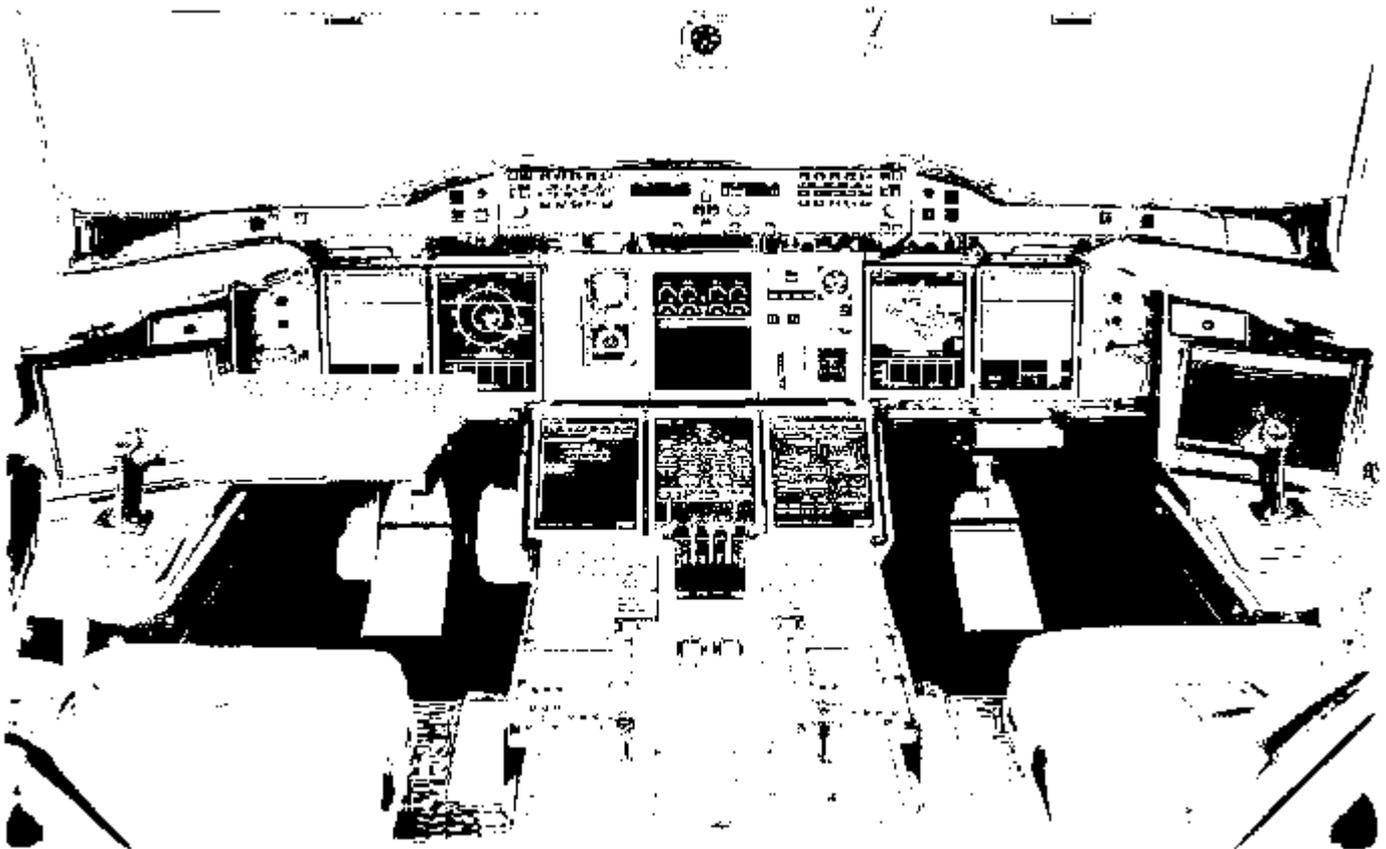




## Internalisation des Equipements Avioniques de l'A380



# Remerciements

---

Je tiens tout d'abord à remercier **la division MS.ES** d'Air France Industries pour m'avoir accueillie dans ses locaux.

Monsieur **Francis ROUSSELLE**, mon maître de stage, pour sa confiance, sa gentillesse et sa disponibilité, mais également pour ses connaissances dans l'internalisation des équipements et ses conseils.

Monsieur **Pascal HANNON**, le responsable du Bureau Technique, pour sa confiance également, son professionnalisme qu'il a eu envers moi durant ces 4 mois et ses connaissances dans le domaine de l'industrie.

Monsieur **Patrick ROQUES**, pour son aide dans la réalisation de mon projet.

Ma tutrice de stage, **Mme Calire VASILJEVIC**, pour son soutien dans ce stage et son accompagnement durant ses années d'études .

Je tiens également à remercier les personnes, qui par leurs aides et leurs conseils m'ont permis de réaliser mon stage notamment :

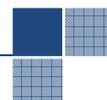
**Mr Yan Muntz**, Responsable Ligne de Produits  
**Mr Sylvain Thibault**, logisticien,  
**Mr Richard Paris**, agent du bureau technique,  
**Mr Stéphane Dautricourt** agent contrôle  
**Mr David Dreau** agent contrôle,  
**Mme Peggy Ducreux**, responsable logistique,  
**Mr Sylvain Repetylo**, logisticien,  
**Mr Pascal Letenneur**, responsable de l'unité production pôle 16  
**Mr Jérôme Canovas**, responsable de l'unité de production pôle 1  
**Mr Patrice Gaux**, responsable de l'unité de production pôle 5  
**Mr Guy Santer**, agent du bureau technique  
**Mr Sylvain Guillot**, agent du bureau technique

Tous ceux dont l'aide m'a été bénéfique trouvent également ici l'expression de mes remerciements.

# Sommaire

---

<b>Sommaire .....</b>	<b>3</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>Air France Industries.....</b>	<b>5</b>
A. Présentation .....	5
B. Une fonction d’AIR France.....	5
C. Ressources .....	7
D. Organisation .....	8
E. Les sites de production :.....	9
<b>La Direction Matériels et Services .....</b>	<b>9</b>
A. Presentation .....	9
B. L’activité MS : les services.....	10
C. Logistique opérationnelle.....	11
D. Disponibilité du matériel.....	12
<b>Mission du stage : Projet Internalisation.....</b>	<b>15</b>
A. Introduction.....	15
B. Présentation du Lieu de travail : MS.ES .....	15
C. Présentation de la mission.....	17
D. Démarche et planification du projet.....	19
<b>Réalisation du Projet .....</b>	<b>20</b>
A. Introduction.....	20
B. Moyens mis à disposition.....	20
C. Etudes et Analyses mises en place .....	21
D. Le Système automatisé analogique et numérique .....	34
E. Conception générale .....	37
F. Conception technique .....	43
G. Conclusion technique .....	53
<b>Conclusion .....</b>	<b>54</b>



# Introduction

---

Lorsque l'on parle d'aviation, on pense généralement aux pilotes, aux personnels de cabine et aux constructeurs, il ne faut pas oublier que l'industrie de la maintenance est un des grands Métiers du secteur Aéronautique.

Les coûts engagés pour le maintien de la navigabilité des appareils, place la maintenance en troisième position des frais d'achat pour des compagnies aériennes, telle Air France. La maintenance est incontournable pour tous les opérateurs aériens, afin de pouvoir garantir la mise en œuvre de leurs aéronefs en pleine conformité avec la législation en vigueur.

La maintenance aéronautique est alors une étape indispensable pour une compagnie aérienne afin de préserver la navigabilité des appareils. Elle nécessite beaucoup de rigueur et de respect des règles pour garantir un bon rendement d'exploitation de l'appareil.

La maintenance est soumise à une réglementation très stricte car c'est en fonction de la qualité de la maintenance qu'un appareil pourra voler sans problèmes. Le risque est très grand car les avions transportent des centaines de passagers et une mauvaise maintenance ou non réglementaire peut être lourde de conséquence. C'est pourquoi il est primordial que la maintenance aéronautique soit conforme à la réglementation pour assurer la sécurité des passagers et des équipages.

Il existe deux grands principes de maintenance :

- ✓ **La maintenance curative** : C'est la maintenance la moins évoluée, elle consiste à intervenir pour restaurer l'intégrité et les performances d'un appareil après qu'un dysfonctionnement ou un défaut a été constaté.
- ✓ **La maintenance préventive** : C'est la maintenance la plus sophistiquée, elle consiste à intervenir cycliquement afin de conserver l'intégrité et les performances d'un appareil, cette méthode permet de diminuer grandement les pannes importantes forçant à l'arrêt de l'appareil.

Air France Industries s'inscrit dans ce mode de fonctionnement et applique ces deux types de maintenance représentés par 3 entités principales : Les moteurs, les grandes visites et les équipements.

Pour les équipements avioniques (la direction Matériels et Services), Air France industries se positionne en tant que réparateur pour sa propre flotte et pour d'autres compagnies. Son but majeur en tant que société de service est avant tout de satisfaire le client. Dans ce principe, elle essaie de respecter au mieux les délais de réparations afin de limiter les attentes du client et les fidéliser.

Pour traiter les équipements, la division MS envoie la plupart des équipements en réparation extérieure. Leur souci étant de répondre au plus vite aux attentes du client, elle recense alors des problèmes sur le délai de réparations, les coûts générés par les attentes techniques et les coûts liés aux réparations extérieures.

Dans le contexte où la technologie des avions évolue, comme l'arrivée de l'A80, et dans l'objectif de se positionner en tant que leader sur le marché de cette technologie en disposant des connaissances techniques, Air France Industries décide de mettre en place des moyens industriels afin de tester et réparer les équipements en interne (au sein de l'entreprise).

C'est dans ce principe que s'oriente mon projet dont le but est d'internaliser une gamme d'équipements avionique de l'A380.

# Air France Industries

## A. Présentation

Air France Industries regroupe l'ensemble des activités industrielles et de maintenance aéronautique du groupe Air France. (→ [Voir annexe 1 : Présentation d'Air France/KLM](#))

La compagnie est le deuxième prestataire mondial d'entretien aéronautique multi activités et emploie 10 000 personnes pour un chiffre d'affaire de 540 millions d'Euros.

*Figure 1 : Hangar Grande visite*



Air France Industries couvre tous les créneaux de l'entretien : maintenance, ingénierie, gros et petits porteurs, aménagement des cabines, entretien et réparations des moteurs et des équipements aéronautiques.

Son expertise sur chacun de ces segments, lui permet de réaliser le support complet de la plupart des flottes.

AFI est implantée à Orly, Roissy, Le Bourget, Toulouse, Saint-Quentin en Yvelines et à Villeneuve-le-Roi où a été transférée la maintenance des équipements.

Le premier centre industriel est actuellement celui d'Orly avec 40 hectares de terrain et 200 000 m<sup>2</sup> de superficie de hangar et d'ateliers

Air France Industries emploie actuellement près de 10 000 agents : ingénieurs, techniciens et ouvriers qualifiés acheteurs, logisticiens, informaticiens.

Dans un secteur où la technologie ne cesse d'évoluer, les compétences de chacun sont un enjeu majeur pour Air France Industries, dont l'amélioration des performances passe par la valorisation de son potentiel humain.

Un programme de formation est mis en œuvre chaque année pour l'ensemble des catégories professionnelles.

*Figure 2 : Aéroport Orly*



## B. Une fonction d'Air France

La maintenance est un enjeu stratégique. Dans un contexte de dérégulation des marchés mondiaux et de croissance du trafic, la compagnie qui sait immobiliser sa flotte dans un minimum de temps pour un entretien aéronautique optimal, prend l'avantage.

Dès lors, il devient primordial pour les entreprises du secteur de développer des outils et des méthodes adaptés aux exigences du marché. Ceci est d'autant plus vrai que des grandes compagnies ont mené des politiques "d'outsourcing" laissant le soin à des prestataires extérieurs de gérer l'entretien de leur flotte.

Depuis sa création en 1933, Air France a fait le choix d'assurer elle-même l'entretien de ses avions, tout en garantissant la maîtrise des impératifs fixés : maintien de la sécurité aérienne, meilleure gestion de l'exploitation des appareils, maîtrise des coûts. Ces choix stratégiques permettent à Air France de valoriser ses activités d'entretien réalisées par la Direction Générale Industrielle.

Air France Industries, communément appelée AFI, se divise en 5 pôles :

- Les moteurs
- Les équipements
- Les grandes visites (révision complète de l'appareil)
- Les flottes spécifiques (armée)
- Le petit entretien



Figure 4 : Phase de démontage d'un moteur

Figure 3 : Atelier moteur



## 1. Chiffre clés

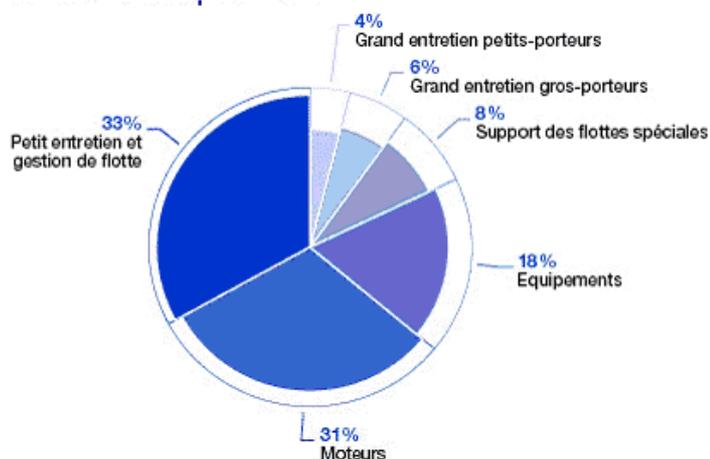
- 2.859 milliards d'Euros de chiffre d'affaires
- 34% pour des clients tiers soit 969 millions d'Euros
- Près de 150 clients internationaux soit le support de 900 avions
- 15 000 employés
- 7 sites de maintenance
- 80 baies avions
- 600 000 références en stock
- Ensemble, plus de 150 ans d'expérience

Les deux activités qui génèrent la plus grosse part du chiffre d'affaires sont le petit entretien et les moteurs. Avec un ratio de 31 %, principalement pour la maintenance des appareils de la flotte Air France, le petit entretien regroupe toutes les opérations de maintenance en ligne et en escale.

Si l'activité Moteurs représente 34% du chiffre d'affaires total, cela s'explique en grande partie en raison du coût très élevé de pièces motrices dans le prix global des avions de type Airbus et Boeing.

Air France Industries a généré, lors du dernier exercice budgétaire, un chiffre d'affaires de 1,8 milliard d'euros réparti comme suit.

Figure 5 : Répartition du chiffre d'affaire



## 2. Principaux clients

La fidélisation de nombreuses compagnies clientes dans le monde relève d'une volonté d'axer la relation commerciale dans la durée.

En tant que deuxième opérateur de maintenance multi-produit, Air France Industries a pour vocation de travailler pour des clients implantés partout dans le monde.

La variété des compagnies supportées par AFI prouve qu'elle a la faculté de s'adapter à leurs attentes. Il peut s'agir de grandes compagnies nationales (ex : Royal Air Maroc), de compagnies charter (ex : MyTravel), de transporteurs de fret ou de loueurs (FEDEX, ILFSC).

Nombre des références présentées sur la carte sont des compagnies clientes depuis de nombreuses années, parce qu'AFI a pour ambition de les accompagner dans le temps et d'être un partenaire privilégié de leur stratégie de développement.

Tout en restant fortement implantée sur ses marchés traditionnels que sont l'Europe et l'Afrique, AFI axe son développement sur les zones géographiques à fort potentiel de croissance dans les années à venir que sont l'Asie et l'Amérique. (→ Voir annexe 2 : Implémentation d'Air France dans le monde)

### 3. Certification

L'entretien aéronautique ne peut être réalisé que par des entreprises agréées par l'autorité nationale dont dépend l'exploitant, après avoir démontré leur capacité à respecter la réglementation correspondante.

En Europe, les règles sont définies par l'EASA (European Aviation Safety Agency) qui délivre les agréments PART 145. Aux Etats-Unis, c'est la FAA (Federal Aviation Administration) qui élabore les textes réglementaires et délivre les agréments FAR 145 (Federal Aviation Regulation)

Pour les autres pays, des réglementations spécifiques peuvent exister, nécessitant là aussi des agréments. C'est la raison pour laquelle AFI détient plus de trente agréments, dont le JCAB japonais et le CAAC chinois, afin de pouvoir entretenir les matériels de ses nombreux clients.

