

Rapport final

Projet KERAAL

Equipe: Philippe Baumstimler, Ziqi Ma, Mohamed Aziz Ghaddab



Sommaire

Introduction	3
Cadre du projet	4
Enjeux et contexte	4
Parties prenantes	5
Exigences	6
Etats des lieux Matériel	8
Matériel système de changement de position	10
Matériel POPPY	10
Matériel POPPY de rechange	10
Laboratoire U2IS	10
Livrables	11
Rapport intermédiaire	11
Bilan carbone	11
Manuel d'utilisation	11
Rapport de conception	12
Rapport de tests	12
Rapport final	12
Organisation du projet	13
Objectifs	13
Composition de l'équipe et répartition des rôles	14
SWOT	15
RACI et WBS	16
Solution technique	20
Choix de réalisation	20
Besoins matériels	20
Phase de tests	21
La maîtrise du projet	22
Communication	22
Gestion du budget	23
Analyse des risques	23
Planification	29
GANTT initial	29
GANTT final	30
Analyse des écarts	31
Synthèse globale	32
Retour d'expérience	32
Ziqi MA	32
Philippe BAUMSTIMLER	33

Mohamed AZIZ GHADDAB	33
Conclusion	35
Remerciements	36

1. Introduction

Ce document est une description complète et détaillée du déroulement du projet et de sa gestion. Un premier rapport intermédiaire a été réalisé courant janvier, et décrivait les objectifs et les attentes que nous avions du projet. Ainsi, sera décrit dans ce rapport final, les écarts entre la réalité du projet actuel et de son avancement par rapport aux objectifs fixés en janvier.

L'analyse des raisons de ces écarts est une chose essentielle à la compréhension des enjeux et impératifs intrinsèques au projet, et représente un élément important à la bonne transmission du projet à l'équipe suivante. C'est selon ce principe que ce document et le projet dans sa globalité ont été menés : proposer des fondations solides et une transparence totale.

2. Cadre du projet

2.1. Enjeux et contexte

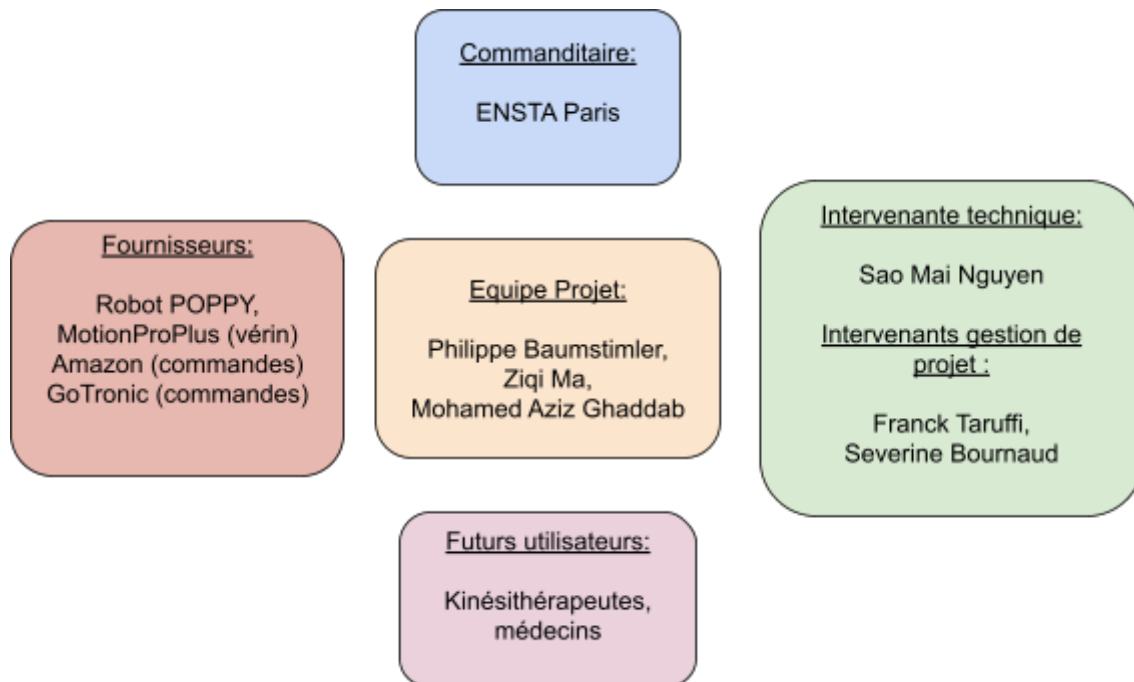
Le monde de la kinésithérapie fait face à une forte demande, la rééducation nécessitant une attention particulière des spécialistes envers les patients, notamment dans la bonne réalisation des exercices prescrits à chacun d'entre eux. Afin de permettre aux spécialistes de donner un suivi pertinent à leurs patients, tout en augmentant le temps utile passé avec eux, il a été pensé d'adapter le robot humanoïde POPPY au monde de la kinésithérapie, au travers du projet européen KERAAL.

Il y a quelques années, l'IMT Atlantique a créé ce robot coach pour aider les patients atteints de lombardie. Ce coach peut montrer des exercices de rééducation aux patients, regarder ses mouvements, les analyser en les comparant à une base de donnée de référence et faire un retour en les encourageant.

L'objectif fixé initialement dans le rapport intermédiaire était d'améliorer les capacités du robot, selon les travaux déjà réalisés par l'équipe précédente. Nous avons alors divisé le projet en deux grandes parties à savoir une partie mécanique et une partie informatique. La première consistait à permettre le changement de position du robot et son maintien par un système de soutien mécanique. Une solution a été proposée par l'ancienne équipe, l'objectif était donc de l'analyser, de la valider ou non et de soumettre la solution retenue. La seconde partie consistait en l'analyse des performances par comparaison à une base de données et l'amélioration de l'algorithme de détection de squelette du patient retenu par l'équipe précédente, pour une caméra quelconque. Cette description correspond en réalité à l'objectif du projet dans sa globalité.

Tout au long du projet nous avons maintenu la division du projet en deux parties, informatique et mécanique, car cela permettait une meilleure distinction des tâches et organisation du travail. Néanmoins, l'objectif initial pour notre équipe a été revu à la baisse pour résoudre les problèmes liés au manque de ressources humaines et temporelles mais aussi face aux imprévus techniques rencontrés lors de la phase d'assemblage du robot. Il en va de même pour la division des tâches qui a subi plusieurs modifications directement liés à ces imprévus. L'ensemble des raisons qui nous ont poussés à modifier l'objectif que nous nous étions fixés, ainsi que les modifications apportées à l'organisation du projet seront détaillés dans la suite du rapport.

2.2. Parties prenantes



Les parties prenantes du projet sont tous les acteurs qui y prennent part et/ou qui sont impactés par ce dernier. Depuis le premier rapport, ces acteurs n'ont que très peu évolué. On retrouve d'une part l'ENSTA Paris, commanditaire du projet, mais aussi tous les membres de notre équipe qui ont accepté la requête de l'école. Un des membres de notre équipe, Philippe NGAHBI, nous a quitté pour des raisons académiques, réduisant la taille du groupe à trois membres actifs, dont deux directement sur site et un (Mohamed AZIZ GHADDAB) à distance pour des raisons académiques également.

Font également partie du projet les intervenants techniques et de gestion de projet, qui nous guident et nous aident dans nos démarches scientifiques et organisationnelles. Ces personnes ont continué de nous suivre tout au long du projet.

Les fournisseurs, POPPY pour le robot et MotionProPlus pour le vérin électrique, jouent un rôle important dans la maintenance et l'obtention de matériels adaptés au projet. S'ajoutent à ces deux fournisseurs ceux qui nous ont fourni les nouveaux composants commandés par notre équipe.

Enfin, ce projet est à destination des kinésithérapeutes et médecins, afin de les accompagner dans leur travail au quotidien. Ils restent le cœur même de la clientèle potentielle du projet.

2.3. Exigences

Cette section fait référence aux exigences globales du projet KERAAL. Ce sont les exigences fixées que nous devons respecter, peu importe la phase d'avancement. Nous avons donc récupéré les exigences globales du robot du rapport initial, auxquelles nous avons apporté quelques modifications.

D'un point de vue global, le plus important est que le robot soit manipulable facilement et rapidement par n'importe qui et sans contrainte sur la salle.

Le système de changement de position doit être fiable et sécurisé. Il doit permettre de maintenir stable le robot dans chacune des positions souhaitées. Le changement doit s'effectuer de manière fluide, pas nécessairement de manière naturelle, en un temps raisonnable.

Le système de détection de squelette doit également être fiable. La détection doit pouvoir se faire en temps réel au travers d'une caméra, pour permettre une interaction avec le patient, en le félicitant ou en le corrigeant.

Après discussion avec notre encadrante technique, de nouveaux objectifs ont vu le jour, notamment la nécessité d'ajouter au système de changement de position un support adapté qui lui sera propre et fera partie intégrante du projet. Ci-dessous se trouve la liste détaillée des exigences du projet.

Exigences globales	
G1	Le robot doit être codé en langage Python.
G2	Le robot doit utiliser un système de caméra autre que la Kinect.
G3	Le robot doit être utilisable par des thérapeutes en hôpital.
G4	Une personne externe au projet doit être capable de l'utiliser sans demander de l'aide.
G5	Le robot doit pouvoir être mis en place en 30 minutes maximum.
G6	Le robot doit pouvoir être installé dans n'importe quelle salle.
G7	La caméra doit être calibrée en moins de 25 secondes (+/- 5 sec).
G8	Le patient ne doit pas être amené à porter des vêtements ou des accessoires trop volumineux.
G9	Le robot doit proposer au moins 5 exercices de kinésithérapie.
G10	Le robot doit indiquer les moments de respiration.
G11	Le budget du projet ne doit pas dépasser les 250€.

