, en particulier en ce qui concerne les équipements médicaux adaptés, fiables et correctement entretenus. Dans ce contexte, des professionnels interviennent humanitairement afin de répondre à ces besoins essentiels. Parmi les professionnels mobilisés dans ces missions, l'ingénieur biomédical occupe une place stratégique, à la croisée des enjeux techniques, logistiques et humains.

C'est dans ce cadre que j'ai eu la chance d'effectuer mon stage de fin d'études au sein de La Chaîne de l'Espoir, une organisation non gouvernementale engagée dans le renforcement des systèmes de santé dans plusieurs pays du monde. Le stage s'est déroulé sur 22 semaines et a permis d'aborder une diversité de missions allant de la gestion d'équipements médicaux à la mise en œuvre de solutions techniques concrètes pour améliorer les conditions de soins.

Ce mémoire vise à explorer le rôle de l'ingénieur biomédical dans un contexte humanitaire, en différence du contexte hospitalier, en s'appuyant sur les missions réalisées durant ce stage. Il s'agira de comprendre comment, dans des environnements contraints, l'ingénieur biomédical peut concevoir, planifier et mettre en œuvre des solutions durables au service des patients et des soignants.

Nous verrons d'abord les défis propres au secteur humanitaire et aux équipements médicaux dans les pays en développement. Nous détaillerons ensuite les missions concrètes réalisées lors du stage, notamment l'achat de dispositifs médicaux pour Madagascar, la préparation logistique des expéditions, l'élaboration d'un plan d'équipement pour coronarographie, la gestion de l'atelier biomédical, ainsi que l'intégration d'un nouvel outil de GMAO (nommé Fiix). Enfin, nous analyserons les dimensions organisationnelles et éthiques du travail humanitaire, en abordant notamment la relecture des procédures de donation et l'organisation d'une journée bénévole.

À travers cette réflexion, une problématique émerge : *Comment l'ingénieur biomédical peut-il répondre efficacement aux défis techniques et logistiques dans un contexte humanitaire, disposant de peu de ressources humaines et financières ?*

Ce mémoire cherchera à mettre en lumière les compétences que l'ingénieur biomédical peut mobiliser dans un cadre humanitaire et les pistes d'amélioration pour renforcer son impact sur le terrain.

2. Présentation de La Chaîne de l'Espoir et de ses pôles d'expertise

La Chaîne de l'Espoir est une organisation non gouvernementale humanitaire française, fondée en 1994 par le professeur Alain Deloche, un chirurgien cardiaque français de renom qui a fait une partie importante de sa carrière à l'Assistance publique Hôpitaux de Paris (APHP), notamment à l'hôpital Broussais [1]. La Chaîne de l'Espoir agit en priorité pour les enfants et les femmes issus de milieux défavorisés, en leur donnant accès à des soins chirurgicaux hautement spécialisés tels que la chirurgie à cœur ouvert dans des contextes où les infrastructures médicales sont limitées ou inexistantes. [2]

L'organisation intervient à travers quatre leviers : la prise en charge chirurgicale directe, la formation des professionnels de santé et technique locaux, la prévention et le dépistage, la construction et le renforcement des infrastructures hospitalières (image 1).

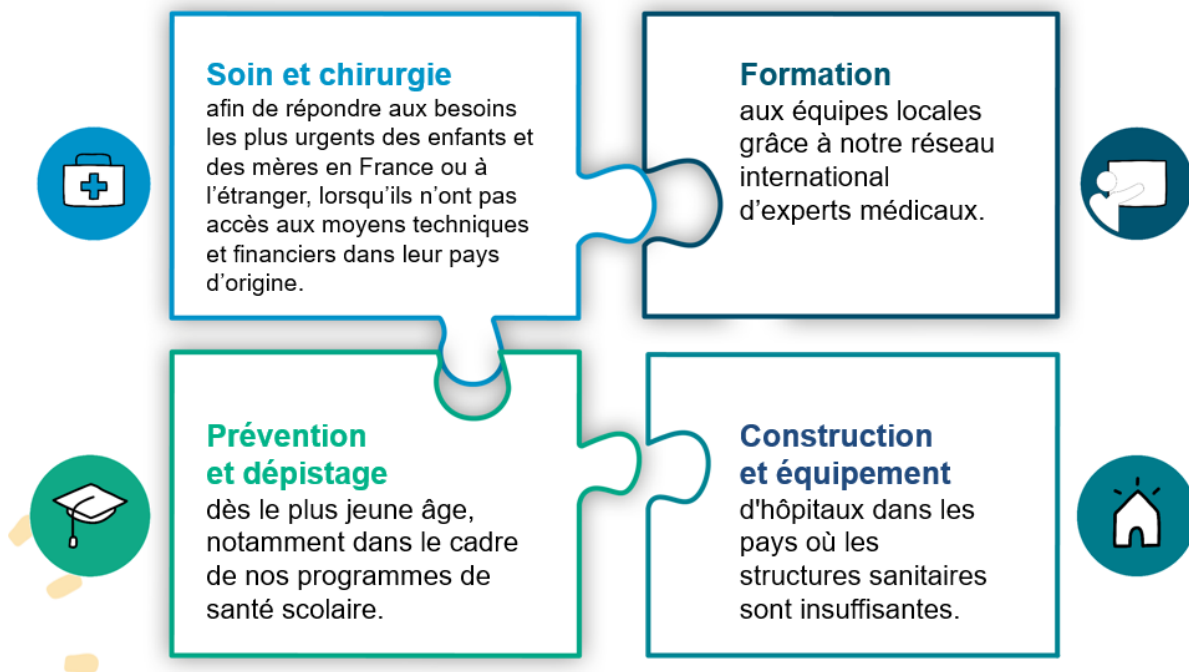


Image 1 : Domaines d'expertise de la Chaîne de l'Espoir[3]

Pour ce faire, les actions de La Chaîne de l'Espoir reposent sur trois piliers complémentaires : la Direction logistique, la Direction des opérations et la Direction de l'expertise technique.

Le présent mémoire portera principalement sur cette dernière.

2.1. La direction de l'expertise technique

La Direction de l'expertise technique se compose de deux départements : le département médical et le département infrastructures et biomédical. Elle est engagée dans la

stratégie de développement des capacités de soins au niveau local. À ce titre, elle est chargée de la mise en œuvre des formations et des missions de chirurgie, ainsi que de la gestion de la conception et des opérationnalisations des infrastructures de santé dans les pays partenaires.

Cette direction regroupe des ingénieurs infrastructure et biomédical, une architecte, des infirmiers et des médecins en collaboration avec toute une équipe d'achat et logistique pour assurer les missions chirurgicales à l'étranger et le transit des équipements médicaux, en collaborant étroitement avec les autorités et les équipes locales afin d'adapter les projets aux besoins réels du terrain. [4]

Son objectif à long terme est de créer des environnements hospitaliers durables, adaptés aux contraintes locales (climat, ressources, logistique), tout en essayant de respecter un maximum les normes internationales en matière de qualité des soins. La Direction de l'expertise technique a notamment été à l'origine de projets emblématiques comme la construction du Centre Hospitalier Mère-Enfant au Mali ou le Sinjar French Medical Center en Irak, qui sont aujourd'hui des références régionales. [5]

Ce modèle d'intervention intégré, associant savoir-faire médical et expertise technique, permet à La Chaîne de l'Espoir de garantir l'accès aux soins aux populations vulnérables et aussi de renforcer durablement les systèmes de santé locaux. De plus, cette approche assure la continuité des soins après le départ des équipes expatriées, en autonomisant les structures locales.



Image 2 : Pays d'intervention de la Chaîne de l'Espoir [5]

2.1.1. Le département médical

Le département médical supervise l'ensemble des missions chirurgicales à l'étranger, allant des transferts de patients vers la France à la formation continue des équipes médicales locales. Il regroupe des spécialistes dans des domaines tels que la chirurgie cardiaque pédiatrique, l'orthopédie, la neurochirurgie ou encore la chirurgie reconstructive. Les équipes sont composées de professionnels de santé bénévoles (chirurgiens, anesthésistes, infirmiers) qui interviennent directement sur le terrain ou donne un appui à distance.

2.1.2. Le département Infrastructure et Biomédical

C'est au sein du département Infrastructure et Biomédical de La Chaîne de l'Espoir que j'ai été intégré durant mon stage. Ce département est concentré dans la planification, la mise en œuvre et le suivi des projets techniques de l'ONG, notamment en ce qui concerne la construction d'infrastructures hospitalières et la gestion des équipements biomédicaux.

L'équipe est composée de profils complémentaires, placés sous la responsabilité de Monsieur Amadou Diallo, directeur de la direction de l'Expertise technique. Elle se structure comme suit :

Steve Taye, ingénieur biomédical, en charge principalement des projets en Irak et à Madagascar. Il est également mon tuteur de stage ;

Kaotoan Sieng, ingénieur biomédical, référent pour les projets sur le continent africain ;

Sauveur Hirwa, ingénieur biomédical, en charge des actions menées en Ukraine, dans un contexte marqué par le conflit armé ;

Hélène Jouot, ingénieure bâtiment, responsable du département infrastructure et biomédical ;

Manon Ory, ingénieure bâtiment, participant à la conception et au suivi des projets d'infrastructure ;

Elena Lopez, coordinatrice technique, chargée de la coordination opérationnelle entre les équipes de La Chaîne de l'Espoir et les partenaires.

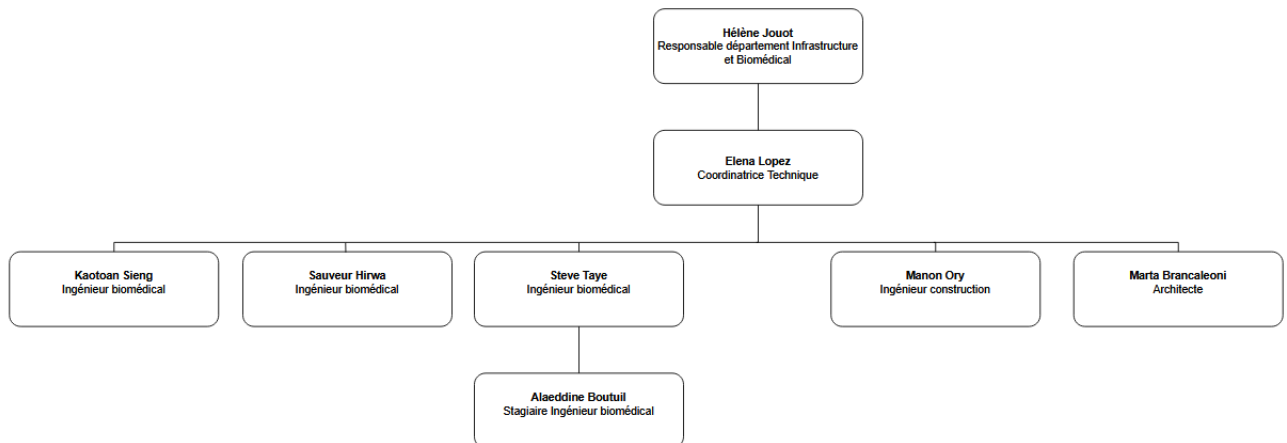


Image 4 : Organigramme du département infrastructure et biomédical[6]

2.2. Ressources financières

En 2023, La Chaîne de l'Espoir disposait d'un budget de 40 millions d'euros. Les ressources proviennent principalement de 3 sources. D'abord, les dons du grand public, qui représentent 54 % du budget total. Ces contributions incluent les dons ponctuels ou réguliers, les legs, les assurances-vie et autres formes de donations individuelles. À cela s'ajoutent les partenariats privés, impliquant des entreprises et fondations qui soutiennent financièrement les projets et parfois même en mettant à disposition des compétences techniques. Enfin, les financements issus des bailleurs institutionnels jouent un rôle structurant dans les actions de grande ampleur. Des entités comme l'Agence Française de Développement (AFD), le Centre de Crise et de Soutien (CDCS) du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères, ou encore l'Union européenne, appuient notamment les projets.