De plus, certains clients demandent à ce que le système de management de la qualité - SMQ - soit certifié selon la norme ISO : AFI s'est donc naturellement orientée vers la certification ISO 9001-2000. Son obtention est garante d'une amélioration continue de la satisfaction de ses clients.

Enfin, soucieuse de l'environnement, AFI s'est vu décerner en 2000 la certification ISO 14001 pour son département « Génie et maintenance industrielle » d'Orly en matière de protection environnementale, certification qui est en développement sur les autres sites.

#### Les principaux agréments d'AFI

- EASA PART 145 FR.145.010
- FAR 145 - CNFY912C (Paris) et CNF2912C (Toulouse) -FAA (US Federal Aviation Administration)
- JAR 147 F-T001
- EASA PART 21 G - FR.21G.0178
- EASA PART 21 J - EASA.21J.027

#### Et trente autres certificats délivrés par des autorités nationales de pays étrangers

- ISO 9001-2000 - n° 52181
- ISO 14001n° 78208 Orly et Le Bourget (environnement)

## C. Ressources

Air France Industries met en oeuvre des moyens, industriels, logistiques et informatiques très importants pour réaliser l'entretien de la flotte Air France et d'une centaine de compagnies clientes dans le monde. Ces moyens permettent à Air France Industries de fournir des prestations de haut niveau et d'être un leader mondial de l'entretien aéronautique.

En associant les gains réalisés à partir d'investissements industriels, à ceux issus des idées du personnel en termes de satisfaction client, de qualité, de coût, de délai, de sécurité du travail, Air France

Industries s'inscrit résolument dans une démarche globale de progrès permanent qui renforce un peu plus chaque jour ses avantages concurrentiels.

## 1. Moyens matériels

Dotée des moyens technologiques les plus avancés pour assurer l'entretien des différents matériels, Air France Industries dispose des atouts suivants :

- bancs d'essai ultra moderne pour les moteurs ou pour les équipements
- fours à atmosphère contrôlée (hydrogène, fluor)
- lasers qui permettent de percer et de souder les pièces de moteur
- infrastructures industrielles performantes toutes situées dans le cœur du triangle aéronautique européen
- systèmes d'information fiables et évolutifs pour gérer les flux et la production sur l'ensemble de ses implantations (**→Voir annexe 3 : Système d'information**)

## 2. Moyens humains

### a. *Les démarches de progrès permanent*

Air France Industries s'est engagée depuis 1994 dans une politique de management par la qualité. L'ensemble de ces démarches a pour but d'initier une logique de progrès permanent par la valorisation de l'intelligence, l'autonomie et la responsabilité de chacun des agents.

### b. *Le PIQ : Programme Innovation Qualité*

Il permet à tout agent de proposer une idée viable dans le but de résoudre un problème quel qu'il soit, du plus minime au plus important, et contribue à renforcer la satisfaction de nos clients. Avec plus de 33 000 suggestions depuis son ouverture en 1995, le programme PIQ ne cesse de se développer.

### c. *La méthode 6 Sigma*

Elle vise à offrir des produits et des services les mieux adaptés aux attentes des clients, à développer le management participatif en facilitant la résolution des problèmes et à améliorer les processus en permanence en produisant un minimum de défauts. Il y a actuellement 50 projets 6 Sigma en cours.

## D. Organisation

Une organisation entièrement tournée vers la satisfaction client.

La Direction Générale Industrielle d'Air France est organisée autour de trois grandes entités opérationnelles.

- La **Direction Entretien Avions** est en charge de l'entretien des flottes, de la maintenance en ligne et la mise en oeuvre de toutes les opérations de modification sur avion.
- La **Direction Moteurs** s'occupe du produit moteur, exclusivement ceux de la gamme CFMI et GE.
- La **Direction Matériels & Services** est en charge de toute l'activité équipements et de la logistique.

Cette organisation nouvelle est entièrement tournée vers une meilleure efficacité opérationnelle au bénéfice du client, à l'image de la synergie entre les activités équipements et logistique ou entre les chantiers de grande visite avions et ceux de modifications cabines. (**→Voir annexe 4 : Organigramme**)

## E. Les sites de production :

Air France Industries est caractérisée par plusieurs sites en France qui sont :

- **Roissy Charles de Gaulle** : siège social d'Air France, une zone aéroportuaire, une zone de fret, un site de maintenance aéronautique et des simulateurs de vol.
- **Le Bourget** : site de maintenance aéronautique.
- **Vilgenis** : centre de formation des métiers de l'aéronautique.
- **Orly** : zone aéroportuaire et un site de maintenance aéronautique.
- **Paray** : centre de gestion et de formation du personnel navigant.
- **Toulouse** : zone aéroportuaire et un site de maintenance aéronautique.
- **Villeneuve le Roi** (EOLE) : site de maintenance aéronautique

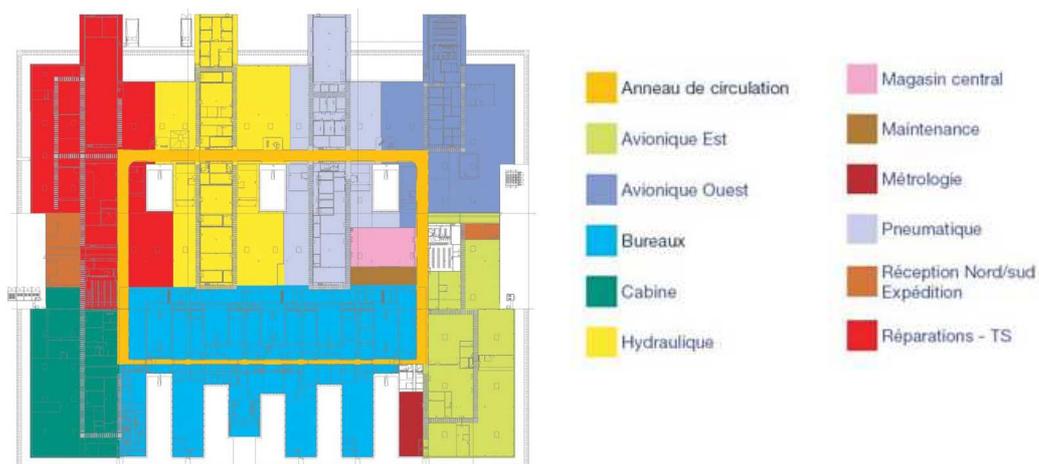
→ C'est au sein de la direction Matériels et Services (MS) sur le site d'EOLE que j'effectue mon stage.

## La Direction Matériels et Services

### A. Présentation

La direction Matériels et Services d'Air France Industries assure la maintenance et la réparation des équipements avion. Son expertise couvre plusieurs types d'équipements aéronautiques : (→ Voir annexe 5 : Organigramme Matériel et Service)

Figure 6 : Plan EOLE



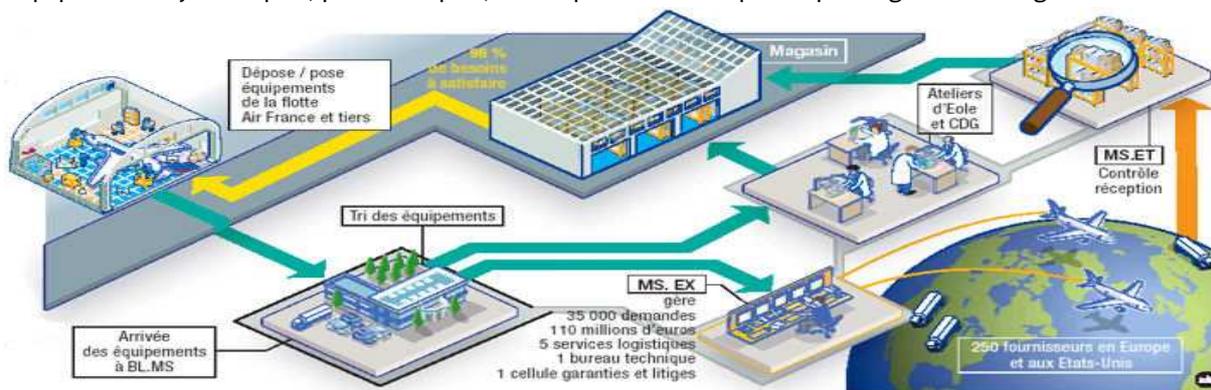
( → Voir annexes >6 : Les Activités de MS)

Pour compléter ses compétences et répondre aux besoins de ses clients, elle a recours quand cela est nécessaire à des prestataires externes.

#### 1. Réparations Extérieures

Le Service Réparations Extérieures (MS.EX) assure la réparation des équipements pour lesquels Air France ne dispose pas de capacité en interne. Il fournit la flexibilité nécessaire à la Direction Matériels et Services pour que l'activité se tourne vers les clients et réponde à leurs attentes.

La caractéristique principale du service Réparations Extérieures réside dans la diversité des équipements traités. Ces derniers peuvent aussi bien être des équipements mécaniques, que des équipements hydrauliques, pneumatiques, avioniques ou électriques. Il peut également s'agir d'APU



(Aircraft Power Unit), de sièges PNT, de trains d'atterrissage...  
La ligne de produit assure également la gestion des garanties équipement.

Figure 7 : Organisation  
Réparation extérieures

## 2. Chiffres clés

	Réparations extérieures
Effectif ( en personnes)	110
Flux annuel (équipements)	35000

## B. L'activité MS : les services

L'activité Matériels et Services propose ainsi à ses clients différents types de services : ( → Voir annexe 7 : les Principaux clients)

- des contrats à l'heure de vol avec accès au pool,
- des contrats d'entretien en closed loop,
- un service AOG (Aircraft On Ground) pour les demandes urgentes.

Fort de son savoir-faire en entretien aéronautique, l'activité Matériels et Services intervient également en tant que consultant auprès de clients externes pour du conseil en développement.

Une fois le contrat client signé, l'objectif de la Direction Matériels et Services est de répondre aux demandes commerciales et techniques du client et d'assurer la bonne gestion du contrat au quotidien. Pour cela, chaque contrat est suivi par un Customers Support Manager.

### 1. L'accès au pool

Dans un cadre contractuel, la Direction Matériels et Services propose à ses clients un accès à un stock commun d'équipements : le Pool.

Lorsqu'un client confie un équipement en réparation, l'activité Matériels et Services lui fournit un équipement similaire en remplacement. Ce dernier est issu du Pool et peut être mis à disposition du client n'importe où dans le monde. Pour ce faire, l'activité Matériels et Services s'appuie sur un réseau de 7 centres logistiques en Amérique du Nord, en Europe, au Moyen Orient et en Asie.

L'équipement **unserviceable** (à réparer) est envoyé dans le circuit de réparation, puis réintégré au Pool. A ce titre, ce contrat, qui peut porter sur tout ou partie du périmètre équipement client, est un système *Open Loop* : la pièce mise à disposition du client n'est pas physiquement celle qu'il a déposée.

En fonction de la taille de la flotte client, l'activité Matériels et Services peut aller jusqu'à dédier un pool spécifique à proximité de la *main base* du client.

La performance du service Pool est mesurée par la Qualité De Service (QDS). Cet indicateur correspond à la part des demandes clients satisfaites dans les délais contractuels.

## 2. Le closed loop

Pour les clients assurant eux-mêmes la gestion de leurs stocks, l'activité Matériels et Services propose le contrat Closed Loop. Dans ce cas, BL.MS prend en charge la partie réparation. L'équipement déposé par le client est physiquement identique à celui qui lui est restitué.

La performance est alors mesurée en TAT contractuel. Cet indicateur correspond au temps de traitement de l'équipement (transport et réparation).

## 3. AOG

Dans le cas d'un AOG (Aircraft On Ground) ou d'un risque AOG, l'activité Matériels et Services propose un service de traitement de la demande urgente.

Ouvert 24H/24 et 7jours/7, l'AOG Desk peut être contacté à tout moment pour répondre à un besoin du client. Les équipes disposent en effet de tous les leviers pour trouver des solutions dans des délais très courts : mise à disposition d'un équipement en stock, emprunt à une compagnie tierce, achat d'équipement...

Ce service est particulièrement important pour les clients. Il permet de répondre à leurs besoins, en faisant preuve de rapidité et d'efficacité.

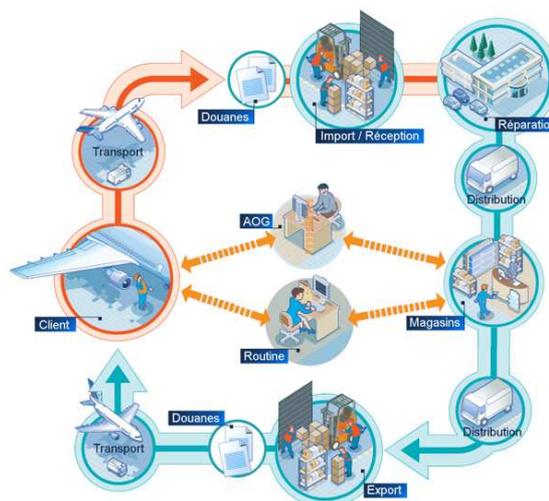
## 4. Conseil en développement

Fort de ses compétences en entretien aéronautique, l'activité Matériels et Services intervient en tant que consultant auprès de compagnies aériennes tierces.

Le conseil en développement prend la forme de mise en place de capacités de réparation locales, de gestion de stock, de formation,... Il peut aller jusqu'à l'accompagnement à la mise en ligne de nouveaux appareils ou à la rationalisation des activités de maintenance.

## C. Logistique opérationnelle

Figure 8 :  
Organisation de la Logistique



### 1. Le transport

Le service transport assure la mise à disposition des pièces aéronautiques selon les demandes clients. Le transport est réalisé depuis et vers les centres logistiques par voies terrestres, maritimes ou aériennes. L'activité s'appuie, au niveau mondial, sur des partenaires tels que : Khune&Nagel, DHL ou Fedex.

### 2. Douanes

Aucune marchandise ne peut entrer ou sortir du territoire sans avoir fait l'objet d'une déclaration en douane. Le traitement douanier réservé à une marchandise est déterminé par les trois notions fondamentales : l'espèce tarifaire, l'origine et la valeur en douane.

### 3. Import/reception

L'import/reception prend en charge les marchandises livrées par les transporteurs dans les centres logistiques, en assurant le suivi des colis ainsi qu'une vérification physique de la pièce qu'il contient.

### 4. Distribution

Le circuit de distribution intra et intersites permet, grâce à un réseau de navettes, de desservir les centres logistiques, les hangars, les ateliers de réparation d'Air France industries. Il assure ainsi la mise à disposition des pièces aux agents en adaptant la vitesse de distribution à l'urgence de la situation (groupage ou express).

### 5. Magasins

Air France possède en commun avec KLM E&M plus d'un million de pièces en stock dans les magasins de ses plateformes logistiques.

### 6. Export

L'export traite toutes les exportations de pièces en adaptant la solution de transport au degré d'urgence du client (AOG, Critique, Routine). Avec son habilitation chargeur connu, l'export peut réaliser les mises à bord et prises sous avion sur l'ensemble des vols du groupe air France KLM.

### 7. Traitement de la demande client

La demande du client est traitée en fonction de son degré d'urgence : AOG (très urgent), critical ou routine. En situation d'urgence déclarée par le client, l'AOG desk supervise la provision de la pièce au client

## D. Disponibilité du matériel

Le service Matériels (MS.SA) contribue à la ponctualité des vols ; il a pour mission de mettre à disposition les pièces de rechange pour le dépannage et l'entretien des avions, ceux d'Air France ou ceux des clients qui ont un contrat d'accès au stock d'Air France Industries.

Il s'approvisionne sur le marché au meilleur prix et vend les excédents, en fonction de l'évolution des besoins. Il gère les risques de rupture de stock dus aux aléas de l'activité et aux nombreux paramètres à prendre en compte : le pilotage est permanent. Sa mission d'audit permet de contrôler la localisation géographique des pièces.

### 1. Audits des stocks

*Figure 9 : Pilotage de la disponibilité*



Réglementairement, Air France doit faire un inventaire annuel de son stock et doit en rendre compte au contrôle de gestion et aux commissaires aux comptes. Cet inventaire permet de valider les quantités réelles des pièces et les montants.

Au delà des régularisations comptables, la mise à jour des données logistiques dans le S.I. permet aux opérationnels d'avoir une vision précise de la localisation des matériels disponibles.

## 2. Excédents et ventes

### a. *Gestion des excédents, retrait et vente des surplus*

Il s'agit de transférer vers des magasins spécialisés les stocks excédentaires dont le gestionnaire souhaite se séparer pour des motivations économiques (réduction du niveau de stock) ou lors du retrait de la flotte.

