

Rapport de stage

-

Lucas COQUARD

Encadrants :

Philippe CHIARLONE

Stéphane SANCHEZ

Sylvain GIBERT

Remerciements

Je remercie M. Chiarlone, ingénieur électronique au sein de l'entreprise Exail Robotics à La Garde ainsi que M. Sanchez, ingénieur EEA*, pour leurs conseils ainsi que leur accompagnement tout au long de mes 10 semaines de stage.

Je tiens aussi à remercier M. Sansone, responsable de lot bureau d'études mécanique, ainsi que M. Tomasoni, stagiaire ingénieur mécanique, pour l'aide qu'ils m'ont apportée pour la confection du boîtier destiné à intégrer l'outillage de test.

Sommaire

Remerciements	
Introduction.....	2
I. L'entreprise et le secteur d'activité.....	3
A. Secteur d'activité général	3
B. Spécificités de l'entreprise.....	4
II. Mon activité de stagiaire.....	7
A. Présentation de l'environnement technique et des contraintes liées.....	7
B. Mission principale	8
C. Second projet	19
III. Bilan des activités	20
A. Présentation des résultats	20
B. Prolongement possible des missions	20
C. Apports en termes d'expérience personnelle et disciplinaire	21
Conclusion.....	22
Lexique	23
Table des annexes.....	I
Annexes	II

Introduction

Étudiant en BUT 2 Génie Électrique et Informatique Industrielle, spécialité Électronique et Systèmes Embarqués, ma formation comprend un stage de huit semaines obligatoires. Dans mon cas, ce stage aura duré 10 semaines, amenant la fin de mon stage après le rendu de ce rapport. Par conséquent, certains éléments évoqués à l'écrit auront peut-être été réalisés entre-temps.

Pour ma part, j'effectue mon stage au sein de l'entreprise Exail Robotics à La Garde. Exail est une entreprise industrielle spécialisée dans les hautes technologies dans le domaine de la robotique autonome avec une intégration verticale des métiers. Le groupe propose des systèmes complexes de drones, de navigation, ainsi que des produits pour l'aérospatial et la photonique*.

Durant ces 10 semaines, ma mission principale a été la conception d'un outillage de test pour une carte électronique destinée à un système dont la fonction m'est inconnue. Ce document a pour but de présenter mon travail.

Dans un premier temps, pour mieux cerner les activités de l'entreprise dans laquelle j'opère, je vous la présenterai, elle, ainsi que son secteur d'activités. Ensuite, j'entrerai dans le vif du sujet en vous détaillant avec précision quelles ont été les tâches que j'ai réalisées pour compléter ma mission. Enfin, nous verrons ce que ce stage m'a apporté ainsi que les évolutions possibles de mon projet.

I. L'entreprise et le secteur d'activité

A. Secteur d'activité général

Exail est né de l'union du groupe ECA* et d'iXblue en 2022.



Exail est aujourd'hui un champion industriel de haute technologie spécialisé dans les technologies de pointe en matière de robotique, de navigation maritime, d'aérospatiale et de photonique.

C'est une entreprise de taille intermédiaire qui emploie un effectif de 1 600 personnes dans le monde et réalise un chiffre d'affaires annuel de 280 millions d'euros. Grâce à une offre unique allant des composants aux systèmes complexes, Exail soutient ses clients dans leurs missions critiques dans des environnements sévères.

Exail est présent dans cinq secteurs d'activité principaux :



DÉFENSE ET SÉCURITÉ

Dans le secteur exigeant de la défense et de la sécurité, Exail propose des solutions innovantes en mer, sur terre et dans les airs.

Depuis plus de 60 ans, Exail conçoit et soutient des systèmes robotiques, simulateurs, systèmes télécommandés et équipements spéciaux pour la sécurité intérieure, les forces spéciales, la marine, l'armée de terre et l'armée de l'air. Exail propose des solutions complètes pour tous les environnements opérationnels, incluant des véhicules télécommandés, sans pilote et autonomes. Les systèmes de défense et de sécurité d'Exail sont interopérables, avec des capteurs variés et une logistique et formation communes.



MARITIME

Dans le secteur maritime, Exail produit des solutions avancées pour les industries pétrolières et gazières, sous-marines, hydrographiques, océanographiques et d'équipement, qui sont en constante évolution.

Hautement spécialisé dans les technologies d'automatisation et de contrôle, Exail fournit des applications à distance de pointe pour l'exploration en eaux profondes, l'inspection des pipelines, l'étude des fonds marins et la formation aux missions. Exail offre des services variés, une expertise globale et des solutions innovantes avec un support client personnalisé, assurant le succès dans les environnements les plus exigeants.



AÉROSPATIALE

Dans le secteur aérospatial, Exail conçoit, fabrique, intègre et soutient des solutions aérospatiales innovantes et fiables et accompagne ses clients de la production à l'exploitation.

Les solutions de la division aérospatiale d'Exail sont conçues pour les applications de l'aviation civile et militaire. Elles répondent aux besoins des constructeurs d'avions, des fabricants de moteurs et de systèmes, des compagnies aériennes, des centres de maintenance et de réparation ainsi que du secteur de la défense.



ÉNERGIE ET INDUSTRIE

Dans le secteur de l'énergie et de l'industrie, Exail est présent dans les domaines du nucléaire, des chemins de fer, des services de l'eau, du forage, de l'équipement industriel et de l'énergie renouvelable. Grâce à ses solutions technologiques avancées, Exail est un acteur clé dans le domaine des systèmes d'inspection et de surveillance télécommandés.

Des installations offshores de l'industrie pétrolière et gazière à l'enrichissement du combustible nucléaire, en passant par l'élimination des déchets et le démantèlement, les systèmes d'Exail répondent aux besoins les plus exigeants de l'industrie. Présent mondialement et reconnu pour l'expertise de son personnel et l'excellence de son assistance client, Exail propose des solutions innovantes, robustes et fiables pour les environnements les plus dangereux.



FORMATION ET SIMULATION

Dans le secteur de la formation et de la simulation, Exail est présent dans les domaines aérien et terrestre. Exail fournit des simulateurs prêts à l'emploi pour le pilotage et la maintenance aéronautique, ainsi que des simulateurs de conduite et d'entraînement aux missions terrestres.

Les simulateurs d'Exail offrent des environnements d'entraînement réalistes, tant pour les individus que pour les unités, avec une grande flexibilité opérationnelle permettant des scénarios d'entraînement combinés. Ils améliorent les compétences des opérateurs et des équipages, éliminant les risques pour le personnel et l'équipement, tout en réduisant les coûts. Les solutions de simulation d'Exail, spécifiques à chaque mission et conçues sur mesure, vont des formateurs individuels aux installations complètes de formation clés en main, répondant aux besoins précis des clients.

Tableau 1 – Secteurs d'activités d'Exail

Depuis sa création en 1936, ECA développe des solutions technologiques complètes et innovantes pour accomplir des missions dans des environnements hostiles ou contraignants, dans les secteurs de la défense, du maritime, de l'aérospatial, de la simulation, de l'énergie et des équipements industriels. Sa forte politique commerciale et son soutien ont permis à Exail de développer sa présence dans le monde entier grâce à des partenariats solides et à un soutien à long terme de ses clients.

Des forces armées aux marchés civils, Exail a acquis au fil des ans un large panel de clients-partenaires dans de nombreux secteurs d'activités parmi lesquels :

- Naval Group ;
- Thales ;
- IFREMER* ;
- DGA ;
- Etc.

Son savoir-faire a convaincu de nombreuses entreprises dans le monde entier et les équipes d'Exail sont plus que jamais déterminées à répondre aux exigences élevées en termes de sécurité et d'efficacité de sa clientèle internationale exigeante.

B. Spécificités de l'entreprise

En 1936 messieurs Rozycki et Gianoli créent ECA. ECA mise dès ses débuts sur l'innovation. Entre 1936 et 1950, ECA dépose plus de 100 brevets sur le pilotage, la gestion d'objets volants, les gouvernes... Certains d'entre eux sont probablement encore mis en œuvre dans les avions modernes.

À la fin des années 1960, à partir de ses compétences en mécanique, automatismes et informatique, ECA fait son entrée par le programme nucléaire décidé par le président de la République et général St-

Cyrien : Charles de Gaulle. ECA se voit confier le développement d'un modèle au 1/10^e du SNLE* pour en tester les formes hydrodynamiques.

Spécialiste en Robotique, au contact de personnels de la DCAN* de St Tropez qui ont l'idée d'un démonstrateur de robot de déminage sous-marin, ECA se voit également confier en sous-traitance de la DGA le développement du PAP*, premier robot de déminage sous-marin au monde. Le premier robot sous-marin anti-mines PAP 104 est créé en 1970.

La DGA commande alors un premier lot de 10. C'est cela qui déclenche l'installation d'ECA à Toulon en 1975. Les robots PAP deviendront une référence en déminage sous-marin et seront les produits phares d'ECA pendant 30 ans, gros succès à l'export, vendus sous licence DCAN et ce qui fait qu'ECA est, sur la période, l'industriel qui verse le plus de royalties à la DCAN.



Figure 1 – PAP 104

Ils marquent l'entrée en force d'ECA dans le domaine de la robotique. Plus de 40 ans plus tard, grâce à des modifications successives, ils équipent toujours la marine française et de nombreuses autres marines à travers le monde.

En 1979, ECA conçoit et construit le premier AUV* (Autonomous Underwater Vehicle) pour IFREMER : l'Épaulard. ECA participe également à l'aventure du TITANIC débutée en septembre 1985, en concevant et construisant un ROV* capable d'opérer jusqu'à 6 000 m de profondeur (une profondeur jamais atteinte par un ROV jusqu'à présent).

Le groupe Gorgé devient actionnaire majoritaire en 1992. ECA poursuit son développement et conçoit en 1999 les premières lignes d'assemblage flexibles dédiées à l'AIRBUS A340, puis à l'A380. La même année, ECA développe la version Mk6 du PAP.

Depuis, ECA acquiert des sociétés spécialisées dans des solutions de haute technologie et accroît ses compétences et son autonomie dans le monde des drones terrestres, aériens et maritimes, qu'ils soient de surface ou sous-marins. Les drones et robots d'ECA sont sur tous les secteurs d'activités civils et militaires, de la détection et neutralisation d'engins explosifs en mer ou sur terre, notamment en Afghanistan avec l'UGV* Cobra, à l'exploration des grands fonds avec l'AUV* Ulyx (projet CORAL*) qui se distingue de ses homologues à l'échelle internationale par des capacités et des fonctionnalités inédites. Ulyx a franchi le cap des 6 000 mètres de profondeur en 2023.



Figure 2 – AUV* Ulyx (IFREMER)

En 2022, ECA Group et iXblue unissent leurs forces et créent Exail. Le groupe est désormais un champion industriel de haute technologie spécialisé dans les technologies de pointe en robotique, maritime, navigation, aérospatiale et photonique.

Exail développe, conçoit, construit et commercialise des solutions autonomes ou téléopérées pour de très nombreuses applications :

- Surveillance et inspection maritime (côtes, ports, plateformes, câbles, pipelines, barrages) ;
- Assistance en cas d'accidents (maritimes et aériens) ;
- Détection et neutralisation d'explosifs ;
- Exploration sous-marine et simulation aérienne ;
- Optimisation et sécurité industrielles (logistique, décontamination, démantèlement).