Concernant l'affectation des dépenses, La Chaîne de l'Espoir met un point d'honneur à optimiser l'utilisation des fonds : 74,2 % des ressources ont été directement dédiés aux missions sociales en 2023. Cela comprend les soins apportés aux enfants malades, la formation des professionnels de santé dans les pays partenaires et la conception et la mise en œuvre d'infrastructures médicales durables.

L'association attache également une grande importance à la transparence financière. Ses comptes sont audités chaque année par un cabinet indépendant, Deloitte & Associés, garantissant la fiabilité des données comptables. De plus, La Chaîne de l'Espoir est membre du Comité de la Charte du Don en Confiance, un organisme reconnu qui attribue un label aux associations respectant les bonnes pratiques de gouvernance, de gestion et de communication. Tous les rapports financiers et d'activité sont publiés annuellement et librement accessibles sur le site de l'organisation, permettant ainsi aux donateurs, aux partenaires et au grand public de suivre précisément l'utilisation des ressources engagées. [7]

Nos comptes 2023

JE DONNE 

Ressources

Dépenses

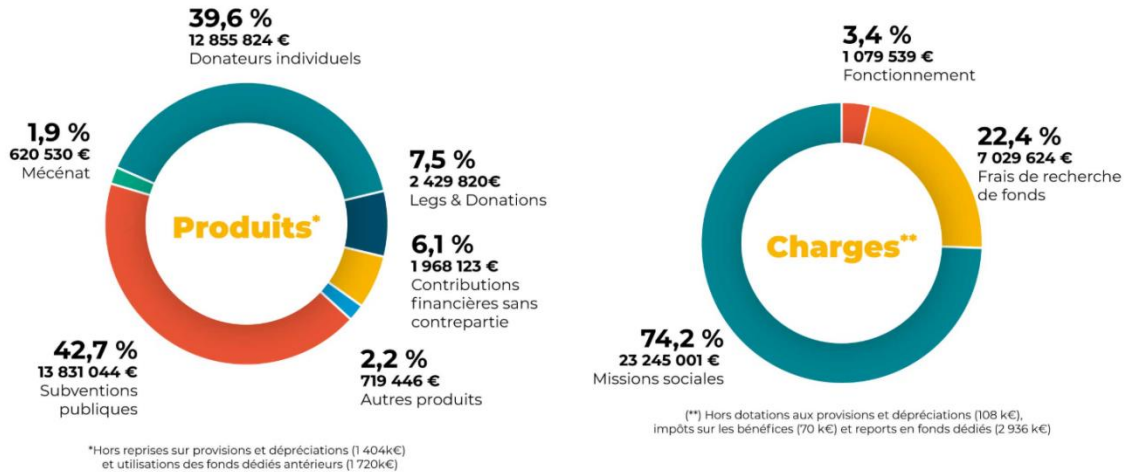


Image 3 : Ressource financière de 2023 [7]

3. Missions de l'ingénieur biomédical dans un projet humanitaire

Afin d'illustrer concrètement les missions de l'ingénieur biomédical dans le contexte humanitaire, un projet concret de mise en place de la chirurgie cardiaque à cœur ouvert à Madagascar sera pris pour exemple.

3.1. Projet de mise en place de la chirurgie cardiaque à cœur ouvert à Madagascar

Ce projet a été déployé au sein du Centre Hospitalier de Soavinandriana (CENHOSOA). La mise en place de ce projet a nécessité une préparation rigoureuse afin de s'adapter au contexte local, aux structures et pratiques existantes afin d'assurer une mise en place optimale et durable de cette modalité.

3.1.1. Le Centre Hospitalier de Soavinandriana et La Chaîne de l'Espoir

Le Centre Hospitalier de Soavinandriana (CENHOSOA) (image 5), situé à Antananarivo, à Madagascar, est un établissement militaire qui a récemment connu une transformation grâce au soutien de La Chaîne de l'Espoir.



Image 5 : Centre Hospitalier de Soavinandriana (CENHOSOA)

Historiquement, dès 1994, un programme d'appui à la chirurgie cardiaque avait été mis en place à Madagascar par Médecins du Monde¹ en partenariat avec le CENHOSOA. Cette initiative a permis de structurer progressivement une offre de soins pour les enfants atteints de cardiopathies congénitales.[9]

Au fil des années, les compétences locales se sont renforcées, permettant en 2014 la réalisation des premières opérations à cœur fermé en autonomie par les équipes malgaches grâce à l'appui de Médecins du Monde.

En 2018, La Chaîne de l'Espoir a repris la direction du programme, avec pour objectif de développer la chirurgie cardiaque pédiatrique à cœur ouvert, une spécialité jusqu'alors peu développée dans le pays.

Le projet a également bénéficié du mécénat de compétences de Bouygues Bâtiment International², qui a participé à la réhabilitation de l'unité de soins cardio-pédiatriques et à la construction d'un plateau technique pour la réalisation des opérations à cœur ouvert. Cette initiative vise à offrir aux enfants malgaches atteints de cardiopathies congénitales des soins chirurgicaux spécialisés sans avoir à quitter le pays, tout en renforçant les capacités locales pour assurer une autonomie médicale à long terme[11].

Entre 2020 et 2024, une étape décisive a été franchie avec la réhabilitation complète de l'unité de soins en chirurgie cardiaque du CENHOSOA, conduite par La Chaîne de l'Espoir (image 6).

¹ Médecins du Monde est une ONG médicale internationale, fondée en 1980 en France. Elle est composée de professionnels de santé, de volontaires et de militants engagés pour le droit universel à la santé [8].

² Bouygues Bâtiment International (BBI) est la division internationale du groupe Bouygues Construction, spécialisée dans la réalisation de projets de construction complexes à l'échelle mondiale [10].



Image 6 : L'unité de soins de chirurgie cardiaque du CENHOSOA réhabilitée par la Chaîne de l'Espoir[5]

Ce travail a permis de créer les conditions matérielles et humaines nécessaires à la reprise des activités chirurgicales complexes.

Le mois de mai 2024 a marqué un tournant avec la réussite des premières opérations à cœur ouvert réalisées sur des enfants à Madagascar, dont celle de Marielle (image 7), la première patiente opérée dans ce cadre. [11]



Image 7 : Marielle, première enfant opérée à cœur ouvert au CENHOSOA[11]

Ce projet s'inscrit dans une dynamique de renforcement de l'autonomie des équipes médicales malgaches, accompagnées par les experts du CHU de La Réunion à travers des missions de compagnonnage, des formations continues et le recours à la télé-expertise (image 8).



Image 8 : Formation du personnel médical par les ingénieurs biomédicaux de la Chaîne de l'Espoir [5]

Les missions de formation et de renforcement des compétences du personnel soignant local se poursuivent actuellement. L'objectif fixé à l'horizon 2025 est d'assurer une autonomie complète dans la prise en charge des interventions de chirurgie cardiaque à cœur ouvert.

3.1.2. Achats complémentaires de dispositifs médicaux pour le CENHOSOA

Ce projet de chirurgie cardiaque à cœur ouvert suivant son cours, un budget spécifique pour l'année 2025 a été mobilisé pour répondre à des problématiques techniques liées à l'entretien des équipements existants et pour permettre la remise à niveau de certains dispositifs médicaux devenus obsolètes.

Les processus d'achat de dispositifs médicaux à La Chaîne de l'Espoir suivent une procédure stricte afin d'assurer la traçabilité financière et opérationnelle des dépenses. Il s'articule en plusieurs étapes :

- 1) Elaboration d'une DED (Demande d'Engagement de Dépense) : document interne permettant de valider l'allocation budgétaire en amont de l'ONG, afin de garantir une gestion financière par le service de comptabilité ;
- 2) Demande de devis auprès de fournisseurs identifiés et agréés ;
- 3) Émission des bons de commande, une fois le devis validé ;
- 4) Réception des factures et transmission au service de comptabilité pour le traitement ;
- 5) Suivi de la livraison et de la conformité du matériel.

J'ai ainsi pu contribuer à la génération des bons de commande, au suivi budgétaire ainsi qu'à la communication avec les fournisseurs pour garantir la cohérence entre les besoins du terrain à Madagascar et les achats réalisés.

L'une des principales difficultés rencontrées en milieu humanitaire a concerné la gestion des budgets, fortement dépendante de la situation financière de La Chaîne de l'Espoir. Comme mentionné précédemment, l'ONG dépend des aides venant du grand public et des entités de financement. Une enveloppe budgétaire de 30 000 euros avait été alors allouée pour couvrir les achats complémentaires d'équipements prévus dans l'année 2025.

Avec le démarrage des activités opératoires au CENHOSOA, il s'est avéré que le nombre de pousse-seringues disponibles était insuffisant pour garantir une couverture adéquate, notamment en cas de panne d'un appareil. Il a donc été nécessaire de procéder à un complément en pousse-seringues de type Agilia, dans un souci d'uniformisation du parc existant, le service étant déjà équipé de ce modèle. Une première demande de devis a été adressée à la société Praxial Médical, représentant de la marque Fresenius Agilia, basée à Dubaï et couvrant la zone Afrique et Moyen-Orient [12], pour l'acquisition de pousse-seringues et pompes à perfusions, à un montant total avoisinant les 28 000 euros (image 9).

Dear Sir or Madame,

Thank you for your inquiry. In accordance with our general terms of delivery and conditions we are pleased to submit the following offer to you. Prices are valid until **31 December 2024**.

Article Code	Description	Origin	Unit Price	Quantity	Value Amount
Z073160	Multi Channel Rolling Stand	France	€ 550.00	4	2,200.00 €
Z076110	Link 6 Agilia EU1	France	€ 850.00	4	3,400.00 €
Z019512	Agilia VP NOA	France	€ 1,075.00	4	4,300.00 €
Z018512	Agilia SP NOA	France	€ 995.00	18	17,910.00 €
				Total	27,810.00 €

Prices are including shipping and delivery inside France

Warranty for the devices : 12 Months from the date of our invoice

Terms of payment: 100% Advance

Image 9 : Devis pour 22 pousse-seringues et pompes à perfusion Agilia

Face à ce coût élevé, la stratégie d'achat a été revue afin d'optimiser les dépenses. Le nombre de pousse-seringues commandés a été réduit de moitié, portant ainsi la dépense à environ 14 000 euros (image 10). Cette solution permet de répondre aux besoins essentiels du service hospitalier tout en respectant le budget disponible.

Dear Sir or Madame,

Thank you for your Purchase Order. In accordance with our general terms of delivery and conditions we are pleased to submit the following Order Confirmation to you.