Les magasins excédentaires sont scindés en deux catégories :

- Les **magasins de "Réserve"** permettant d'écarter du stock actif le matériel dont le gestionnaire a identifié un besoin potentiel à court terme (ex : dotation client, réforme à venir, nouveau contrat pool en perspective...). C'est également un réservoir permettant de proposer de la location auprès de compagnies tiers.
- Les **magasins de "Surplus"** permettent de stocker le matériel dont nous n'avons plus besoin à long terme. Il est alors mis en vente ou réformé s'il s'avère invendable.

La vente de matériels excédentaires concerne les matériels consommables, les pièces moteurs, les équipements aéronautiques, les outillages, les bancs de test et les carcasses avion.

	Magasins de Reserve	Magasins de Surplus
Prix de stocks (en euros)	15 millions	30 millions
Réduction de stocks par la vente (en euros)		15 millions

### b. *Vente sur stock de pièces détachées*

La vente a pour vocation la commercialisation en routine de matériels consommables aux clients de la Direction Générale Industrielle. Elle supporte également les services AOG et les chargés d'affaires sur des demandes exceptionnelles d'approvisionnement en consommables.

## 3. Pilotage (Gestion des stocks aéronautiques)

La gestion des stocks aéronautiques s'articule autour de 2 actions :

- **pour les pièces détachées** : le dimensionnement des matériels en fonction des consommations,
- **pour les équipements réparables** : le dimensionnement des matériels en fonction du nombre d'avions supportés, de la quantité annuelle de matériels déposés, des délais de transit et de réparation.

Le gestionnaire de stock s'assure que les différents acteurs de la chaîne logistique respectent leurs engagements de performance, et il gère en permanence les risques de rupture. Il ajuste le niveau de stock en tenant compte des variations d'activité et des défaillances éventuelles dans le circuit logistique.

Ainsi, le gestionnaire assure la disponibilité des matériels conformément aux engagements contractuels.

### c. *Chiffres clés*

	Pièces détachées	Equipements
Nbre de références	70000	25000
Prix de stocks ( en euros)	65 millions	415 millions

## 4. Approvisionnement

### a. *Sourcing / commandes et dotations clients*

Dans le cadre de son activité de pilotage, le gestionnaire de stock est amené à émettre un besoin d'achat sur les références de sa gestion. De la même façon, les chantiers de modification des avions génèrent des besoins d'achat pour une mise à disposition planifiée.

Chaque demande d'achat fait l'objet d'une phase de « Sourcing » permettant d'acheter le matériel nécessaire aux meilleures conditions (prix/délais/qualité), dans le respect des directives du service Achats.

Ensuite le gestionnaire de commandes peut passer la commande chez le fournisseur sélectionné. Il la suit et effectue les relances nécessaires jusqu'à réception. Il est également en charge du règlement de tous les litiges pouvant bloquer le paiement du fournisseur.

Le client en contrat d'accès au pool est servi à partir d'un dépôt de la région parisienne mais il peut aussi demander la mise en place d'un stock dédié dans le lieu de son choix. Il faut alors y mettre à disposition les matériels dans le délai requis et bien entendu au meilleur coût. Plus de 25 clients dont KLM, Air Maritius et Virgin, bénéficient de cette prestation.

### b. *Rachat du stock des clients ou récupération sur avion*

L'entrée de matériels en stock peut également se faire sur des opérations spéciales de rachat de stock à un nouveau client, ou de récupération sur un avion sortant de la flotte Air France. Ces opérations sont gérées en mode projet. Les équipements récupérés sont intégrés dans le stock de rechanges ou mis en vente en cas de surplus.

### c. *Chiffres clés*

- **Sourcing / commandes et dotations clients**
  - 37 000 commandes de pièces détachées par an (47 millions €)
  - 7 000 commandes d'équipements par an (70 millions €)
  - Evitement de coûts par le sourcing : 4 millions €
  
- **Rachat du stock / récupération sur avion**
  - 7 B.747-200 démantelés en 5 ans
  - 11 A320 à démanteler sur les 3 années à venir (10 millions €/avion)

## 5. Objectifs

- ▶ **Améliorer la chaîne d'approvisionnement (supply-chain)**
  - Assurer la fluidité des flux de pièces
  - Contribuer à l'amélioration de la qualité de service offerte à Air France et à ses clients
  - Maîtriser l'ensemble des coûts logistiques, en particulier le niveau et la composition du stock de pièces détachées
- ▶ **Améliorer l'efficacité opérationnelle et économique du produit équipements d'AFI**
  - Augmenter nos parts de marché et améliorer le résultat
  - Devenir leader sur les équipements de la gamme Airbus et 777
  - Satisfaire nos clients par un support opérationnel adapté et une offre de services innovante
  - Moderniser l'outil industriel
  - Développer l'engagement de nos personnels dans une démarche de qualité totale

**→C'est au sein de l'activité avionique (MS.ES) que j'effectue mon stage.**

# Mission du stage : Projet Internalisation

## A. Introduction

Ce stage a eu lieu en fin d'année d'études en deuxième année de Master en Génie des Systèmes Industriels option Aéronautique à L'IUP Evry. Il a pour but de finaliser mes études, de confronter et d'appliquer mes connaissances acquises durant mes études au monde professionnel.

Il s'est effectué sur une période de 6 mois, du 2 février au 29 juillet 2009, dans l'unité Avionique du secteur Matériels et Services de la société Air France Industries à Villeneuve le Roi (EOLE).

Cette division a pour rôle l'entretien et la réparation d'équipements avioniques de la flotte Air France mais également d'autre compagnies.

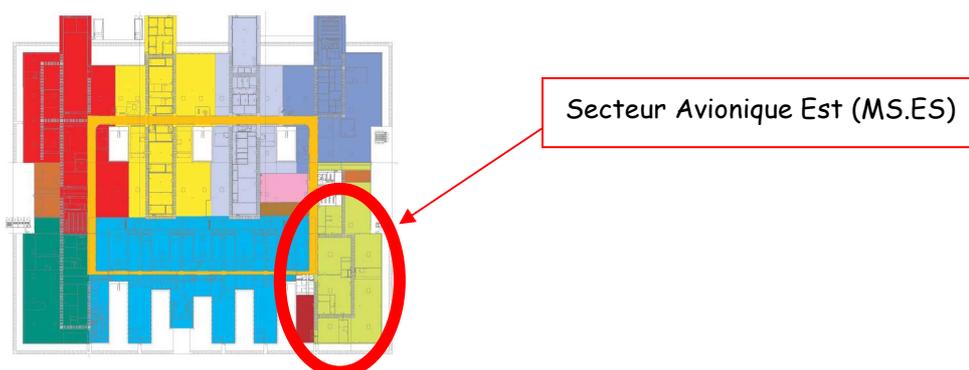
Dans le cadre de la maintenance et la réparation de ces équipements, la division **MS.ES** cherche continuellement à améliorer la productivité des bancs d'essais sous sa responsabilité, à réduire le stock et à minimiser les coûts.

Pour cela, on veut minimiser les envois en réparation extérieure en optimisant la réalisation de bancs d'essais en interne afin de traiter les équipements au sein d'Air France Industries. Les réparations extérieures sont également plus chère qu'une réparation en interne, c'est pourquoi il est avantageux d'internaliser un équipements. Cela permet ainsi de respecter les délais parfois trop longs quand les équipements sont traités par des entreprises sous-traitantes, de réduire la capacité en stock, car plus le délai est long (pièces détachées difficiles à avoir) plus Air France doit stocker l'équipement (un équipement est cher). L'internalisation donne également la possibilité d'acquérir la maîtrise technique sur la révision d'un équipement tant sur le plan du test que sur la technologie de l'équipement. Ainsi en cas de problème de maintenance, on peut alors contribuer à l'amélioration du produit et à l'augmentation de sa fiabilité.

Ainsi, MS.ES a choisi, selon les cas, d'internaliser des équipements. C'est **Mr Francis ROUSSELLE**, mon maître de stage qui est donc chargé des projets d'internalisation .

## B. Présentation du Lieu de travail : MS.ES

### 1. Présentation



L'activité avionique couvre la réparation de l'ensemble des équipements embarqués de technologie électrique, électromécanique, électronique et bientôt mécatronique.

Elle est répartie en trois lignes de production dont deux (MS.EL et MS.ES) se situent à Villeneuve le Roi sur le site EOLE, et une (MS.EV) à CDG sur la zone entretien.

Les grandes familles d'équipements traitées sont :

- Les vérins électriques, ventilateurs, moteurs électriques
- La gestion des circuits forte puissance
- Les calculateurs de commandes de vol, de pilotage automatique, de moteurs, ...
- Les radars météo
- Les centrales à inertie
- L'audio et la video cabine
- Les équipements radio de communication et de navigation
- Les enregistreurs (boîtes noires...)
- Les indicateurs de bord (les instruments du tableau de bord des pilotes)
- Les batteries

## 2. Chiffres clés :

	MS.ES	MS.EL	MS.EV
Effectif (en personne)	120	120	130
Flux annuel (équipements)	12000	13000	25000

## 3. Organisation

### a. Traitement de l'équipement

MS.ES est un service qui traite plusieurs types d'équipements pour différentes compagnies. Son rôle est alors de recevoir l'équipement et de le rendre sur avion en état de bon fonctionnement. Pour cela, soit le service le traite en interne, soit il envoie l'équipement en réparation extérieure.

Généralement, quand une panne est détectée dans l'avion, celui-ci est envoyée chez Air France Industries EOLE. Ensuite, selon le type d'équipement, il est envoyé sur la borne d'envoi/réception au pôle correspondant (traitant cet équipement).

C'est donc le logisticien qui prend en charge l'équipement à son arrivée en vérifiant la conformité des documents remis avec celui-ci, en enregistrant les données associées dans la base informatique puis en priorisant la prise en main de l'équipement si sa date de livraison est proche ou suivant le niveau de priorité de la réparation.

Si un banc d'essai a été réalisé en interne pour tester l'équipement, on remet donc l'équipement au technicien chargé des tests sur ce banc, sinon il est envoyé en réparation extérieure chez une société traitante.

En interne, le technicien prend en main l'équipement, analyse le dossier pour savoir si une panne a été détectée et quelle elle est. Ensuite il prend la documentation technique associée à l'équipement (**NR** : Notice de révision) et le guide de procédures de tests (**CMM** : Component Maintenance Manuel).

Une fois qu'il a analysé tous les paramètres d'avant test, il peut alors réaliser le test pour une recherche de pannes, si il y en a mentionnées dans le dossier, en collaboration avec le bureau technique de l'équipe, sinon il fait le test pour vérifier son bon fonctionnement.

Après la réalisation du test, de la panne détectée et réparée, il valide le fonctionnement de l'équipement, vérifié ensuite par le contrôleur de l'équipe afin de veiller au respect de la procédure de test et de la conformité des actions dictées.

Après la validation, le logisticien signe la sortie de l'équipement et l'envoi sur avion.

### b. Hierarchisation

Chaque secteur a une organisation et une hiérarchie bien spécifiques. Il englobe le responsable de la ligne de produit qui gère l'ensemble des personnes et l'activité du secteur, ici l'Avionique Est.

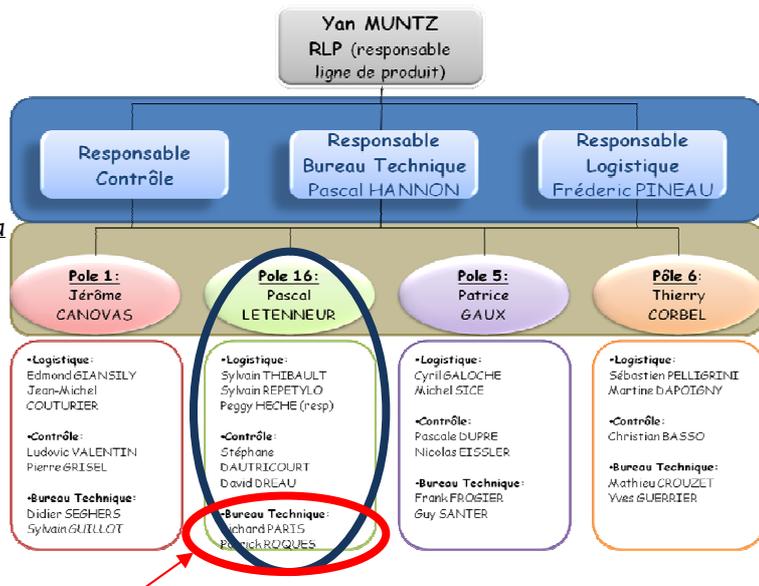
Le service Avionique Est est partagé en 4 pôles qui sont en charges d'équipements différents (enregistreurs, centrales inertielles, calculateurs, Communication radio, Navigation radio, Inertie, Modules de commandes, Contrôle génération Electrique, Calculateurs, Enregistreurs, Vidéo cabine).

Ces équipements sont pris en main par un pôle (pôle 1, pôle 16, pôle 5 et pôle 6) qui sont dirigés par les Responsable d'unité de production ( **RUP** ).

Chaque RUP a à gérer une ou deux équipes de production spécialisées dans un équipement particulier. Chaque équipe est suivie par un logisticien, un contrôleur qualité et un agent du Bureau Technique. Ces différentes divisions ont chacune un responsable attitré.

Voici l'organigramme de la division MS.ES : ( → Voir annexe 9 : Organigramme MS.ES Avionique Est )

Figure 10 :  
Organigramme de la division MS.ES



Je suis ainsi rattachée au pôle 16 qui est chargé de la maintenance des modules de commandes et des enregistreurs. Ces deux types d'équipements sont répartis sur 2 équipes désignés par ES28 et ES21. Je suis directement assignée au bureau technique.

### C. Présentation de la mission

#### 1. Présentation

Je suis donc rattachée au bureau technique du pôle 16 en charge des boîtiers de commandes et enregistreurs en tant qu'Ingénieur Projet. Je suis en collaboration avec Mr Patrick Roques, un des agents du bureau technique, dont son activité est orientée vers les modules de commandes.

Ma mission se résume par la recherche d'un moyen permettant d'internaliser les 11 équipements avioniques de type ICP (Integrated Control panel) de l'A380. ( → Voir annexe 10 : Quelques définitions(A380) )

Les ICP's sont des Modules de postes qui permettent de faire toutes les commandes et vérification au bon fonctionnement des caractéristiques d'un vol. Ils sont situés au dessus du pilote dans le cockpit :



Mon but a été donc de concevoir un banc de test permettant d'effectuer des tests sur les différents équipements afin d'en valider la remise en service sur avion. (→ Voir annexe 10 : Quelques définitions(Banc de test)).

## 2. Contexte

Le plan de développement Industriel représente la démarche de positionnement stratégique et technologique de l'activité Matériels et services sur la réparation des équipements.

Tout au long de l'année les bureaux techniques ont la responsabilité de se poser la question du « Make or Buy », sur les capacités industrielles de MS : Répare-t-on en interne ou en sous-traitance ?

Chaque ligne de produits scrute les paramètres de la technologie des équipements (flux annuel, fiabilité, prix d'achat, prix de la réparation extérieure...) et détecte des opportunités d'internalisation. Celles-ci, après avoir analysé les achats ou développement de moyens industriels (banc de test, outillage...) se concrétisent par un développement de capacités industrielles.

Chaque internalisation se fait dans une optique de croissance rentable et durable de l'activité. En d'autres termes, les investissements réalisés doivent permettre de gagner de préférence des clients, tout en misant sur les flottes d'avenir (famille A320, B777, A330-340, A380, avions régionaux). Le développement des compétences à la pointe de la technologie aéronautique est source de croissance et de pérennité pour l'activité Matériels et Services.

Dans le cadre de réalisation de divers projets d'internalisation et de l'arrivée proche de l'A380, le service MS.ES a décidé de proposer et de mettre en place un projet qui permettrait l'internalisation des ICP, équipements avioniques de l'A380.

Il existe alors un besoin de bénéficier de moyens industriels permettant d'opérer en interne sur les équipements de l'A380 afin d'éviter de passer par des sous-traitants et répondre au plus vite à la demande.

Néanmoins, les circonstances actuelles ne permettent pas à chaque projet de disposer d'un budget, ce qui implique que l'étude qui doit être mise en place et la solution de conception sera théorique.

Ainsi, toute la conception du projet devra être mis en place en version papier afin de pérenniser les informations et permettre de reprendre le pilotage du projet quand le budget sera voté.