Exail est aujourd'hui organisé en 4 grands pôles :

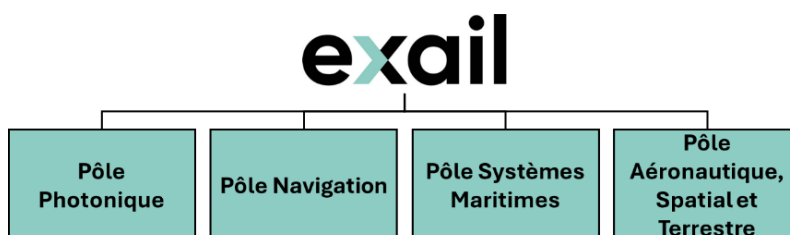


Figure 3 – Pôles du groupe Exail

Mon stage se déroule au sein du pôle « Systèmes maritimes » et plus précisément dans la cellule « ingénierie de MCO* » qui fait partie de l'activité « Systèmes de Guerre de Mines et Grands Fonds » (cf. Annexe 1 et Annexe 2).

II. Mon activité de stagiaire

A. Présentation de l'environnement technique et des contraintes liées

Au sein d'Exail, tous les employés travaillent dans un répertoire réseau. En procédant comme ceci, il est possible de récupérer n'importe quel document édité au sein de l'entreprise. De plus, cela évite les pertes d'informations, dans le cas où un ordinateur est endommagé et que ses fichiers étaient stockés sur son disque dur par exemple. Cependant, par raison de sécurité, chaque employé se voit attribuer un ordinateur afin de pouvoir y accéder depuis une machine autorisée et sécurisée. En effet, il est strictement interdit de venir connecter un ordinateur personnel sur le réseau. Qui plus est, les documents contenant des informations sensibles sont, eux aussi, stockés de cette manière. Avoir un ordinateur attribué permet ainsi de gérer les accès de chacun aux divers dossiers.

À mon arrivée, un ordinateur professionnel m'a aussi été remis, avec des identifiants qui m'étaient propres. Sur cet ordinateur, la suite office était installée, logiciels utilisés lors de ces 10 semaines, notamment pour la réalisation de schémas (PowerPoint), de nomenclatures (Excel) ou de documents textuels (Word). De surcroît, pour réaliser les schémas de câblages de l'outillage de test, n'ayant pas la licence du logiciel utilisé en interne pour réaliser ce type de documents, ces derniers ont été réalisés sur KiCad 6.0.

En outre, étant donné le caractère confidentiel de certains des éléments du stage, il m'a fallu suivre plusieurs sensibilisations relatives à la protection du secret, à l'anti-corruption et signer des documents attestant d'avoir pris connaissance de ces informations.

De plus, pour la partie pratique, l'utilisation d'un fer à souder a été requise lors de la réalisation de câblage et du dépannage de l'outillage de test. Pour ce qui est de la réalisation des tests, ils ont nécessité des alimentations (48 V maximum) ainsi que l'utilisation d'un multimètre et d'un oscilloscope. L'utilisation d'une sonde Aardvark et de la suite logiciel associée a également été requise pour valider la chaîne SPI* de la carte électronique.

Enfin, bien qu'ils n'aient pas été réalisés pour le moment, il est possible que lors de mes dernières semaines de stage, il soit nécessaire de réaliser les tests de la partie haute tension de la carte afin de valider le fonctionnement de l'outillage de test qui a été réalisé. Dans ce contexte, l'utilisation de ces EPI sera requise :

- Outils isolants ;
- Tapis isolant ;
- Gants de protection ;
- Visière de protection.

B. Mission principale

Comme énoncé précédemment, l'objectif de mon stage de BUT 2 était de réaliser un outillage de test pour une carte électronique. Cependant, le terme « réaliser » n'est pas tout à fait exact. Dans les faits, un outillage de test existe déjà, mais son existence n'est répertoriée nulle part et aucun document descriptif (schémas de câblages, nomenclature...) n'a été réalisé. De plus, le « boîtier » actuel est confectionné de manière rudimentaire et, pour plusieurs raisons, n'est pas déployable dans un contexte industriel.

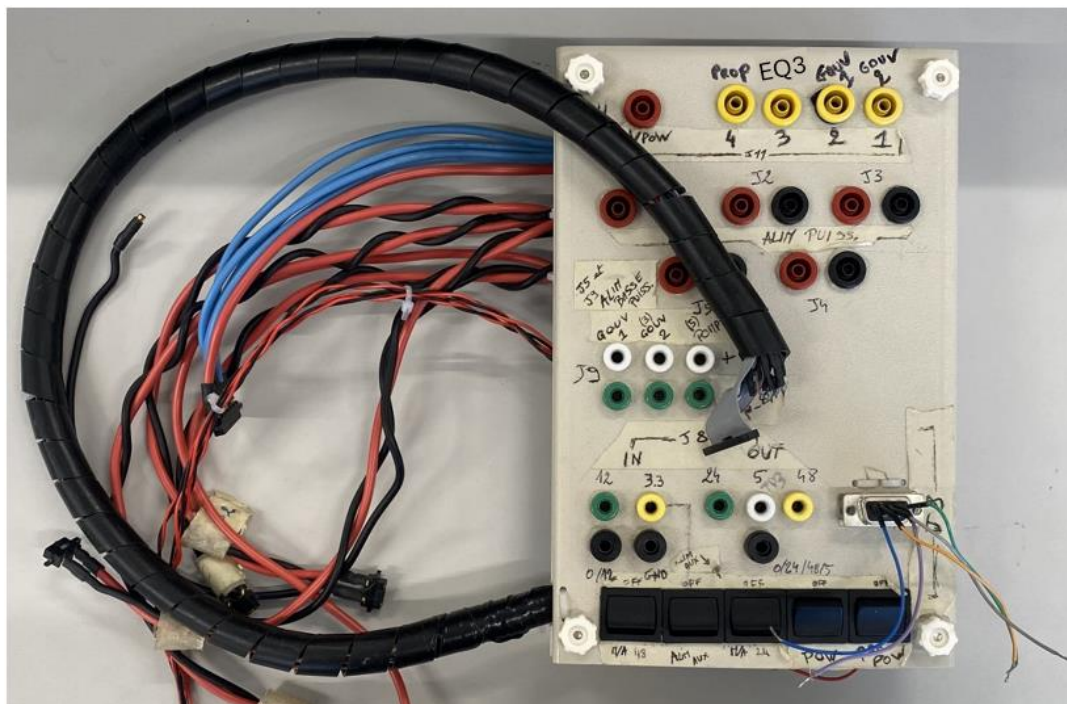


Figure 4 – Outillage de test en l'état

La carte électronique à tester est réalisée par un sous-traitant, qui propose de confectionner un banc de test sur mesure pour vérifier le fonctionnement de cette carte. Les tarifs demandés par l'entreprise étant très élevés, il a été décidé de réaliser ce boîtier en interne pour le fabriquer à moindre coût (stratégie « Make or Buy »).

Dans sa version actuelle, si la carte devait être vendue, le boîtier de test ne pourrait pas l'être, rendant impossible le dépannage sans la rapatrier sur le site de La Garde. De surcroît, si un problème survenait en interne, entraînant la dégradation de ce dernier, il ne pourrait pas être dupliqué sans se replonger dans les plans de la carte électronique.

Par conséquent, mon travail va consister à faire du reverse engineering* afin de cerner le fonctionnement de la carte pour proposer une procédure de test, le tout en me basant uniquement sur les schémas électroniques de la carte, sans avoir accès aux documents existants la concernant, documents qu'il me faudra d'ailleurs réviser, voire créer dans certains cas. À terme, ce travail me permettra de réaliser l'outillage de test.

1. Analyse de la carte & synoptique fonctionnel*

La plus grosse difficulté dans l'approche de cette carte est la compréhension des 9 pages de schémas électroniques (cf. Annexe 3) sans réellement savoir à quoi correspondent et servent les multiples signaux. Cette masse d'informations était un véritable obstacle, car il m'était impossible de simplifier des fonctions que je ne comprenais pas. Pour pallier ce problème, mon premier réflexe a été de

demander la nomenclature des composants dans le but de vraiment comprendre chaque page individuellement, sans réfléchir à l'utilité de chaque signal.

En utilisant cette méthode, j'ai commencé par dessiner des croquis du fonctionnement de chaque page. De cette manière, les différentes fonctionnalités de la carte se sont peu à peu distinguées :

- Gestion d'alimentations ;
- Contrôle des tensions (via des diagnostics) ;
- Distribution ;
- Communication.

Une fois les croquis réalisés, il était possible de se pencher sur la réalisation du synoptique fonctionnel. Même en ayant analysé les pages individuellement en vue de simplifier le schéma électronique, la première version du synoptique fonctionnel était loin d'être optimale pour l'utilité qu'il allait avoir. En effet, ce schéma était bien trop lourd et difficile à appréhender pour un néophyte, et même pour la personne en charge de tester cette carte, qui ne la connaît pas forcément sur le bout des doigts.

Pour alléger ce schéma, il m'a fallu me mettre dans la tête d'un chef de projet, sur les conseils de mon maître de stage, en me demandant quelles informations étaient essentielles à la compréhension des fonctions de la carte.

Par exemple, au lieu de décrire complètement la chaîne SPI du système en indiquant tous les signaux qui entrent et sortent ainsi que les composants par lesquels ils passent, il est beaucoup plus digeste de seulement représenter une double flèche annotée SPI ainsi que les composants utiles comme l'Isolateur de bus*. En réfléchissant de cette manière pour chacune des fonctions citées plus haut, le schéma s'allège instantanément et finit même par rentrer largement sur une seule page, contrairement à la première version (cf. Annexe 4).

Mais finalement, quelle est la fonction de cette carte électronique ? Les fonctionnalités de cette carte peuvent, comme beaucoup de systèmes électroniques, être regroupées en deux parties. La partie puissance et la partie commande.

Pour la partie puissance, cette carte va venir générer des tensions à l'aide de plusieurs convertisseurs DC/DC, qui convertissent une tension en une autre dont la valeur est fixe. Le niveau en entrée peut en général varier dans une certaine plage pour que la conversion se fasse correctement. En utilisant « FUSE_VBAT » et « Alim_12V », tensions reçues sur les connecteurs, il est possible d'avoir :

- 24 VDC ;
- 48 VDC ;
- 5 VDC.

Ces trois tensions vont par la suite permettre d'alimenter des composants et de fixer le niveau de tension de certains signaux. Lorsque la carte est placée dans le système, elle est supposée alimenter une charge, sur ordre du microcontrôleur située sur une carte annexe (cf. P.19). Pour éviter de fournir un courant trop important, entraînant la dégradation des composants de la carte, mais aussi extérieurs à cette dernière, une fonction de pré-charge est intégrée pour limiter le courant en le faisant passer dans une résistance. Le niveau de tension étant fixe, le courant de la ligne est ainsi limité. Enfin, certaines tensions sont filtrées puis redistribuées sur les différents connecteurs pour alimenter d'autres parties du système.