Article Code	Description		Unit Price	Quantity	Value Amount
Z073160	Multichannel Rolling Stand		€ 561.00	2	1,122.00 €
Z018512	Agilia SP NOA		€ 1,015.00	9	9,135.00 €
Z019512	Agilia VP NOA		€ 1,075.00	2	2,150.00 €
Z076110	AGILIA LINK 6 EU1		€ 850.00	2	1,700.00 €
				Total	14,107.00 €

Incoterm : FCA- FRANCE

Image 10 : Devis avec quantité réduite de moitié concernant le matériel Agilia

Cela permettra aux ingénieurs biomédicaux de disposer de fonds pour faire face à d'éventuelles pannes ou incidents techniques affectant les dispositifs médicaux de l'établissement.

Dans ce cadre, des incidents techniques ont effectivement été constatés sur certains équipements médicaux. En particulier, des dysfonctionnements ont été observés au niveau des scialytiques du bloc opératoire, dont plusieurs LED ne s'allumaient plus correctement.

Après un diagnostic conjoint réalisé par les ingénieurs biomédicaux de La Chaîne de l'Espoir et les techniciens biomédicaux sur place, l'origine du problème a été identifiée : un défaut de tension au niveau des batteries de secours. En effet, la tension de sortie des circuits de batterie était réduite de moitié, ce qui expliquait que seule une partie des LED restait allumée.

Afin de résoudre ce problème, une demande de devis a été adressée à la société Centre d'Affaires Medical (CAM)³, spécialisée dans la vente neuf et le reconditionnement de dispositifs médicaux[13]. Le montant du devis, s'élevant à 2 700 euros (image 11), restait conforme au budget alloué, permettant ainsi une prise en charge rapide du remplacement des batteries défectueuses.

³ Le Centre d'Affaires Médical (CAM) est une société française spécialisée dans la vente, l'entretien, et le reconditionnement de dispositifs médicaux. Elle propose une large gamme d'équipements destinés aux établissements de santé, allant du petit matériel de soins aux dispositifs technologiques plus complexes, comme les blocs opératoires ou les équipements d'imagerie[13].



Montreuil, le 06/05/2025

FACTURE N° 202505148

LA CHAÎNE DE L'ESPOIR
 62/64 RUE MAURICE GUNSBORG
 94200 IVRY SUR SEINE, France
 FATIMA DAHMANI
 TEL : 07 71 71 76 16
 MAIL : reception.rdv@alexis-plus.com

Condition de règlement	Mode de règlement	Échéance

DESIGNATION	QTE	UNIT. € HT	TOTAL € HT
Batterie 200W ETAT : NEUF	1	2,700.00 €	2,700.00 €
EMBALLAGE		OFFERT	
LIVRAISON		OFFERTE	
MONTANT HT EN €			2,700.00 €

Image 11 : Devis auprès de Centre d'Affaires Médical (CAM)

Une liste d'achats prioritaires a été établie en suivant la même logique de gestion budgétaire. L'objectif étant d'optimiser les ressources disponibles en répondant en priorité aux besoins les plus urgents, tout en respectant les contraintes financières du projet.

3.1.3. Logistique et préparation des expéditions du matériel

Une fois les achats finalisés, les dispositifs médicaux sont réceptionnés soit au siège à Paris de La Chaîne de l'Espoir, soit dans un entrepôt de stockage externe, géré par la société Axelis, un prestataire logistique[15].

La phase logistique constitue une étape visant à garantir une préparation rigoureuse des équipements avant leur expédition vers les pays bénéficiaires. Elle mobilise des compétences en gestion, en conformité réglementaire et en coordination internationale.[6]

Les principales tâches effectuées sont les suivantes :

- Vérification de la quantité et de l'état des équipements reçus.
- Emballage adapté en fonction de la nature des dispositifs médicaux et des conditions de transport.
- Documentation réglementaire, constitution d'un dossier complet comprenant :
 - Les fiches de sécurité (notamment pour les dispositifs contenant des batteries)

- Les codes douaniers (HS codes)
- L'indication du pays d'origine des produits
- Les certificats ISO, si demandé par le pays
- Les fiches techniques et manuels d'utilisations, lorsque disponibles.

Enfin, une coordination étroite est assurée avec les partenaires logistiques locaux afin de garantir un acheminement fluide et sécurisé des équipements à destination. Une attention particulière est portée à la traçabilité, à la conformité douanière et au respect des réglementations en vigueur, dans le but d'éviter tout retard, blocage administratif ou incident lors de la livraison.

3.2. Élaboration de plans d'équipements pour un projet en étude de coronarographie au CENHOSOA

Le projet d'installation d'une salle de cathétérisme au sein du CENHOSOA, à Antananarivo, s'inscrit dans la continuité de cette collaboration médicale et technique engagée depuis les années 1990.

Les avancées réalisées au fil des années ont mis en évidence la nécessité de doter l'établissement d'une salle de cathétérisme cardiaque (appelée, coronarographie). La coronarographie, également appelée angiographie coronaire, est un examen médical invasif de référence permettant de visualiser les artères coronaires (gauche et droite) grâce à l'injection d'un produit de contraste iodé et à l'utilisation de la radiographie[16]. Cette technique est fréquemment utilisée pour la pose de stents, de manière peu invasive, en remontant jusqu'aux coronaires via les artères (généralement radiale ou fémorale). Elle peut être réalisée sans anesthésie générale, sous simple anesthésie locale[17].

L'installation de cette salle représente ainsi une étape stratégique dans la consolidation de l'offre de soins en cardiologie pédiatrique. Améliorer la qualité du diagnostic, limiter les évacuations sanitaires vers l'étranger, traiter certaines anomalies par cathétérisme interventionnel, et réduire significativement la mortalité infantile sont des enjeux vitaux pour le CENHOSOA.

Une première proposition a été faite par Bouygues Bâtiment suite à une étude de faisabilité par les ingénieurs et architectes bâtiment. Le projet se décline en 2 phases distinctes, chacune correspondant à une extension (en vert) progressive au premier étage de l'unité de soins de chirurgie cardiaque à cœur ouvert du CENHOSOA (en noir) (image 12).

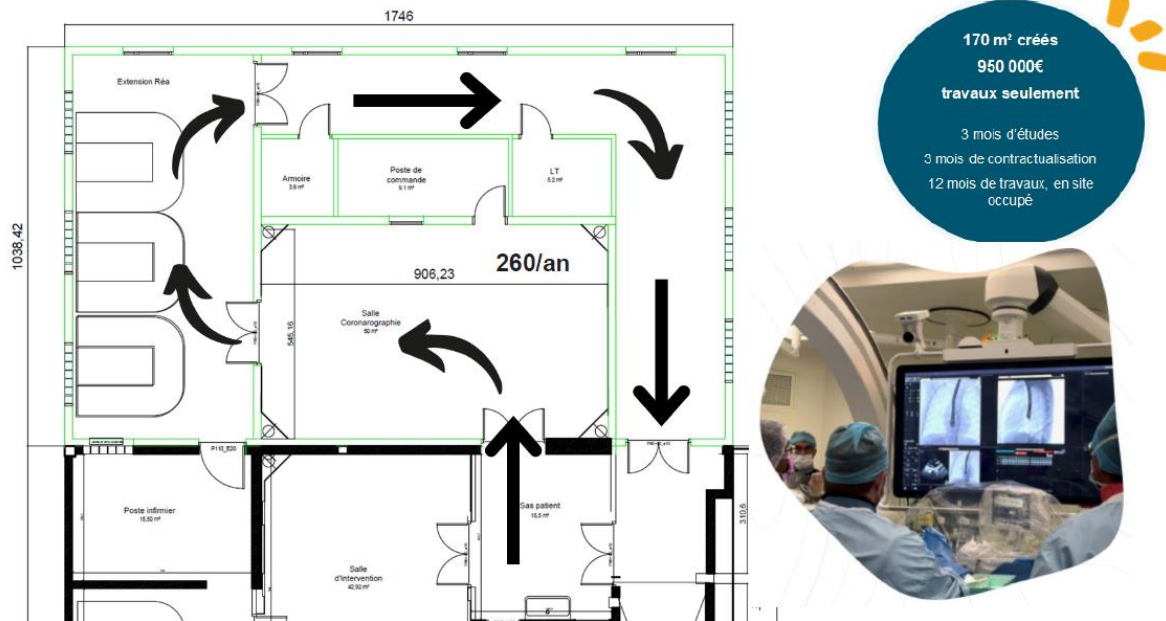


Image 13 : Etablissement des flux de patients

L'analyse du plan a mis en évidence une difficulté liée à la configuration des lieux : il est apparu complexe de délimiter clairement les zones propres, des zones dites sales. En effet, le parcours du patient prévoit qu'après son passage en salle de coronarographie, il soit transféré directement en salle de réanimation, puis vers la sortie. Sur le plan, ce trajet implique un croisement avec d'autres patients et personnels soignants, limitant ainsi la séparation stricte des circuits.

Or, selon la norme française NF S90-351, qui encadre les exigences de conception et d'organisation des établissements de soins en matière de maîtrise de la contamination, les locaux doivent être organisés de manière à garantir un flux unidirectionnel, allant du plus contaminé vers le moins contaminé, sans retour en arrière ni croisement des flux. Cette norme impose également une classification des zones à environnement maîtrisé pour les blocs opératoires, en fonction de leur niveau de propreté de l'air et de leur usage[18] [19] .

Cette norme française découle d'une norme « mère » internationale, la ISO 14644-1⁴. Elle définit que les salles d'opérations doivent respecter les classes de propreté de l'air, mesurées selon la concentration maximale de particules par mètre cube. Par exemple :

- ISO 5 correspond à un environnement à très haute maîtrise de la contamination, adapté aux actes invasifs très sensibles, sous flux laminaire de l'air (moins de 3520 particules $\geq 0,5 \mu\text{m}^3$).

⁴ La norme ISO 14644-1 définit les critères de classification des salles propres et des environnements maîtrisés selon la concentration de particules en suspension dans l'air.

- ISO 7, moins contraignante, est souvent utilisée pour des salles d'intervention standards ou des zones de soins nécessitant un bon contrôle de l'environnement (moins de 352 000 particules $\geq 0,5 \mu\text{m}^3$).

Par ailleurs, la norme ISO 14698⁵ complète ce dispositif en intégrant la dimension microbiologique de la contamination dans les zones à environnement contrôlé. Elle propose une démarche d'analyse des risques biologiques, avec des protocoles de surveillance microbiologique, des méthodes de nettoyage validées, et des plans de maîtrise adaptés à chaque zone.[19]

Dans le cadre de ce projet, il a été décidé de construire la salle de coronarographie selon la classification ISO 7, afin de faciliter son installation tout en garantissant un niveau de propreté adapté aux actes médicaux réalisés étant peu invasives.

Cependant, le respect de ces normes ne peut être pleinement efficace que si le parcours patient est également adapté. Le croisement des circuits observé entre patients sortants, personnels soignants et dispositifs médicaux impose donc la mise en œuvre de mesures compensatoires, telles que la séparation temporelle des flux, un protocole strict de désinfection entre chaque passage, et une signalétique claire au sein du service.

Cette situation illustre une réalité propre au métier de l'ingénieur biomédical en contexte humanitaire. Il est souvent nécessaire de s'adapter aux contraintes physiques des environnements existants et aux conclusions des études de faisabilité, qui ne permettent pas toujours de répondre aux normes hospitalières les plus strictes. Toutefois, dans le cadre de ce projet, la balance bénéfiques/risques a été largement évaluée, et les avantages apportés par la création de cette unité spécialisée ont justifié la validation du projet. La formation du personnel et l'encadrement des pratiques contribueront à garantir un niveau de sécurité largement acceptable malgré les limitations structurelles.