## 3. Objectifs

Mes objectifs sont donc les suivants :

- **Internaliser les ICP's de l'A380**
- **Concevoir la solution du banc de test**
- **Limiter les coûts**
- **Pérenniser l'information**



## 4. Contraintes

Nous rencontrons des contraintes liées à ce projet, étant donné la conotation d'innovation et de budget attribué. Le but est donc de trouver un moyen d'essai permettant de tester le maximum de boîtes .

De plus, en considérant la conjoncture actuelle, les budgets sont restreints et la priorité est attachée à des projets dont le coût est moindre et la rentabilité la plus élevée. C'est pourquoi je me dois de concevoir un banc d'essai le moins coûteux possible.

Il met également alloué d'établir une solution qui devrait limiter l'intervention de l'homme sur le système et donc le coût de l'opération. On envisage alors un banc se déroulant de manière automatique. Il reste à définir la solution et les moyens industriels permettant d'automatiser le système.

Etant donné la présence de 11 équipements, il est nécessaire de déterminer et d'adapter le banc en fonction de leurs spécificités. L'idée est alors de concevoir un ou des bancs pouvant rassembler un certain nombre d'équipements.

On peut identifier les contraintes suivantes :

- **Le budget**
- **La durée du test**
- **Le temps de TAT**
- **Limiter l'intervention homme/système**
- **Les spécificités des tests**

## D. Démarche et planification du projet

Je suis ainsi chargée d'un projet d'internalisation et je m'inscrit donc dans le cadre de la recherche et développement (R&D).

Dans une entreprise, la recherche et développement, qui lui permet d'accroître la somme de connaissances, permet l'innovation. Cette innovation peut permettre par exemple d'améliorer des capacités de production, la qualité de cette production ou bien concevoir de nouveaux biens et/ou services. Dans mon cas, l'innovation est alors de créer un nouveau banc d'essai spécifique aux modules de commandes de l'A380 (11 équipements).

Cette recherche & développement se décompose en méthodes bien définies telles que La recherche appliquée qui consiste également en des travaux originaux entrepris en vue, d'acquérir des connaissances nouvelles. Cependant, elle est surtout dirigée vers un but ou un objectif pratique déterminé.

Et le développement expérimental qui consiste en des travaux systématiques fondés sur des connaissances existantes obtenues par la recherche et/ou l'expérience pratique, en vue de lancer la fabrication de nouveaux matériaux, produits ou dispositifs, qui permet d'établir de nouveaux procédés, systèmes et services, ou d'améliorer considérablement ceux qui existent déjà.

A l'issue de ces quelques définitions, nous pouvons identifier la méthode de R&D comme une recherche appliquée et un développement expérimental.

La recherche et développement d'un produit doit respecter des règles strictes débutant par l'analyse et le ciblage des besoins du client jusqu'à sa satisfaction. La démarche de R&D se modélise sous la forme d'un diagramme ( → Voir annexe 10 : Cycle de développement en M)

Afin de mener ce projet a bien, j'ai décidé de décomposer mon travail en plusieurs tâches qui suivent :

1. **Analyse de l'existant**
2. **Analyse des besoins**
3. **Analyser les équipements**
4. **Définir les ressources**
5. **Définir le banc**
6. **Définir le logiciel**
7. **Définir la conception du banc**
8. **Effectuer la programmation**
9. **Pérenniser l'information**
10. **Valider les test et le banc**

( → Voir annexe 11: Planning réalisé)

# Réalisation du Projet

## A. Introduction

Ma mission étant bien définie auparavant, je peux donc mettre en avant tous les moyens mis en place, toutes les études faites pour commencer à réaliser mon projet. Les objectifs étant été définis avec mes responsables et les contraintes étant délimitées, j'ai eu recours à une décomposition de mon projet en tâches, que vous avez pu voir précédemment, afin d'apporter à mon projet une certaine méthodologie dans le but d'atteindre mes objectifs. Cette disposition a été indispensable afin de limiter mon projet dans le temps et aboutir à la finalisation de la mission de ce stage.

Cette décomposition a été mise en place dans un planning ,essentiel dans le déroulement de mon stage. Il m'a permis de me rendre compte de l'avancement du projet et de respecter le temps de travail imparti pour chaque tâche et de limiter celle-ci afin de conclure ce projet au bout de six mois.

Selon le planning, j'ai dû commencer à faire quelques analyses afin de bien cerner mon environnement et mon objet d'étude, les équipements avioniques ICP de l'A80.

Ayant pour principal objectif de réaliser un banc d'essai pour ces équipements, ma première démarche a dû être concentrée sur l'analyse de l'existant et des besoins pour identifier les attentes de mes clients principaux.

Ensuite, une analyse des équipements a été menée afin de déterminer leurs caractéristiques, leurs modes de fonctionnement, les besoins externes pour leur mise en marche et leurs particularités (leurs compositions internes et externes).

Cette analyse m'a permis d'établir une proposition de solutions quant à la conception du banc de test. Cette conception s'est construite autour de plusieurs critères principaux :

- **Les CMM des équipements**
- **Les attentes des client**
- **Le matériels à disposition**
- **Le coût**

Ces critères ont été la base même de ma réflexion et de la réalisation de ce projet.

## B. Moyens mis à disposition

Pour pouvoir démarrer le développement du projet, quelques moyens étaient indispensables.

En ce qui concerne les équipements, j'ai pu avoir à ma disposition les CMM (Component Maintenance Manuel) des 11 équipements (**ICP01, ICP02A, ICP02B, ICP03, ICP04, ICP05, ICP06, ICP07, ICP08, ICP09, ICP10**). C'est-à-dire les procédures de test à faire afin de valider le bon fonctionnement d'un équipement, pour chacun, provenant de l'équipementier.

Ces CMM me permettent également de décrire d'une manière générale les équipements mais également d'en faire leur description technique sur le fonctionnement interne de l'équipement.( **→Voir annexe 12 : Un type de CMM**) et de cerner les besoins communs à tous. Grâce à ces documents j'ai pu me rendre compte des équipements qui étaient à prendre en charge dans mes recherche et analyses, de la complexité d'une mise en œuvre d'un test et de la réelle apparence de tels équipements.

Pour compléter la description de ces équipements, j'ai pu avoir à ma disposition des dossiers d'explication sur l'utilisation de ceux-ci au sein du cockpit.

De plus, pour me permettre de mieux cibler leurs actions sur avion et comprendre le principe de fonctionnement de ces différents équipements, étant donné le nombre important de fonctionnalités de ceux-ci, j'ai pu consulter quelques personnes ayant des connaissances techniques sur leurs caractéristiques (signification des données visuelles). Ils m'ont permis de comprendre l'utilité de chaque équipement dans le cockpit d'un avion.

Quant aux bancs d'essai, étant situé lors de mon stage à proximité de la production, j'ai pu aller, à ma guise, en production afin de me rendre compte de l'utilité d'un banc d'essai, des moyens à mettre en place afin de tester un équipement, et ceux déjà internalisés.

Cette démarche m'a permis de constater quelles étaient les ressources mises en place pour effectuer un test sur un équipement. (J'identifie les ressources à des appareils de mesures, des sources d'alimentation, le matériel du banc (connecteurs, diodes, interrupteurs, boutons-poussoirs)).

Les techniciens étaient également disponibles tout au long de mon stage pour m'expliquer leur activité, leur démarche et leur mission. J'ai pu ainsi avoir régulièrement des entrevues avec eux pour comprendre et déterminer leur mode de fonctionnement.

Pour réaliser mon travail, j'ai pu avoir à ma disposition un ordinateur avec une connexion à internet, ainsi qu'un bureau. Tous les documents dont j'avais besoin étaient à ma portée.

## C. Etudes et Analyses mises en place

### 1. Etude de rentabilité

Afin de valider l'internalisation d'un équipement, il est préférable d'établir une étude qui a pour vocation de déterminer la rentabilité de cette internalisation au fil du temps de façon estimative.

S'ajoutant à cela, AFI valide la mise en œuvre d'un projet si sa rentabilité est obtenue en moins d'un an, surtout dans les circonstances actuelles. Notre contrainte budgétaire est ainsi limitée.

Il faut alors, dans un premier temps, faire une analyse des équipements du même type sur les autres avions afin de déterminer hypothétiquement le nombre de déposes par équipement

Voici une étude prévisionnelle sur les déposes des équipements concernés dans les années à venir:

Désignation	P/N*	n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5
ICP01	171TS10AXY02	3	7	12	15	16	17
ICP02A	181TS10AAY02	3	7	12	15	16	17
ICP02B	191TS10BXY03	3	7	12	15	16	17
ICP03	201TS10AFY02	3	7	12	15	16	17
ICP04	211TS10AAY02	3	7	12	15	16	17
ICP05	221TS10ABY02	1	3	5	6	6	7
ICP06	231TS10ABY03	1	3	5	6	6	7
ICP07	241TS10ADY03	1	3	5	6	6	7
ICP08	251TS10AXY02	3	7	12	15	16	17
ICP09	261TS10AXY03	3	7	12	15	16	17
ICP10	271TS10ABY02	7	15	24	30	32	34
<b>Nbre total de dépose par an</b>		<b>31</b>	<b>73</b>	<b>123</b>	<b>153</b>	<b>163</b>	<b>174</b>
<b>Nbre total de dépose par semaine</b>		<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

\*P/N signifie part number. C'est un numéro unique attribué à chaque pièce, outil ou éléments extérieurs à l'avion. Il permet de les identifier et est utilisé comme référence dans la base de donnée d'Air France Industries. Ce P/N permet de réaliser une traçabilité de ces éléments.

Les P/N qui sont constitués d'une lettre en rouge signifie qu'il existe un certain nombre différent de P/N pour ce type d'équipement dont la lettre en rouge varie.

Cette étude permet de décider de la mise en place d'une éventuelle internalisation. C'est donc à partir de cette étude que l'on peut faire une analyse de rentabilité.

Cependant, cette analyse est possible grâce à plusieurs critères qui sont :

- **Le prix de l'équipement**
- **Le flux prévu (le nombre de dépose par an)**
- **Le prix de réparation en interne**
- **Le prix de réparation en externe**
- **Le TAT de l'équipement**

Donc, en fonction du prix de l'équipement, de son nombre de dépose par an, du prix de réparation en interne et du temps de prise en main de l'équipement lors de son traitement, on peut évaluer sa rentabilité par rapport à son envoi en réparation en externe.

Si en interne, le coût est moins élevé qu'en réparation extérieure, c'est alors dans ce cas que l'on décide d'internaliser un équipement.

Mon maître de stage, Francis ROUSSELLE, a ainsi fait cette étude, c'est à l'issue de cette étude de faisabilité économique que l'on m'a proposé ce sujet de stage.

Cependant, cette étude reste hypothétique. Pour pouvoir avoir des chances que ce projet puisse disposer des moyens nécessaires pour sa réalisation, il m'a alors été confié de déterminer plus précisément le coût que pourrait totaliser la conception d'un tel projet et par la suite, de réaliser ma mission.

## **2. Etude de l'existant**

Afin de déterminer quelle orientation prendre quant à la conception de mon banc d'essai, il m'a été indispensable de visualiser les bancs de tests déjà existants ainsi que le mode opératoire des techniciens. De nombreux bancs ont ainsi déjà été créés pour divers équipements. Ils ont différentes particularités. Certains nécessitent une intervention manuelle continue du technicien. J'ai pu ainsi prendre en compte certains paramètres afin de déterminer mon choix.

Au cours de ces observations, j'ai estimé un temps d'intervention de **2h à 5h** pour effectuer un test sur un équipement. Ce temps est essentiellement dû aux branchements à mettre en place avant le test ainsi que pour la réalisation de la procédure de test manuel, qui consiste à brancher ou débrancher tel raccordement et de vérifier les mesures. Le technicien manipule alors constamment l'équipement. On peut recenser une perte de temps considérable lors d'intervention du technicien pour modifier les branchements. Pour certains équipements, la quantité de câbles à placer et déplacer et le temps mis pour effectuer ces opérations sont considérables. (+ de 1h)

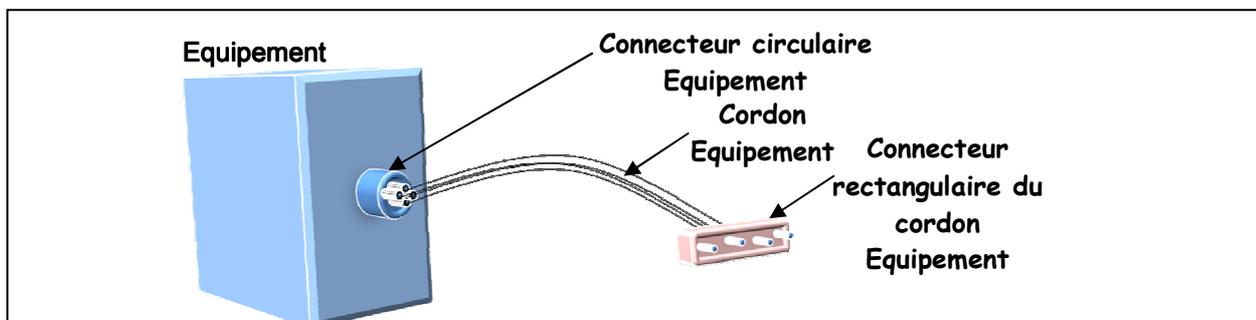
De plus, avant chaque test, un technicien doit mettre en place un certain nombre d'appareils de mesure et effectuer des branchements préalables pour commencer le test. (**30min d'installation**).

Il est à noter que pour l'internalisation d'un équipement, on crée un banc d'essai. Mais ce banc est caractérisé par un rack bien spécifique. Un rack est une interface que l'on a conçu pour pouvoir tester l'équipement. Pour que le test soit valide, il est constitué d'un nombre de connecteurs pour brancher l'équipement, de diodes, d'interrupteurs, de douilles pour intervenir manuellement sur les connectiques de l'équipement. Il est constitué aussi de potentiomètres gradués. Ce rack permet alors de simuler le fonctionnement de l'équipement dans le cockpit de l'avion.

Cette conception est parfois induite dans le CMM. Les différents éléments que l'on positionne en interface permettent de déclencher des changements au sein de l'équipement ou de visualiser son fonctionnement afin de valider le test.

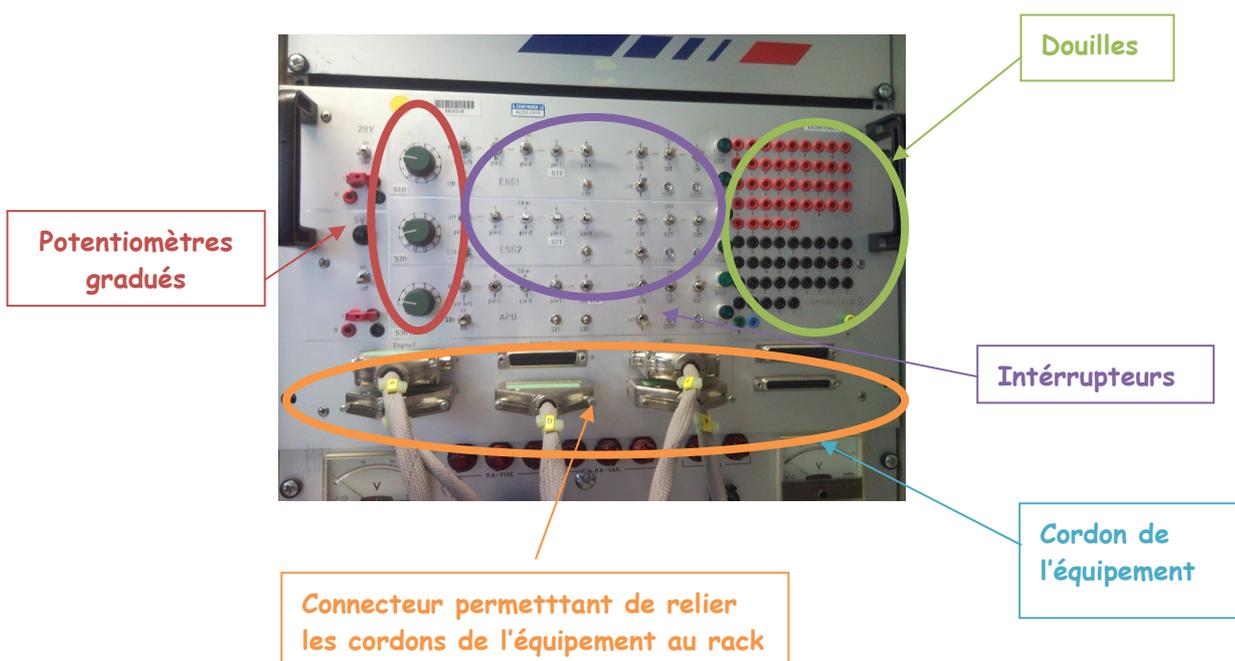
Pour faire fonctionner le test, les broches des connecteurs sont reliées à des endroits spécifiques de l'équipement. Cette liaison constitue le cordon de l'équipement qui permet de disposer toutes ses sorties sur les broches du connecteur.