Concernant la partie commande, la carte communique en SPI avec un microcontrôleur (cf. P.19). Sur ce bus, elle transmet l'état de certains signaux du système. En effet, pour savoir si les niveaux de tension

sont corrects, elles passent toutes dans un circuit, composé de diodes Zener qui vont abaisser la tension pour qu'elle soit inférieure à 5 V. Si cette valeur est proche de ce niveau de tension, le signal est interprété comme un « 1 », s'il est trop faible, il est interprété comme un « 0 ». De plus, ces signaux viennent alimenter des leds implantées sur la PIE qui ont pour fonction de savoir facilement si une tension est présente ou non. De cette manière, la carte peut notifier le microcontrôleur de potentielles anomalies sur ces tensions. Ces signaux sont ceux qui passent dans le bloc « DIAG » du synoptique fonctionnel (cf. Annexe 4). Enfin, la partie commande intègre une fonction de séquençage d'alimentation. Ici, elle permet de générer des tensions pour alimenter l'équipement n°2 et deux gouvernes.

2. Identification des tests à réaliser

Une fois la carte comprise et ses fonctions identifiées, il est possible de commencer à lister les tests permettant de s'assurer du bon fonctionnement de celle-ci. Avant de les détailler, il est important de préciser le type de test qu'il va falloir effectuer. Une fois les tests nécessaires déterminés, je les ai présentés à mon maître de stage et je me suis rendu compte qu'une certaine partie d'entre eux étaient inutiles. En effet, certains étaient des tests qui auraient été pertinents lors de la conception d'un prototype, mais pas du tout dans l'optique de s'assurer du bon fonctionnement de la carte. Par exemple, sur cette carte, plusieurs filtres sont utilisés pour éliminer toute pollution sur les signaux en entrée. Alors, il paraissait pertinent d'injecter un signal pollué dans la carte pour s'assurer que les filtres fonctionnaient correctement. Pourtant, ceci n'était pas pertinent car déjà vérifié et validé lors de la conception.

Cette précision faite, passons en détail les tests à effectuer. Comme pour simplifier le schéma, j'ai essayé d'identifier les tests pages par pages pour m'assurer de ne rien oublier. De cette manière, j'ai pu facilement regrouper les tests de même nature, avec un total de six catégories.

1. Contrôles préliminaires

Avant d'effectuer n'importe quel test sous tension, et ce, sans même utiliser quelque appareil de mesure que ce soit, il est nécessaire de vérifier plusieurs points :

- L'absence de dégradations mécaniques (pistes, fissures sur la carte, etc.) ;
- La fixation des composants ;
- La référence de la carte et des documents associés.

Cela me paraissait anodin, mais s'assurer de travailler avec les bons documents est essentiel. En effet, toutes les cartes électroniques et leurs documents portent des numéros. Alors, au sein d'un même projet, ces numéros peuvent être parfois très proches et peuvent laisser place à une erreur d'inattention.

2. Contrôle des isolations et des continuités

Une fois ces éléments vérifiés, il reste encore des tests à effectuer avant d'alimenter la carte. Comme énoncé plus tôt, un certain nombre de tensions différentes transitent au sein de cet équipement, ce qui implique de ne pas avoir une masse commune à cause des multiples sources utilisées. Des contrôles d'isolation et de continuité sont donc obligatoires pour éviter des détériorations majeures sur la carte, voire du système qui intègre cette dernière.

Cependant, j'aimerais tout d'abord rappeler la différence entre un test d'isolation et un test de continuité, car je me suis rendu compte que je ne la connaissais pas. Ces deux types de tests électriques complémentaires sont utilisés pour évaluer l'état et la performance des circuits et des systèmes électriques, mais voici les différences clés :

Paramètre	Test d'isolation	Test de continuité
Objectif	Vérifier l'intégrité de l'isolation	Vérifier l'existence d'un chemin électrique continu
Méthode	Tension élevée, mesure de la résistance d'isolation	Faible tension, mesure de la résistance
Équipement	Mégohmmètre, testeur d'isolation	Multimètre, testeur de continuité
Résultats attendus	Résistance élevée (bonne isolation)	Résistance faible (bonne continuité)

Tableau 2 – Résumé des différences clés entre les tests de continuité et d'isolations

La vérification de l'absence de continuité entre les tensions et les masses, mais aussi entre les différentes tensions/masses entre-elles, permet ainsi d'éviter tous les problèmes liés à un éventuel court-circuit.

3. Contrôle des alimentations de puissance

Comme évoqué dans la première partie, plusieurs tensions sont générées au sein de la carte. Ces tensions sont essentielles au fonctionnement de cette carte, mais aussi du système en général. Il est donc crucial que ces dernières soient toutes bien présentes. Étant donné les précautions requises lorsque la chaîne POW/PRE_POW est active, les tests pour les tensions ont été séparés en deux parties afin de limiter les risques d'incidents. Dans un premier temps, c'est la haute tension qui sera traitée. Tout au long de ce rapport, le terme « *haute tension* » désigne toutes les tensions supérieures à 250 V.

Pour vérifier la présence de ces tensions, des leds ont été ajoutées au moment de la conception afin de s'assurer simplement, et sans prise de mesures, de la présence de ces tensions. Étant donné la taille de la carte et le nombre de leds, afin de faciliter la lecture des états, leurs positions ont été répertoriées sur un schéma. Cependant, la vérification par les leds n'est pas forcément suffisante pour s'assurer de la présence des tensions. En effet, il est possible qu'après la led une piste ou un composant soit endommagé, empêchant la tension d'être distribuée correctement. Ainsi, certaines tensions ont besoin d'une mesure complémentaire.

Afin de tester la chaîne de pré charge, l'idéal est de réaliser la manipulation avec une charge branchée aux bornes de V_POW (la tension en sortie de la chaîne de pré charge). Cependant, en la réalisant comme ceci, la manipulation entraînait souvent une dégradation de plusieurs composants de la carte (cf. Partie III.B ; page 20). Les tests en charge ont donc été supprimés pour éviter de devoir changer des composants. Désormais, la manipulation est toujours réalisée en respectant la procédure d'activation successive des interrupteurs PRE_POW puis POW, mais seule une mesure de tension est faite pour s'assurer qu'aucun composant n'est endommagé. En revanche, l'intérêt de la pré-charge ne peut plus être mis en évidence, car la courbe caractéristique de la charge d'un élément n'est pas visualisable.

Pour toutes les mesures de tensions, une certaine erreur est acceptée. Contrairement à ce que j'avais parfois pu faire en SAÉ jusque-là, en la définissant arbitrairement, j'ai appris comment choisir ce pourcentage. Tout d'abord, les pourcentages d'erreurs supérieur et inférieur ne sont pas nécessairement égaux. Pour définir la tension minimale, il faut déterminer la tension minimale acceptable par le système. Autrement dit, la tension en deçà de laquelle le système ne fonctionnera plus correctement. À l'inverse, la tension maximale est celle au-dessus de laquelle un élément du système risque d'être endommagé. Cette méthodologie a été appliquée tout au long de la procédure de test pour la définition des erreurs acceptables.

4. Contrôle des alimentations 5 V, 24 V et 48 V

Pour la basse tension, les contrôles sont exactement les mêmes. L'état de toutes les tensions est vérifié grâce aux leds et certaines mesures supplémentaires sont mises en place pour s'assurer qu'elles sont distribuées correctement.

Concernant la partie séquençage sur la basse tension, il est nécessaire de vérifier que les tensions sont actives les unes après les autres. Pour ce faire, il suffit d'utiliser un oscilloscope, dont les quatre voies sont connectées aux pointes de test correspondantes :

- La commande activant le séquençage ;
- L'alimentation de la première gouverne ;
- L'alimentation de la seconde gouverne ;
- L'alimentation de l'équipement n°2.

Si l'écart de temps entre le changement d'état de ces tensions est dans une certaine plage, la séquence de démarrage est conforme (cf. Figure 5).

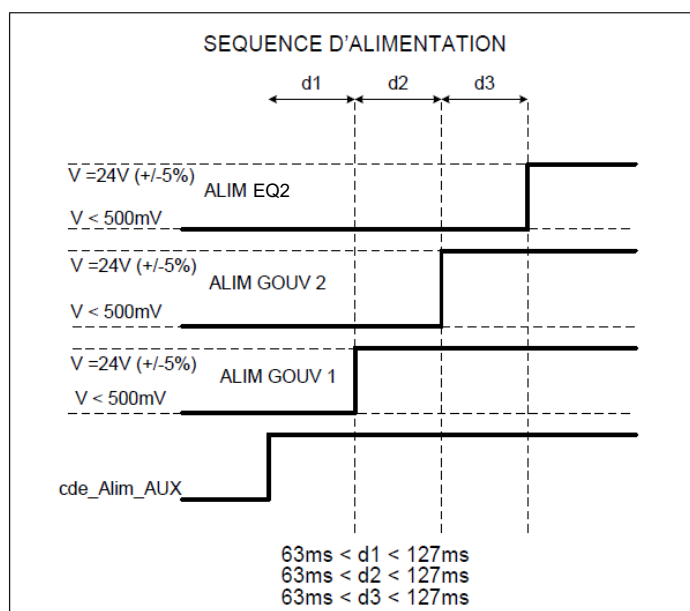


Figure 5 – Séquence de démarrage théorique des alimentations

5. Contrôle de la plage de tensions d'entrée fonctionnelles

Jusqu'ici, tous les tests ont été faits pour une tension d'entrée de 332 V. Cependant, en conditions réelles, cette valeur peut varier entre 290 V et 383 V. Il est donc important de vérifier que le système fonctionne correctement, même pour ces valeurs extrêmes.

Dans ce contexte, il n'est pas nécessaire de vérifier toutes les fonctions de la carte. De fait, il faut seulement s'assurer que les tensions que la carte doit distribuer (24 V et 48 V) sont correctement créées et que leur valeur est bonne étant donné qu'elles sont générées par les convertisseurs DC/DC, dépendants de la tension d'entrée.

6. SPI

À ce jour, les tests sur la partie SPI ne figurent pas dans la liste des tests à effectuer. Cette partie étant essentielle au fonctionnement du système, il était crucial de trouver comment la tester.

En temps normal, cette carte communique via SPI avec un microcontrôleur, située sur une autre carte du système. Il a donc fallu trouver un moyen de tester toute la chaîne SPI sans ce dernier. Sur conseil de M. Chiarlone, je me suis renseigné sur les produits commercialisés par l'entreprise Total Phase. Sur les quatre modèles de sondes proposés, en utilisant le comparatif de leurs produits (cf. Figure 6), seuls trois correspondaient au besoin. En effet, pour remplacer le microcontrôleur, le produit doit être capable d'assumer la fonction de Master* en SPI. En regardant les caractéristiques de chacun (cf. Figure 6), le choix s'est orienté vers l'Aardvark car il permettait de travailler jusqu'à 8 MHz en Master. Sachant que l'interface SPI avec laquelle il faut communiquer fonctionne jusqu'à une vitesse de 10 MHz, les sondes Cheetah et Promira n'étaient pas utiles puisqu'elles pouvaient monter respectivement à 40 et 80 MHz, ce qui est bien trop élevé dans ce cas. De plus, la sonde Aardvark permet aussi de communiquer en I2C, protocole utilisé sur la seconde carte (cf. Annexe 7), et pourra ainsi être réutilisée.