Dans l'étude de cette phase 1 du projet, il a été amené à concevoir un plan d'équipement biomédical pour chaque espace concerné, en commençant par la salle de réanimation équipée de trois lits (image 14).

- Salle de réanimation

⁵ Norme internationale relative à la maîtrise de la contamination microbiologique dans les environnements maîtrisés

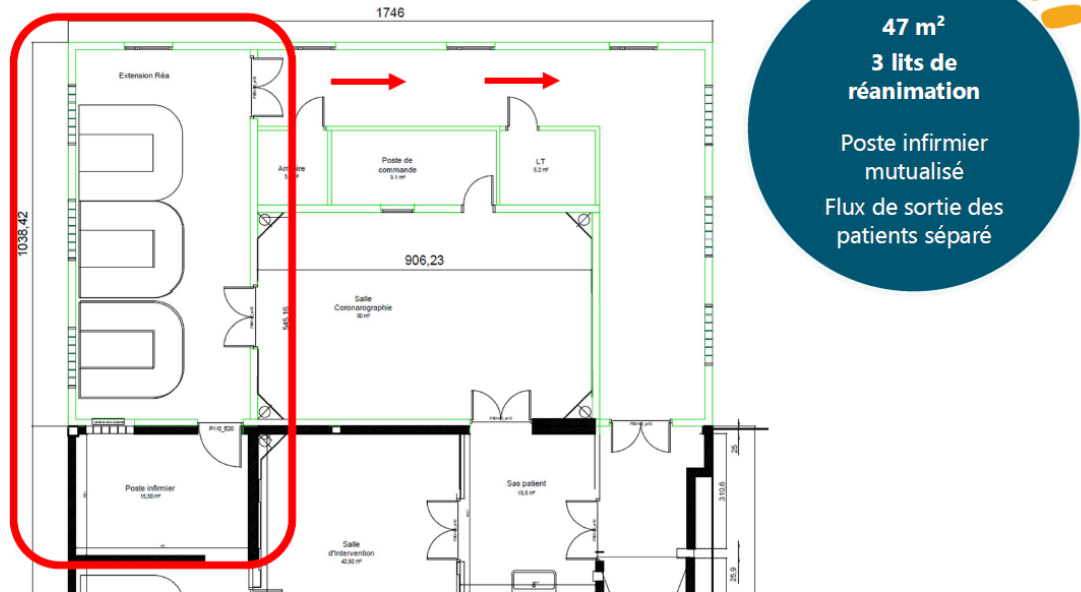


Image 14 : Focalisation sur les 3 lits de réanimation

Les équipements d'une salle de réanimation reposent sur six grandes catégories de dispositifs essentiels : les lits médicalisés, les systèmes de ventilation, les dispositifs de monitoring, les systèmes de perfusion, les équipements d'aspiration, ainsi que le matériel de défibrillation pour la prise en charge des urgences cardiaque (voir image 15).

La gestion précise des quantités d'équipement est importante. Elle permet non seulement d'assurer une qualité de soins optimale, mais aussi d'anticiper les défaillances techniques. C'est dans cette optique qu'un système de « backup » est systématiquement prévu. Chaque dispositif critique est doublé par un équipement de secours, prêt à être mobilisé en cas de panne. Cela permet de garantir la continuité des soins, en assurant une transition immédiate pendant que les techniciens biomédicaux interviennent pour résoudre l'incident.

Catégorie et Commentaire	Description Equipement	QTE	Backup
Lits	Lits de réanimation	3	0
	Réchauffeur matelas	3	0
	Matelas anti-escarres	3	0
Ventilation	Respirateur de réanimation	3	1
	Humidificateur Accessoires	3	0
	Débitre Oxygène	3	0
	Vidéo laryngoscope	1	0
Monitoring des paramètres vitaux	Moniteur multiparamétrique	3	0
Système de perfusion	Pousse seringues	10	0
	Pompes à perfusion	2	0
	Support	2	0
	Pied à perfusion	2	0
Aspiration	Aspirateur à mucosités	4	0
Défibrillation	Défibrillateur : avec moniteur	1	1

Image 15 : Plan d'équipement pour 3 lits de réanimation

Nous arrivons à un total estimatif de 127 000 euros pour les 3 lits de réanimation.

S'ensuit l'élaboration du plan d'équipement pour la salle de coronarographie. Ce type de salle est particulièrement spécifique, car elle combine des exigences techniques relevant à la fois du bloc opératoire et de l'imagerie médicale interventionnelle. À la différence d'un bloc opératoire classique, une salle de coronarographie est conçue pour accueillir des procédures à visée diagnostique ou thérapeutique, guidées par l'imagerie radiologique en temps réel (image 16).

- Salle de coronarographie

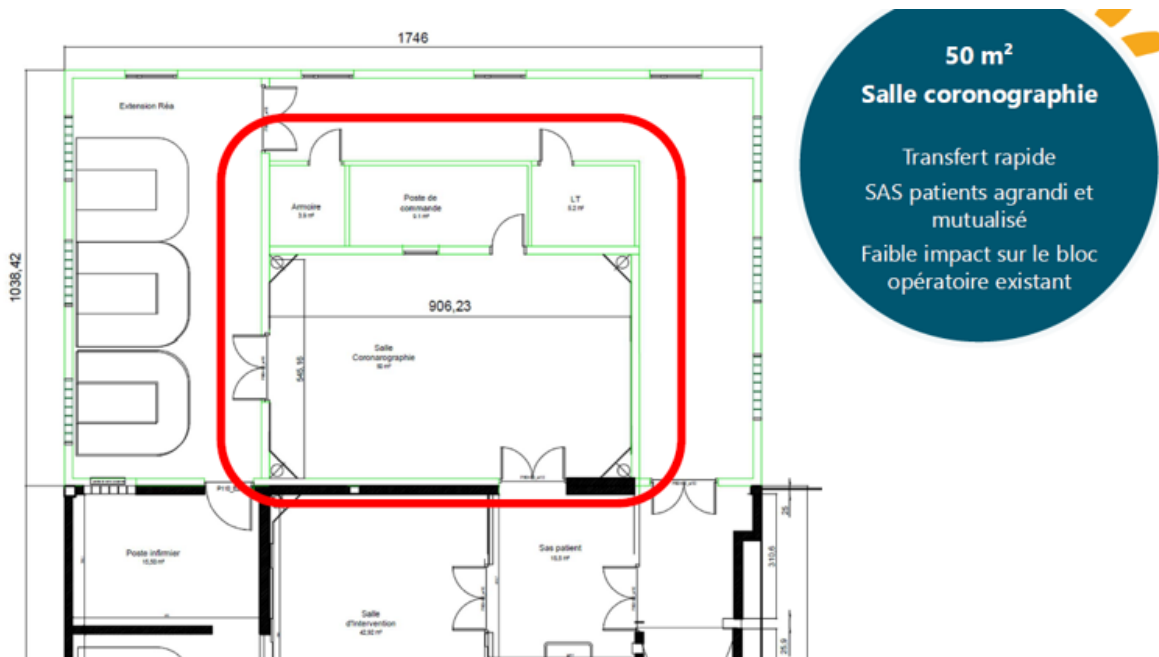


Image 16 : Focalisation sur la salle de coronarographie

La salle doit ainsi être équipée de manière complète, avec des dispositifs couvrant plusieurs domaines : l'imagerie (notamment un arceau radiologique plafonnier), la radioprotection (tabliers et paravents plombés), les injecteurs de produits de contraste, les systèmes de ventilation d'anesthésie, le monitoring des paramètres vitaux, la perfusion, la défibrillation, ainsi que le mobilier médical nécessaire à l'intervention.

Dans la pratique, lorsqu'il est question d'une salle de coronarographie, on utilise fréquemment le terme générique de « salle de coro ». Il s'agit d'un ensemble de dispositifs regroupés dans un même lot technique. En effet, les équipements ne sont pas acquis de manière séparée, comme cela peut être le cas pour une salle standard de bloc opératoire, mais font généralement l'objet d'un achat groupé, proposé par un fournisseur unique ou un consortium industriel. Ce lot comprend généralement l'arceau RX plafonnier couplé à sa table d'opération, l'éclairage scialytique (image 17), le système d'intégration des données, les moniteurs d'imagerie, ainsi que les consoles de commande (image 18). Cette approche par lot facilite à la fois la compatibilité technique entre les équipements de part leur marque en combinant l'intégration informatique et réseau de la salle dans l'ensemble du plateau technique.

**Centre cardiovasculaire
Jean Jaurès****Polyclinique Saint Laurent**

Image 17 : Exemple de salle de coronarographie en France

Moniteur réseaux HD**Salle de commande**

Image 18 : Exemple de systèmes réseau et intégration des données en salle de commande

Il est également important de souligner que la salle est conçue structurellement pour supporter la charge statique et dynamique de l'arceau plafonnier. Cette exigence a été intégrée en amont dans les études architecturales, afin de garantir la stabilité et la sécurité du matériel d'imagerie, tout en préservant l'ergonomie de travail des équipes médicales.

Catégorie et Commentaire	Description Equipement	QTE	Backup
Salle de coronarographie	Salle de coronarographie	1	0
Produit de contraste	Injecteur produit de contraste	1	0
Radioprotection	Tablier Plombé, Cache thyroïde, Lunettes	4	0
Ventilation et anesthésie	Respirateur d'anesthésie	1	1
	Cuve de gaz halogéné (Sevo, Des,...)	1	0
	Respirateur de transport	1	0
	Débitre Air	1	1
	Débitre Oxygène	1	1
Monitoring des paramètres vitaux	Moniteur multiparamétrique	1	0
Système de perfusion	Pied à perfusion	1	0
	Pompe à perfusion	2	0
	Pousses seringues	3	1
Défibrillation	Défibrillateur : avec moniteur	1	1

Image 19 : Plan d'équipements nécessaires à la salle de coronarographie

Après élaboration de notre plan, le coût total estimé pour l'installation complète de la salle de coronarographie s'élève à **1 100 000** euros. Ce montant intègre l'ensemble du «lot coronarographie», les équipements complémentaires (ventilation, défibrillation, système de perfusion, etc...), ainsi que les dispositifs de secours pour quelques catégories d'appareil (image 19).

3.2.2. Phase 2 : Deux chambres d'hospitalisation de trois lits

La deuxième phase du projet porte sur l'installation de deux chambres d'hospitalisation, chacune composée de trois lits (image 20). Cette phase s'inscrit dans la continuité du développement des soins spécialisés initié avec l'ouverture de la salle de coronarographie et de la réanimation. Elle vise principalement à améliorer la qualité des soins pré et post-opératoires, en garantissant un environnement adapté à la surveillance et au confort des patients hospitalisés.

Dans un hôpital, l'unité d'hospitalisation constitue l'espace où les patients sont admis, afin de recevoir des soins médicaux continus, des traitements postopératoires ou une surveillance rapprochée.



Image 20 : Focalisation sur les 2 chambres d'hospitalisation de 3 lits

Le projet prévoit également une extension en escalier au sud du bâtiment existant au, via un couloir central, permettant de relier ces nouvelles chambres à l'ensemble du parcours de soins au rez-de-chaussée. Cette organisation spatiale vise à fluidifier les déplacements du personnel, des patients et de leurs familles, tout en dissociant clairement l'entrée des familles de l'accès réservé aux équipes médicales. Une telle séparation contribue à limiter les allées et venues dans les espaces sensibles, à renforcer la confidentialité, et à garantir une meilleure maîtrise des flux au sein de l'établissement.