Changement de position	
P1	Le robot doit pouvoir effectuer les mouvements de kinésithérapie établies par les médecins dans chaque position.
P2	Le robot doit pouvoir basculer entre les positions suivantes dans un délai de 50 (+/- 10) secondes (moins étant préférable): <ul style="list-style-type: none"> - assis (sur le sol) - debout - sur les genoux - allongé sur le dos
P3	La maintenance du système de changement de position doit être simple
P4	Le système de changement de position ne doit pas basculer
P5	Le changement de position ne doit pas mettre en danger la sécurité des utilisateurs
P6	Le système de changement de position ne doit pas abîmer le robot
P7	Le robot doit pouvoir changer de positions sans tomber.
Support système mécanique	
S1	Doit pouvoir être déplacé facilement
S2	Doit être facilement maintenable
S3	Doit être stable sur la plupart des sols dans un bâtiment et pendant les phases de mouvement du robot
S4	Doit supporter le poids du robot et du système de changement de position
Détection du squelette	
I1	Le robot doit être capable de conclure sur la bonne exécution d'un exercice et les points d'amélioration, s'ils existent.
I2	Le robot doit être capable de corriger un mouvement incorrect réalisé par le patient.
I2.1	Il doit pouvoir détecter le mouvement incorrect et l'annoncer.
I2.2	Il doit être capable d'effectuer le mouvement incorrect pour montrer l'erreur au patient.
I2.3	Il doit être capable d'effectuer le mouvement correct pour le remontrer au patient.

I3	Le robot doit être capable d'enregistrer un mouvement qu'il voit en temps réel.
I3.1	Il doit pouvoir suivre et extraire le squelette.
I3.2	Il doit pouvoir reproduire le mouvement identifié et l'enregistrer dans ses exercices.
I4	Le robot doit encourager le patient à suivre correctement la rééducation.
I5	Les données du robot doivent être récupérables par les soignants afin d'effectuer un suivi approfondi.
I6	La détection du squelette doit pouvoir se faire à partir de n'importe quelle caméra

2.4. Etats des lieux Matériel

Nous faisons ici le point sur le matériel à disposition pour la prochaine équipe après toute une année passée sur le projet. Nous avons depuis le premier état des lieux réalisé des commandes de nouveau matériel mais également assemblé des composants pour réaliser le prototype. Cet état des lieux permet également de passer en revue l'ensemble des livrables et des accès aux documents électroniques que nous avons réalisés tout au long du projet.

Voici une liste du matériel propre au projet, que vous pourrez retrouver sous la forme d'une feuille excel dans le drive et sur Teams mais également au format papier avec le matériel dans le laboratoire de l'U2IS. Cette liste répertorie le matériel, son état ainsi qu'une précision sur le lieu de rangement si nécessaire (grande boîte laboratoire de l'U2IS).

Matériel associé au système de changement de position			
Matériel	Quantité	Etat	Précision rangement
Adaptateur AC/DC 12V/5A	x1	non fonctionnel	
Vérin électrique 12V/5A - 2m	x1	bon état - non testé	
Fil électrique 1.5mm ² - 5m	x1	bon état - non testé	
Adaptateur connectique LED Terminal	x10 (x5 mâle - x5 femelle)	bon état - non testé	
Optocoupleur 12V	x1	bon état - non testé	
Support de fixation vérin	x4		
Matériel POPPY de rechange			

Matériel	Quantité	Etat	Précision rangement
Adaptateur AC/DC 12V/5A	x1	bon état - fonctionnel	Boite Robotis SMPS 12V/5A
Adaptateur AC/DC 5V/2A	x1	bon état - non testé	
Carte Raspberry Pi	x	bon état - fonctionnel	Boîte Raspberry Pi
Carte micro-SD 8 Gb & adaptateur microSD - SD	x1	bon état - fonctionnel	Boîte Raspberry Pi
Moteur MX-28AT Bulk Pièce de rechange	x6	bon état - non testé	Boite Robotis MX-28AT 6pcs Bulk
Moteur AX-12A Bulk Pièce de rechange	x6	bon état - non testé	Boîte Robotis AX-12A 6pcs Bulk
Moteur MX-64AT Bulk Pièce de rechange	x5 x1	bon état - non testé	-Boîte Robotis MX-64AT 6pcs Bulk -Boîte Dynamixel MX-64AT
Moteur XL-320 Pièce de rechange	x2	bon état - non testé	Sachet XL-320
Frein filet haute résistance Loctite 270	x1	bon état	
HUB USB 2.0 4 ports	x2	bon état	
Kit vis & écrou de rechange	x1		Sachet vis & écrou
Kit connectique (60mm - 100mm - 110mm - 140mm - 180mm - 200mm - pin strip male)	x1		Sachet connectique
Kit Spares (Matériel sans nom)	x1		Sachet Spares
Matériel robot POPPY			
Matériel	Quantité	Etat	Précision rangement
ROBOT POPPY (moteurs - connectique - pièces impression 3D - hub - carte Raspberry Pi - alimentation 12V/5A - alimentation 5V/A - mini enceinte - micro SD - écran LCD - vis - écrou)	x1	bon état - fonctionnel	

2.5. Matériel système de changement de position

Ce matériel correspond au matériel actuellement à disposition pour réaliser le système de changement de position. Avec le changement de l'objectif avec l'ajout de l'exigence d'un support de soutien supplémentaire pour faire la liaison entre le robot et le système de changement de position, le matériel actuellement disponible ne sera pas suffisant. Le rouleau de fil électrique, les adaptateurs LED Terminal et l'optocoupleur sont issus de l'analyse de conception pour le système de changement de position et ont été achetés et réceptionnés en fin d'année. Acheté en gros, ce matériel est à la fois du matériel à utiliser et du matériel de rechange en cas de panne.

On retrouve également le matériel qui nous était déjà fourni par l'équipe précédente, c'est-à-dire le vérin électrique et les supports de fixations adaptés. Néanmoins, le vérin électrique a subi quelques modifications, ce dernier a été adapté par soudure de sorte à pouvoir être connecté par fil électrique via les adaptateurs LED Terminal.

2.6. Matériel POPPY

Lorsque nous avons commencé le projet, le robot POPPY était sous la forme de pièces détachées. Il est maintenant entièrement assemblé et ne nécessite normalement plus de changement de pièce et peut être directement utilisé.

2.7. Matériel POPPY de rechange

Le matériel acheté par l'encadrante technique Mme Nguyen afin d'assembler le robot, comprenait également le matériel de rechange en cas de casse ou de dysfonctionnement.

2.8. Laboratoire U2IS

Mme Nguyen, chercheuse à l'U2IS ainsi qu'intervenante technique de notre projet, nous donne accès aux laboratoires de l'U2IS de l'ENSTA Paris, comprenant un espace de travail ainsi que l'ensemble de l'outillage nécessaire à l'assemblage du robot. Nous avons également accès à l'atelier de l'U2IS comprenant notamment un poste de soudage. L'ensemble du matériel se trouve dans le laboratoire dans une unique grande boîte en carton.

2.9. Livrables

Tous les documents sont directement disponibles sur le groupe Teams dont l'accès vous a été donné en début de projet, mais aussi sur le drive dont voici le lien :

<https://drive.google.com/drive/folders/1QDZj0z5sV452nzJEJ9MsPFkMZYEKHtNE?usp=sharing>

Voici une description succincte de chacun des documents, de leur contenu et intérêt pour le projet.

2.9.1. Rapport intermédiaire

Le rapport intermédiaire est un premier rapport rendu mi-janvier. Il représente une première vision du projet, a pour but d'analyser les enjeux de notre travail et détailler les composantes mises à notre disposition. Ce rapport liste aussi les étapes et jalons que nous avons considérés comme cruciaux. En somme, il s'agit de nos attentes en termes de gestion de projet et d'objectif mais ne représente pas la réalité du projet.

Ce rapport est disponible sur Teams et sur drive dans la section "*Gestion de Projet/Livrables intermédiaires*".

2.9.2. Bilan carbone

L'ensemble des actions réalisées dans le cadre d'un projet engendre des coûts en ressources. Cette consommation de ressources, qu'elle soit directe ou indirecte, peut être traduite par une consommation d'énergie puis, voir directement, en une quantité de CO2 émis dans l'air. L'établissement d'un bilan carbone permet de prendre conscience des enjeux écologiques actuels et de réaliser un véritable travail sur la réduction de ces émissions dans la gestion de projet. Le bilan carbone a été réalisé en parallèle du rapport intermédiaire, mi-janvier.

Ce bilan est disponible sur Teams et sur drive dans la section "*Gestion de Projet/Livrables intermédiaires*".

2.9.3. Manuel d'utilisation

Le manuel d'utilisation est un document très important à la prise en main du projet. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un guide permettant de rapidement prendre en main le matériel POPPY ainsi que le nouveau matériel de changement de position commandé et les logiciels utilisés. Nous avons également répertorié les problèmes et les solutions lors de la phase d'installation pour permettre à la prochaine équipe de gagner du temps si elle doit remettre à zéro tout le système. Il a été réalisé tout au long du projet et rendu avec les livrables finaux, et représente donc la dernière mise à jour en date du principe de fonctionnement du matériel.

Ce manuel est disponible sur Teams et sur drive dans la section *“Gestion de Projet/Livrables finaux”*.