				
I2C Master	✓ Up to 800 kHz 1		✓ Up to 3.4 MHz	
I2C Slave	✓ Up to 800 kHz 1		✓ Up to 3.4 MHz	
SPI Master	✓ Up to 8 MHz 2	✓ up to 40 MHz+ 3	✓ Up to 80 MHz	
SPI Slave	✓ Up to 4 MHz 2		✓ Up to 20 MHz	

Figure 6 – Comparatif des sondes commercialisées par Total Phase

L'entreprise possédant déjà cette sonde, il n'y a pas eu besoin de la commander et j'ai immédiatement pu travailler dessus.

Une fois la sonde choisie, le montage a été câblé (voir Figure 7) dans le but de trouver les commandes à envoyer sur le bus SPI pour pouvoir effectuer les tests.

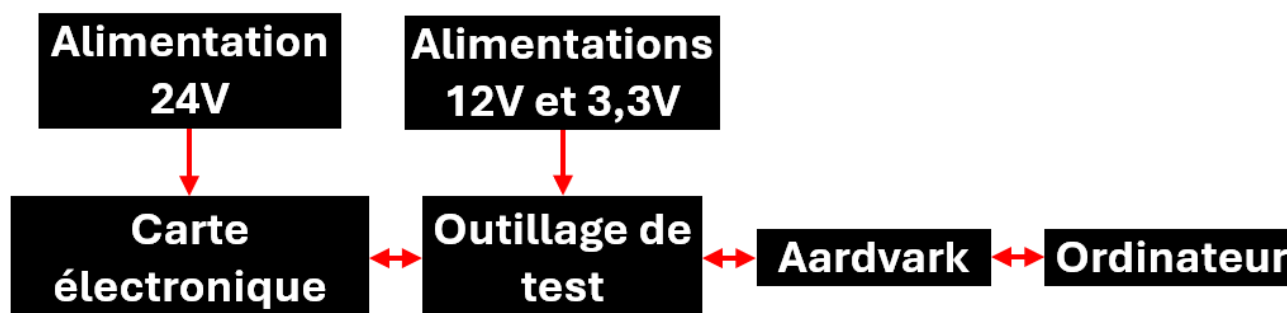


Figure 7 – Montage à mettre en place pour la manipulation SPI

Pour démarrer les tests, l'utilisation de la suite logicielle associée à la sonde est nécessaire. Une fois l'Aardvark reliée à la fois à l'ordinateur et à l'outillage de test, il est possible d'envoyer des commandes à la carte. Pour s'assurer du bon déroulement de la procédure, les quatre voies d'un oscilloscope ont été reliées, dans l'ordre, aux signaux dont le SPI est composé : MISO, MOSI, SCK, CS. Pour tester le bon fonctionnement du montage, un message sur 8 bits est envoyé :

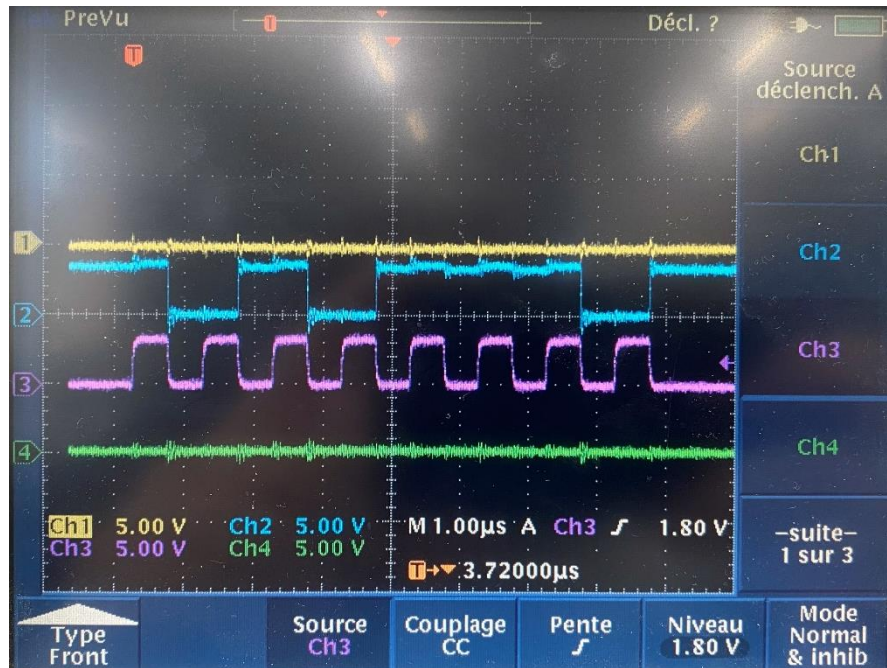


Figure 8 – Visualisation des trames en sortie de l'Aardvark à l'oscilloscope

Le seul moyen de capturer l'écran de cet oscilloscope étant de le sauvegarder sur une disquette, j'ai été contraint de prendre une photo dont la qualité n'est pas optimale.

Le message est correctement reçu par la carte, les tests peuvent donc commencer. Dans la datasheet du composant, une liste de commandes est fournie (cf. Figure 9).

Address IOCON.BANK = 1	Address IOCON.BANK = 0	Access to:
00h	00h	IODIRA
10h	01h	IODIRB
01h	02h	IPOLA
11h	03h	IPOLB
02h	04h	GPINTENA
12h	05h	GPINTENB

Figure 9 – Extrait du registre d'adresses du composant de la carte communiquant en SPI

Cependant, les adresses des différents registres changent en fonction de l'état de la variable booléenne* « IOCON.BANK ». En cherchant dans la datasheet du composant, aucune information relative à la définition de cette variable n'a été trouvée. Son état par défaut n'a pas non plus été trouvé. En essayant les adresses pour accéder au port « A » du composant pour les deux états de cette variable, le résultat était toujours le même. Le message 0x00 était reçu sur le MISO, même si les états des signaux changeaient entre temps.

Malgré de multiples tentatives, en essayant de changer délibérément l'état des variables en entrée du composant pour voir si quelque chose se passait, impossible de recevoir des données. La continuité entre l'outillage de test et le composant a donc été vérifiée pour s'assurer qu'il n'y avait pas de dégradation, mais de toute évidence, ce n'était pas le cas.

Ce manque de résultat peut être lié à l'incompréhension du composant à tester ou alors à une dégradation de ce dernier.

Pour essayer de régler le problème, le programme du microcontrôleur gérant la partie SPI du système m'a été fourni. Cependant, n'ayant pas le fichier header contenant la définition des variables de ce programme, impossible d'envoyer les mêmes commandes que le programme.

La procédure de test de cette fonction de la carte est donc arrivée dans une impasse et devra être traitée dans le futur, soit lors de la dernière semaine de ce stage, soit par une autre personne.

3. Mise à jour de la NCR*

Une fois tous les tests identifiés et validés par mes référents, j'ai pu passer à la réalisation de la NCR ainsi que de la fiche suiveuse*. L'outillage qui avait été réalisé possédait déjà ces deux documents, documents auxquels je n'avais d'ailleurs pas eu accès jusque-là. Cependant, certains tests ont été rajoutés et d'autres supprimés. De plus, la conception du boîtier étant antérieure à la fusion de laquelle est née Exail, le format du document n'était plus le bon.

Ainsi, j'ai eu à mettre à jour ces deux documents. Pour ce qui est de la réalisation de la NCR, il m'a suffi de mettre sur papier tous les tests expliqués plus haut, en rajoutant de la précision sur les manipulations ainsi que les câblages à réaliser.

Concernant la fiche suiveuse, je n'ai pas eu à la faire moi-même. En effet, la NCR intègre des macros, permettant de générer automatiquement une fiche suiveuse (voir Figure 10), si tant est que la NCR ait été rédigée en suivant une certaine procédure.

Etape 5 - Contrôle de la plage de tensions d'entrée fonctionnelle		Nom Opérateur	Date		Visa Opérateur	
N° de contrôle	Description du Contrôle	Résultats				
		Unité	Min.	Mesure Etat	Max.	
5.1.	Tension haute de fonctionnement					
5.1.1.	ALIM_GOUV1	V	22,8	...	25,2	
5.1.2.	ALIM_GOUV2	V	22,8	...	25,2	
5.1.3.	ALIM_EQ2	V	22,8	...	25,2	
5.1.4.	EQ1	V	45,6	...	50,4	
5.2.	Tension basse de fonctionnement					
5.2.1.	ALIM_GOUV1	V	22,8	...	25,2	
5.2.2.	ALIM_GOUV2	V	22,8	...	25,2	
5.2.3.	ALIM_EQ2	V	22,8	...	25,2	
5.2.4.	EQ1	V	45,6	...	50,4	

Figure 10 – Exemple de la fiche suiveuse

4. Réalisation du boîtier et des documents associés

Pour réaliser tous les tests ci-dessus, l'utilisation de plusieurs alimentations, interrupteurs et autres composants est nécessaire. Il fallait donc choisir un moyen pour rendre la procédure de test la moins fastidieuse possible pour éviter les pertes de temps inutiles et limiter les risques d'erreurs de montage, erreurs qui pourraient endommager gravement la carte, comme cela a déjà été le cas (cf. Figure 11).

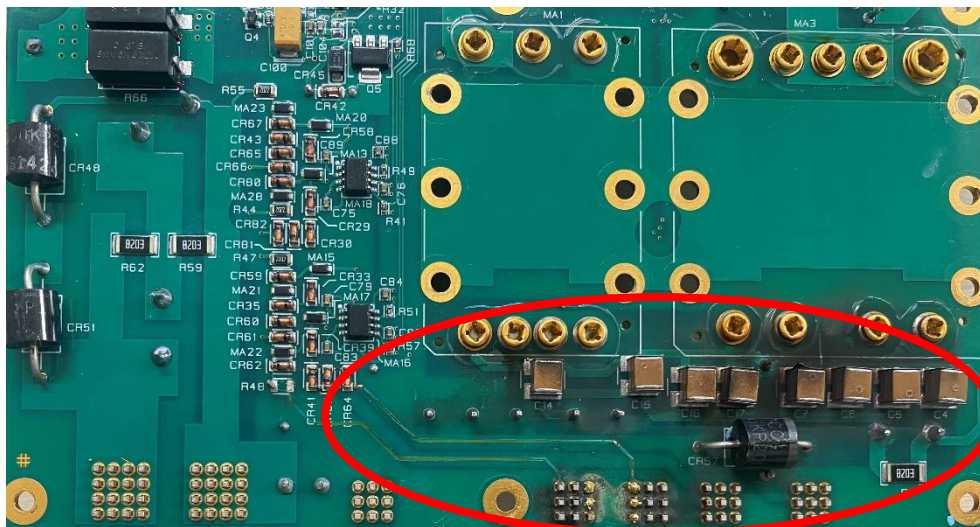


Figure 11 – Carte endommagée

Alors, plutôt que de le réaliser sur une Bread Board *ou alors de faire un wrapping*, ce qui n'assure aucune pérennité à l'outillage, le choix s'est orienté vers un boîtier de test (cf. Figure 13).