Sur le plan fonctionnel de l'hospitalisation, chaque chambre sera équipée de lits médicalisés ajustables, de matelas anti-escarres, de systèmes de monitoring simples, de dispositifs d'aspiration, ainsi que de la ventilation non invasive pour un total estimatif de 80 000 euros (image 21). Le poste infirmier associé permettra un suivi continu des six patients, en s'appuyant sur une organisation adaptée à la charge de travail.

- Deux chambres d'hospitalisation de trois lits

Catégorie et Commentaire	Description Equipement	QTE	Backup
Lits	Lits ajustable	6	0
	Matelas anti-escarres	6	0
Défibrillation	Défibrillateur : avec moniteur	1	0
Ventilation (optionnel)	Débitre Oxygène	6	0
	(Concentrateur d'oxygène)	1	0
Monitoring des paramètres vitaux	Ecg portable	1	0
	Tensiomètres	2	0
	Moniteurs multiparamétriques	6	0

Image 21 : Equipements nécessaire pour les 2 chambres d'hospitalisation

3.2.3. Plus-values du projet pour le CENHOSOA

En conclusion, à l'issue des phases 1 et 2, le projet d'équipement du Centre Hospitalier de Soavinandriana atteint une structuration cohérente et progressive, alignée sur les besoins identifiés en cardiologie. La première phase, consacrée à l'aménagement d'une salle de coronarographie et d'une unité de réanimation de trois lits, permet de poser les fondations techniques et médicales pour la prise en charge des patients.

La deuxième phase vient compléter ce dispositif par l'ouverture de deux salles d'hospitalisation, représentant un total de six lits, et permettant un meilleur encadrement des soins pré et post-opératoires. L'organisation architecturale pensée autour de la dissociation des flux, de l'accessibilité des patients et du confort des familles renforce l'efficacité du parcours de soins.

Le chiffrage budgétaire global de ces deux phases a été estimé à **1 300 000 euros** pour le point de vu biomédical. Ce montant comprend l'intégralité des équipements principaux et les dispositifs de secours (backups). Au final, il s'agit d'un projet prometteur pour renforcer durablement les capacités locales en cardiologie interventionnelle et en chirurgie cardiaque pédiatrique à Madagascar (image 22).

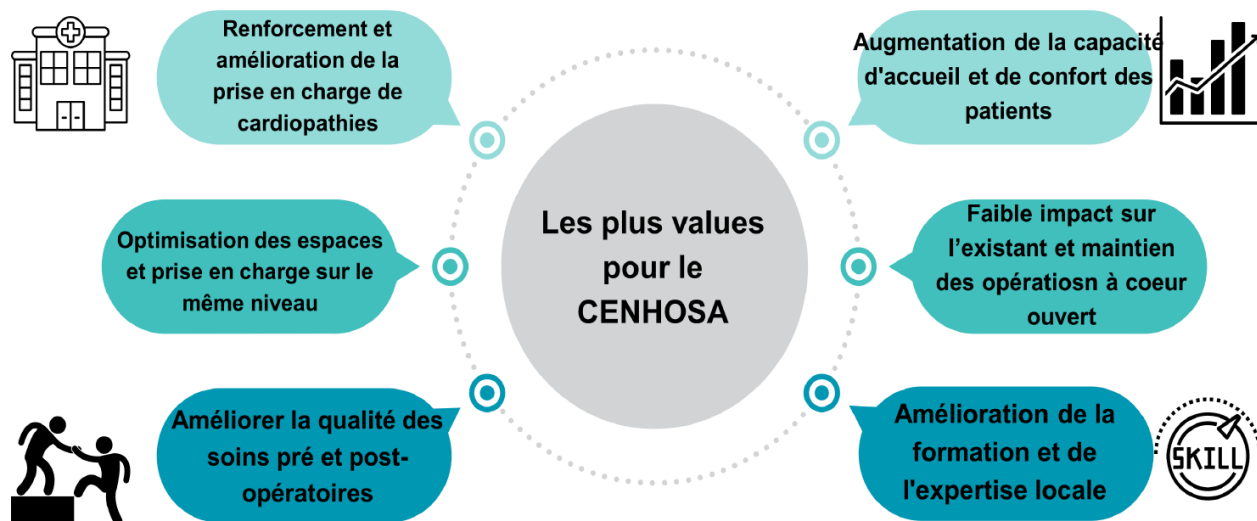


Image 22 : plus-values du projet pour le CENHOSA

3.3. Gestion de l'atelier biomédical de la Chaîne de l'Espoir

Durant le stage, l'une des missions principales a été la gestion de l'atelier biomédical. La Chaîne de l'Espoir dispose d'un espace technique permettant le stockage et l'organisation de la maintenance des dispositifs médicaux.

La gestion de l'atelier repose tout d'abord sur une inventarisation complète et rigoureuse des dispositifs médicaux présents. Chaque appareil est identifié, enregistré et classé selon son état (fonctionnel, à réparer ou hors service), son affectation potentielle et ses besoins en maintenance. Une attention particulière est portée à la disponibilité des accessoires, tels que les câbles ECG, les capteurs SpO₂, ou encore les alimentations électriques, qui conditionnent l'utilisation effective des appareils. Un moniteur, par exemple, ne peut être considéré comme opérationnel que s'il est accompagné de tous ses composants fonctionnels (image 23).

Inventaire Atelier 2024 -2025						
Version du 08/01/2025						
CODE	Nom	Marque	Modèle	Numéro de série	Statut de l'actif	Emplacement de l'actif
	Aspirateur à mucosité	Hersill	V7 max	26838-12-095	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Hersill	V7 max	20541-16-016	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Hersill	V7 max	20541-16-013	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Hersill	V7 max	20541-16-014	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Hersill	V7 max	20541-16-045	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Hersill	V7 max	20541-16-050	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Hersill	V7 max	26838-12-052	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000002	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000010	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000011	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	2100130009	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000001	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000008	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000013	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000005	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000006	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000004	Actif	Atelier (CDE)
	Aspirateur à mucosité	Atmos	Atmoport N	170015725000015	Actif	Atelier (CDE)

Image 23 : Exemple d'inventaire sous Excel des aspirateurs à mucosité

L'activité de l'atelier comprend à la fois de la maintenance corrective, déclenchée en cas de panne, et de la maintenance préventive, réalisée de manière planifiée afin de limiter les risques de défaillance. Cette dernière est particulièrement importante pour prolonger la durée de vie des équipements.

Une des particularité et difficulté de l'ingénieur biomédical en milieu humanitaire est la gestion de l'obsolescence. Contrairement à un hôpital disposant de dispositifs à jour et innovant, l'environnement humanitaire impose de composer avec un parc biomédical hétérogène, souvent ancien et constitué en partie d'équipements issus de donations. Ces dispositifs proviennent généralement d'hôpitaux ayant renouvelé leur propre matériel. Il ne s'agit donc pas de technologies récentes, mais plutôt de systèmes de base, dont la fiabilité doit être évaluée avec rigueur avant d'être remis en service.

La décision de conserver, réparer ou retirer un équipement repose principalement sur l'accessibilité des pièces détachées et sur la capacité à assurer son suivi sur le terrain. L'enjeu est immense : il serait inacceptable, d'un point de vue éthique et opérationnel, d'envoyer un matériel qui risquerait de tomber en panne au bout d'un an, sans possibilité de le réparer. Cette responsabilité incombe directement aux ingénieurs biomédicaux qui doivent évaluer la viabilité de chaque dispositif avant sa mise à disposition. Il est nécessaire notamment de s'assurer de la disponibilité d'un service de maintenance en local au pays de destination de la donation de l'équipement. C'est pourquoi un suivi technique est mis en place pour chaque équipement déployé, afin de garantir sa maintenance continue, tout au long de son cycle de vie.

Ceci permet d'introduire une autre mission : la révision des procédures de donation. En effet, en raison de la problématique de l'obsolescence et du fait que les équipements présents à l'atelier proviennent majoritairement de donations, il a été demandé de revoir ces procédures afin d'éviter l'acceptation systématique de matériel inadéquat.

3.3.1. Revu des procédures de donation

Lorsqu'une proposition de donation d'équipement est reçue par un hôpital ou une société de dispositifs médicaux, la première étape consiste à évaluer sa pertinence par rapport à nos besoins réels. La question posée est simple : cette donation correspond-elle à un besoin concret dans l'un de nos projets ou pays partenaires ? Par exemple, il n'est pas pertinent d'accepter des dispositifs de dentisterie si aucun programme de La Chaîne de l'Espoir ne porte sur ce domaine.

3.3.2. Cas concret avec le Centre Hospitalier Universitaire d'Arcachon

Un cas concret illustre bien cette démarche : une donation proposée par le CHU d'Arcachon avait été émise durant le stage concernant des moniteurs multiparamétriques Philips MX700 et X2 (image 24).



Image 24 : Moniteurs Philips, MX700 et Modules X2

Avant toute validation, une étude technique approfondie a été réalisée (image 25). Elle visait à déterminer si nous disposions des ressources nécessaires pour le reconditionnement du matériel, si les pièces détachées étaient encore disponibles sur le marché, et si des partenaires techniques externes pouvaient en assurer la maintenance sur le terrain.

L'ingénieur biomédical de la CDE






- L'équipement répond-il à nos besoins ?
- Qu'en est-il de l'obsolescence ?
- Prix du reconditionnement ?
- Représentant local ?

Image 25 : étude des ressources et du besoin par l'ingénieur biomédical

Dans ce cadre, un contact a été établi avec la société Philips, qui a confirmé que les MX700 sont prévus en fin de vie en 2028, tandis que les X2 atteindront leur date d'obsolescence dès 2025. Cette information s'est révélée importante : elle permet d'anticiper le remplacement futur des X2, en envisageant une transition vers le modèle X3, et de commencer à planifier un budget adapté.

Malgré cette contrainte temporelle, ces moniteurs présentent des avantages notables pour un des pays partenaire de l'ONG, Madagascar. Ces moniteurs permettent une uniformisation des accessoires, puisque des capteurs et câbles Mindray sont déjà utilisés à Madagascar et sont compatibles avec les moniteurs Philips concernés. Cette cohérence logistique facilite l'approvisionnement et la maintenance, tout en réduisant les coûts.

Une fois la donation validée, une fiche récapitulative est transmise à l'hôpital donateur. Elle mentionne l'ensemble des caractéristiques des équipements (marque, modèle, numéro de série), la raison de la donation (par exemple, un renouvellement de parc), les dernières fiches de maintenance préventive, ainsi que tout besoin identifié en maintenance corrective (image 26).