2.9.4. Rapport de conception

Dans le rapport de conception se trouve les étapes menant aux solutions techniques choisies lors du projet. On retrouvera notamment les étapes de validation de la solution proposée ainsi que la conception du prototype du système de changement de position et les phases d’assemblage du robot. L’analyse des résultats obtenus lors de tests de performances de l’algorithme y figureront également, avec notamment nos pistes de réflexions pour l’optimisation du code et la détection du squelette. Il s’agit donc de l’avancement actuel du projet d’un point de vue scientifique et théorique.

Ce rapport est disponible sur Teams et sur drive dans la section *“Gestion de Projet/Livrables finaux”*.

2.9.5. Rapport de tests

Le rapport de tests comprend l’ensemble des tests planifiés et que nous avons planifié. Ces tests comprennent essentiellement les tests de fonctionnement du robot, et de ses 25 moteurs. Le rapport de tests détaille la validation ou non des tests, l’explication de la non-validation si c’est le cas, et la justification de l’absence de tests le cas échéant.

Ce rapport est disponible sur Teams et sur drive dans la section *“Gestion de Projet/Livrables finaux”*.

2.9.6. Rapport final

Le rapport final est le rapport que vous lisez actuellement. Tout comme le rapport intermédiaire, il permet de décrire le déroulement du projet en termes de gestion de projet mais cette fois-ci selon la réalité. Il décrit ainsi les écarts entre les attentes du rapport intermédiaire et la réalité effective de projet, et permet de comprendre ce qu’il s’est passé et les raisons à ces écarts.

Ce bilan est disponible sur Teams et sur drive dans la section *“Gestion de Projet/Livrables finaux”*.

3. Organisation du projet

Le plus grand challenge d'un projet d'ingénierie en équipe est sa bonne gestion. Un projet d'ingénierie implique de nombreux paramètres et ressources qui peuvent être internes ou externes, voulus ou imprévus ou bien encore constants ou instables. L'apparition ou la disparition d'un de ces facteurs peut engendrer des changements radicaux dans l'organisation, l'avancement et la longévité d'un projet. Ce qui est important n'est pas de tout bien faire du premier coup, mais de prévoir et faire face aux imprévus de sorte à limiter voir effacer leurs conséquences. Cette section résume donc les décisions organisationnelles prises au cours du projet selon les réalités terrains pour assurer le bon déroulement du travail.

3.1. Objectifs

Nous avons établi les exigences générales du projet qui permettent de guider nos pensées et réflexions dans une direction commune. Elles permettent d'ancrer le projet dans une réalité concrète et idéale. Néanmoins, ces exigences ne correspondent pas à l'objectif fixé à notre équipe cette année. En effet, ce projet est un projet qui demande beaucoup de ressources, et au vu de la très petite taille de notre équipe, réduite encore plus après le départ d'un de nos membres, nous avons été obligés de revoir nos objectifs personnels à la baisse, en accord avec notre encadrante technique. Voici les trois objectifs retenus par ordre de priorité

1. *Fournir un robot entièrement fonctionnel*
2. *Fournir une méthode d'analyse d'écart de détection de squelette fiable*
3. *Concevoir et réaliser un prototype de système de changement de position*

L'objectif premier qui nous a été confié pour la partie mécanique du projet est de fournir un robot fonctionnel à la fin du projet. Cet objectif est quasiment impératif pour le bon déroulé du projet l'année suivante, puisque l'entièreté du travail à réaliser repose sur le fait d'avoir un robot POPPY qui fonctionne. Le système de changement est devenu un objectif non prioritaire et qui dépend de l'avancement des deux premiers objectifs. Enfin pour la partie informatique, l'objectif fixé lors du rapport intermédiaire reste le même : fournir une méthode d'analyse des écarts entre deux squelettes réalisés par deux algorithmes différents et analyser les écarts entre les squelettes BlazePose et Kinect mais aussi BlazePose et OpenPose.

3.2. Composition de l'équipe et répartition des rôles

Notre équipe était initialement composée de quatre membres issus de filières distinctes, nous permettant de croiser nos connaissances et de toucher un large spectre de compétences. Néanmoins, avec le départ de l'un des membres d'équipe et le passage en distanciel pour un autre, notre équipe a été nettement réduite. Il nous a donc fallu repenser l'organisation et la répartition des rôles. Philippe NGAHBI était le responsable environnement du projet. Or, le bilan carbone a été terminé avant son départ, donc ce rôle n'est pas à remplacer. Cependant, Mohamed AZIZ GHADDAB passe en distanciel, nous lui avons donc confié un nouveau rôle qui est responsable livrable, afin de lui donner des tâches supplémentaires qu'il puisse réaliser durant la fin de l'année. Voici donc la nouvelle répartition des rôles en termes de gestion de projet de l'équipe:

- ❖ Philippe BAUMSTIMLER- Chef de projet
- ❖ Ziqi MA - Responsable data
- ❖ Mohamed AZIZ GHADDAB - Responsable sécurité & responsable livrables

Le Chef de projet a pour rôle de surveiller l'avancée du projet, le bon respect des dates de rendu des livrables et du budget. Il a également le devoir de s'assurer de la bonne cohésion de l'équipe, et que le travail se poursuit sans accrocs. La responsable data s'occupe de la récupération des documents, de leur partage au sein de l'équipe et de l'écriture des compte-rendus, pour tenir l'ensemble de l'équipe au courant des avancées du projet, mais aussi pour permettre leur futur disponibilité pour les équipes ultérieures. Le responsable sécurité a pour rôle d'assurer la sécurité du système lors de son utilisation en condition normale mais aussi des utilisateurs qui sont amenés à le manipuler. Enfin le responsable livrables doit s'assurer que rien n'est oublié dans chacun des livrables et que ces derniers soient complétés au fur et à mesure du projet pour accélérer le processus de rédaction. La rédaction des livrables fera néanmoins partie intégrante des tâches de chaque membre au vu de la très petite taille de notre groupe.

En ce qui concerne la répartition de l'équipe selon les pôles mécanique et informatique du projet, la très petite taille de l'équipe ne nous permet pas de grande marge de manœuvre. Les deux membres sur site doivent forcément faire partie de l'équipe mécanique pour la phase d'assemblage du robot et l'un d'eux doit être nommé nouveau responsable mécanique suite au départ du précédent. Ziqi MA étant déjà responsable de l'équipe informatique, le rôle revient naturellement à Philippe BAUMSTIMLER. De plus, Mohamed AZIZ GHADDAB étant à distance, il fera partie des deux équipes pour agir en tant que soutien dans les tâches qui ne nécessitent pas une présence physique. Voici donc la répartition finale.

- ❖ Equipe mécanique: Philippe BAUMSTIMLER (responsable) - Ziqi MA - Mohamed AZIZ GHADDAB
- ❖ Equipe informatique: Ziqi MA (responsable) - Philippe BAUMSTIMLER - Mohamed AZIZ GHADDAB

La distinction entre équipe mécanique et informatique n'est donc que purement formelle. Le manque de ressources ne nous permet pas de nous répartir comme bon nous semble dans chaque équipe, toutes nos compétences doivent être mobilisées pour mener à bien les objectifs que nous nous sommes fixés précédemment. Cette nouvelle répartition engendrera nécessairement une plus grande charge pour chacun, qui devra être compensée par une bonne communication pour assurer une bonne cohésion d'équipe.