Comme dit plus haut, ce boîtier existe déjà au sein de l'entreprise (cf. Figure 4), l'intérêt de ce sujet est de le rendre propre, mais aussi de créer les documents associés pour permettre d'en avoir une trace.

1. Schéma de câblage

Le premier document par lequel passe la conception du boîtier est le schéma de câblage. Dans un premier temps, il a fallu transposer le câblage du boîtier actuel schématiquement. Dans la nouvelle NCR la majorité des tests n'ont pas été modifiés, cette base est donc très pertinente. Il a néanmoins fallu l'adapter aux nouveaux besoins.

En réfléchissant au design du boîtier, j'ai voulu le rendre pratique, en évitant d'avoir des câbles dans tous les sens, sans savoir à quoi ils correspondent. J'ai donc choisi d'équiper le boîtier de plusieurs connecteurs pour faciliter la phase de raccordement à la carte. Chaque connecteur sur le côté gauche du boîtier (cf. Figure 13) correspond à un connecteur sur la carte. De plus, pour relier l'Aardvark à la carte pour permettre de s'interfacer en SPI avec celle-ci, le boîtier était équipé d'un connecteur DB9, mais ce type de connecteur implique d'utiliser des grips fils pour les relier. En le remplaçant par un connecteur 2x5 broches, l'utilisateur peut directement brancher le connecteur de l'Aardvark. Enfin, en plus de ces modifications, des leds ont été rajoutées pour permettre à l'utilisateur de connaître la position des interrupteurs facilement. Une fois ces modifications faites, le schéma de câblage était terminé (cf. Annexe 5 et Annexe 6). Le schéma n'est cependant pas contractuel puisqu'il manque les références des composants et des câbles, références devant absolument figurer sur un schéma de câblage.

En vue de relier la carte et l'outillage de test grâce aux connecteurs ajoutés, il faut aussi réaliser les câbles. Pour ce faire, il a fallu réviser le choix des connecteurs. En effet, par soucis de facilité, j'avais récupéré les références des connecteurs mâles de la carte pour équiper le boîtier des mêmes, impliquant que les connecteurs sur les fils étaient tous les deux femelles. Cependant, certains des connecteurs à utiliser n'étaient pas câblés de manière symétrique. Par exemple, sur l'un d'eux, une des six broches n'est pas connectée. Alors, si l'utilisateur venait à inverser le sens de branchement, ladite broche se retrouverait connectée au détriment d'une autre, entraînant une erreur lors des tests (voir Figure 12).

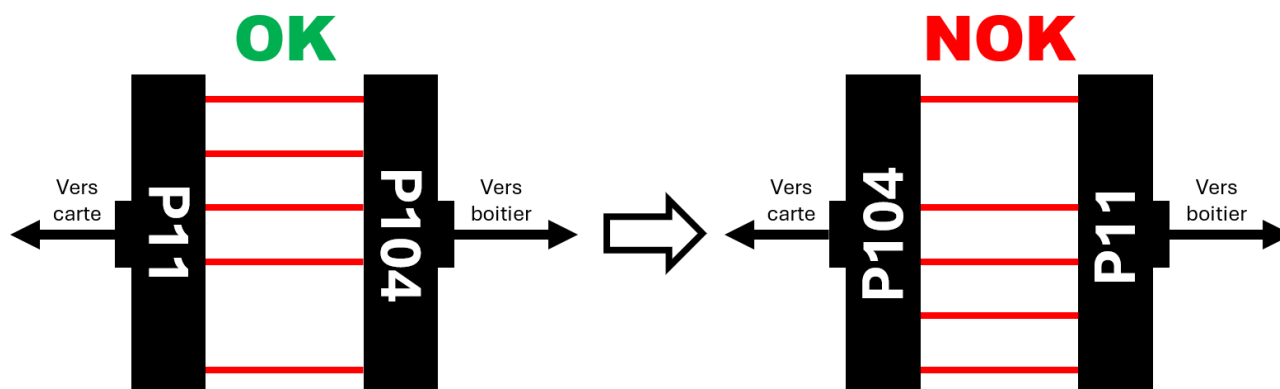


Figure 12 – Visualisation des erreurs possibles en ayant deux connecteurs de même genre pour réaliser les câbles

Pour pallier cela, les connecteurs mâles du boîtier ont été remplacés par des connecteurs femelles. De cette manière, le connecteur est obligatoirement relié correctement. J'ai d'ailleurs appris par la suite qu'il était conventionnel de procéder ainsi. En effet, sur la carte distribuant la tension, les connecteurs sont censés être de type femelle pour éviter de pouvoir toucher leurs broches et donc risquer de s'électriser voire de s'électrocuter. Les connecteurs sont alors de type mâle quand ils reçoivent une tension. Une fois la modification faite, les deux schémas étaient prêts.

2. Nomenclature des composants

Comme évoqué précédemment, un des problèmes de l'outillage de test en l'état est sa non-reproductibilité. Pour pallier ce problème, il est donc nécessaire d'établir la nomenclature des composants de cette carte. Le but de ce document est d'avoir une trace des composants utilisés pour pouvoir d'une part commander les pièces pour produire ce boîtier, mais aussi pouvoir racheter une pièce en cas de casse ou de dégradation d'un ou plusieurs éléments du boîtier. Exail ayant l'habitude de travailler avec RS pour commander leurs composants, toutes les références des leds, des interrupteurs, des résistances, des fils et des fiches bananes ont été trouvées sur leur site. Cependant, il a fallu choisir plusieurs références de fils et de fiches bananes en raison des différents courants et tensions qui passaient dans chaque élément.

3. Réalisation du boîtier

Pour ce qui est de la réalisation du boîtier, je n'ai évidemment pas les compétences requises pour modéliser quoi que ce soit en 3D. C'est pourquoi j'ai attendu l'arrivée d'un autre stagiaire, lui spécialisé en mécanique, qui m'a aidé à le modéliser pour pouvoir par la suite le produire. Pour le design de ce boîtier, il m'a fallu réfléchir à comment faire pour le rendre propre autant à l'extérieur qu'à l'intérieur.

Pour ce qui est de l'extérieur, j'ai fait en sorte qu'il n'y ait pas à tirer des câbles dans tous les sens pour pouvoir mettre en place la manipulation. C'est pourquoi chaque face du boîtier a une fonction propre. La face arrière est destinée au raccordement des diverses alimentations nécessaires à la manipulation (12 V, 3.3 V et 290-383 V). Pour faciliter le câblage interne, celle-ci est divisée en deux parties pour séparer

les raccordement haute et basse tension. Sur la face haute, toutes les fiches bananes nécessaires aux diverses mesures de tensions. À gauche, tous les connecteurs destinés à être reliés à la carte à tester. Ces deux faces sont, comme pour la face arrière, séparées en deux pour différencier la haute et la basse tension, mais aussi pour faciliter le câblage. La face avant, quant à elle, fait office de partie commande avec tous les interrupteurs et les leds associées, notifiant de l'état de chaque interrupteur. Enfin, le connecteur utilisé pour communiquer en SPI avec la carte est placé sur la face droite. En construisant le boîtier comme ceci, la manipulation est beaucoup plus simple à mettre en place, car il suffit de placer, par rapport au boîtier, la carte à gauche, les alimentations à l'arrière et le PC à droite. Une fois toutes ces contraintes expliquées au second stagiaire, nous sommes arrivés à ce modèle 3D.

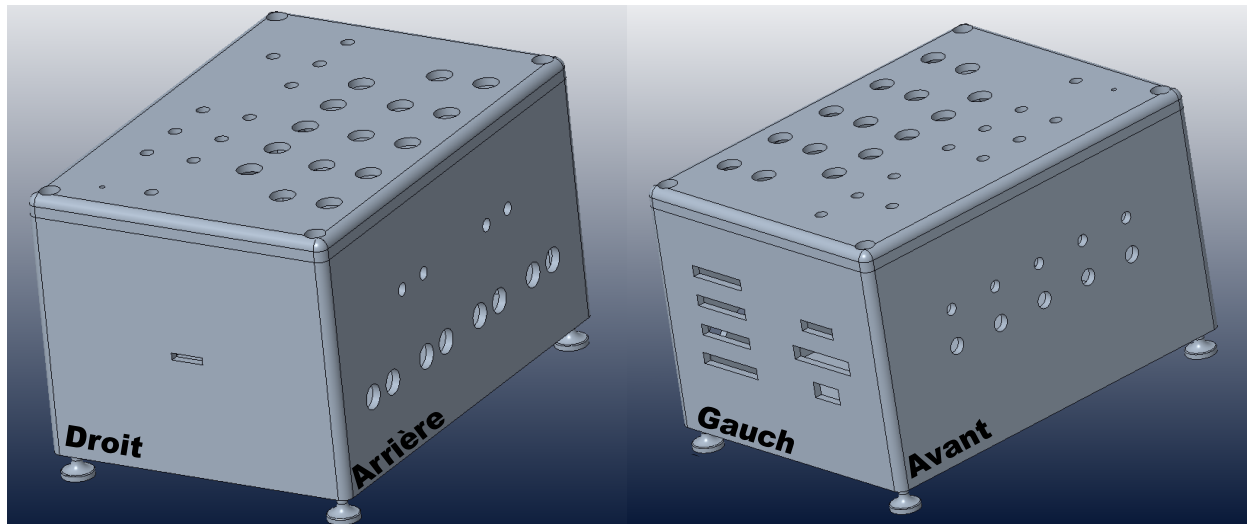


Figure 13 – Visualisation 3D du boîtier

Il est possible de noter la présence de pieds sur le boîtier, ces pieds sont destinés à laisser la place pour avoir des câbles qui passent en dessous, afin d'éviter qu'ils gênent.

En raison de l'arrivée tardive du second stagiaire et le temps que m'a pris l'analyse de la deuxième carte, la commande d'un boîtier sur mesure n'était plus envisageable, à cause du temps de livraison. Afin de pouvoir le réaliser et le tester avant mon départ, il a été décidé d'imprimer ce boîtier en 3D, en interne, afin de gagner un maximum de temps (cf. Figure 14).

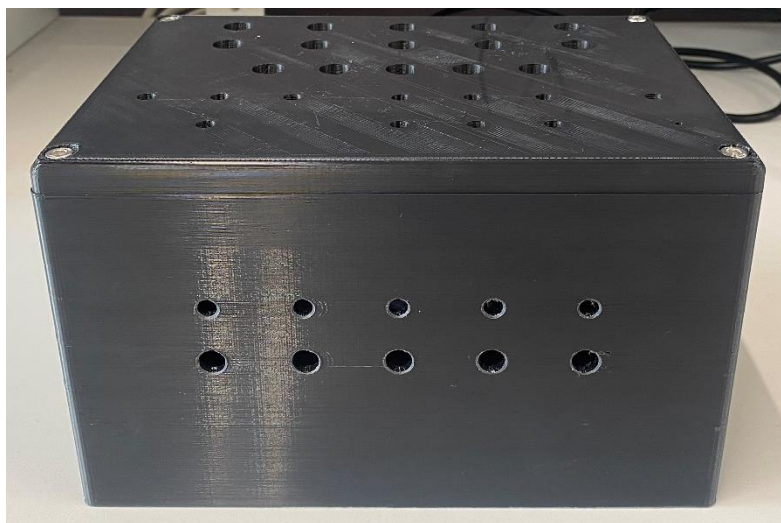


Figure 14 – Prototype du boîtier de test en l'état

La date du rendu de ce rapport précédant la fin du stage, le câblage sera réalisé lors de la dixième et dernière semaine.