Figure 11 : Visualisation des cordons équipements



J'ai pu assister au test des poignées coupe feu de l'A320. Le test de ce type d'équipement est caractérisé par le rack que vous pouvez voir ci-dessous.

Figure 12 : Rack des poignées coupe feu A320



Pour ce test, le technicien doit dans un premier temps prendre la documentation associée et la lire, mettre tous les appareils de mesures nécessaires en place sur le banc et doit brancher les équipements. Ce temps a pu être évalué à 30min. (général pour tous les tests)

Après avoir fait les branchements, le technicien peut commencer à faire le test. Cet équipement est divisé en 3 parties : le test du premier moteur, du deuxième moteur et de l'APU. Chaque moteur contient 2 extincteurs. Donc ce test englobe le test mécanique des boutons, le test de l'éclairage des voyants et de la plaque, le test de fonctionnement des extincteurs et des alarmes moteur. Comme on teste deux moteurs, on effectue ainsi une analyse répétitive.

→ Pour réaliser tous ces tests, j'ai évalué un temps de test de 4h, 30 min d'installation et une manipulation constante du technicien sur le rack et sur l'équipement. Une nécessité de concentration du technicien sur la visualisation du fonctionnement de l'équipement sur le rack a été constatée, ce qui a été gênant pour celui-ci et fatiguant.

### 3. Analyse des besoins

Il n'existe pas à l'heure actuelle de banc d'essai pour les équipements de l'A380, néanmoins avant d'en concevoir, il est nécessaire d'analyser ce qui existe déjà afin d'envisager les ressources nécessaires pour les équipements de l'A380.

De plus, afin de se rapprocher au plus des attentes de chacun, responsables et techniciens, et dans un souci de qualité, j'ai menée une enquête d'amélioration auprès de ceux-ci. Il est important de recenser leurs attentes et leurs besoins d'ergonomie de travail pour faciliter leur intervention.

Il faut donc réaliser une étude pour répondre au mieux aux souhaits de tous et répondre à leurs attentes de la manière la plus appropriée.

Les divers besoins sont exprimés au sein de deux entités différentes : les responsables qui supervisent le déroulement du projet et valident en cas de conformité aux besoins, et les techniciens qui utiliseront le banc pour tester les équipements, manipuleront le banc et les programmes, et valideront le bon fonctionnement.

Pour les responsables, leurs attentes sont émises sur la diminution du temps d'intervention du technicien en proposant une solution la plus rapide et automatisée (déroulement du test minimisant l'intervention du technicien sur le banc) et sur la minimisation (si possible) des coûts associés..

Ils espèrent, de ce fait, rentabiliser le banc au plus vite. La solution sera alors celle répondant au mieux aux critères de validation. Quant au choix du matériel et du banc, ils ne seront que validateurs ou contestataires et donneront ainsi leur approbation si la solution leur convient.

Cette étude au sein des techniciens a permis ainsi d'identifier les paramètres à prendre en compte lors de la conception comme :

- **Eviter le déplacement pour aller chercher le matériel**
- **Eviter le grand nombre de switch**
- **Laisser du temps pour changer des paramètres**
- **Mettre en place les deux modes (manuel et automatique)**
- **Permettre de reprendre un test manuellement dans le programme**
- **Laisser un oscilloscope pour dépannage**
- **Un programme pédagogique**

### 4. Analyse fonctionnelle

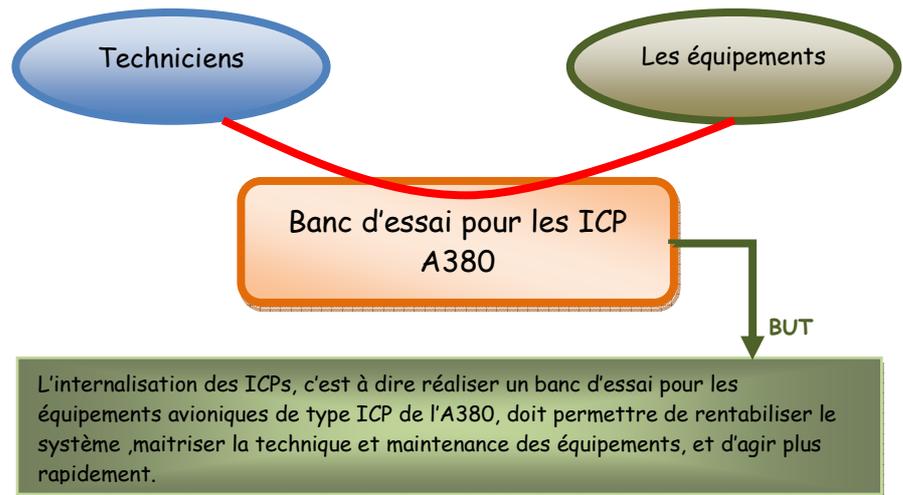
Grâce à l'analyse des besoins et l'étude de l'existant faites auparavant me permettant ainsi de recenser les besoins majeurs émis par les techniciens et responsables sur le produit, nous devons approfondir cette analyse en listant les diverses contraintes répertoriées dans divers domaines.

Cette mise en forme permet ainsi d'illustrer notre projet au sein d'un environnement . Pour cette illustration, nous utilisons la bête à cornes qui est un outil fonctionnel permettant de caractériser les fonctions de service attendues et générées par l'usage d'un produit.

### But du projet : La bête à corne

C'est un outil de représentation de certaines questions fondamentales pour justifier la proposition d'un projet qui sont :

- A qui, A quoi le produit rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?



Cette analyse permet ainsi de situer le projet au sein de son environnement et de découvrir son intérêt. Elle permet également de visualiser l'objectif que l'on souhaite atteindre et la solution que l'on veut mettre en oeuvre.

Grâce au cahier des charges on a pu définir les contraintes liées à ce projet, ainsi que les objectifs fixés, on peut alors situer le projet au sein de son environnement et réfléchir à sa réalisation.

Cette réalisation ne peut être mise en place qu'en analysant les divers équipements, les tests spécifiques à chacun et en définissant par la suite les ressources nécessaires et les tests à réaliser.

En effet, le projet se base sur une étude approfondie de tous les équipements afin de déterminer les ressources nécessaires à son développement de test mais également recenser toutes les entrées et sorties de celui-ci .

## 5. Analyse des CMM

Les CMM (Component maintenance manuel) sont des documents délivrés par les équipementiers, ici ECE du groupe ZODIAC, qui énoncent la procédure de test de chaque équipement. En effet, chaque équipement a un CMM qui lui est propre.

Ce sont donc ces documents qui permettent de voir la spécificité des équipements, de leurs caractéristiques internes et externes (à l'intérieur de la boîte et à l'extérieur) et de leur fonctionnement.

Nous avons ces 11 équipements à internaliser. Une des premières étapes de cette mission sera alors d'analyser la procédure de test afin de décider quel banc d'essai il faudra mettre en œuvre pour les tester.

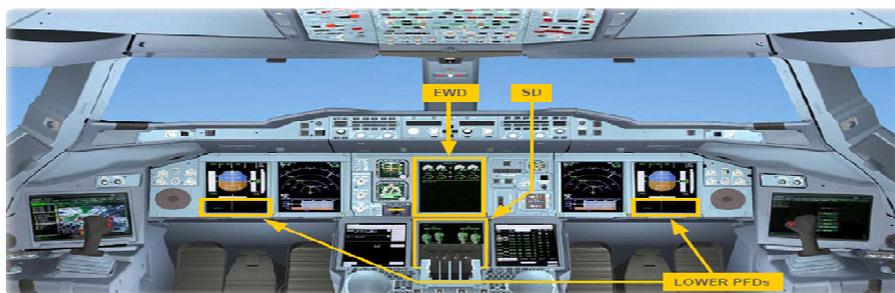
Mais tout d'abord, ce sont les équipements qui doivent être abordés. Chacun a des caractéristiques et des fonctions qui leurs sont propres. Ils ont donc une utilisation bien spécifique pour le commandant de bord lors d'un vol. L'intérêt est alors de comprendre leur utilité en faisant leur description, en déterminant leur spécificité et en analysant leur fonctionnement.

### a. Les équipements

Les ICP sont des modules de commandes qui permettent de contrôler le fonctionnement de l'avion et vérifier ainsi quelques paramètres indispensables comme le niveau de carburant des moteurs, l'air conditionné ou de commandes quelques éléments comme la communication avec l'équipage, les extincteurs des moteurs.

Ce sont ces modules de commandes qui permettent d'interfacer des mesures ou des éléments sur le système d'affichage (SD) ou sur l'écran de contrôle d'urgence (FWD).

Figure 13 : Cockpit de l'A380



Voici pour chaque équipement une description sur les éléments qu'ils permettent d'interfacer et donc de visualiser :

L'**ICP01** est un équipement qui regroupe un certain nombre de brakers (fusibles) qui permettent de faire un reset (Remise à zéro) sur les calculateurs.

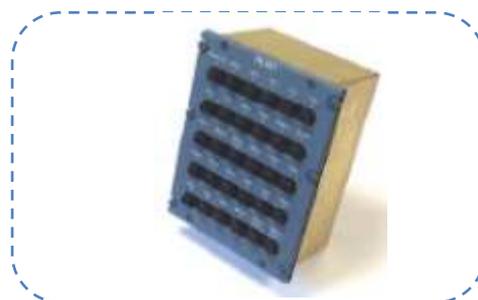


Figure 14 : ICP01

Figure 15 : ICP02A



L'**ICP02A** est un équipement qui permet de contrôler l'APU (Auxiliary Power Unit). Celui-ci est un groupe turbogénérateur auxiliaire destiné à produire de l'énergie à bord des avions pour permettre d'alimenter au sol les différents systèmes de bord (tension électrique, pressions pneumatique et hydraulique, climatisation) quand les moteurs sont arrêtés afin d'économiser le carburant. Il peut être également utilisé en vol. Cet équipement permet alors de visualiser un éventuel incendie au sein de cet élément et de déclencher l'extincteur affilié.

C'est donc l'interface homme/machine avec les systèmes avions comme ADIRS, APU feu de detection et de protection, APU management, le système de prevention de l'avion (le bouton stop en cas de feu) et le système anti gel.

L'ADRS (Air Data Inertial Reference System : centrale inertielle et gyroscopique calculant les paramètres position, vitesse de l'avion) doit être aligné. Cela leur permet d'opérer en monde NAV et donner continuellement la position de l'avion. L'initialisation de l'ADIRS est donné automatiquement par le GPS ou manuellement par le MFD (Multi Function Display). L'intervention du pilote n'est pas nécessaire.

Figure 16 : ICP02B

L'**ICP02B** est un équipement qui permet de contrôler le largage du carburant dans l'air, l'enregistreur de vol, l'évacuation de la cabine, avertir l'équipage, la détection de fumée, la distraction des passagers, la vitesse des essui glaces. Il permet de visualiser la salle de repos grâce à une caméra, les mécaniciens au sol.

C'est donc l'interface homme machine avec les systèmes avion tels que la génération d'urgence électrique, le contrôle avion, la cabine, le fuel, le braking, l'oxygène, la communication l'enregistrement et voix, les essuis glaces and le produit permettant que la pluie colle.



Il contient un bloc CALLS qui permet à l'équipage de générer une indication visuelle et orale de la cabine ou du train arrière. C'est donc une partie qui permet de communiquer.

Figure 17 : ICP03



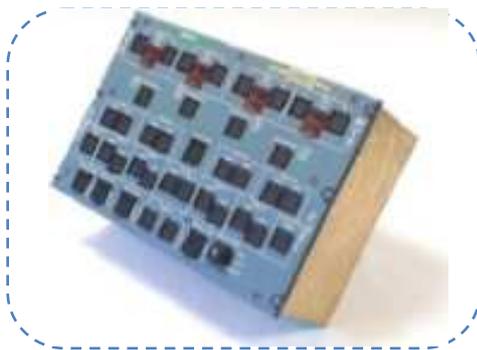
L'**ICP03** donne l'interface homme/machine avec les systèmes avions tels que l'interface moteur, l'oxygène, la cabine, le courant électrique, l'hydraulique, le freinage, le fuel, les eaux usées, l'humidificateur et la radio-communication.

Figure 18: ICP04



L'**ICP04** est équipement qui englobe les poignées coupe feu des 4 moteurs et permet ainsi de visualiser si un feu a pris dans les réacteurs et permet alors de déclencher les extincteurs (2 de chaque côté par moteurs).

Figure 19: ICP05



L'**ICP05** permet de faire l'interface des circuits hydrauliques des moteurs, de l'état, niveau des réservoirs de fuel.

Figure 20: ICP06



L'**ICP06** est l'interface qui permet dans une partie de visualiser le système électrique de l'avion et de toutes ses données (batteries, APU, moteurs). Et dans l'autre partie, il permet de contrôler l'air dans l'avion (air chaud, air froid dans les cabines et dans le cockpit), la circulation de l'air, l'extraction d'air dans les cabines. Cet équipement permet de contrôler les principales sources de puissance. Le courant alternatif peut être généré par 3 types de sources de puissance comme les quatre générateurs (GEN1, GEN2, GEN3, GEN4), deux APU (APU GENA et APU GENB) et quatre unités de puissances extérieures (EXT1, EXT2, EXT3 et EXT4).

Figure 21: ICP07



L'**ICP07** permet de contrôler le démarrage automatique des moteurs, les éclairages extérieurs (le flasher en bout d'aile, la lampe en haut de la dérive, la caméra en cas de demi tour de nuit, le phare pour atterrir) et intérieurs ( changement de la luminosité, les ceintures de sécurité), la vanne de sortie d'air.

L'**ICPo8** est équipement qui s'apparente beaucoup à l'ICPo1. Il constitue un certain nombre de brakers pour faire des resets sur les calculateurs mais sur le deuxième systèmes de l'avion (car sur l'A380 il y a deux systèmes). En plus de ces brakers, il comporte des voyants permettant de visualiser les données de navigation (NSS DATA TO AVNCS), les caméras de visionnage (LANDSCAPE CAMERA) et les annonces faites en vol (PASSENGER INFORMATION).

Figure 22: ICPo8



Figure 23: ICPo9



L'**ICPo9** permet de contrôler l'air conditionné et la détection de fumée dans les soutes, de gérer la ventilation et les essuis glace. Il permet également de contrôler l'état du vol en général.

L'**ICP10 est l'ECAM** (Electronic Centralized Aircraft Monitoring). Cet équipement permet d'envoyer des paramètres de contrôle sur le système d'affichage et affiche donc tous les paramètres systèmes. C'est un équipement essentiel au pilote qui est l'un des plus visualisé.

Le panneau de contrôle est utilisé pour permettre d'afficher les paramètres moteur, les paramètres de navigation et la sélection des commandes radio, ainsi qu'une vidéo.

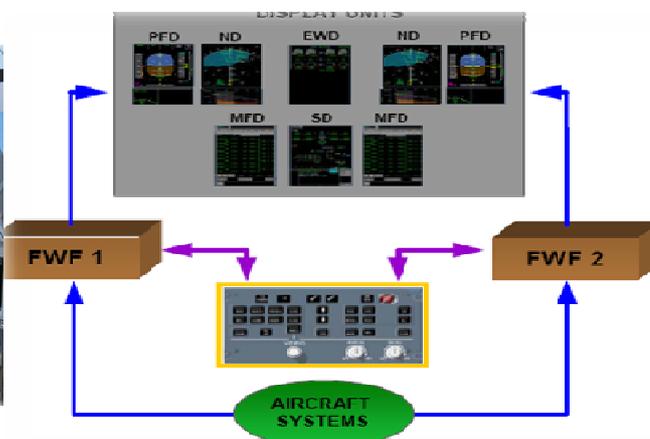
L'ECAM affiche les informations du système de l'avion sur :

- L'EWD (Engine Warning Monitoring)
- Le SD (System Display) et,
- La partie basse des PFD (Primary Flight Display).