3.3. SWOT

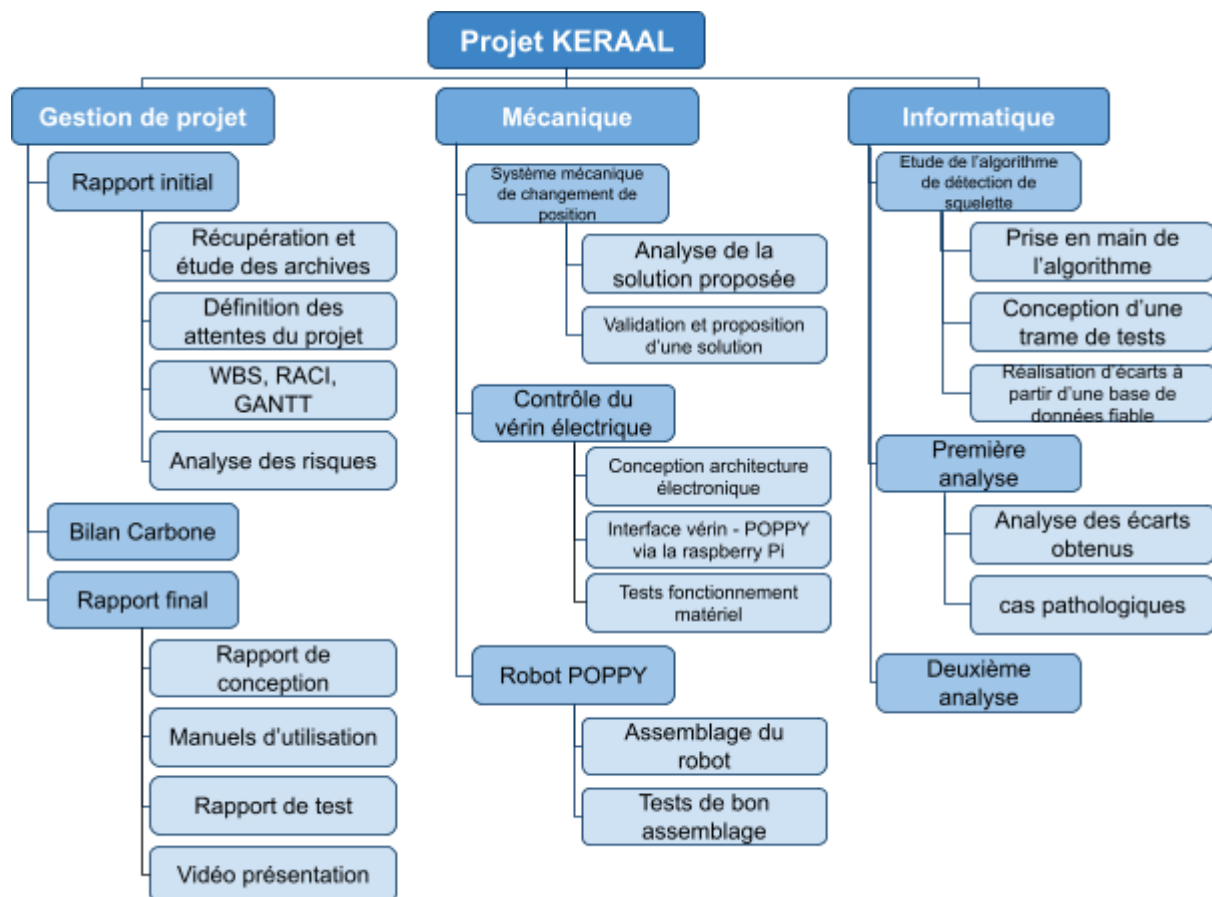
	Avantages	Inconvénients
Interne	<p><u>Atouts</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Petit groupe donc permet aux membres de s'investir pleinement dans le projet. - Le robot appartient à l'école et est donc à notre entière disposition. - Profils variés des membres de l'équipe - Les laboratoires de l'école sont à notre disposition pour l'assemblage du robot - Présence de documentation fourni par l'ancienne équipe POPPY 	<p><u>Handicap:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Atomisation du groupe - Difficulté d'assemblage du robot qui est en pièce détaché - Un petit effectif donc moins de tâche réalisables en parallèle - Charge de travail élevé pour chacun des membres - Éparpillements dans la répartition du travail - Réactivité plus "faible" en cas d'imprévu
Externe	<p><u>Opportunités:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Au vu du contexte sanitaire, demande croissante d'outils de consultation à distance ou qui respectent les gestes barrières, notre projet s'inscrit parfaitement à ce contexte 	<p><u>Menaces:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Conditions sanitaires qui rendent plus difficile les interactions - Délais de livraisons allongés dû aux conditions sanitaires - Erreurs de livraison matériel par nos fournisseurs

L'objectif est de la matrice SWOT est de déterminer l'ensemble des avantages et inconvénients que présente notre projet, en rapport avec les facteurs externes ou internes avec ce dernier. Nous avons repris la matrice SWOT du rapport intermédiaire que nous avons modifié au vu de ce que nous avons vécu. Tout d'abord les atouts jouent principalement sur la disponibilité du matériel et de la documentation. Mais la documentation ne provenait en réalité pas de l'équipe précédente mais du site POPPY. En effet, nous avons passé la majeure partie de l'année à assembler et configurer le robot POPPY, chose que l'équipe précédente n'a pas eu l'occasion de faire. Nous devons donc repartir de zéro et utiliser la documentation disponible sur le net. Comme nous l'avions remarqué, la taille de l'équipe présente à la fois des avantages et des inconvénients, mais plus d'inconvénients sont au final ressortis de notre expérience. En effet, le petit nombre de membres nous obligeait à augmenter notre charge de travail, même après la réduction de l'objectif, et nous forçait à travailler sur tous les aspects du projet. Cela permet en effet à ce que chaque membre soit investi dans le projet, mais cela engendre un impact psychologique lourd du point de vue de la motivation. En cas d'imprévu, nous pouvions réagir en conséquence selon notre analyse de risque mais cette réaction était forcément plus lente, nous étions que peu de membres donc le moindre imprévu engendre un retard considérable. Heureusement, le départ anticipé de trois membres sur quatre s'est transformé en départ anticipé de deux membres, dont est resté disponible en distanciel.

Les opportunités et les menaces vont quant à elles être principalement régies par les conditions sanitaires, que ce soit pour la pertinence du projet ou pour les contraintes imposées par le contexte d'épidémie mondiale. Ces conditions s'étant allégées, nous n'avons finalement pas eu à subir leurs conséquences. Une menace supplémentaire à laquelle nous n'avions pas pensé au premier abord, et non seulement les délais de livraisons sont imprévisibles, mais il est également possible que le fournisseur se trompe dans les composants envoyés, chose que nous avons réalisée trop tard et pour laquelle nous en avons subi les conséquences.

3.4. RACI et WBS

Le changement dans le départ anticipé dans nos membres à fortement impacté la division du travail au sein de l'équipe. De plus, avec le changement d'objectif revu à la baisse nous a également permis d'alléger le fardeau de chacun des membres. La division du projet en lots de travail présentés dans le WBS final ci-dessous est donc issue de la modification du précédent WBS, dont les modifications apportées sont propres aux nouveaux objectifs et ressources réelles lors de la seconde partie du PIE, et des problèmes que nous avons rencontrés.



En réalité, le WBS n'a subi que très peu de modifications. La division du projet en lot de travail reste en soit la même. Ce qui change profondément par rapport à ce que nous avons prévu à la priorité accordée à chacun de ces lots de travail. La section dédiée à la gestion de projet reste quasiment inchangée, on ajoute simplement un livrable oublié lors du rapport intermédiaire, qu'est la vidéo de présentation du projet. Cette section reste un impératif pour le projet, il nous faut rendre les livrables annoncés.

En ce qui concerne la partie mécanique, nous avons ajouté la partie tests du matériel de contrôle du vérin qui ne figurait pas dans le lot de travail précédent. C'est un point important car nous souhaitons à ce que l'équipe suivante parte sur de bonnes bases, avec un matériel que l'on sait fonctionnel.

Enfin la partie informatique a subi une légère modification, nous avons au final divisé en deux parties la phase d'analyse des écarts après avoir remarqué la présence d'un cas pathologique, qui nécessitait de réaliser une nouvelle approche de l'algorithme.

Voici donc ce qu'il s'est réellement produit lors de notre projet, au travers de la matrice RACI ci-dessous, qui présente la division du travail précédente avec l'ajout de nouvelles tâches en vert et la suppression de tâches non réalisées en rouge.

Nom	Date de début	Date de Fin	Philippe B.	Philippe N.	Ziqi M.	Mohamed A. G.	Mme Nguyen
Récupération des anciens rapports	8/10/2021	11/10/2021	I	I	A/R	I	C
Analyse de rapports, du besoin et des ressources disponibles	12/10/2021	12/11/2021	A	R	R	R	C
Répartition des rôles	15/11/2021	17/11/2021	A/R	I/C	I/C	I/C	I
Définition du projet, de ses enjeux et de ses objectifs	18/11/2021	18/11/2021	I	I	I	I	A
Rapport initial (WBS, RACI, GANTT, Analyse des risques, ...)	19/11/2021	15/01/2022	A/R	C	C	R	
Bilan carbone	15/12/2021	15/01/2022	C	A/R	R	C	
Rapports Finaux (Rapport de conception, manuel d'utilisation, rapport de tests)	1/4/2022	30/04/2022	A/R				I/C
Dernier inventaire du matériel	15/4/2022	15/4/2022	A/R				
Réalisation du script et des scènes de la vidéo	15/4/2022	22/4/2022	A/R		R	R	
Montage de la vidéo	23/4/2022	26/4/2022	A/R				
Analyse de la solution proposée	22/11/2021	15/01/2022	R	A/R		R	
Validation et proposition d'une solution	16/1/2022	28/1/2022	I	A/R	I	I	I
Réalisation du prototype selon les résultats de l'étude de faisabilité	7/2/2022	22/3/2022	A/R	I/C		I/C	I
Conception des tests de transition d'états robots	23/3/2022	22/4/2022	A/R		I	R	
Conception architecture électronique et électrique du vérin	7/2/2022	26/02/2022	A/R	I			
Etude interface vérin/robot POPPY	27/2/2022	22/04/2022	A/R	I	C		
Assemblage du robot	14/12/2021	28/01/2022	R	R	R	R	A/R
Test de bon assemblage du robot	29/01/2022	06/02/2022	A/R		R		I/C
Test matériel système de changement de position	8/4/2022	15/4/2022	A/R				I/C
Prise en main de l'algorithme BlazePose	22/11/2021	03/12/2021	R		A/R	R	I/C
Conception de la trame de tests de performances de Blaze Pose	4/12/2021	19/1/2022	R		A/R	R	
Réalisation des écarts du squelette à partir d'une base petite base de donnée	20/1/2022	28/01/2022	R		A/R	R	
Première analyse des écarts du squelette à partir d'une petite base de donnée	29/1/2022	28/2/2022	R		A/R	R	I/C
Réalisation des écarts pour le cas pathologique de la Kinect	18/2/2022	07/3/2022	R		A/R	R	
Seconde analyse et propositions/pistes d'amélioration de l'algorithme	08/3/2022	22/4/2022	R		A/R	R	I/C

La raison pour laquelle certaines tâches ont été supprimées est par manque de ressources et pour cause d'imprévus techniques. L'assemblage du robot ne s'est pas passé comme prévu et nous avons dû faire face à des erreurs dans le matériel envoyé, faire face à du matériel qui ne fonctionnait pas ou qui n'était pas stable d'une séance à l'autre. Chercher à résoudre chacun des problèmes techniques auxquels nous faisons face lors de la phase d'assemblage a engrangé un très grand retard dans notre programme, et pour répondre aux objectifs que nous nous sommes fixés, nous avons donc décidé de retirer des lots de travail liés au système de changement de position. Nous ne pouvions cependant pas retirer les lots de travail fondamental liés à l'architecture de ce système, mais nous avons décidé d'annuler la réalisation d'un prototype de ce système et des tests qui lui sont liés. A la place nous nous sommes concentrés dans la partie mécanique à établir une architecture théorique et des tests de fonctionnement matériel pour s'assurer que le matériel commandé fonctionne bien.