C. Second projet

Ayant avancé plus vite que ce qui avait été prévu, j'ai eu du temps libre en attendant l'arrivée du deuxième stagiaire. C'est pourquoi j'ai été amené à travailler sur une deuxième carte électronique, utilisée dans le même système. Cette carte est celle sur laquelle se trouve le microcontrôleur qui a été évoqué un peu plus tôt. Mon travail a été à nouveau de réaliser le synoptique fonctionnel correspondant à la carte, car ce document n'existait pas.

Cette fois, le schéma électronique était beaucoup plus difficile à appréhender, car beaucoup plus dense et volumineux. De plus, autant par les fonctions que par le nombre de signaux, il était en tout point plus complexe. J'ai alors adopté la même méthode, à savoir de résumer schématiquement chacune des 16 pages pour essayer de les résumer en une seule page. Mais en travaillant de cette manière, je me suis rendu compte que le même signal était parfois utilisé sur plusieurs pages. J'ai donc choisi de travailler directement en simplifiant tout le schéma, en partant d'un signal et en regardant par quelles fonction il était utilisé. Ainsi, plusieurs blocs dépendant des mêmes signaux se sont créés et tout s'est simplifié. Cette seconde carte comporte donc plusieurs fonctions :

- Gestion d'alimentations ;
- Contrôle des tensions (via des diagnostics) ;
- Distribution ;
- Communication et contrôles (via CAN, SPI, RS232, RS422, RS485) ;
- Debug.

Pour des raisons de confidentialité industrie, je ne peux malheureusement pas plus détailler ces fonctions. Toutefois, le synoptique fonctionnel complet a tout de même pu être publié dans ce rapport, en lui apportant certaines modifications (cf. Annexe 7).

III. Bilan des activités

A. Présentation des résultats

Pour rappel, avant mon arrivée, l'outillage de test était rudimentaire, n'existait pas officiellement et presque aucun des documents associés n'avaient été réalisés.

Aujourd'hui, à une semaine de mon départ, un prototype imprimé en 3D du boîtier est en cours de câblage et devrait être terminé et testé avant la fin de la semaine. De plus, les documents évoqués plus haut ont tous été réalisés. En effet, le synoptique fonctionnel, utilisé pour présenter rapidement la carte en résumant ses fonctions a été validé. La NCR ainsi que la fiche suiveuse ont été converties au nouveau format, et ont même été améliorées en ajoutant plusieurs tests qui n'étaient pas réalisés jusqu'ici. Concernant le boîtier, les documents décrivant son câblage ainsi que les composants utilisés existent et permettent ainsi de dupliquer ce boîtier facilement. Enfin, le boîtier a été modélisé en 3D, ce qui permet de l'industrialiser en le faisant construire par un sous-traitant ou de l'imprimer en 3D, comme ce qui a été fait pour le prototype en cours de réalisation, pour une utilisation en interne.

De surcroît, en plus de ce qui était attendu, le synoptique fonctionnel de la carte de commande a lui aussi été créé, ce qui permet maintenant de pouvoir cerner rapidement le fonctionnement de cette carte.

B. Prolongement possible des missions

Cependant, selon moi, ce projet n'est pas arrivé à son terme et pourrait être amélioré sur plusieurs points. Bien que j'aie essayé de réduire au maximum le nombre de câbles à brancher sur le boîtier, il en reste encore beaucoup. Contrairement à la face gauche du boîtier, destinée à s'interfacer avec la carte, ce nombre pourrait être réduit sur la face arrière et la face supérieure. À l'arrière, il pourrait être envisageable de n'avoir qu'une seule tension à envoyer au boîtier. En effet, en utilisant des convertisseurs DC/DC pour transformer le 332 V en 12 V puis en 3.3 V, une seule alimentation serait nécessaire au bon fonctionnement de ce boîtier.

Pour la face haute, utilisée pour effectuer les mesures demandées par la fiche suiveuse, l'utilisation d'un microcontrôleur pourrait rendre cette tâche moins fastidieuse. En utilisant ses broches pour mesurer les tensions qui arrivent de la carte et en utilisant un écran LCD ou même une interface à ouvrir sur le PC, toutes les mesures pourraient être prises simultanément. Certaines tensions dépassant largement le seuil toléré par les microcontrôleurs, il faudrait créer plusieurs circuits similaires à ceux utilisés sur la carte en plaçant des diodes pour abaisser le niveau de tension à une valeur acceptable pour un de ces circuits. D'autre part, l'intégration d'un microcontrôleur pourrait dans tous les cas s'avérer nécessaire dans le futur. En effet, la gestion des interrupteurs inhérente à la fonction de pré-charge du circuit demande de respecter un séquençage très précis, pouvant facilement donner lieu à des erreurs de manipulation, entraînant la dégradation d'un ou plusieurs composants. Néanmoins, en utilisant un microcontrôleur, ces timings pourraient être gérés par un programme, supprimant complètement ces erreurs humaines. De cette manière, les tests en charge pourraient à nouveau être inclus dans les tests.

En outre, l'ajout du microcontrôleur ainsi que des circuits destinés à baisser les niveaux de tension risquerait de rendre le câblage interne du boîtier bien trop brouillon. Il faudrait alors imaginer une autre manière de réaliser le câblage interne du boîtier pour limiter le nombre de câbles à l'intérieur et aussi éviter d'avoir des composants en l'air. La réalisation d'une carte électronique pourrait ainsi s'avérer judicieuse, car cela limiterait le nombre de câbles nécessaires, mais permettrait aussi de fixer les composants. Toutefois, en faisant ceci, il faudrait créer tous les documents qui ont été réalisés lors de ce stage pour la carte électronique, mais pour le boîtier de test cette fois-ci.

Enfin, la manière de tester la partie SPI de la carte n'a toujours pas été trouvée. Ainsi, dans le futur, il faudrait absolument qu'une procédure de test soit établie pour que la NCR soit enfin complète.

En outre, le synoptique fonctionnel de la seconde carte ayant été réalisé, le travail effectué sur la première pourrait l'être aussi pour la seconde qui ne possède pas d'outillage de test propre.

C. Apports en termes d'expérience personnelle et disciplinaire

En plus des compétences techniques, qui ont été évoquées tout au long du rapport, ce stage m'a permis d'acquérir une expérience professionnelle et de comprendre comment fonctionne une entreprise. Tout d'abord, j'ai compris la différence entre travailler en entreprise et travailler en cours. En effet, ici, il faut absolument rendre des comptes souvent à ses supérieurs, que ce soit en envoyant des mails notifiant de l'avancée du travail ou par des réunions prévues à l'avance dans lesquelles il faut présenter ses avancements et les différents résultats obtenus. De plus, il faut savoir faire passer les intérêts de l'entreprise avant ses propres envies. Par exemple, lors du stage, j'avais directement envie de mettre en place les améliorations évoquées plus tôt, car pour moi, il n'y avait aucun intérêt à garder la version du boîtier telle quelle. Cependant, pour l'entreprise, avant d'améliorer le boîtier, il était plus important que le boîtier actuel soit officiel et que tous les documents soient conformes. Concrètement, si j'avais amélioré le boîtier immédiatement, cela aurait impliqué de devoir refaire valider les documents existants pour des améliorations parfois mineures.

Conclusion

Pendant ce stage, j'ai développé un outil de test pour une carte électronique, une mission qui m'a permis de concevoir et de mettre en place des tests pour vérifier la fonctionnalité et la fiabilité de la carte. J'ai mis à jour les documents existants et réalisé de A à Z un nouvel outillage, offrant ainsi une compréhension approfondie de l'ensemble du processus de validation ainsi que des fonctionnalités de la carte.

Ce travail m'a appris l'importance d'une approche méthodique et rigoureuse, et m'a permis d'élargir mon réseau professionnel grâce aux interactions avec différents départements. J'ai acquis une connaissance pratique du monde de l'entreprise, notamment en gestion de projet et en communication interservices. Les enseignements reçus au cours de ma formation, tels que la lecture de documents techniques en anglais et la résolution de problèmes, et surtout les projets de SAE ont été particulièrement utiles pour accomplir mes missions.

Ce stage a été une expérience très enrichissante qui m'a permis de découvrir le domaine de l'électronique dans un milieu professionnel à travers le développement d'un système. J'ai trouvé particulièrement gratifiant de relever les défis techniques et de collaborer étroitement avec une équipe pluridisciplinaire. Cependant, malgré mon intérêt renforcé pour l'électronique, mon projet professionnel dans les réseaux de neurones artificiels reste inchangé. Je suis déterminé à approfondir mes compétences dans ce domaine tout en valorisant les enseignements acquis lors de ce stage. Cette expérience m'a permis de mieux cerner mes aspirations professionnelles et de renforcer ma conviction quant à ma future contribution au développement technologique.

Lexique

AUV : Autonomous Underwater Vehicle

Bread Board : Plaque de prototypage pour assembler des circuits sans soudures.

CORAL : Constructive Offshore Robotics Alliance (AUV 6000 Ulyx)

DCAN : Direction des Constructions et Armes Navales

ECA : Études et Constructions Aéronautiques

EEA : Électronique Électrotechnique et Automatique

Fiche suiveuse : Document qui trace le parcours et les étapes d'un produit ou dossier pour assurer sa gestion et sa traçabilité.

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer

Isolateur de bus : Un isolateur de bus SPI isole électriquement les composants SPI, protégeant les circuits contre les interférences et assurant une communication fiable.

Master : Le maître en SPI contrôle la communication : il génère l'horloge, sélectionne les esclaves, et initie les transferts de données.

MCO : Maintien en Condition Opérationnelle

NCR : Notice de Contrôles et Réglages

PAP : Poisson, Auto Propulsé

Photonique : Science, ainsi que la technologie de générer, contrôler et détecter des photons.