		Nom et Adresse de l'établissement donateur: Centre Hospitalier d'Arcachon Pôle de santé Avenue Jean Hameau CS 11001 33164, La Teste de Buch Name and Address of the donor establishment:					
		Nom de la personne référente: Yves GUILLOU Ingénieur Services techniques, Biomédicaux et Sécurité Incendie Name of the referee:					
		Contacts de la personne référente: tél: 05 57 52 90 06 email : yves.guilou@ch-arcachon.fr Contacts of the referee:					
Designation de l'Équipement Equipment description	Marque Brand	Model Model	Quantité	Número de série Serial Number	Photos Pictures	Poids Weight	Dimensions (LxH) Dimensions (LxWxH)
Moniteur de surveillance modulaire	PHILIPS	MX 700	1	DE12502765		9,5 kg	392 x 163 x 321 mm
Moniteur de surveillance modulaire	PHILIPS	MX 700	1	DE12502772			
Moniteur de surveillance modulaire	PHILIPS	MX 700	1	DE12502782			
Moniteur de surveillance modulaire	PHILIPS	MX 700	1	DE12502791			
Moniteur de surveillance modulaire	PHILIPS	MX 700	1	DE12502767			
Moniteur de surveillance modulaire	PHILIPS	MX 700	1	DE12502834			
Moniteur de surveillance modulaire	PHILIPS	MX 700	1	DE12502759		1,25 kg	188 x 86 x 99 mm
MODULE ECG PNI SPO2	PHILIPS	X2	1	DE03790248			
MODULE ECG PNI SPO2	PHILIPS	X2	1	DE03790184			
MODULE ECG PNI SPO2	PHILIPS	X2	1	DE03789978			
MODULE ECG PNI SPO2	PHILIPS	X2	1	DE03788770			
MODULE ECG PNI SPO2	PHILIPS	X2	1	DE03789443			
MODULE ECG PNI SPO2	PHILIPS	X2	1	DE03789344			
MODULE ECG PNI SPO2	PHILIPS	X2	1	DE03793931			

Date de mise en service Date of start-up	Date de sortie de service Date of discharge	Motif de donation Reason for donation	Date dernière maintenance préventive Last preventive maintenance date	Disponibilité des pièces détachées Spare parts availability	Date d'obsolescence	Manuel technique et d'utilisation Technical and user's manual
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2028	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2028	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2028	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2028	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2028	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2028	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2025	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2025	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2025	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2025	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2025	Lien
27/03/2012	févr-25	Renouvellement du parc de moniteur	mars-24	Oui	31/12/2025	Lien

Image 26 : Tableau récapitulatif de reprise de matériel

Enfin, chaque donation fait l'objet d'une traçabilité administrative complète, encadrée par un certificat de donation établi entre l'entité donatrice et La Chaîne de l'Espoir, puis entre La Chaîne de l'Espoir et l'hôpital partenaire bénéficiaire (image 27). Ce document, rédigé conformément au décret n° 2024-205 du 8 mars 2024 relatif à l'encadrement des conventions de cession à titre gratuit de matériel médical aux structures de l'économie sociale et solidaire, en application de l'article L. 541-15-13 du Code de l'environnement, formalise le transfert de propriété et de responsabilité. Il précise également que l'usage du matériel transféré est strictement non commercial.

Cette démarche vise à assurer la transparence, la conformité réglementaire et le bon usage des équipements dans le cadre des missions humanitaires.[20]

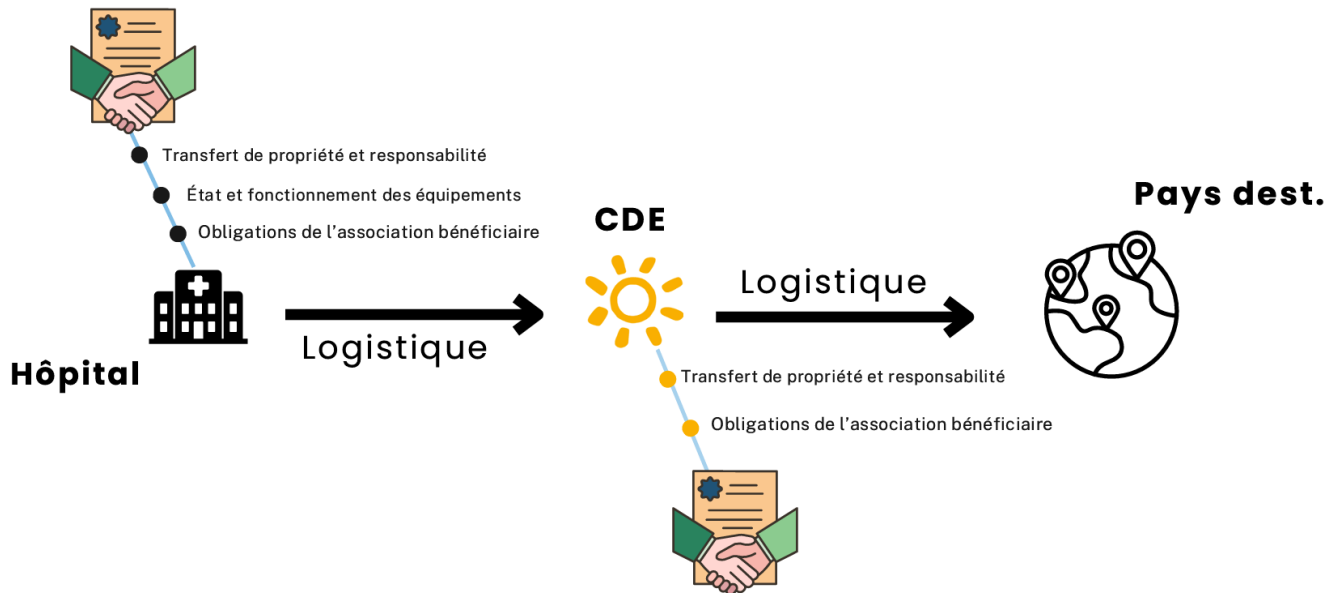


Image 27 : Traçabilité et certificat vers le pays de destination

3.3.3. Mise en place d'une nouvelle GMAO (Fiix)

Dans la continuité des efforts entrepris pour structurer efficacement la gestion de l'atelier biomédical, une étape importante a été franchie avec l'intégration d'un nouvel outil de GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur).

L'équipe infrastructure et biomédicale possède actuellement, Fiix, une GMAO répondant davantage aux besoins spécifiques de La Chaîne de l'Espoir. En effet, la solution précédemment utilisée, Asset+, bien qu'efficace en milieu hospitalier, ne correspondait pas entièrement à nos exigences en contexte humanitaire, notamment pour le suivi multisite à travers plusieurs pays et la gestion des équipements issus de dons. Le choix s'est alors porté sur Fiix, un outil de GMAO plus flexible et assez intuitif à l'usage (image 28) [21].

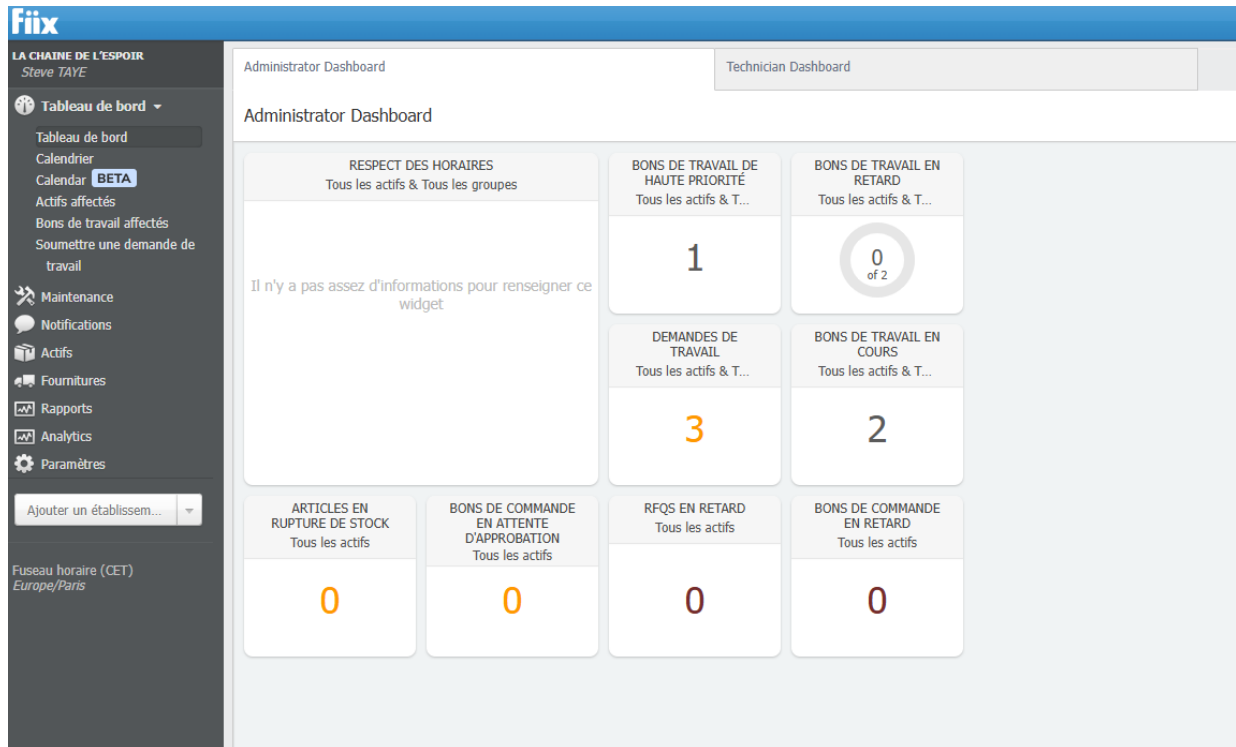


Image 28 : interface d'entrée sur Fiix

Ceci introduit la mission de mettre en service cette nouvelle plateforme. La première étape a consisté à organiser une réunion avec l'ensemble des ingénieurs biomédicaux, afin de définir les procédures d'utilisation et les règles communes de gestion du système. Cette réunion a permis de cadrer l'utilisation des comptes : deux accès utilisateurs avaient été achetés avec l'objectif de les mutualiser entre les membres de l'équipe.

Une fois ce cadre posé, il a été décidé que chaque équipement enregistré dans la GMAO devrait contenir les informations suivantes (en gras les essentiels) :

- **Code équipement**
- **Nom**
- **Marque**
- **Modèle**
- Statut
- **Catégorie**
- **Emplacement**
- Description
- **Numéro de série**
- Date d'achat
- Donation
- Date de fabrication

Le code de l'équipement est matérialisé par une étiquette GMAO composé de 4 chiffres apposée physiquement sur le dispositif. Cet identifiant unique propre à la Chaîne de

l'Espoir permet aux ingénieurs de retrouver directement les informations de l'équipement dans la GMAO en écrivant uniquement 4 chiffres dans les filtres.

La question de la classification des équipements s'est ensuite posée. Dans un premier temps, il avait été envisagé une organisation par services cliniques (par exemple : stérilisation, bloc opératoire, réanimation) comme il est visible sur l'image 29.

<input type="checkbox"/>		Atelier (ANCIEN)	CDE	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>		Anesthésie & Réanimation	AN & REA	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Monitoring & Surveillance	MON & SURV	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Transport	TRANS	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Maternité	MAT	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Imagerie Médicale	IM	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Bloc opératoire	BLOC	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Exploration Fonctionnelle	EXP	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Perfusion	PERF	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Urgence & Consultation	URG & CONS	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Dialyse	DIAL	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Unité d'alimentation électrique 1	UAE10	Unité d'alimentation électrique
<input type="checkbox"/>		Stérilisation	STE	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Stomatologie	STO	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Médecine Nucléaire & Radiothérapie	NUC & RAD	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Laboratoire	LAB	Groupe équipement
<input type="checkbox"/>		Endoscopie	ENDO	Groupe équipement

Image 29 : Template par catégorisation de services cliniques

Cependant, cette approche s'est révélée imprécise, certains dispositifs pouvant appartenir à plusieurs services à la fois et sachant que l'ONG n'est pas un hôpital, il fut difficile de se repérer.