4. Solution technique

Le projet KERAAL est un projet d'ingénierie ambitieux et innovant, qui a donc nécessité beaucoup de réflexion quant à la conception et au choix de conception fait. Comme indiqué plus haut dans le rapport, toutes les décisions prises concernant les solutions techniques sont détaillées dans le rapport de conception.

4.1. Choix de réalisation

L'objectif principal de notre équipe a été d'assembler, de configurer et de fournir un robot POPPY fonctionnel. L'entièreté de la phase d'assemblage et de configuration a donc été guidée par l'idée de penser à la prochaine équipe et de fournir un équipement non pas seulement fonctionnel, mais aussi facile à prendre en main et à comprendre. Nous avons pour cela décidé d'ajouter au rapport de conception un manuel d'utilisation, qui explique simplement le fonctionnement de l'équipement. Nous avons également pensé à indiquer le nom des moteurs directement sur eux, à l'aide d'étiquettes autocollantes, pour faciliter la prise en main du robot et de sa nomenclature.

En ce qui concerne le système de changement de position, nous avons dû faire le choix de ne pas produire un prototype. En effet, le retard accumulé ainsi que le manque de ressource temporelle nous a obligés à revoir encore une fois à la baisse nos objectifs pour la partie mécanique. Ce qui était le plus important, était de fournir un matériel fonctionnel et en état de marche, tout en proposant une version schématique et théorique du système que la prochaine équipe pourra étudier et valider par la suite.

Enfin, pour la partie informatique, nous avons fait le choix de travailler pour le code d'analyse des écarts sur un Jupyter Notebook, pour faciliter la lecture du code et sa compréhension.

4.2. Besoins matériels

Le robot est arrivé en pièces détachées mais la commande avait déjà été effectuée par Mme Nguyen, nous n'avions donc aucune préoccupation à nous faire pour le matériel d'assemblage. Cependant, chose que nous n'avions pas prévu et que nous avons soulignée dans le premier rapport, est que certaines pièces fournies n'étaient pas les bonnes (nous avons par exemple deux anches gauche). L'erreur venant du fournisseur, nous avons donc laissé Mme Nguyen s'en occuper, et le problème a pu être résolu. De même, nous nous sommes peu à peu rendu compte lors de la phase d'assemblage, que les documentations disponibles sur POPPY n'étaient pas adaptées à la version actuelle du robot. Nous avons dû revoir la documentation et dénicher d'autres guides plus adaptés, mais aussi changer certains matériels qui ne correspondaient plus à notre version mais à une version antérieure

de POPPY (par exemple le hub usb trop petit pour la tête). Mis à part cela, nous n'avions pas besoin de matériel supplémentaire pour le robot en lui-même.

Pour le système de changement de position c'est une autre histoire. Le matériel que nous avons à notre disposition était le vérin électrique accompagné de fixations adaptées. En l'état, ce n'est pas suffisant pour ne serait-ce que faire fonctionner le vérin, la connectique de ce dernier n'étant pas dans nos normes. Pour réaliser le système de changement de position il nous fallait donc de l'équipement supplémentaire, issu de notre conception :

- fils électrique
- Adaptateur LED Terminal
- Optocoupleur
- Adaptateur AC/DC 12V/5A

L'explication du choix des composants est disponible dans le rapport de conception.

4.3. Phase de tests

Après avoir conceptualisé et assemblé le robot, il fallait réaliser les tests afin de s'assurer du bon fonctionnement du matériel et du bon assemblage du robot. Cette phase de tests ne s'est pas faite du jour au lendemain, il a fallu d'abord réaliser une trame de tests à mener pour valider ou non certains points de fonctionnement dans le respect du cahier des charges. Nous avons donc réalisé un rapport de tests comprenant l'ensemble des tests réalisés et leur résultat, que ce soit pour les tests de fonctionnement du robot, du matériel ou bien encore des logiciels.

5. La maîtrise du projet

Le projet KERAAL, comme tout projet d'ingénierie, nécessite une bonne maîtrise et organisation pour assurer l'avancement du projet sans accrocs, ou du moins en prévoyant ses derniers pour limiter ou empêcher leurs conséquences. Évidemment, nous avons dû faire face à de nombreux problèmes, techniques ou autres, qui ont engendré du retard et des erreurs, mais ce qui est important est de voir comment, malgré cela, continuer à avancer selon les objectifs fixés.

5.1. Communication

Cette année a été très particulière pour le projet KERAAL. L'acquisition du robot par l'U2IS a grandement bouleversé le planning du projet, pour lequel il fallait en plus assembler et configurer le robot. Ce travail, plus que nécessaire, a été d'autant plus une épreuve puisque nous étions cette année qu'une petite équipe de quatre personnes jusqu'à mi-janvier, puis de trois personnes dont une en distanciel à travailler sur le projet contrairement à l'équipe de neuf personnes l'année précédente.

Le challenge a donc résidé dans la communication au sein de l'équipe. On pourrait croire qu'il est plus facile de communiquer au sein d'une petite équipe, et c'est le cas dans la majorité des situations. Néanmoins, une plus petite équipe veut aussi dire plus de travail pour chacun des membres et donc une plus grande frustration. En ajoutant à ça le doute du départ pour certains, car il était d'abord prévu que le chef de projet se retrouve seul sur site, la perte de motivation était notre plus grand ennemi.

Pour remédier à cela, les tâches ont été réparties entre nous de sorte à ce que chacun puisse au moins faire une chose qui lui plaît. Nous avons réalisé des compte-rendus régulièrement pour discuter et que chacun puisse donner son avis sur ses idées, et avoir un aperçu de l'avancement du projet pour ne pas perdre la motivation. Nous nous sommes en majorité servis de l'outil Google Drive, qui nous permettait de travailler plus facilement et de partager plus rapidement nos travaux que sur Teams et nous utilisons la messagerie Messenger pour discuter plus aisément entre nous et malgré la distance.

5.2. Gestion du budget

Le budget du projet nous est fixé par l'ENSTA Paris, à hauteur de 250€ maximum, budget que nous avons réservé au système de changement de position, le reste du matériel nous étant fourni par l'U2IS. Comme expliqué plus haut, nous avons fait le choix de ne pas réaliser de prototype pour pouvoir nous concentrer sur l'assemblage et la configuration du robot. Cependant, le budget lui n'a pas disparu et peut devenir une ressource limitante dans le futur. Nous avons donc fait le choix de commander le matériel nécessaire à l'architecture électronique du système de changement de position pour permettre d'amortir les coûts budgétaires de la prochaine équipe.

Matériel	Fournisseur	Quantités	Prix (sans frais de port)	Etat livraison
Adaptateur AC/DC 12V/5A	Amazon	x1	25,99€	non commandé par l'ENSTA Paris
Fil électrique	Amazon	5m - 1.5mm ²	4,19€	livré et réceptionné
Adaptateur connectique LED Terminal	Amazon	x5 mâles x5 femelles	7,99€	livré et réceptionné
Optocoupleur 12V	GoTronic	x1	6,60€	livré et réceptionné

L'ensemble a été commandé auprès de M. Taruffi, mais l'adaptateur n'a pas été commandé par l'ENSTA Paris pour une raison qui nous échappe. Voici finalement le coût final : **18,78€** (hors frais de livraison dont nous n'avons pas les détails).

5.3. Analyse des risques

Nous avons pu jusqu'ici mettre en place les objectifs et enjeux du projet au travers des documents et ressources qui nous sont disponibles. Cela nous a permis de définir les tâches à réaliser par chacun des membres du projet et de nous fixer nos attentes pour la fin du projet. Pour s'assurer que le projet se déroule avec le moins d'accrocs possibles, nous avons, tout au long de notre travail, mené une analyse des risques qui pourraient survenir à chaque instant afin de les anticiper et d'amoindrir un maximum leurs effets. Nous récapitulons cette analyse des risques sous la forme d'un tableau. Le degré de priorité va de 1 à 4, 1 étant une faible priorité et 4 une forte priorité.