Reverse Engineering : Processus qui consiste à étudier un objet ou un système existant en vue de comprendre son fonctionnement interne, ses composants et ses mécanismes de fonctionnement

ROV : Remotely Operated Vehicles

SLI : Soutien Logistique Intégré

SNLE : Sous-Marin Nucléaire Lanceur d'Engins

SPI : Serial Peripheral Interface

Synoptique fonctionnel : Présentation, en général graphique, qui permet de saisir d'un simple coup d'œil un ensemble d'informations liées ou un système complexe

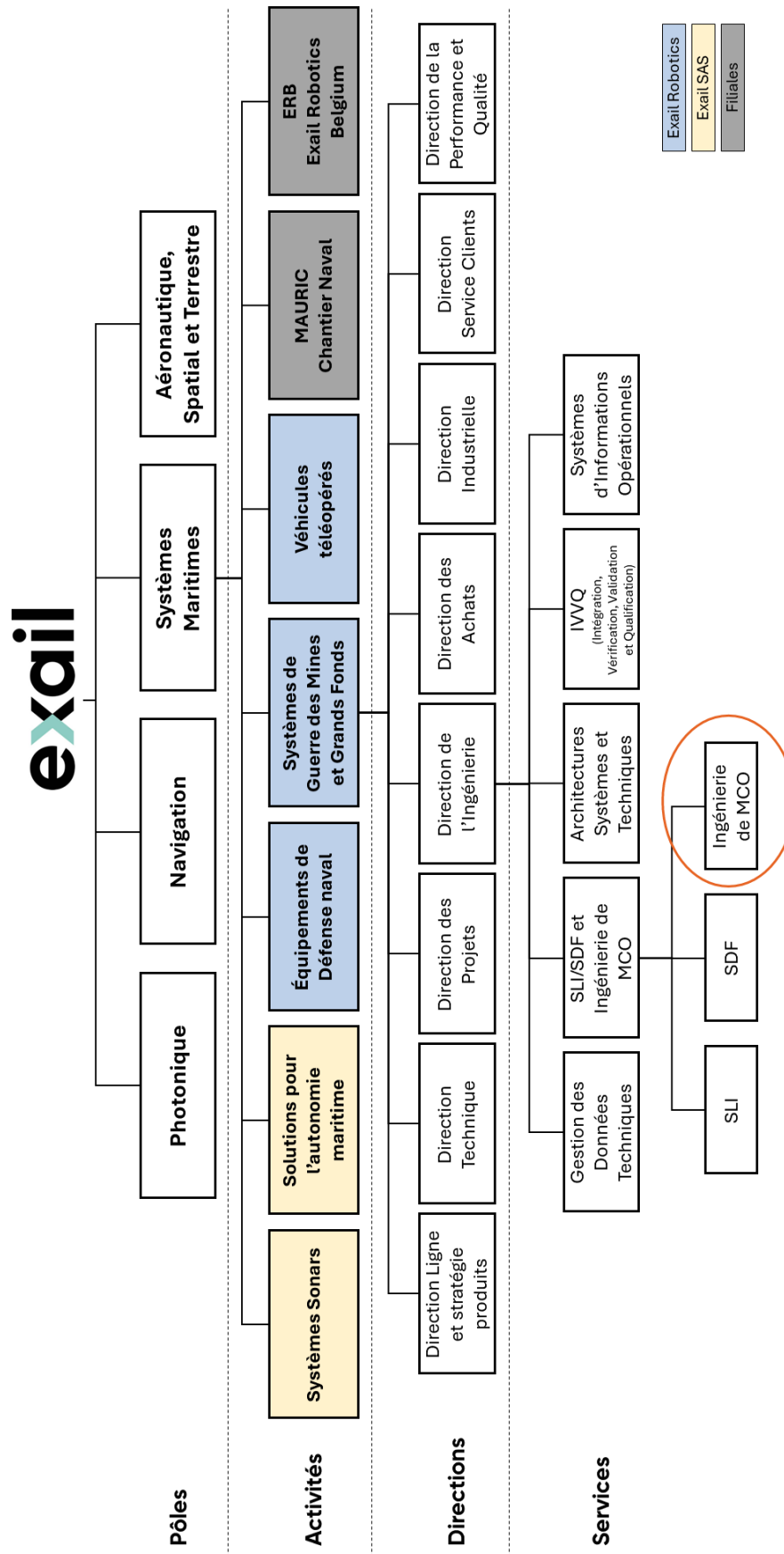
UGV : Unmanned Ground Vehicle

Variable booléenne : Variable qui peut prendre l'une des deux valeurs possibles : vrai (« 1 ») ou faux (« 0 »).

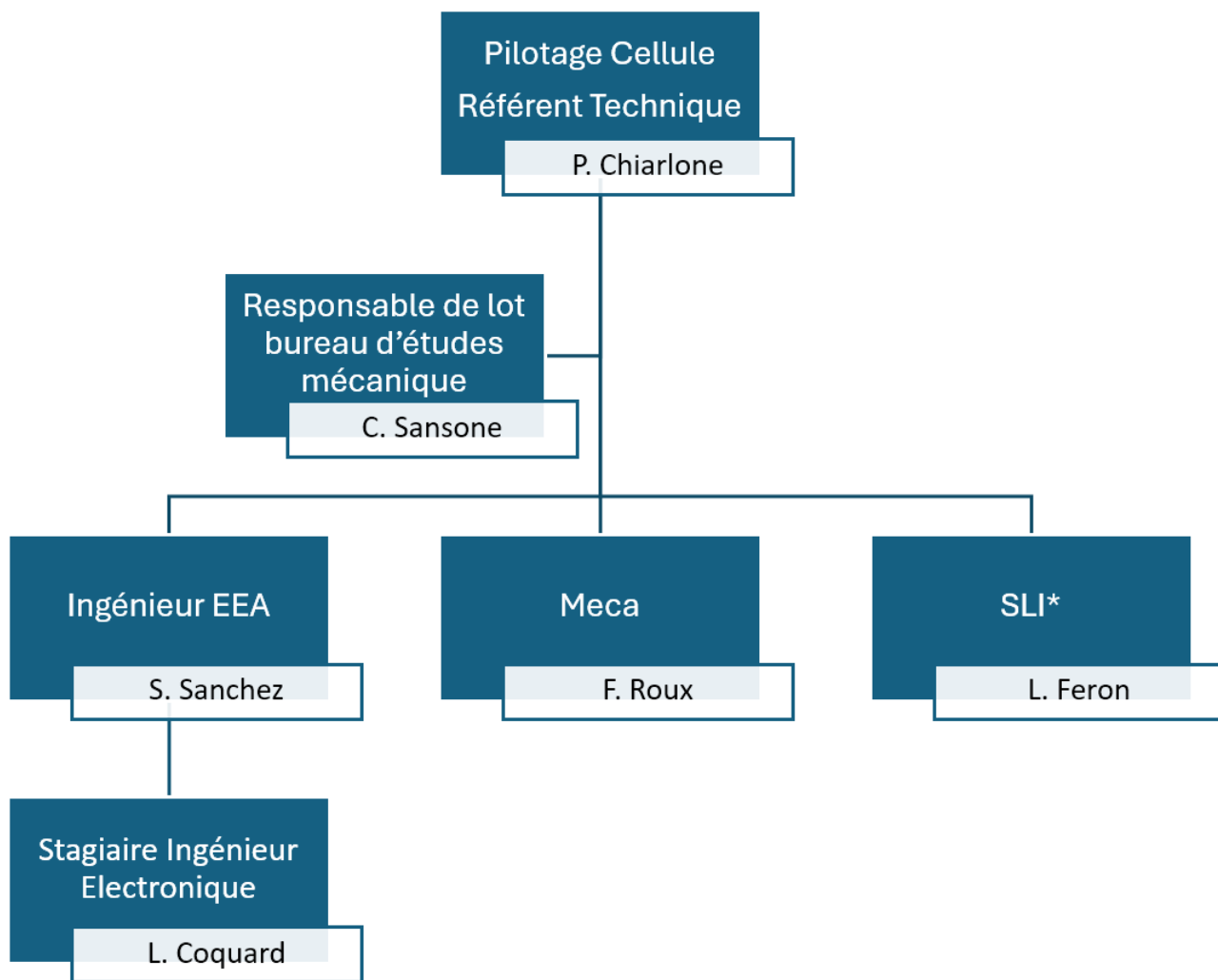
Wrapping : Technique d'assemblage de circuits électroniques en enroulant des fils autour de bornes sans soudure.

Table des annexes

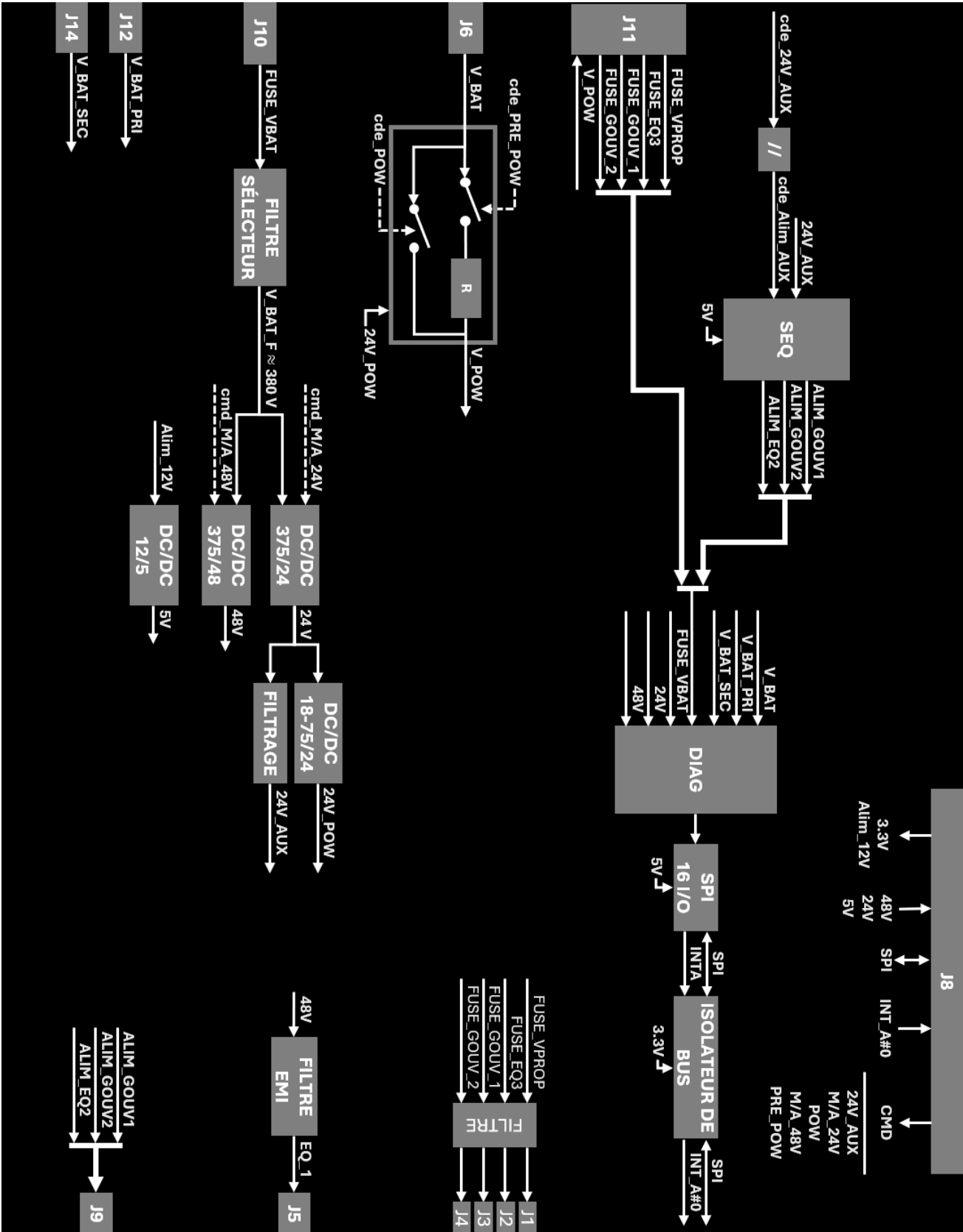
Annexe 1 – Organigramme Exail	II
Annexe 2 – Organigramme de la cellule « ingénierie de MCO »	III
Annexe 3 – Exemple de schéma électronique traité lors du stage	IV
Annexe 4 – Synoptique fonctionnelle de la première carte électronique	V
Annexe 5 – Schéma de câblage de l’outillage de test	VI
Annexe 6 – Schéma de câblage des connecteurs utilisés pour relier la carte et l’outillage de test	VII
Annexe 7 – Synoptique fonctionnel de la seconde carte électronique	VIII