L'ECAM est spécifiquement désigné pour permettre à l'équipage de :

- Sélectionner et interfacer les procédures et checklists affichées sur le EWD
- Sélectionner les pages d'affichage du système
- Sélectionner le système vidéo et,
- Contrôler l'éclairage des unités d'affichage de l'ECAM.

Figure 24 : ECAM



**PFD** : Primary Flight Display et **ND** : Navigation Display permettent de visualiser l'ensemble des paramètres de vol nécessaires au pilote (vitesse, altitude, pression) et de route (plan de vol, balises)

**EWD** : Engine and Warning Display permet de visualiser des paramètres moteurs indispensables, des messages d'alarme et des check-lists à suivre

**SD** : permet de visualiser sous forme de synoptique les principaux systèmes de l'avion (carburant, hydraulique, électricité, conditionnement d'air)

**MFD** : Multi Function Display permet de se situer par rapport aux passes de calibration en cours et à venir.

On voit donc que ces équipements ont tous des fonctionnalités différentes dans le cockpit d'un avion et permettent d'atteindre ou de faire varier divers paramètres associés à l'avion.

### b. Les tests

Pour concevoir le banc, il faut avant tout analyser les tests à réaliser sur les équipements qui permettent de valider leur fonctionnement. Chaque équipement a une procédure qui lui est propre et qui permet d'analyser toutes les caractéristiques fondamentales au bon fonctionnement de celui-ci une fois sur avion. Le test est alors une simulation permettant de valider la sortie d'un équipement et sa remise en service.

Il existe ainsi différents tests pour ces équipements et chaque test est caractérisé par des étapes bien définies. En fonction du déroulement du test, on analyse tous les éléments et on détermine ceux qui fonctionnent correctement et ceux potentiellement défectueux. Ces étapes sont spécifiques à chaque élément qui compose le système.

Ce sont les tests qui permettent de déterminer les moyens à mettre à disposition pour le test (**les ressources**), mais c'est également les tests qui nous permettent de savoir sur quels éléments on agit sur l'équipement pour vérifier sa validité (**les entrées et sorties**) ( →Voir annexe 13 : Exemple de configuration des entrées/sorties donnés par les CMM pour un équipement)

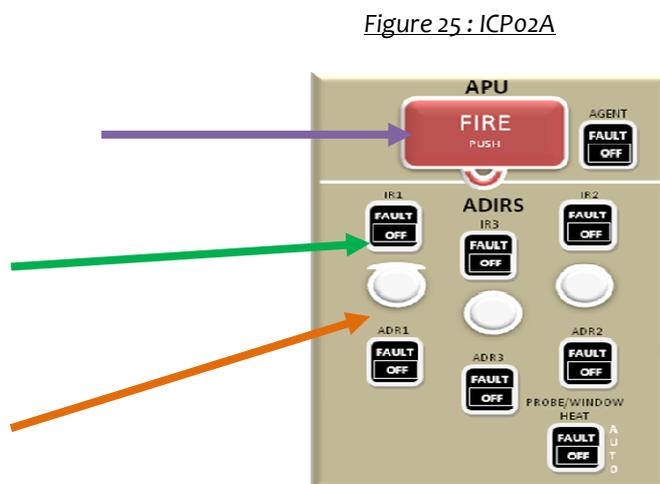
Ces équipements ont une interface qui leurs sont propres et qui permettent de les repérer et identifier dans l'avion. C'est pourquoi chaque élément en interface et intérieurs induit un test technique associé. Chacun présente des caractéristiques en face avant qui permettent au commandant de bord de visualiser les paramètres avion. Un équipement avionique est unique et a sa propre spécificité.

Les ICP's sont des équipements qui sont constitués d'un grand nombre de boutons. Ces boutons sont différents et très spécifiques.

Sur la face avant, on peut trouver principalement :

- Des voyants
- Des boutons-poussoirs
- Des interrupteurs
- Des potentiomètres
- Des brakers (fusibles)

Exemple : L'ICPo2A



Voici le recensement des éléments constituant la face avant de chaque équipements :

Equipements	Nbr de voyants	Nbr de boutons-poussoirs	Nbr d'interrupteurs	Nbr de potentiomètres	Nbr de brakers	Nbr d'afficheurs
ICP01					28	
ICP02A	8	1		3		
ICP02B	17	9	1	1		
ICP03	23			1		1
ICP04	8	5				
ICP05	40			1		
ICP06	36			4		
ICP07	11		14	3		
ICP08	3				24	
ICP09	21	1		4		
ICP10		29		3		

On peut constater qu'il existe une grande variété de composants présents en grand nombre. Ces éléments étant manipulés couramment, il peut y avoir des dysfonctionnements et des mauvaises utilisations. Ceci induit une nécessité d'un test mécanique afin de vérifier leur fonctionnement.

De plus, comme ces équipements sont situés dans le cockpit, cela inclut donc qu'ils doivent pouvoir s'exécuter en cas d'assombrissement. Ce qui veut dire qu'ils doivent pouvoir s'éclairer la nuit. Cette luminosité induite inclut donc un test de l'éclairage afin de vérifier que la plaque s'éclaire bien.

Ce test de l'éclairage s'applique à la plaque mais également aux voyants car, en cas de vol de nuit, le pilote doit pouvoir les repérer facilement afin d'éviter toutes erreurs de manipulation.

Enfin, étant donné que ce sont des équipements qui permettent d'afficher des données sur un écran, il faut pouvoir vérifier si la communication se fait entre tous les éléments concernés, et de ce fait, un test sur le procédé de communication.

Ces tests débouchent sur d'autres tests qui sont de l'ordre électrique. En effet, pour obtenir une variation d'éclairage il faut avant tout une tension et une intensité. C'est pourquoi pour tous ces équipements on teste la résistance d'isolation, la consommation électrique et la fluctuation de l'éclairage en fonction de la tension. (tension variable) (→ Voir CMM en annexe)

Voici le recensement des tests à réaliser sur tous les équipements :

TEST	ICP01	ICP02A	ICP02B	ICP03	ICP04	ICP05	ICP06	ICP07	ICP08	ICP09	ICP10
Test de la résistance	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Test bounding	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Test de la conso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Test de l'éclairage	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Test mécanique des boutons	X		X					X	X		
Test des boutons-poussoirs lumineux		X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Test des boutons d'arrêt feu		X			X						
Test des indicateurs lumineux		X		X	X	X	X	X			
Test mécaniques des boutons poussoirs lumineux			X				X		X		
Test des interrupteurs à bascule						X		X			
Test des boutons rotatifs		X	X	X			X			X	
Test du Bus CAN			X			X	X	X		X	X

On peut identifier alors les test suivants :

- Test de la résistance d'isolation
- Test de la consommation
- Test de l'éclairage (la tension)
- Test mécanique des voyants et boutons poussoirs
- Test des boutons rotatifs
- Test des interrupteurs à bascule
- Test des voyants (la luminosité)
- Test du Bus CAN

Il y a ainsi plusieurs tests à faire sur tous les équipements et tous différents. Et en fonction de ces tests, j'ai pu déterminer les ressources générales pour réaliser le banc de test.

## 6. Définition des ressources

La similitude de certains tests sur des équipements m'ont permis d'effectuer un regroupement pour l'utilisation de ressources communes.

Evidemment, en générale pour qu'un instrument fonctionne il faut qu'il soit alimenté comme n'importe quel équipement de la vie courante, cela se base sur le même principe.

De plus, comme nous nous situons dans un contexte de tests, nous devons disposer d'appareils de mesures pour réaliser le test.

Ajouté à cela, il y a 6 équipements qui nécessitent une communication en Bus CAN, c'est-à-dire que des données numériques sont échangées. En conclusion, il faudra mettre en place un moyen capable de lire les données du bus can des équipements afin de vérifier l'exactitude des données envoyées et reçues mais également le fonctionnement général de ce protocole de communication.

En fonction des test à effectuer sur les équipement lors du contrôle, on a pu élaborer et définir les ressources nécessaires pour leur déroulement.

L'analyse des ressources à prendre en compte pour l'élaboration du banc a été faite grâce à l'analyse des CMM. ( → Voir CMM en annexe)

Voici le tableau récapitulant le matériel approprié :

Equipements	Alimentation 0-40V	Multimètre	Ohmètre	Conso	PWM	Banc manuel	Test box	Oscillo	Interface Bus can
ICP01	X	X	X	X	X	X		X	
ICP02A	X	X	X	X	X	X		X	
ICP02B	X	X	X	X	X	X		X	X
ICP03	X	X	X	X		X		X	
ICP04	X	X	X	X	X	X		X	
ICP05	X	X	X	X	X	X		X	X
ICP06	X	X	X	X	X	X		X	X
ICP07	X	X	X	X	X	X		X	X
ICP08	X	X	X	X	X			X	
ICP09	X	X	X	X	X	X	x	X	X
ICP10	x	x	x	x		x		X	X

On peut alors identifier pour nos tests les ressources suivantes :

- Une alimentation en 28V
- Une alimentation en 12V
- Une alimentation Variable de 18,5V à 32V et un signal carré (5v-100Hz) →PWM
- Un multimètre
- Un diélectriquemètre (conso)
- Un oscilloscope
- Une interface Bus Can
- Un banc de test pour faire les mesure manuel c'est-à-dire agir directement sur les sorties de l'équipement sans passer par le banc

Une fois les ressources identifiées, il est alors préférable de savoir sur quelles sorties de l'équipement il faut appliquer ces ressources, d'une part pour alimenter le système, mais d'autre pour effectuer des mesures ou des commandes sur l'équipement afin de tester son fonctionnement.

## 7. Les paramètres

On peut voir que ces équipements sont constitués de nombreux paramètres en face avant qui permettent de contrôler certains paramètres de l'avion. (Voir descriptif équipement).

Ces fonctions en face avant sont des facteurs que nous devons tester car c'est en les actionnant que nous déclenchons une action dans le cockpit. Si on change le niveau d'un interrupteur, cela a forcément une conséquence sur le mode de fonctionnement de l'avion.

Donc pour visualiser et vérifier l'exactitude de ces changements grâce à l'action que l'on porte, chacun de ces paramètres sont câblés de sorte que les sorties de ceux-ci soient accessibles sur une voie du connecteur arrière.

Toutefois, selon les équipements que l'on veut tester, il existe un nombre varié de connecteurs arrières. De plus, certains paramètres avant nécessitent une alimentation particulière (28V, 12V, Masse), et d'autres doivent être simplement mesurer pour vérifier leur alimentation.

Il est alors important de connaître quels paramètres nous devons contrôler et vérifier sur l'équipement. En effet pour avoir une idée de la conception du banc et du test à faire, il est primordiale d'identifier les sources d'alimentations à connecter sur l'équipement.

J'ai donc 11 équipements à analyser et à prendre en compte pour la réalisation de mon banc.

Plusieurs paramètres sont à considérer comme :

- Le nombre de connecteurs
- Le nombre de broches sur chaque connecteurs
- Le nombre total de broches
- Le nombre d'Entrées/Sorties
- Le nombre de commandes
- Le nombre de mesures
- Le signal requis pour les commandes et mesures
- L'alimentation requises
- Le système de communication

Ces paramètres sont très importants car d'eux dépend la logique de conception du banc d'essai.

Voici le récapitulatif de ces paramètres :

Equipements	Nbr Connecteurs	Nbr CAN	Nbr E/S ou Pins	Nbr alim	Nbre commandes	Nbre Mesures	TOTAL paramètres
ICP01	1	0	40	4	6	30	40
ICP02A	2	0	105	8	24	33	65
ICP02B	5	6	92	11	22	47	86
ICP03	3	0	94	10	36	48	94
ICP04	8	0	210	8	69	120	197
ICP05	7	16	187	6	60	91	173
ICP06	6	16	129	6	49	54	125
ICP07	3	8	126	6	26	77	117
ICP08	2	0	67	7	8	31	46
ICP09	3	8	81	8	18	26	60
ICP10	2	10	37	7	2	16	35

D'après ces données, on peut se rendre compte de la quantité de facteurs combinatoires à envisager et à considérer pour la conception du banc d'essai principalement en ce qui concerne la partie technique.

- Les différents tests
- Les éléments en interface
- Les ressources
- Les types d'entrées
- Les types de sorties
- Le nombre de broches (qui englobe les E/S)
- Le protocole de communication

Le nombre de sorties sont conséquentes, ce qui implique un nombre de câbles considérable. Ces sorties se divisent en deux parties, l'une constitue des commandes et l'autres des mesures.

Ceci implique une dissociation et donc une double intervention perpétuelle du technicien. C'est-à-dire que lorsque le technicien fait le test il devra passer d'une mesure à une commande, donc un changement de câbles. Les tests sont complexes et variés nécessitant de ressources aussi variées.

En conséquence, les manipulations du technicien sont d'autant plus importantes que le nombre de câbles à connecter.

C'est pourquoi nous voulons mettre en place un système automatisé pour plusieurs équipements, non seulement pour obtenir un temps de test agréable, mais également pour agir en interne sur des équipements d'un nouvel avion et de rentabiliser l'intervention sur un équipement.

Ce système automatisé permet de prendre en compte tous les paramètres des équipements en évitant le plus possible l'intervention du technicien.

## D. Le Système automatisé analogique et numérique

### 1. Etude du système automatisé

Dans mon cas, l'automatisation est l'expression d'un besoin et d'une nécessité. En effet, lors de mon analyse sur l'existant et des besoins, j'ai pu constater la volonté de mes clients (mon chef et mon maître de stage) et d'après la situation actuelle, de rendre un système le plus automatisé possible dans le but de diminuer le temps d'intervention du technicien et la charge de travail s'y référant.

De plus, en analysant les nombreux équipements et en constatant le nombre important de paramètres à gérer, il est essentiel d'alléger le plus possible la configuration du banc et de simplifier au mieux la solution de test. Il est alors évident que plus le test sera rapide, plus vite sera la validation et la réduction du temps de l'immobilisation de l'équipement.

Le but étant de réparer l'équipement au plus vite afin de répondre au plus vite à la demande, il faut alors que l'équipement sorte de l'atelier dans un temps le plus court possible.

#### a. Un système automatisé ?

Un système automatisé est un système regroupant un certain nombre d'appareils, destiné à remplacer l'être humain dans les tâches, en général simple et répétitives mais réclamant précision et rigueur.

Ce procédé permet d'assurer une certaine stabilité dans le test, de respecter les consignes (mesures ou commandes) et d'éviter les perturbations sur l'installation (éviter l'intervention homme/machine). Il est composé d'une partie commande (qui fait fonctionner le système) et d'une partie opérative (qui va exécuter le système).

Il est à noter que pour rendre mon système automatisé, on m'a proposé un appareil permettant de faire des relais successifs sur les bornes de l'équipement à tester évitant ainsi l'intervention du technicien.

Cependant, pour vérifier la conformité de cet appareil avec mes besoins, j'ai dû l'étudier pour comprendre ses possibilités et ses capacités

#### b. L'automatisation

Cet appareil est un multimètre de marque AGILENT ( → Voir annexe 14 : Documentation technique **AGILENT**). Celui-ci permet, grâce au programme lié sur l'ordinateur, d'effectuer des commutations ou relais afin de sélectionner la voie ou la sortie de l'équipement que l'on veut mesurer ou bien seulement commander pour procéder au test.



Figure 26 : Multimètre AGILENT

En effet, suivant le test que lon doit faire sur un équipement, et suivant les entrées et sorties à contrôler sur celui-ci, les connecteurs sont composés de plus ou moins de sorties. C'est ainsi que le multimètre me permet d'accéder indépendamment sur chacune de celles-ci.

Ceci évite ainsi l'intervention du technicien mais également le nombre de câbles qu'il doit brancher avant même de commencer le test. C'est ainsi qu'il se traduit par une simplification et un gain de temps considérable qui n'est pas négligeable.

Ainsi, dans mon cas, la partie commande est alors caractérisée par mes programmes par le biais d'un ordinateur et ma partie opérative est représentée par le multimètre.