Risques	Description	Solutions - Actions	Degré priorité	Résultats
Atomisation de l'équipe et ressources temporels	Dans le cadre de leur semestre de substitution, 75% des effectifs partiront fin janvier à l'étranger pour poursuivre leurs études, l'équipe sur place ne sera réduite qu'à un seul membre	<ul style="list-style-type: none"> -Prendre de l'avance sur la partie mécanique, c'est-à-dire l'assemblage du robot, et repousser le travail théorique dans le cas d'un télétravail forcé. -Accélérer le travail en réalisant des heures en dehors des séances de PIE hebdomadaires. -Redéfinition des attentes du projet auprès de l'intervenant technique. -Revoir les objectifs pour correspondre à la taille de l'équipe 	4	<p>Enfinement seul 1 membre s'est retiré du projet. L'objectif a été revu à la baisse nous a permis d'avoir un peu plus de marge de manoeuvre dans nos prises de décisions</p>
Délai réception pièces robots	Dans le cas où la réception des pièces prend plus de temps que prévu, il nous sera impossible de réaliser des tests réels et nous n'aurons qu'une très courte fenêtre pour la phase d'assemblage.	<ul style="list-style-type: none"> -Récupération de la documentation pour en prendre connaissance en amont et gagner du temps sur l'assemblage. -Prévoir le nombre optimal de membre disponible lors de la phase d'assemblage. -Réaliser l'ensemble des tâches théoriques ne nécessitant pas de matériel pour ne pas retarder le projet. -Prévoir les problèmes lors de l'installation en se renseignant auprès de la communauté POPPY. 	3	<p>Enfinement le délai de réception des pièces du robot a été décalé d'un mois, et nous avons pu commencer l'assemblage plus tôt que le retard initialement annoncé.</p> <p>La lecture de la documentation nous a fortement aidé pour le démarrage de l'assemblage, notamment pour éviter les erreurs de montage.</p>
Absence de connaissances sur le vérin électrique	Si la solution du vérin électrique est gardée mais qu'aucune mesure n'est prise sur le contrôle du vérin électrique et son interface avec le robot Poppy, cela engendrera du retard dans la mise en place des tests réels	Analyse matériel en amont pour accélérer le processus, permettra également d'aider à la validation de la solution technique	2	<p>La conception de l'architecture a été facilitée par une connaissance en amont du matériel à disposition.</p> <p>Il en va de même pour la phase de tests du matériel qui a pu être accéléré.</p>

Calcul algorithmique trop lourd et long	Dans le cadre du traitement vidéo, l'algorithme peut demander beaucoup de ressources et sans carte graphique de bonne qualité, cela peut résulter à des temps de calcul très long et retarder la phase de développement d'une méthode d'analyse des squelettes à partir de la base de données mise à disposition	Mise à disposition par Mme Nguyen d'un serveur au sein de l'U2IS donnant accès à une carte graphique suffisamment puissante pour du traitement de l'image.	1	Nous n'avons pas eu besoin d'utiliser les ressources fournies par l'U2IS
Risques forts liés à l'ampérage élevés de la batterie du vérin en comparaison avec l'ampérage du robot POPPY	Les forts écarts entre les ampérages entre le système POPPY et le système constitué du Vérin électrique peut engendrer des surchauffes et de la casse matériel	<ul style="list-style-type: none"> -Séparation des deux systèmes pour diminuer les risques mais tout de même avoir des résultats cohérents -Analyser la documentation pour connaître les caractéristiques des composants pour assurer un fonctionnement optimal 	2	Le matériel choisi pour l'alimentation du vérin a été pris en fonction des caractéristiques du vérin, et la conception/réalisation de la connectique lors des tests prenait en compte la sécurité des usagers et du matériel.
Petite de taille de l'équipe	La petite taille de l'équipe peut engendrer une surcharge de travail si mal réparti, et faire perdre la motivation aux membres de l'équipe	<ul style="list-style-type: none"> -S'assurer de la bonne répartition des rôles selon les compétences de chacun -Faire remonter le moindre problème -S'assurer de la bonne cohésion de l'équipe régulièrement. -Prévoir les tâches en amont 	2	Les changements liés à la taille de l'équipe ont finalement pu se faire rapidement, grâce à la répartition déjà faite en amont.
Assemblage robot	Retard sur l'assemblage robot, qui implique un retard sur le projet dans sa globalité. Il peut être dû à la complexité de l'assemblage, mais aussi à la réduction du nombre de personnes disponibles sur site	<ul style="list-style-type: none"> -Séparation du travail pour accélérer l'assemblage -Augmentation du temps alloué à l'assemblage 	3	Ce retard n'a pas été évité, car malgré notre préparation, le temps nécessaire au montage était beaucoup plus élevé que prévu, et nous n'étions pas habitués à ce genre de tâches. Nous avons pu amortir le retard en augmentant le passé sur l'assemblage en venant en dehors des séances, et en posant des questions à notre encadrante technique dès qu'un blocage se faisait ressentir.

	Erreurs dans le montage.	<ul style="list-style-type: none"> -Vérifier plusieurs fois avant de monter une pièce -Demander une vérification à un autre membre -Utiliser les vidéos de montage disponible sur youtube pour avoir un visuel -Prévoir une séance pour régler tous les problèmes de montage d'une traite 	4	<p>L'un des plus gros risques de la phase d'assemblage est de justement se tromper. L'erreur est humaine, c'est pourquoi nous avons fait preuve de patience pour vérifier plusieurs fois avant de monter une pièce.</p> <p>Cependant, à partir de mi-janvier nous n'étions plus que deux sur site. Cette sur-vérification a donc engendré un net ralentissement dans l'assemblage et cela a engrangé du retard.</p> <p>Grâce à cela, nous avons pu limiter le nombre d'erreurs de montage, qui coûtent cher en temps de réparation.</p>
	Erreurs fournisseurs : mauvaises pièces.	<ul style="list-style-type: none"> -S'occuper d'une autre partie du robot le temps que la nouvelle pièce soit livrée -Vérifier que les pièces soient les bonnes 	4	<p>Nous avons failli payer très cher ce risque. Nous avions à notre disposition deux hanches gauches, mais pas de hanche droite. L'erreur provient du fournisseur, et suffisamment fine pour ne pas la voir du premier coup d'œil. Nous avons limité les conséquences en réalisant d'autres parties du robot en attendant, mais nous avons tout de même eu de la chance que les délais de livraisons aient été suffisamment courts pour ne pas en ressentir les dégâts.</p>
	Ne pas finir l'assemblage à temps	<ul style="list-style-type: none"> -S'assurer que le robot soit dans un état dans lequel la prochaine puisse reprendre la main rapidement -Fournir toutes les explications nécessaires à l'étape actuel d'assemblage 	4	<p>Dans une telle situation l'objectif est de revenir à un état dans lequel la prochaine équipe pourra reprendre la main facilement et fournir tout le matériel nécessaire en bon état. Se précipiter et finir les choses de manière bâclée n'est pas une solution.</p> <p>Heureusement, nous avons terminé à temps la phase d'assemblage et nous avons pu passer aux tests</p>

Test du robot	Matériel dysfonctionnel	<ul style="list-style-type: none"> -Vérifier que le matériel fonctionne en dehors du robot -Cibler précisément le matériel en cause du mauvais comportement -Utiliser le matériel de rechange -Répertorier les problèmes POPPY existants via les ressources disponibles sur le net -Enlever le matériel si non nécessaire et empêche la réalisation des tests 	4	<p>Nous avons fait face à de nombreux problèmes matériels.</p> <p>Tout d'abord des problèmes de connectiques, qui engendrent une mauvaise détection des moteurs. Nous avons pour cela procédé à un ciblage méthodique du problème, qui nous a permis de trouver rapidement le câble en faute.</p> <p>Certains moteurs ne fonctionnaient pas correctement, nous avons décidé de les remplacer en utilisant le matériel de rechange, et repousser le travail de réparation si celui-ci est possible.</p> <p>L'écran LCD fonctionnait une fois sur deux et créait des problèmes de stabilité sur la carte électronique. Plutôt que de prendre trop de retard, nous avons jugé en accord avec l'encadrante technique de se séparer pour l'instant de l'écran qui est en soit pas nécessaire pour passer à la phase de tests.</p> <p>Malgré nos efforts, le fait d'être seulement 2 sur place a entraîné beaucoup de retard sur l'assemblage du robot et donc sur tout le projet. Nous avons concentré nos efforts à la rectifications de ces problèmes pour répondre au premier objectif que nous nous sommes fixés.</p>
	Ne pas avoir le temps de faire tous les tests à temps	<ul style="list-style-type: none"> -Réaliser une liste des tests faits et des tests non faits -Donner priorité aux tests qui impliquent le bon fonctionnement du robot -Expliquer les raisons de l'échec des tests. -Ne pas bâcler les tests et fournir un robot non fonctionnel 	4	<p>Comme nous l'avons précisé à maintes reprises, le but premier est de réaliser un robot fonctionnel. Pour cela, la phase de tests de bon fonctionnement du robot doit être bien orchestrée et minutieuse. Cependant, nous avons subi beaucoup de retard dû aux problèmes matériels cités ci-dessus. C'est pourquoi nous n'avons pas pu réaliser l'ensemble des tests que nous avions prévus.</p> <p>Néanmoins, nous avons tout de même pris le temps de réaliser</p>

				et de corriger les problèmes liés aux tests fondamentaux au fonctionnement du robot POPPY. Grâce à cette priorisation des tests, nous avons pu terminer l'année avec un robot tout à fait fonctionnel.
Retard commande livraison	Nous avons commandé des pièces pour le système de changement de position, qui aurait pu arriver en retard	-Utiliser du matériel de l'U2IS pour tout de même tester le vérin électrique	2	Les pièces sont arrivées plutôt rapidement. Cependant pour une raison qui nous échappe la commande de l'alimentation n'a pas été faite alors qu'elle a bien été soumise. Pour remédier à cela, nous avons utilisé l'alimentation de rechange de POPPY, qui possède les mêmes caractéristiques.
Retard livrables	Le retard accumulé peut engendrer un retard sur la rédaction des livrables	<p>-Prévoir la structure des documents</p> <p>-Ecrire à l'avance tout ce qui est fait pour gagner du temps à la rédaction</p> <p>-Regrouper les documents dans un espace de travail organisé pour ne pas se perdre</p>	2	<p>Le plus éprouvant dans un projet ce n'est pas de travailler pour répondre à des attentes, mais c'est de se souvenir de ce qui a été fait, d'analyser les erreurs et de prévoir les risques.</p> <p>Ce travail a été réalisé tout au long du projet, chacun des membres rédigeaient, en même temps qu'ils travaillaient, les éléments de conception, de réalisation et de tests sur lesquels ils étaient actuellement.</p> <p>Nous avons ainsi pu gagner du temps sur la phase de rédaction et passer plus de temps à la résolution des problèmes liés au robot.</p>

6. Planification

Nous pouvons à présent réaliser une comparaison entre ce qui est initialement prévu et ce qui s'est réellement produit en comparant les diagrammes GANTT initial et final.