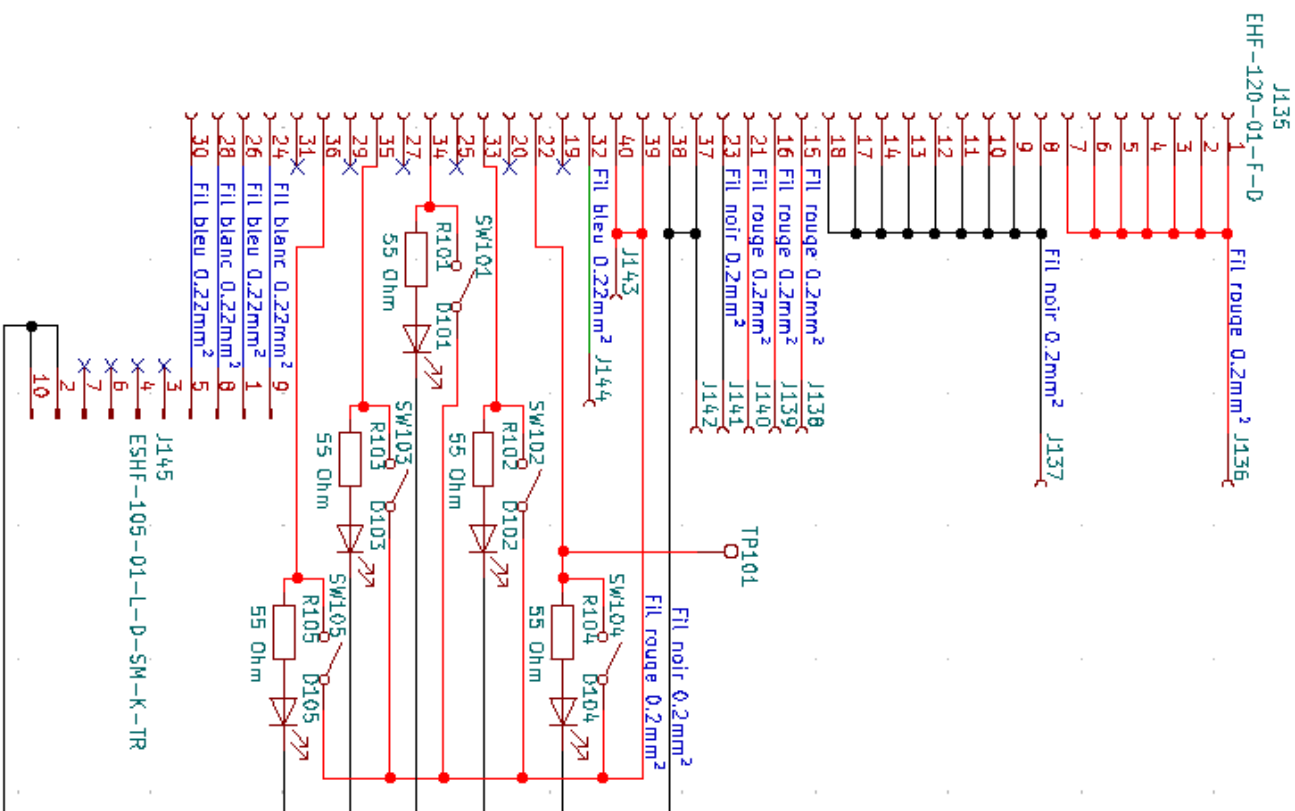
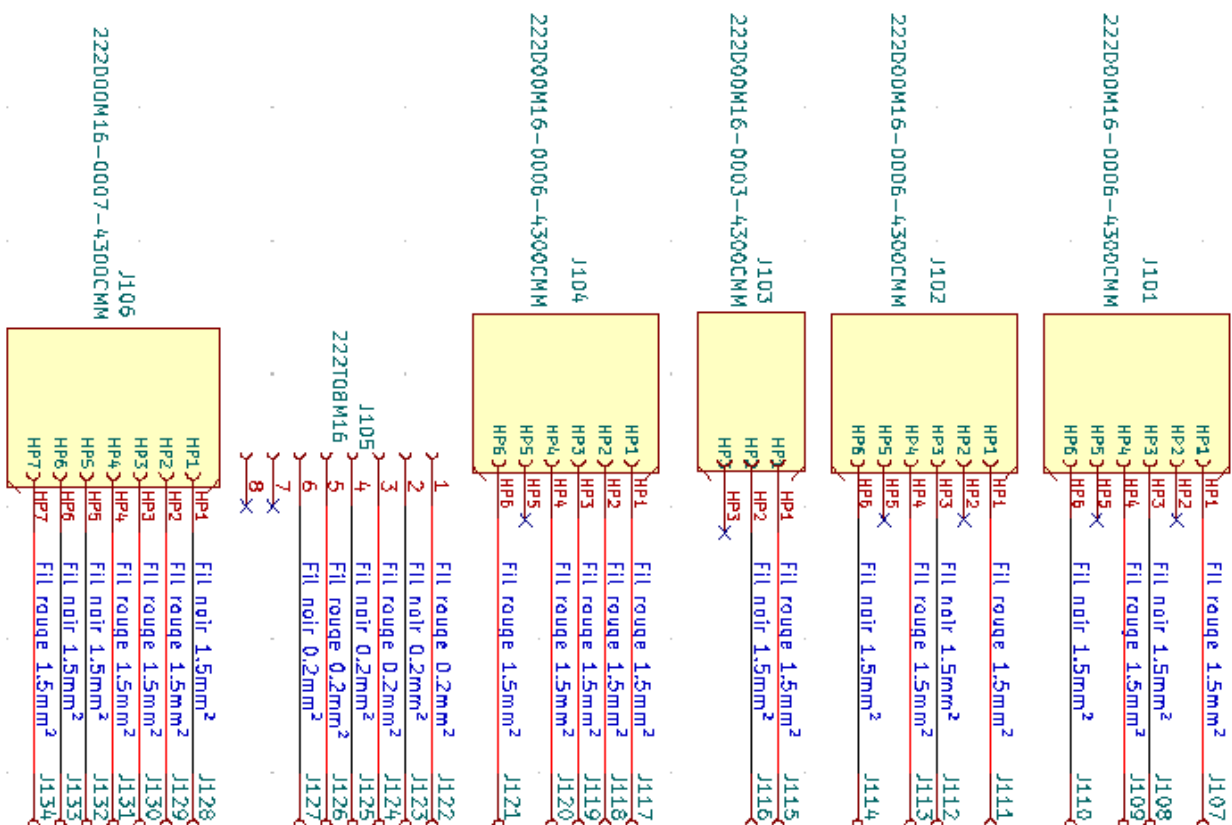
Annexe 1 – Organigramme Exail



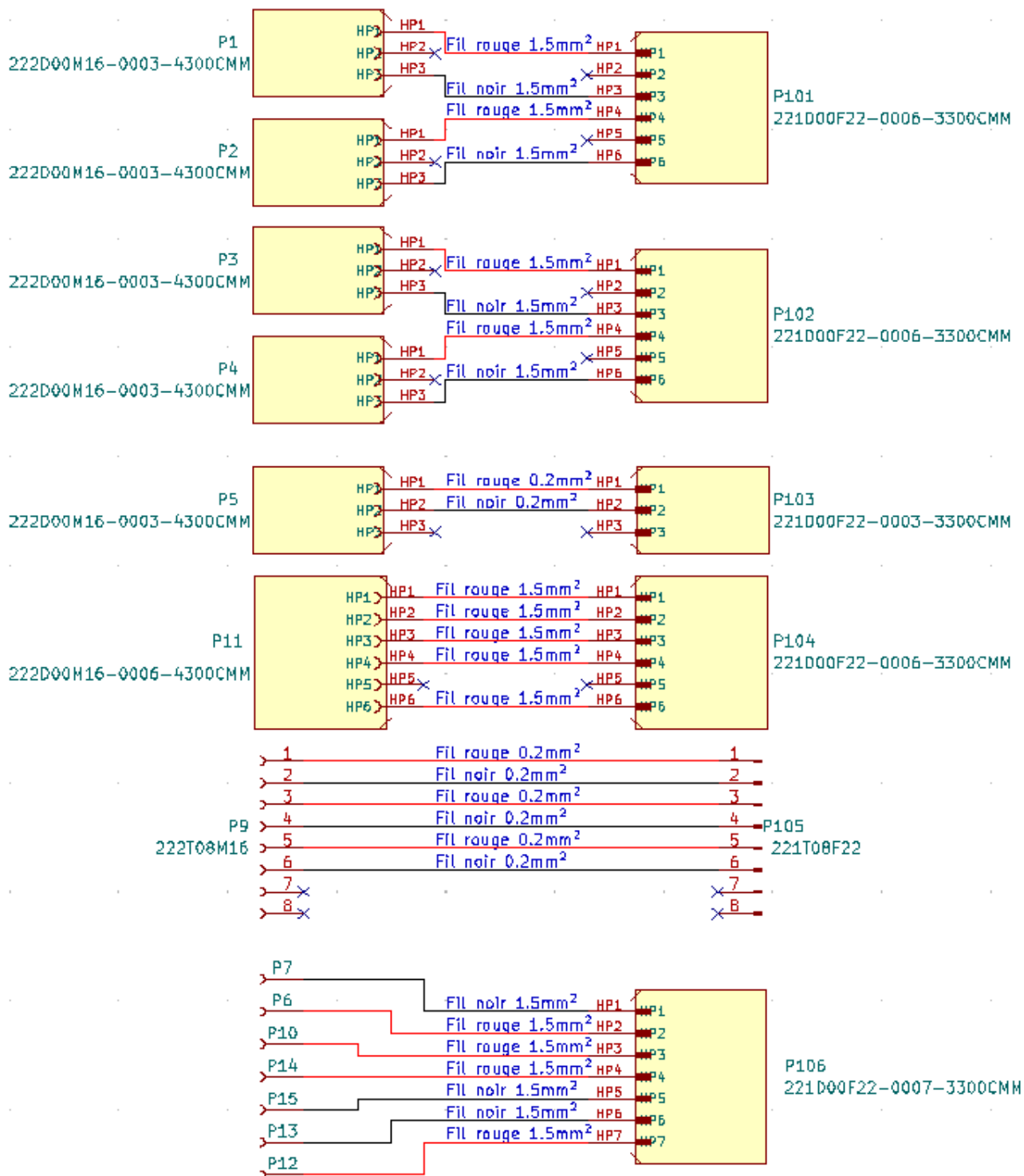
Annexe 2 – Organigramme de la cellule « ingénierie de MCO »



Annexe 4 – Synoptique fonctionnelle de la première carte électronique



Annexe 5 – Schéma de câblage de l'outillage de test



Annexe 6 – Schéma de câblage des connecteurs utilisés pour relier la carte et l'outillage de test