Schéma explicatif:



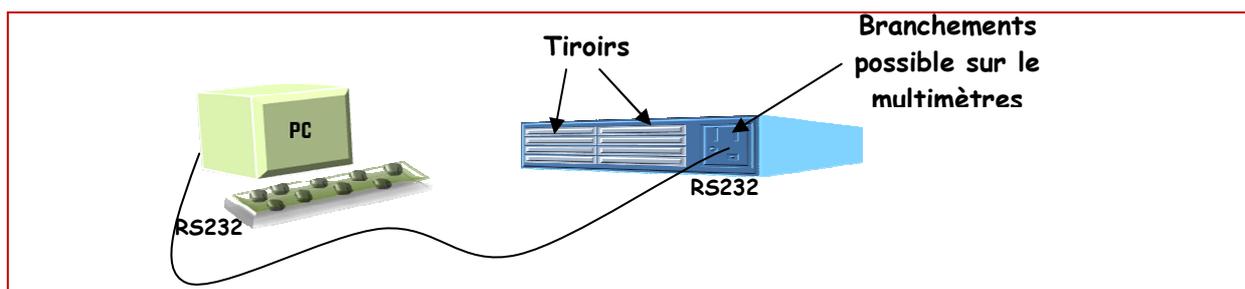
Méanmoins, ce n'est pas le multimètre qui me permet d'atteindre ces sorties de l'équipement. C'est pourquoi celui-ci est caractérisé par la présence de tiroirs ou cassettes qui permettent justement de faire les relais aux endroits souhaités.

**c. Les tiroirs**

**La connexion**

Ces tiroirs sont situés à l'arrière de l'équipement, ainsi que les branchements comme l'alimentation et la connexion au pc. La connexion entre l'ordinateur et le multimètre se fait grâce à une connexion en RS232. (→ Voir annexe 15 : La connexion RS232 )

Schéma explicatif :



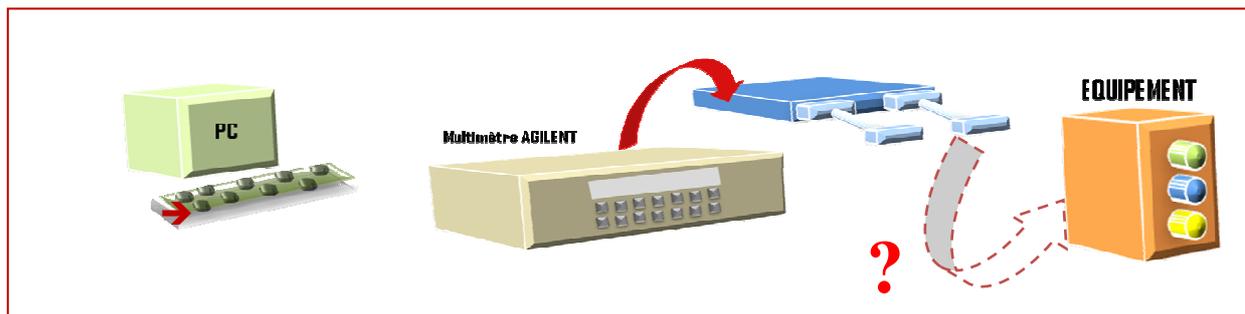
Ce sont ces tiroirs qui permettent d'atteindre les sorties de l'équipement car c'est par l'intermédiaire de ceux-ci que l'on peut sélectionner la voie que l'on veut commander ou mesurer. La connexion entre le tiroir et le banc se fait grâce à deux cordons.

Figure 27 : Tiroir AGIENT



A l'extrémité de ces cordons se trouvent 2 connecteurs : l'un connecté au multimètre et l'autre pour relier les sorties de l'équipement. Ces connecteurs sont constitués de 78 broches ou pins ou points. Ces 78

broches correspondent à 78 contacts possibles donc 78 points de mesures ou de commandes éventuels que l'on peut faire sur notre équipement



→ La liaison entre l'équipement et le tiroir reste à déterminer ainsi que le type de tiroirs à utiliser.

### Les types de tiroirs

Il existe plusieurs types de tiroirs car ils sont configurés différemment. Le câblage interne du tiroir est propre à celui-ci et comporte une configuration électrique bien définie et unique.

En fonction de ce dont on a besoin en terme de mesures et de commandes, on choisira le type d'équipement le plus adéquate pour vérifier les sorties de notre équipement.

Il existe notamment :

- **Le tiroir 34922A** qui permet de faire des relais successifs sur plusieurs voies en ayant un port d'entrée unique. Il suffit de mettre un signal sur ce port et de fermer les relais sur lesquels nous voulons affecter ce signal. Il comporte 70 relais doubles.
- **Le tiroir 34923A** qui est semblable au précédent mais incluant des résistances en entrée du port et sur les voies de mesures interne au multimètre. Il comporte 80 relais simples.
- **Le tiroir 34924A** a pratiquement la même physionomie que le tiroir 34922A mais qu'il comporte des résistances internes. Il comporte 70 relais doubles.
- **Le tiroir 34925A** est de la même configuration que le tiroir 34922A mais qu'il est caractérisé par des résistances d'isolation sur chaque relais afin d'éviter la surcharge et un circuit électrique, permettant de protéger le courant, sur les voies reliant le port d'entrée aux relais. Il comporte 40 ou 80 relais doubles.
- **Le tiroir 34925A** qui est de même configuration que le tiroir 34923A en incluant une protection de surcharge sur chaque relais et un circuit limitant le courant sur chaque voie reliant le port d'entrée aux relais. Il comporte 80 relais simples.
- **Le tiroir 34939A** qui permet de faire des relais simples sur des voies sélectionnées. Il comporte 64 voies simples.

( → Voir annexe 16 : Schéma des tiroirs )

Notre choix se portera donc sur le tiroir le plus approprié au type de contrôle que l'on veut porter sur les sorties de l'équipement. On a vu donc que le système automatisé sera dirigé par un programme informatique qui contrôlera le multimètre AGILENT et sélectionnera le tiroir du multimètre à utiliser ainsi que la voie à tester, cette voie étant affectée à une sortie de l'équipement.

La partie analogique du système automatisé est alors défini, néanmoins il reste à définir la partie reliant le tiroir à l'équipement. Ceci sera la suite de mon développement dans la conception technique de mon projet.

Ce système automatisé est également caractérisé par une partie numérique qui concerne la transmission de données ou d'informations.

## 2. Le bus CAN

Pour ces équipements, il existe une grande particularité encore jamais traitée chez Air France Industries : le mode de communication qui se fait via un Bus CAN.

Il m'a été alors demandé d'étudier ce protocole de communication, de réaliser une formation auprès de l'équipe qui serait susceptible de prendre en charge des équipements dotés de ce genre de mode de communication, et de reprendre également mon projet.

Cette formation a été réalisée le 20/05/09 et à cet effet j'ai fourni un document descriptif sur son principe de fonctionnement. (→ Voir annexe 17 : Le Bus CAN)

Ainsi tout le système automatisé du banc est défini et permet de comprendre la physionomie employée. Il reste maintenant à concevoir le banc d'une part de manière générale afin de déterminer le budget nécessaire pour la réalisation de ce projet et d'autre part d'une manière technique afin de déterminer la conception globale et détaillée du banc de test.

## E. Conception générale

Une fois que toutes les analyses concernant l'environnement et toutes les caractéristiques du projet aient été mise en places, nous pouvons identifier les éléments indispensables au banc d'essai. Ces éléments nous permettra par la suite d'établir le coût éventuel du projet pour ensuite le proposer afin qu'il soit attribué.

Pour la réalisation de ce banc d'essai, il faut se positionner sur différents niveaux pour aboutir à sa conception. Pour pouvoir attribuer un budget à ce projet, il a été nécessaire tout d'abord de définir les ressources liées à ce projet et définir une idée de conception générale du banc.

Une fois le budget lancé, on pourra rentrer plus dans les détails dans la conception technique du banc de test.

### 1. Les ressources

Les ressources sont indispensables pour faire fonctionner un banc et d'elles dépend le bon déroulement du test. Il faut donc au préalable bien analyser les tests à effectuer sur les équipements pour pouvoir déterminer quelles ressources sont nécessaires.

Grâce à notre analyse précédente on peut désormais déterminer plusieurs ressources pour les bancs :

#### a. *Baie sécurisée :*

C'est une baie qui permet d'interfacer différentes ressources ou racks contenant des switchs , leds, interrupteurs (suivant le banc et m'équipement à tester).

Elle est sécurisée car elle contient des bornes d'alimentation qui sont sécurisées.

#### b. *Alimentation*

Elle permet d'alimenter nos équipements . Pour nos équipements, on a pu voir qu'on a besoin d'alimentations diverses (12V, 28V)

### c. *Osilloscope*

Il permet d'effectuer des mesures en cas de doute ou de problème durant le test. Il permet ainsi de vérifier le niveau de tension ou le signal envoyé sur un équipement mais aussi sur le banc.

### d. *Un rack*

Un rack est une face avant qui permet d'afficher un certain nombre d'éléments permettant de d'interfacer l'équipement à un instrument de mesure et/ou un pc. Dans mon cas, il me permet d'interfacer des connecteurs d'une part pour faire une liaison avec le multimètre et d'autre part pour relier le rack à mes équipements. Celui-ci permet également d'interfacer la liaison avec l'oscilloscope.

### e. *Une clé pour le réseau CAN*

Cette clé permet de faire l'interface pour lire les données sur le Bus Can car la grande nouveauté est que ces équipements ont une communication via un Bus CAN.

Ce module est une dongle destiné à être connecté au port RS 232 d'un PC afin de nous permettre de bénéficier d'une connexion « CAN » immédiate tout en étant adressé (d'un point de vue logiciel) comme un port de communication série standard, éliminant la nécessité d'avoir recours à un driver supplémentaire. L'envoi et la réception des données seront effectués au format ASCII.

Le module se connecte sur le port série du système hôte via un connecteur mâle Sub-D 9 broches standard vers un bus CAN, selon les recommandations « CiA » (CAN in Automation). Il est alimenté de 8 à 15Vcc à travers le connecteur CAN avec une protection contre les inversions de polarités et les ESD. Sa consommation est de l'ordre de 40mA. (→ Voir annexe 18 : Clé DONGLE 232)

### f. *Un multimètre multivoie AGILENT*

Cet appareil me permettra de commander telle ou telle voie sur mon équipement mais aussi de faire des mesures en cas de besoin, suivant le test de l'équipement. C'est cet appareil qui me permet de rendre mon système automatisé grâce notamment à ces tiroirs internes que je dois choisir selon leur spécificités (simple relais, double relais, mesure intensité, etc...), et grâce aux programmes (un par équipement) sur le logiciel ATEasy de l'ordinateur

### g. *Des tiroirs*

Pour mon banc d'essai, j'ai choisi deux types de tiroirs :

- **Tiroir 34939A** qui permet de faire des relais simples. Il comporte 64 voies couplées 2 à 2. C'est-à-dire qu'une voie se raccorde à un point de l'équipement et l'autre à une source d'alimentation.

Comme il a été spécifié précédemment, chaque tiroir comporte deux connecteurs de 78 voies.

J'ai choisi ce type de tiroir car il est caractérisé par des relais simples qui me permet donc d'affecter des alimentations différentes mais spécifiques sur une voie

- **Tiroir 34922A** qui permet de faire des relais groupés. Il comporte 70 voies. Toutes les voies sont reliées à un port commun. C'est ce port commun que l'on alimentera et il est fixe. Il suffira d'affecter les autres voies sur les points à commander ou mesurer de mon équipement. Ensuite, par l'intermédiaire d'un programme, on fermera la voie de l'équipement pour l'alimenter via le port commun

J'ai choisi ce type de tiroir car étant donné le nombre important de commandes et de mesures avec une alimentation donnée à faire durant le test des équipements, il est alors préférable d'avoir une source unique puis de relier cette alimentation sur le ou les points de l'équipement nécessitant d'une mesure ou d'une commande.

Grâce à l'étude faite sur les paramètres des équipements j'ai pu évaluer le nombre de sorties maximales à prendre en compte pour déterminer le nombre de tiroirs à disposer. J'ai pu en déduire qu'il me

fallait 1 tiroir 34939A pour faire toutes mes alimentations sur les équipements et 4 tiroirs 34922A pour les commandes et mesures. Il est important de différencier, lors de ma conception technique les mesures des commandes car ils n'ont pas la même référence.

#### **h. Un PC**

L'ordinateur permet de faire l'acquisition des données via un programme. Il est indispensable pour contrôler tous les paramètres de l'équipement.

#### **i. Un logiciel**

Le logiciel permet de faire la programmation afin d'automatiser le système. Mes programmes seront spécifiques pour chaque équipement. Le programme permettra alors de sélectionner la voie de l'équipement via le tiroir et dérouler le test de l'équipement (CMM). Le programme sera une mise en forme du CMM de l'équipement plus détaillée. Le logiciel reste à définir.

## **2. Le logiciel choisi**

Pour faire l'acquisition des données et tester notre équipement, il faut élaborer un programme permettant de vérifier la fiabilité et le fonctionnement de notre équipement. Pour cela, nous avons deux possibilités de logiciels : Labview et ATEasy. Nous devons faire un choix, et pour ce faire, nous allons établir une comparaison entre ceux-ci pour qualifier le plus avantageux.

Toutefois, pour permettre de faire un choix, nous devons nous baser sur un certain nombre de critères par rapport aux besoins exprimés et aux attentes espérées. Ces critères ont été déterminés grâce à une étude des besoins faite auprès des techniciens mais également lors de la réunion avec les responsables du projet. Nous avons identifié et pris en compte les critères suivants :

- **Facilité de manipulation**
- **Compréhensibilité de la programmation**
- **L'ergonomie**
- **La facilité de programmation**
- **La pérennité**

Grâce à ces critères nous pouvons dessiner le profil des logiciels en faisant une description de ceux-ci et en exprimant les avantages et inconvénients qui s'y rattachent.

#### **a. Labview :**

Il offre un environnement de développement graphique puissant pour l'acquisition de signaux, l'analyse de mesures, la présentation de données. Labview fait partie intégrante de l'instrumentation virtuelle. Il offre un environnement de développement d'application facile à utiliser et conçu spécifiquement pour les besoins des ingénieurs et des scientifiques en matière de vision industrielle ou d'imagerie scientifique.

L'idée de Labview est de remplacer les instruments de mesures et d'analyse d'un laboratoire par un ordinateur muni de cartes spécifiques et d'un logiciel approprié, au même titre qu'un ordinateur muni d'une carte son et d'un logiciel de musique peut remplacer n'importe quel instrument de musique ou bien encore une table de mixage.

Dans le cadre de la mesure, les cartes permettent de convertir des signaux électriques (provenant de capteurs mesurant des grandeurs physiques) en données numériques. Ainsi, un seul ordinateur muni d'une carte d'acquisition analogique et de Labview est capable de remplacer un voltmètre, un fréquencemètre ou un oscilloscope. De plus, on pourra traiter, analyser et archiver sur disque automatiquement les mesures effectuées.

Avantages	Niveau d'appréciation
Souplesse de son langage de programmation	+3
Développement de systèmes plus rapide	+3
Puissance et souplesse à la création	+2
Puissance des fonctions	+1
Disponible pour Windows, Macintosh OS X, Sun Solaris et Linux	+1
Création d'instruments virtuels	+1
Multitude d'E/S différents (GPIB, VXI, PXI, carte d'acquisition, commandes d'axes	+1

**Logo :**



#### b. ATEasy :

C'est une structure très rapide de développement d'application pour des tests fonctionnels, ATE, l'acquisition de données, le contrôle de processus et les systèmes d'instrumentation. ATEasy fournit tous les outils nécessaires pour développer et maintenir des composants du logiciel des conducteurs d'instruments aux programmes d'essai complexes. Il est conçu pour supporter et simplifier les projets ATE avec un long cycle de vie. Avec ATEasy, les applications des tests sont plus rapides à générer et plus facile à maintenir.

ATEasy est ainsi un ensemble de développement très simple d'emploi conçu pour développer des bancs de test ATE (Automatic Test Equipment) et permet de générer des applications de test très rapides. La maintenance du logiciel, la mise au point et l'intégration sont très faciles.

On peut utiliser ce logiciel pour des bancs de test automatiques, un système d'acquisition de données, un système de contrôle, des instrumentations orientées PC et en recherche et développement.

Avantages	Niveau d'appréciation
Apprentissage simple	+3
Développement rapide	+3
Instrument Indépendant	+2
Documentation automatique	+2
Flexibilité	+2
Génération Automatique d'un journal de Test	+1
Visualisation sous forme d'arborescence	+3
Interface utilisateur intuitive	+1
Multitâche	+1
Niveau de sécurité configurable	+1
Multitude d'E/S différents (GPIB, VXI, PXI, carte d'acquisition, commandes d'axes	+1

**Logo :**



Pour notre projet, nous avons choisi le logiciel ATEasy non seulement grâce à l'analyse des besoins faite auprès des responsables et techniciens, mais également grâce aux critères situés ci-dessus.