Une approche plus efficace a été alors proposée, en classant les équipements par catégories fonctionnelles, telles que : monitoring, ventilation, aspiration, perfusion, etc... (image 30). Ce système de classement est plus clair, plus logique dans notre contexte et surtout rapide à la recherche d'un équipement dans la base de données.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Atelier Biomédical CDE 2.0	CDE-BIOMED-AT...	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Urgence	URG	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Monitoring	MON	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Néo - Pédiatrique	NEO	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aspiration	ASP	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chirurgie	CHI	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ventilation	VNT	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Imagerie Médicale	IMG	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Perfusion	SAP	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Equipement à identifier	INC	Atelier Biomedical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mesures Physiologique	PHY	Atelier Biomedical

Image 30 : Disposition par catégories fonctionnelles

Une fois cette structure définie, s'ensuit ce que l'on appelle la « codification » dans le domaine de l'archivage. Ce principe consiste à attribuer une nomenclature précise et standardisée à chaque catégorie d'information enregistrée dans la base de données de la GMAO, qu'il s'agisse de la localisation, du type d'équipement ou de l'établissement de santé bénéficiaire du soutien de la Chaîne de l'Espoir.

Par exemple, pour la localisation d'un pays, un code tel que CDE_BIOMED_MG est utilisé, « CDE » désignant La Chaîne de l'Espoir, « BIOMED » désignant le service biomédical du pays, et « MG » désignant le code ISO international de Madagascar. En lisant un tel code, il est obtenu : *Service biomédical de la Chaîne de l'Espoir à Madagascar*.

Pour les établissements hospitaliers, une abréviation est attribuée : dans le cas du Mali, HMEL correspond à l'Hôpital Mère-Enfant du Luxembourg. Enfin, chaque équipement biomédical est identifié à travers un code propre, combinant une catégorie fonctionnelle (comme "VNT" pour ventilation ou "MON" pour monitoring) et son identifiant unique GMAO de 4 chiffres apposé physiquement sur le dispositif.

Cette logique de codification assure une cohérence dans l'archivage, facilite les recherches dans la base de données et contribue à une meilleure traçabilité des équipements à travers les différents sites d'intervention.

Une fois la codification terminée, une disposition Excel a été conçue permettant de regrouper les informations techniques de tous les équipements stockés à l'atelier. Plutôt que d'entrer manuellement chaque dispositif un à un dans la GMAO, une méthode d'importation en masse a été privilégiée. Pour ce faire, une prise de contact avec le service client de Fiix a été réalisé, pour communiqué cette procédure d'importation.

Grâce à cette démarche, les ingénieurs ont pu téléverser en quelques clics près de 450 équipements, accompagnés de leurs données techniques et codification directement dans le système.

Ce travail de mise en place de la GMAO a permis de poser les bases d'une gestion informatisée, centralisée et évolutive. Les prochaines d'évolutions prévues dans l'utilisation cette outil consisteront à configurer des alertes périodiques, permettant le suivi automatisé des maintenances préventives pour chaque équipement. Cette tâche pourra être reprise et poursuivie par un futur stagiaire ou collaborateur technique au sein de La Chaîne de l'Espoir, garantissant la continuité de l'amélioration du système.

À ce jour, la plateforme permet déjà d'accéder à l'historique des interventions, aux données relatives aux pannes, et d'exploiter une arborescence organisée par pays et par hôpital, ce qui représente une avancée significative pour l'équipe biomédicale. Cette nouvelle organisation facilite alors en quelques coup d'œil le suivi des dispositifs médicaux à travers les continents (image 31 et 32).









Actifs  <input type="text" value="filtrer par Catégorie : Groupe d'équipement"/>							
<input type="checkbox"/> Emplacement	Code	Catégorie	Modèle	Marque	Numéro de série	Description	Emplacement de l'actif
<input type="checkbox"/>  MADAGASCAR	CDE-BIOMED-MG	Localisation					
<input type="checkbox"/>  MALI	CDE-BIOMED-ML	Localisation					
<input type="checkbox"/>  UKRAINE	CDE-BIOMED-UA	Localisation					
<input type="checkbox"/>  Inventaire Biomédical de Prêt	CDE-BIOMED-PR...	Localisation				Inventaire d'équipements biom...	
<input type="checkbox"/>  Atelier (ANCIEN)	CDE	Atelier Biomedical					
<input type="checkbox"/>  Atelier Biomédical CDE 2.0	CDE-BIOMED-AT...	Atelier Biomedical				Atelier biomédical situé au -1, s...	
<input type="checkbox"/>  AXILIS Stockage	CDE-BIOMED-AXI	Inventory Storage					

Image 31 : Arborescence par pays

Actifs		filtrer par Catégorie : Groupe d'équipement	
Emplacement	Code	Catégorie	
<input type="checkbox"/> - MADAGASCAR	CDE-BIOMED-MG	Localisation	
<input type="checkbox"/> - Cenhosoa	CHS	Localisation	
<input type="checkbox"/> + MODULE DE TEMPERATURE 4...	cde-mtc	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + MODULE CONTROLEUR DE P...	cde-mcp	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + MODULE INTERFACE	cde-mi	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + MODULE CONTROLEUR DE N...	cde-mcn	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + pompe à galet SIMPLE TETE ...	cde-drp85	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + pompe à galet SIMPLE TETE ...	cde-rp150	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + MODULE DE COMMANDE PO...	cde-mccc	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + MELANGEUR COMPLET DE G...	cde-mcge	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + CLAMP RETOUR VEINEUX	cde-crv	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + MODULE DE DECHARGE	cde-md	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + MODULE D'AFFICHAGE ET DE...	cde-mac	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> + PANNEAU DE COMMANDE PO...	cde-pcmc	Groupe équipement	
<input type="checkbox"/> EP-PACK	cde-ep	Groupe équipement cec	
<input type="checkbox"/> - MALI	CDE-BIOMED-ML	Localisation	
<input type="checkbox"/> - Centre Hospitalier Mère Enfant Le ...	HMEL	Localisation	
<input type="checkbox"/> MONITEUR MP 29	MMp38	MONITEUR MULTIPARAMÉT...	
<input type="checkbox"/> + UKRAINE	CDE-BIOMED-UA	Localisation	
<input type="checkbox"/> + Inventaire Biomédical de Prêt	CDE-BIOMED-PR...	Localisation	
<input type="checkbox"/> + Atelier (ANCIEN)	CDE	Atelier Biomedical	
<input type="checkbox"/> + Atelier Biomédical CDE 2.0	CDE-BIOMED-AT...	Atelier Biomedical	
<input type="checkbox"/> AXILIS Stockage	CDE-BIOMED-AXI	Inventory Storage	

Image 32 : Disposition de la GMAO FIIX finalisé

3.3.4. Organisation d'une « journée bénévoles » et supervision de l'entretien de l'atelier biomédical

Deux fois par an, La Chaîne de l'Espoir organise une journée dédiée aux bénévoles techniques, rassemblant ingénieurs biomédicaux, techniciens, spécialistes en infrastructures et experts de terrain. Cette journée a pour objectif de renforcer les liens avec ce réseau de professionnels engagés, tout en leur présentant les projets en cours, les avancées techniques et les perspectives de développement du département infrastructure et biomédical (image 33). Les bénévoles mobilisés dans ce cadre sont des professionnels actifs ou retraités formidables, qui choisissent de mettre leurs compétences au service de l'ONG, sans aucune contrepartie financière. Leur motivation repose sur un engagement humanitaire fort et le partage des valeurs de solidarité, de rigueur et d'impact durable que porte La Chaîne de l'Espoir.



Image 33 : Présentation des projets de la Chaîne de l'Espoir aux bénévoles

À l'occasion de l'une de ces journées, une mission de coordination des travaux menés dans l'atelier biomédical a été menée, en collaborant avec les bénévoles et ingénieurs présents. Cette journée a été pensée comme une opportunité pour avancer concrètement sur plusieurs volets liés à la maintenance, le dépannage et la remise en ordre des dispositifs médicaux stockés à l'atelier.

Avec l'appui de la coordinatrice technique du département, un planning détaillé de la journée a été diffusé en amont auprès des participants (image 34). L'objectif était de répartir les tâches de manière fluide et de valoriser les compétences spécifiques de chaque bénévole. L'équipe mobilisée présentait une grande diversité de profils, avec des expertises dans des domaines tels que la CEC (circulation extracorporelle), la ventilation et le monitoring multiparamétrique. L'avantage est que ce sont exactement ce type d'équipement présent à l'atelier.

Organisation pour l'atelier, journée bénévole le 21 mai

Alaeddine BOUTUIL
 À : Elena LOPEZ SANZ
 Cc : Kaotoan SIENG; Steve TAYE; Hélène JOUOT (CAMUSET); Amal BOULAKAL; Manon ORY; Sauveur HIRWA; Marta BRANCALEONI

Mer 07/05/2025 15:44

Salut à tous,

Je vous transmets par écrit ce que je vois pour l'organisation du travail à l'atelier pour le 21 mai. Si ça ne vous plaît pas, on change, il n'y a pas de soucis.

Des équipes, composé des meilleurs du domaine biomed et infra 🤗

Kaotoan et Adolph au -1 :
Check des modules de CEC ==> Identification des pièces détachés des S3/S5 + Test de fonctionnement. Si fonctionne alors poser une étiquette GMAO. Sinon mettre le module dans une case à part pour recyclage ou réparation dans le futur.

Steve et Sébastien au -1 :
Check des pièces détachés en ventilation ==> Test des respi (allumage) + Identification des pièces détachés (donner un avis si pertinent de garder la pièce ou non)

Alaeddine et 1 ou 2 bénévoles (1 infra et 1 biomed) au -1 :
Check des pièces détachés des moniteurs ==> identification + test + tri des accessoires tel que Brins ECG, Cable SPO2, Pni par marque. Ecrire toutes les données sur un PC

Sauveur et l'équipe infra au +1 :
Check des systèmes de perfusion ==> Identification des appareils et accessoires de perfusion + Test de fonctionnement (si possible) + **Coller les étiquettes GMAO sur chaque appareil.**
 Ici, il faudra une personne en retrait pour se concentrer sur l'écriture des données (numéro de série, réf, modèle, marque,) pour chaque appareil.

 Sur chaque équipe, vous aurez un inventaire des équipements extrait des archives. Il suffit de cocher si l'appareil est bien présent sinon le rajouter.

@Elena LOPEZ SANZ Si tu peux rester en backup pour assurer la coordination au +1, ça serait super.

Et si possible, demander aux bénévoles, en fonction de s'ils sont en activité ou non, des instruments pour tester :
 - CEC
 - Perfusion (mesure du débit du fluide)
 - Moniteurs (ECG, PNI, SPO2)

Merci beaucoup.

Elena LOPEZ SANZ
 À : Alaeddine BOUTUIL
 Cc : Kaotoan SIENG; Steve TAYE; Hélène JOUOT (CAMUSET); Amal BOULAKAL; + 3 autres

Mer 07/05/2025 18:00

Merci beaucoup Alaeddine !! Bien sur tu peux compter sur moi pour la coordination au +1
 Je vais demander aux bénévoles pour les instruments reçus.