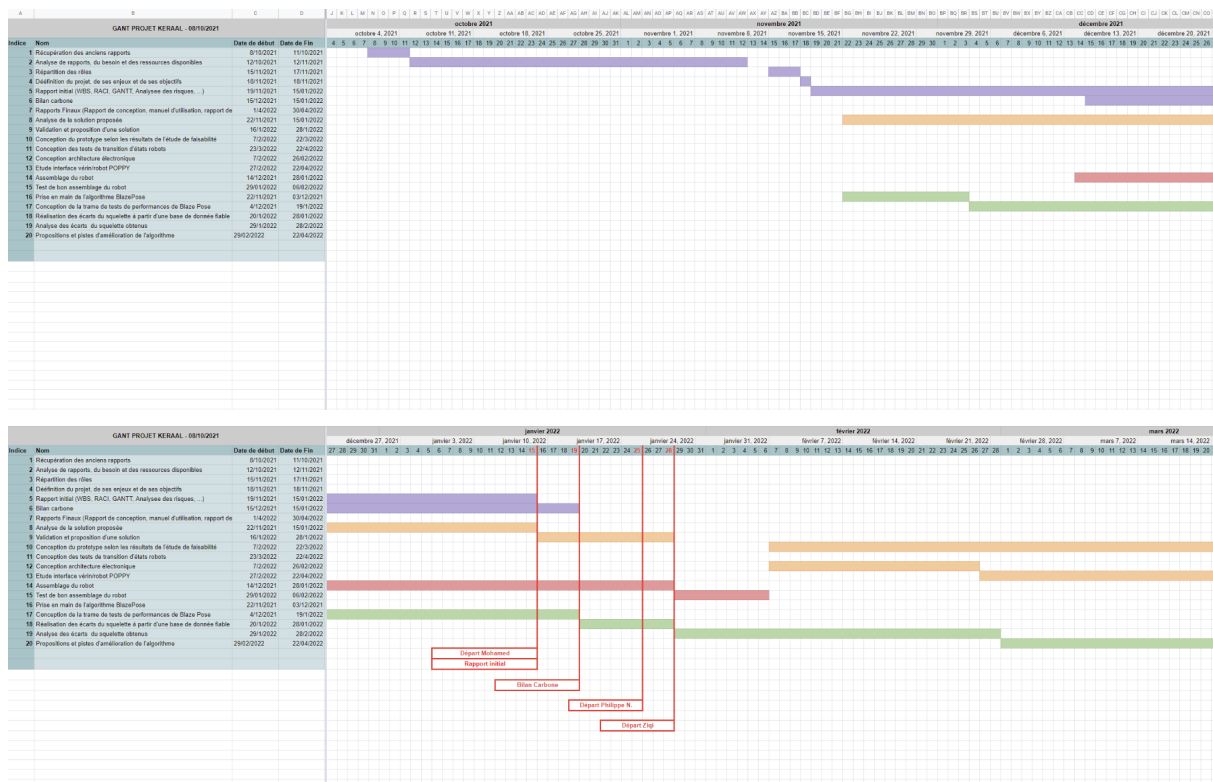
6.1. GANTT initial

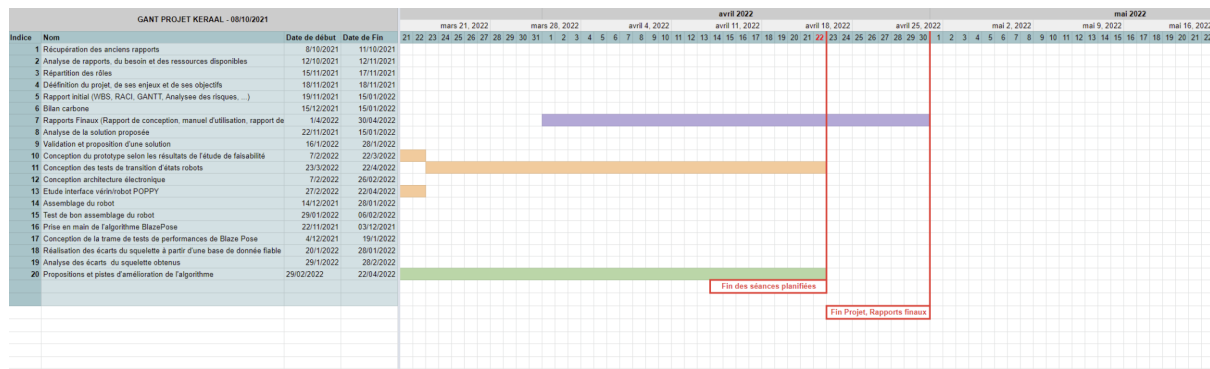
Voici un rappel du lien vers le diagramme GANTT établi initialement:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VKX6eLv30va-o1soFhzkNlzmhVln3aiFmQGUC9PLGok/edit?usp=sharing>

On y retrouve le code couleur suivant:

- ❖ violet : ce qui concerne la gestion de projet
- ❖ orange : ce qui concerne la partie mécanique
- ❖ vert : ce qui concerne la partie informatique
- ❖ rouge : jalons importants





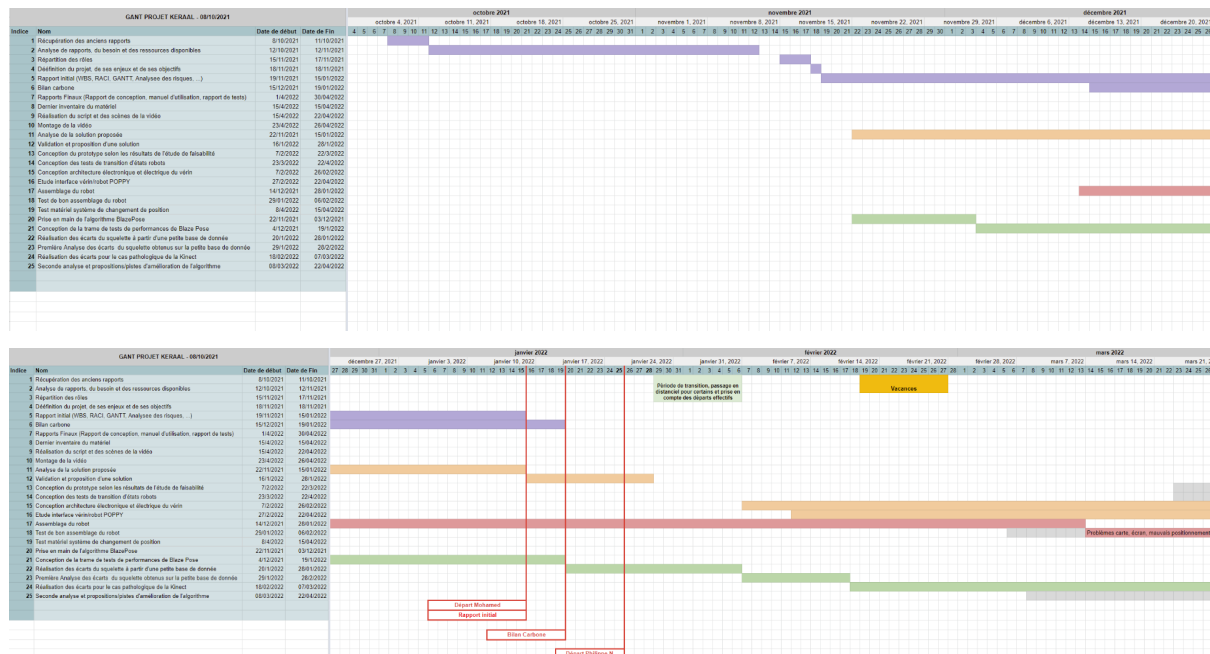
6.2. GANTT final

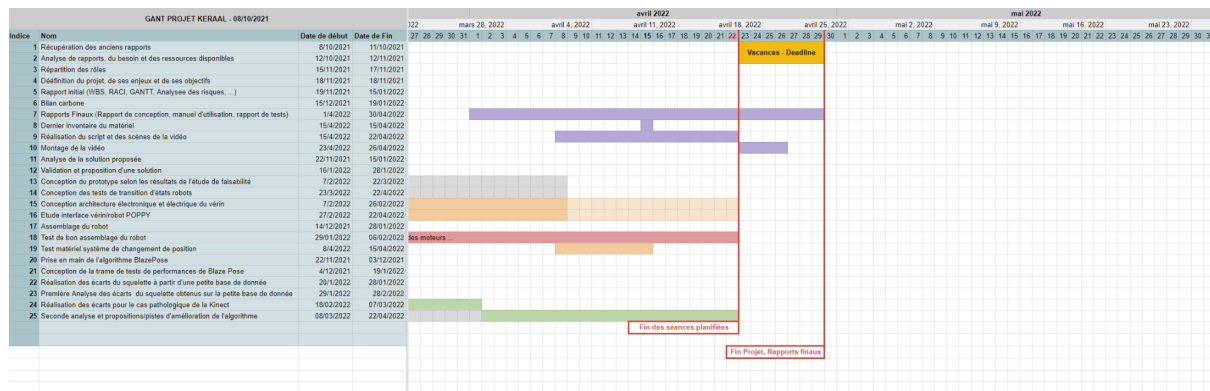
Voici le lien vers le diagramme GANTT final:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1DDX8Uvslw24mFmkgXULRwz70II-MGPgdAfpFs66C33c/edit?usp=sharing>

On y retrouve le code couleur suivant:

- ❖ violet : ce qui concerne la gestion de projet
- ❖ orange : ce qui concerne la partie mécanique
- ❖ vert : ce qui concerne la partie informatique
- ❖ rouge : jalons importants





6.3. Analyse des écarts

Les écarts entre la planification du rapport intermédiaire et la réalité se font ressentir dès les premiers jours qui suivent la date du rendu du rapport intermédiaire. Pour commencer la composition de l'équipe est plus grande que prévu avec finalement deux membres sur site plutôt qu'un seul. On pourrait alors croire que le planning prévisionnel serait vite rattrapé mais la réalité est tout autre. Les problèmes techniques rencontrés lors de l'assemblage du robot ont été un très gros facteur de retard, et nous passons la majeure partie de notre temps à essayer de régler les imprévus auxquels nous n'étions pas préparés, puisqu'ils étaient purement techniques, et nous ne pouvions continuer sans les résoudre.