Bonnes petites vacances à tous.tes
 ↩

Elena LÓPEZ SANZ
 Coordinatrice technique du Département Infrastructure et Biomédical
 Direction de l'Expertise Technique
 +33 6 27 76 76 67
 56 rue des Morillons
 CS 17938
 75730 Paris Cedex 15
 France
www.chainedelespoir.org
 facebook.com/chainedelespoir
 twitter.com/chainedelespoir




Image 34 : Organisation en amont de la journée bénévole

Durant cette journée, il a été assuré de piloter ces opérations, d'assurer une bonne circulation des informations techniques, de suivre l'avancement des diagnostics et de veiller à la mise à jour des fiches de maintenance pour chaque dispositif traité.

Parmi les réparations les plus significatives, il peut être citer l'intervention sur un compresseur Maquet de la société Getinge (image 35)



Image 35 : Compresseur Maquet

Ce compresseur est utilisé pour tester les respirateurs stockés dans l'atelier. En effet, contrairement à un hôpital équipé d'un réseau centralisé de gaz médicaux, l'atelier de la Chaîne de l'Espoir ne dispose pas d'une telle infrastructure. Les ingénieurs biomédicaux ont donc mis en place un système autonome basé sur ce compresseur, capable de fournir une pression allant jusqu'à 3 bars, nécessaire pour déclencher l'ouverture des valves inspiratoires et expiratoires des respirateurs.

Cette réparation a permis de relancer les tests et la maintenance d'un respirateur de réanimation de marque Dräger, modèle Evita S (image 36). Bien que ce modèle soit aujourd'hui obsolète en France, il reste parfaitement fonctionnel et adapté à une utilisation dans certains hôpitaux en Afrique, pour lesquels La Chaîne de l'Espoir intervient.



Image 36 : Respirateur Evita S de chez Dragër

En parallèle, la maintenance préventive d'un module de circulation extracorporelle (CEC) de marque Stockert, modèle S3 (image 37) a été faite. Ce dispositif est utilisé pour les chirurgie cardiaque à cœur ouvert. Il permet d'assurer la circulation et l'oxygénation du sang en dehors du corps, en remplaçant temporairement les fonctions du cœur et des poumons du patient durant l'opération.





Image 37 : Module CEC de la marque Stockert, modèle S3

Dans la continuité de cette journée, plusieurs pousses-seringues de marque Fresenius ont également été testés, diagnostiqués et, pour certains, remis en état de fonctionnement (image 38). Ce type de matériel est largement utilisé dans les unités de soins intensifs et permettent l'administration précise de médicaments avec un débit fixe sur plusieurs heures.



Image 38 : Test de pousses seringues Fresenius

Un temps de rangement et de réorganisation de l'atelier a également été consacré à la remise en ordre des outils techniques tels que les tournevis, appareils à souder, câbles de test, ... (image 39).



Image 39 : Rangement des outils de test

En parallèle, les ingénieurs en bâtiment et les architectes bénévoles ont profité de cette journée pour organiser une réunion de capitalisation des compétences (image 40). Ce moment d'échange a permis de partager les retours d'expérience, les bonnes pratiques techniques et les pistes d'amélioration en lien avec les infrastructures hospitalières.



Image 40 : Réunion ingénieurs constructions et architectes pour le partage des compétences

Finalement, une profonde gratitude a été adressé envers l'ensemble des bénévoles. Ce sont des personnes exceptionnelles qui choisissent de consacrer leur temps personnel,

parfois même professionnel, à contribuer bénévolement au développement de projets humanitaires. Grâce à leur expertise et à leur engagement sans contrepartie, La Chaîne de l'Espoir progresse chaque jour vers des plans d'amélioration continu.



Image 41 : Photo de l'équipe infrastructure et biomédicale avec les bénévoles

4. Bilan personnel des missions de l'ingénieur biomédical en contexte humanitaire : entre exigences techniques et engagement humain

Dans un contexte humanitaire, le rôle de l'ingénieur biomédical ne se limite pas à des compétences techniques et de gestion de projet. Il implique également une grande sensibilité aux réalités humaines, culturelles et sociales du terrain. Cette dimension humaine, parfois sous-estimée dans les formations classiques d'ingénierie devient centrale dans des environnements fragiles, multiculturels et souvent marqués par l'urgence.

4.1. Adaptation culturelle

En effet, l'ingénieur biomédical humanitaire est amené à travailler dans des pays où les pratiques médicales, les modes de communication et les références culturelles diffèrent fortement de celles auxquelles il est habitué en France. Il doit faire preuve d'une capacité d'adaptation : comprendre les besoins locaux et proposer des solutions qui soient réalistes et acceptées sur le terrain.

Au cours de mon stage, cette nécessité d'adaptation s'est manifesté, par exemple, dans le choix des dispositifs à envoyer. Il ne suffisait pas qu'un équipement soit performant : il fallait s'assurer qu'il soit compatible avec les habitudes de travail du personnel local, avec les conditions environnementales (chaleur, humidité, instabilité électrique) et surtout qu'il puisse être réparé facilement sur place, sans dépendre d'un fournisseur distant ou coûteux.

4.2. Responsabilités de l'ingénieur en milieu humanitaire

Enfin, l'ingénieur biomédical porte une responsabilité importante. Il contribue, par ses choix, à réduire ou aggraver les inégalités d'accès aux soins. Choisir un équipement trop sophistiqué ou mal adapté peut être inutile et aussi contre-productif s'il devient vite inutilisable ou crée une dépendance non maîtrisée pour les équipes médicales locales.

La relecture des procédures de donation durant mon stage m'a particulièrement sensibilisé à cet aspect. Il ne s'agit pas simplement de donner du matériel réformé qui ne sert plus en France, mais de répondre à un besoin identifié, dans un cadre éthique, transparent et en pensant à la maintenance future.

4.3. Bilan personnel du stage

Mon stage au sein de La Chaîne de l'Espoir a constitué une expérience significative sur le plan humain et professionnel. Il m'a permis de découvrir les multiples facettes du métier d'ingénieur biomédical en contexte humanitaire. Une fonction à la fois technique, logistique, organisationnelle et profondément humaine. J'ai pu participer à des missions concrètes, telles que l'achat d'équipements pour des structures de santé à Madagascar, la gestion d'un atelier biomédical, l'intégration d'une solution de GMAO.

Sur le plan personnel, ce stage m'a aidé à développer mon sens de l'adaptation, ma rigueur et ma capacité à travailler en équipe dans un environnement multiculturel. Il a renforcé ma motivation à m'engager dans des projets qui ont du sens et un impact social direct.

De plus, cette immersion m'a permis d'approfondir mes compétences techniques (gestion de parc biomédical, planification logistique, maintenance, GMAO), tout en découvrant les réalités de terrain que l'on ne rencontre que rarement dans le cadre académique. J'ai également pris conscience de l'importance des compétences transversales : la communication, la gestion de projet, la prise de décision et l'analyse critique des besoins.

4.4. Quel avenir pour le biomédical humanitaire ?

L'ingénierie biomédicale en contexte humanitaire est un domaine en pleine évolution. Face aux défis sanitaires mondiaux et à l'évolution rapide des technologies médicales, le

besoin d'ingénieurs biomédicaux compétents, adaptables et conscients de leur responsabilité sociale est plus grand que jamais.

À l'avenir, il est probable que les approches deviennent plus intégrées, associant ingénierie, santé publique et développement durable. Le rôle de l'ingénieur biomédical humanitaire ne sera pas uniquement de fournir du matériel et former le personnel sur place mais probablement de co-construire des systèmes de santé résilients, en collaboration avec les acteurs locaux.

Ce stage a été une prise de conscience et peut-être le point de départ d'un engagement professionnel à long terme dans ce domaine porteur de sens.

Bibliographies

- [1] United Surgeons for Children, « Alain Deloche, Founder ». Année 2025. Disponible sur: <https://usfc.org/who-we-are/alain-deloche/>
- [2] La Chaîne de l'Espoir, « Notre organisation », Année 2025. Disponible sur: <https://www.chainedelespoir.org/notre-organisation/>
- [3] « Serveur interne de La Chaîne de l'Espoir ».
- [4] La Chaîne de l'Espoir, « Construction et équipement d'hôpitaux », Disponible sur: <https://www.chainedelespoir.org/domaine/construction-et-equipement-dhopitaux/>
- [5] « Serveur interne de La Chaîne de l'Espoir »,
- [6] A. Boutuil, « Auteur », juillet 2025.
- [7] La Chaîne de l'Espoir, « Transparence financière », Année 2023. Disponible sur: <https://www.chainedelespoir.org/transparence-financiere/>
- [8] « Médecins du Monde », Médecins du Monde. Disponible sur: <https://www.medecinsdumonde.org/>
- [9] La Chaîne de l'Espoir, « Réhabilitation d'une unité de soins cardio-pédiatriques à Madagascar, en 2021 », 5 août 2024. Disponible sur: <https://www.chainedelespoir.org/actualites/sur-le-terrain/rehabilitation-dune-unite-de-soins-cardio-pediatriques-a-madagascar-en-2021/>
- [10] Bouygues Construction, « Bouygues Bâtiment International ». Disponible sur: <https://www.bouygues-construction.com/groupe/filiales/bouygues-batiment-international>
- [11] La Chaîne de l'Espoir, « Madagascar : premières opérations à cœur ouvert ». 5 Août 2024. Disponible sur: <https://www.chainedelespoir.org/actualites/sur-le-terrain/madagascar-premieres-operations-a-coeur-ouvert/>
- [12] « praxial-med.com », Praxial. Année 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://praxial-med.com/>
- [13] « Centre d'Affaires Médical - Leader Du Matériel Médical Reconditionné Et Neuf Depuis 1996 ». Disponible sur: <https://www.medical.fr>
- [15] « Axelis+ : Solutions Logistiques de Proximité à Paris », Axelis+. Année 2016. Disponible sur: <https://www.logistiquecitoyenne.com/axelis-plus-solutions-logistiques-p>
- [16] Elsan, « Coronarographie ». Disponible sur: <https://www.elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/maladies-vasculaires/coronarographie-examen-deroulement-suite>
- [17] Mayo Clinic, « 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines ». 7 novembre 2023. Disponible sur: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001039>
- [18] K.R, « Zonages et comportement au bloc opératoire », Mon Bloc Opératoire. 9 mai 2020. Disponible sur: <https://www.monblocoperatoire.com/zones-traitement-de-lair-et-comportement-au-bloc-operatoire/>
- [19] Architecture et Climat, « Zones à risque de contamination élevé de l'hôpital », Energie Plus Le Site. 25 septembre 2007. Disponible sur: <https://energieplus-lesite.be/concevoir/climatisation3/exemples-pour-des-locaux-specifiques3/zones-a-risque-de-contamination-eleve-de-l-hopital/>

- [20] Gabriel Attal, *Décret n° 2024-205 du 8 mars 2024 relatif à l'encadrement des conventions de cession à titre gratuit de matériel médical aux structures de l'économie sociale et solidaire par l'article L. 541-15-13 du code de l'environnement - Légifrance*, 10 mars 2024. Disponible sur :
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049253259>
- [21] « Rockwell Automation », Fiix. Année 2025. Disponible sur:
<https://fiixsoftware.com/>