Ce retard drastique dans la phase d'assemblage s'est répercuté sur le projet en général. Pour ne pas que l'entièreté du projet soit mise à mal, nous avons fait en sorte que ce soit la partie mécanique qui soit le plus affectée par ce retard. Ce choix s'est fait pour deux raisons, tout d'abord notre expert mécanique n'était plus avec nous, nous étions donc plus à même de travailler sur la partie programmation. De plus, étant donné que nous étions que deux sur site, nous étions entièrement plongés dans l'assemblage du robot, la partie mécanique de conception était donc laissée à Mohamed AZIZ GHADDAB en distanciel, mais la charge était trop élevée à lui tout seul. Nous avons donc fait le choix de réduire les tâches à faire en mécanique, et de repousser les attentes pour amortir au plus le retard. Avec le retard accumulé, nous avons décidé en fin de projet, de nous concentrer exclusivement sur la phase d'assemblage pour nous laisser le plus de temps possible afin de réaliser des tests de bon fonctionnement, d'où le retard également engendré sur la partie informatique. Cette décision a été vraiment nécessaire pour le projet, car sinon nous n'aurions pas eu le temps d'effectuer les tests de bon fonctionnement du robot et nous aurions livrés un robot inutilisable tel quel.

7. Synthèse globale

7.1. Retour d'expérience

Chacun des membres du groupe provient d'une région du monde différente et de domaines d'étude différents. Chacun d'entre nous a vécu des expériences que les autres n'ont pas eu la chance de vivre, mais nous avons tous participé au sein d'un même projet, le projet KERAAL. Les sensations que nous en avons eu et les leçons que nous en tirons sont alors forcément différentes. Voici donc le retour d'expérience et le ressenti de chacun des membres du groupe à la fin du PIE.

7.1.1. Ziqi MA

J'aime bien le projet, car j'aime bien jouer avec les robots. Le projet nous exige des compétences en informatique, en mécanique, et aussi des compétences pratiques.

Tout d'abord, quand on a discuté de ce qu'on devait faire dans ce projet avec madame Nguyen, je pensais qu'on devait utiliser le robot POPPY pour exécuter des tâches. Mais quand j'ai entendu qu'on devait assembler le robot, je me suis dit que ce projet était revenu à l'état initial. On pourrait croire que l'assemblage du robot n'est pas une tâche compliquée, que c'est comme assembler des legos. Mais la réalité est totalement différente, on a rencontré beaucoup de difficultés, il nous fallait faire preuve de patience et de sérieux.. Par exemple, quand on a assemblé la cuisse droite, on s'est rendu compte qu'une des pièces que le fournisseur nous a donnée n'était pas la bonne. Nous en avons donc discuté avec le fournisseur, et on a dû attendre la bonne pièce quelques semaines. Quand on a travaillé avec la carte électronique Raspberry Pi de la tête, beaucoup de problèmes imprévus sont apparus, notamment l'écran dont le fonctionnement était instable, mais aussi la mauvaise connexion de la carte avec le robot ou encore les problèmes d'installation de la librairie opencv.... Mais finalement, nous avons réussi à résoudre les plus gros problèmes.

Après avoir assemblé le robot, c'est plutôt une partie informatique, on fait des tests pour voir si les moteurs fonctionnent bien et pour corriger les erreurs. J'ai pu travailler sur la détection du squelette dans une vidéo en utilisant la librairie BlazePose actuellement en place et comparer les écarts avec les squelettes réalisés par d'autres algorithmes.

Enfin, pour enregistrer une vidéo, Philippe et moi avons essayé de faire faire à POPPY un signe d'au revoir. Quand j'ai vu le poppy répéter ce qu' on lui a demandé de faire, j'étais émue.

C'était pour moi, une expérience inoubliable, et j'étais très heureuse de travailler avec Philippe et Mohamed, ils étaient sérieux et on a bien travaillé ensemble, mais il est dommage que cette année on ne fait que livrer un robot POPPY bien fonctionnel, nous n'avons malheureusement pas eu le temps pour faire plus de tâches intéressantes. J'espère que l'année prochaine, les étudiants pourront faire plus de choses intéressantes avec le robot POPPY.

7.1.2. Philippe BAUMSTIMLER

Ce que j'ai vécu durant toute cette année est une expérience que je pourrai qualifier d'intense et source de savoir. Vivre un projet en tant que chef de projet n'est pas chose facile, surtout quand il s'agit de la première fois. Je n'avais jamais vraiment eu l'opportunité d'être leader d'une équipe et j'ai été fortement étonné de toutes les responsabilités que cela implique. Que ce soit l'analyse des risques, la répartition des tâches, la gestion de la communication au sein du groupe mais aussi le travail technique à réaliser, toutes ces tâches jouent un rôle particulier et important dans la vie d'un projet, et ça j'ai pu le réaliser en le vivant au quotidien.

J'ai vécu de nombreux moments de doutes pendant lesquels je ne savais pas si ce que je faisais était bien, j'étais ce qu'on pourrait dire un "bon chef de projet". Mais je pense que cette expérience m'a appris qu'il ne faut pas se laisser aller dans des fantaisies absurdes et se perdre dans ses émotions. Le but est d'anticiper et de réagir en conséquence. Nous sommes en retard ? Un imprévu surgit de nulle part, que faire? Nous n'allons pas finir à temps ? Ces questions sont légitimes, mais elles ne doivent pas brouiller notre esprit. Ce que j'ai appris c'est qu'il n'est pas grave de ne pas réussir, et qu'il est normal de vivre des imprévus. Le tout c'est de comprendre ces anomalies, de les analyser et d'en déduire un nouveau changement d'action, si possible même de les prévoir.

Ce qui m'a au final le plus marqué, c'est que nous n'avons pas entièrement fini. Nous n'avons pas fait tout ce que nous aurions voulu faire. Nous n'avons pas terminé le projet. Mais ce n'est pas grave car nous avons atteint les quelques petits objectifs que nous nous étions fixés en accord avec nos ressources, et nous avons fourni un robot fonctionnel et j'en suis très fier.

7.1.3. Mohamed AZIZ GHADDAB

Personnellement, j'ai choisi ce projet, tout d'abord, parce que je suis passionné par la robotique et par l'intelligence artificielle mais aussi les composantes informatiques et mécaniques sont très intéressantes et présentes dans toutes les phases du projet.

Ce projet m'a donné l'occasion d'appliquer mes connaissances en et d'acquérir de nouvelles compétences. J'ai, aussi, beaucoup apprécié la partie assemblage du robot, cette partie qui nécessite une grande précision et une coordination entre tous les membres de l'équipe. L'intégration dans l'équipe a été facile et formidable, j'ai bien apprécié le travail avec tous les membres ainsi que l'encadrement de madame Sao mai NGUYEN.

Malheureusement, avec mon retour en Tunisie en deuxième semestre le travail en équipe est devenu difficile à cause de la non-conformité du calendrier de l'ENIT avec celui de l'ENSTA et du décalage horaire mais, très rapidement, on s'est adapté à cette situation à l'aide des réunions sur zoom et en travaillant en dehors des horaires de l'emploi du temps.

Finalement, tout au long de ce projet nous avons rencontré différents problèmes que nous avons pu, grâce à une bonne communication, résoudre, chose dont je suis très fier.

7.2. Conclusion

Le projet KERAAL est un projet humain ambitieux. Il a le potentiel d'aider de nombreuses personnes dans un monde où la santé joue un rôle important. En réalisant ce que nous avons fait cette année, nous avons aidé le projet à partir sur de nouvelles fondations saines en construisant de zéro le robot POPPY. Certes le projet n'est pas terminé, mais il reste encore beaucoup à faire et nous espérons que la prochaine équipe pourra mener ce projet là où nous n'avons pas pu l'emmener.

8. Remerciements

Nous tenons à remercier pour ce projet Mme NGUYEN, qui nous a encadré tout au long de ce projet, nous a guidé et a passé du temps à nos côtés pour assembler et configurer le robot, et sans qui nous n'aurions surement jamais pu atteindre les objectifs que nous nous étions fixés.

Nous remercions Mme BOURNAUD qui nous a suivi tout du long et nous a apporté ses connaissances en gestion de projet et nous a soutenu dans les moments cruciaux de la vie du projet.

Nous remercions également M. TARUFFI qui a organisé et encadré le PIE, et qui nous a apporté son soutien technique.

Enfin je tiens, en tant que chef de projet, à remercier les membres de mon équipe avec qui nous avons pu faire vivre le projet KERAAL.