Voici le comparatif des deux logiciels qui met en évidence le choix :

Avantages	ATEasy	Labview
Apprentissage simple	+3	+1
Développement rapide	+3	+1
Instrument Indépendant	+2	+2
Documentation automatique	+2	+2
Flexibilité	+2	+1
Visualisation sous forme d'arborescence	+3	+0
Interface utilisateur intuitive	+1	+0
Multitâche	+1	
Multitude d'E/S différents (GPIB, VXI, PXI, carte d'acquisition, commandes d'axes	+1	+1
Développement graphique puissant et suivi de mesures	+1	+3
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>11</b>

### 3. Le Banc de test

Pour le projet, mon choix s'est porté sur la réalisation d'un seul banc pour tous les équipements étant donné le taux de flux de ceux-ci. ( Voir étude de rentabilité)

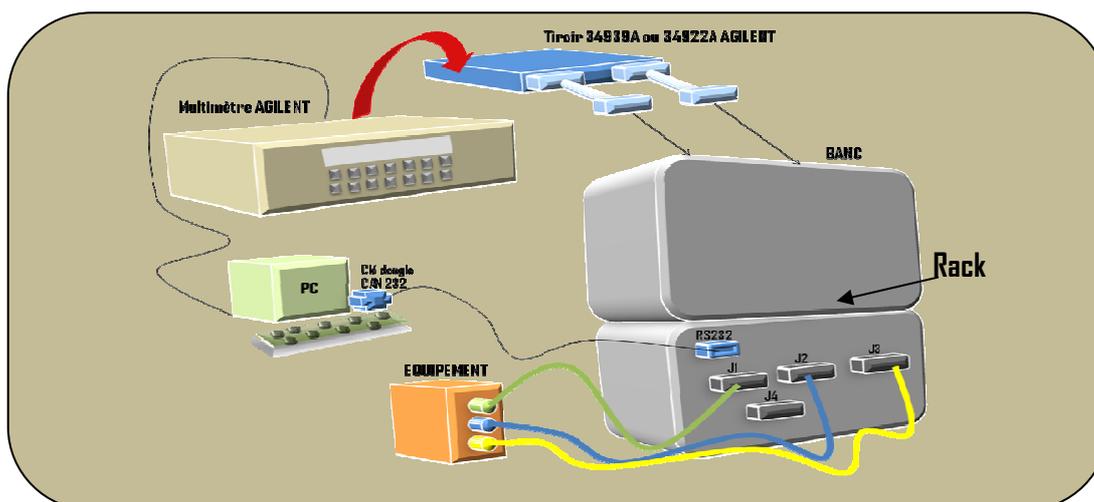
On peut donc voir qu'il n'y a pas un taux élevé de dépose ce qui justifie la conception d'un seul banc. On remarque ainsi que la première année, nous n'aurons seulement qu'une dépose d'équipement par semaine, qui peut donc être traité sur un banc unique.

La proposition et réalisation d'un seul banc restreint les ressources à une place donnée, économise de l'argent et de la place tout en permettant de tester tous les équipements.

Ce banc sera constituée de toutes les ressources citées auparavant. Il permettra ainsi de tester les 11 P/N des équipements ICP de l'A380.

#### Schéma général du banc :

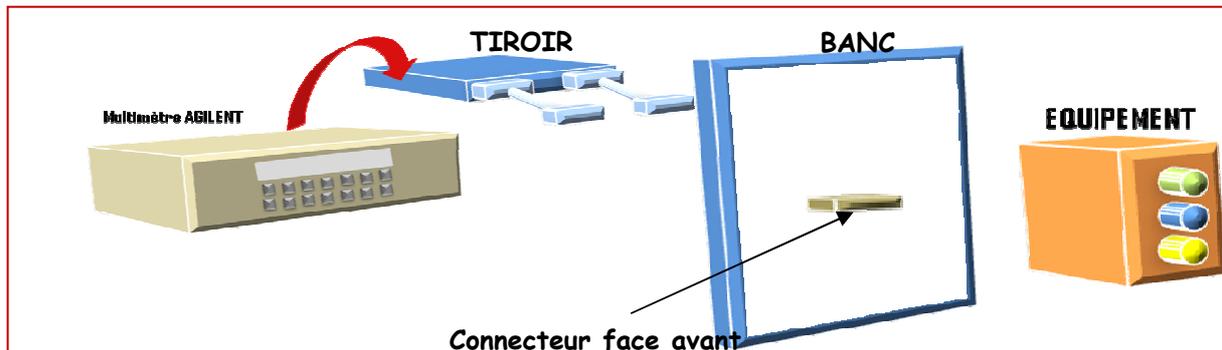
Figure 28 : Banc d'essai



Ce banc englobe les éléments propres au test sans les appareils de mesures (multimètre, oscilloscope, diélectriquemètre). Cette schématisation permet de se donner une première aperçue de la logique employée sur la conception de ce banc.

Dans un premier temps. Pour pouvoir définir un budget à ce projet, on a conçu ce banc de manière simple, de fil à fil. C'est-à-dire que chaque point des équipements sera relié aux connecteurs des tiroirs.

Explication schématique :



Cette conception permet alors de déterminer plus précisément le coût de conception du banc d'essai en prenant en compte :

- Le multimètre
- La licence du logiciel
- Les tiroirs
- Les cordons des tiroirs
- La clé dongle
- Les connecteurs face avant
- Les connecteurs face arrière
- Les câbles des cordons équipements
- Les câbles du rack (raliant l'équipement au tiroir)

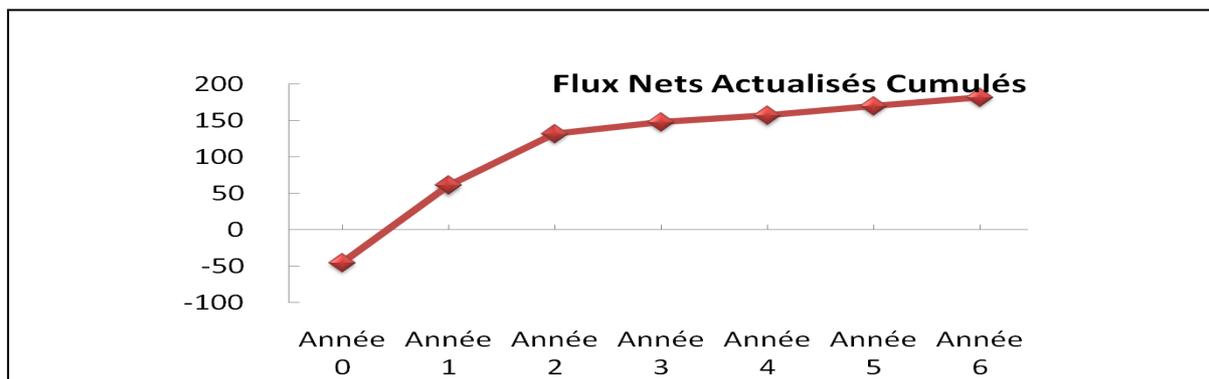
Cette conception est une première ébauche et constitue la base de mon travail sur la conception technique.

#### 4. Définition des coûts

En ayant défini les ressources liées au banc, j'ai pu évaluer les coûts associés et déterminer le budget adéquat.

Calcul du coût du projet						
	Détails	coût unitaire	quantité	prix	COÛT TOTAL	ENGAGEMENT
Logiciel	ATEasy	5 000 €	1	5 000 €	5 000 €	41 785 €
Bancs	Cables banc	10 €	500	5 000 €	27 725 €	
	Cables équipements	10 €	2100	21 000 €		
	cordons équipement	80 €	16	1 280 €		
	connecteurs banc	5 €	5	25 €		
	connecteurs Banc/équipement	5 €	42	210 €		
	connecteurs équipement/Banc	5 €	42	210 €		
Métrologie	Agilent	2 000 €	1	2 000 €	9 060 €	
	Tiroir	930 €	5	4 650 €		
	Cordons	80 €	10	800 €		
	PC	1 500 €	1	1 500 €		
	Dongle	110 €	1	110 €		

Le budget proposé est de 45000 € et on montre qu'au bout de 6 mois le projet est rentable.



On peut voir ainsi, que j'ai pu réduire de **moitié le budget** de départ (80000€) ce qui n'est pas négligeable et qui favorise la prise en compte de projet auprès des signataires des budgets.

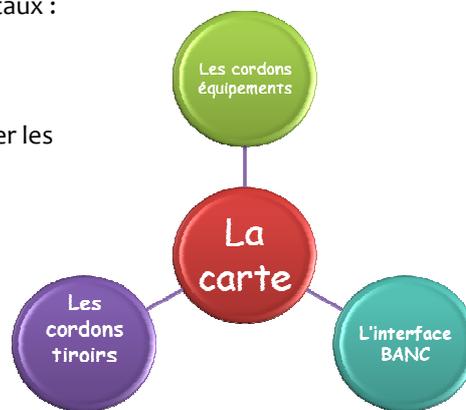
A l'heure actuelle le budget reste en standby à cause de la crise économique que nous vivons. Néanmoins, le projet reste d'actualité en considérant l'arrivée proche de l'A380 dans la flotte Air France et en vu du premier vol commercial de cet avion réalisé par la compagnie Singapour Airlines.

Ayant établi toutes les analyses auparavant, et ayant une idée générale de la conception de mon banc de test, il ne reste qu'à définir toute la partie technique de ce banc. Ceci est une des étapes très importantes de ma mission car non seulement elle permet de concrétiser l'internalisation des mes équipements avioniques, bien spécifiés dans mes objectifs, mais également de donner un sens plus concret sur la réalisation physique du banc de test.

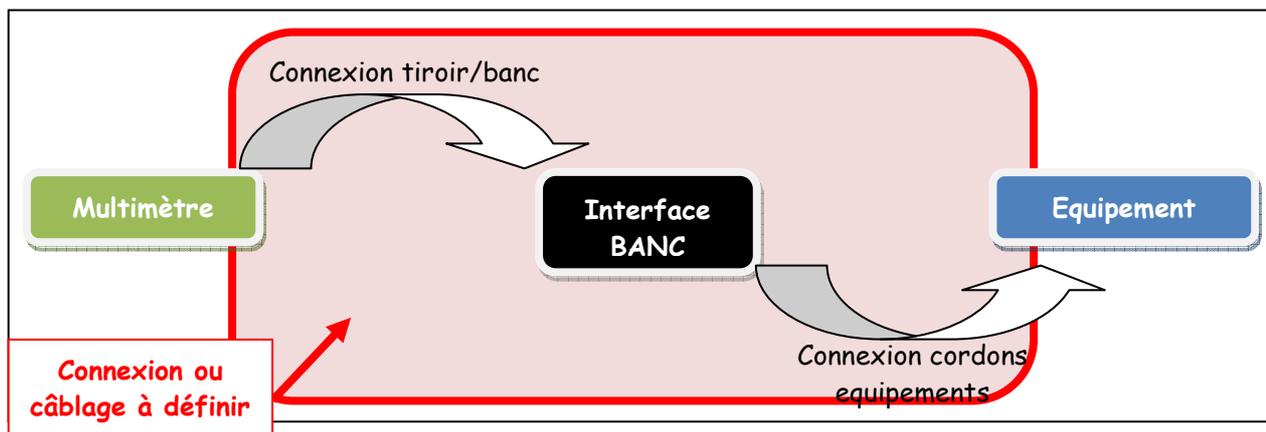
## F. Conception technique

Cette conception technique se base sur deux éléments fondamentaux :

- **Le câblage du banc**
  - Les cordons des équipements qui permettent de relier les équipements au banc
  - L'interface du banc
  - La connexion entre les équipements et les tiroirs
- **La programmation**
  - Les programmes des équipements
  - L'interface de communication (Bus CAN)



Explication :



Ainsi, comme il a été déjà expliquer auparavant, il faut concevoir toute la partie technique du banc. On a tout d’abord émis une idée générale sur la conception de celui-ci afin de donner une impression globale sur son aspect. Néanmoins, il reste à définir COMMENT on établi cette conception.

Il est vrai qu’à ce stade nou n’avons pas d’idée précise sur le procédé utilisé pour confectionner le banc.

### 1. Le cablage du banc

#### a. L’interface du banc

Dans un premier temps, il a fallu définir l’interface du banc, c’est-à-dire les éléments à mettre en place sur le rack spécifique au banc. C’est ce rack qui permet de faire l’interface entre les appareils de mesures, dont le multimètre AGILENT, et les équipements.

Il faut donc permettre de connecter les équipements au rack. Pour cela je dois disposer de connecteurs carrés du même type que les connecteurs sur ordinateur.

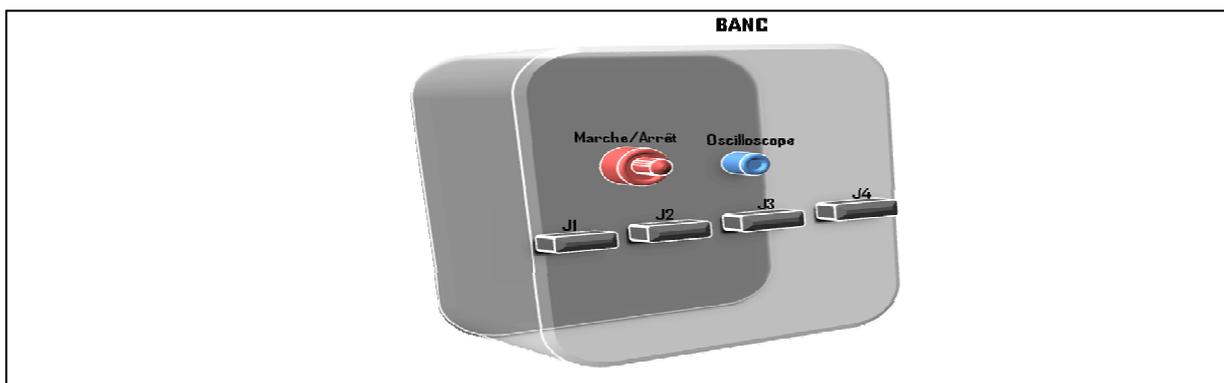
Ensuite il faut déterminer le nombre que l’on doit interfacier. Pour cela, j’ai réaliser une étude permettant de recenser le nombre de sorties de mes équipements maximales .

		+	-	alim			CAN	SPARE	ANO	max
	PIN	28V/open	GND/open	28V	GND	12V/open				
ICP01	40	0	32	1	9					42
ICP02A	105	13	42	3	7			40		105
ICP02B	92	28	45	0	7	2	10			92
ICP03	94	23	57	2	6	2			4	94
ICP04	226	156	56	3	7					222
ICP05	205	56	105	0	6		20			187
ICP06	129	34	66	0	5	4 pas une commande	20			125
ICP07	126	7	97	0	10		12			126
ICP08	67	0	38	1	11	2		15		67
ICP09	81	15	42	1	11		12			81
ICP10	37	0	12	2	7		10		6	37
<b>TOTAL</b>		<b>332</b>	<b>592</b>	<b>13</b>	<b>86</b>	<b>6</b>	<b>84</b>	<b>55</b>	<b>10</b>	<b>1178</b>

On peut donc constater que le maximum de sorties est pour l’équipement ICP04 avec 222 points de sorties.

Ainsi suivant les références de connecteurs déjà utilisées au sein de l’atelier et en collaboration avec le bureau technique du nom de Mr Patrick Roques, j’ai décidé de prendre 4 connecteurs 72 points (**72\*4 = 288 broches disponibles**).

Il faut prévoir également un interrupteur de mise en marche de l’équipement, une prise BNC pour l’oscilloscope. Donc nous obtenons la face avant de mon rack suivante :



### b. La connexion entre les tiroirs et la carte

La connexion fil à fil entre les tiroirs et l'équipements comporte des inconvénients majeurs comme la surcharge de fils à l'intérieur du rack. C'est pourquoi je me suis orientée vers une centralisation de tous les paramètres vers une carte électronique (circuit). C'est donc cette carte qui me permet de faire le routage des sorties de mes équipements vers mes sorties des tiroirs.

Comme je l'ai déjà spécifié dans une partie précédente, mes équipements comportent un nombre de mesures, de commandes et d'alimentation bien distinct. J'ai pris la décision de départager ces critères sur mes tiroirs afin de délimiter mon champs d'action.

Ainsi je consacre une partie d'un tiroir sur l'alimentation, d'autres sur les commandes et enfin le reste sur les mesures. Il a été rappelé que le test exige différents types de mesures et de commandes, c'est-à-dire en 28V ou en GND (masse). C'est pourquoi j'ai tenu à dissocier la partie commande de la partie mesure et celle-ci dissociées de la partie alimentation.

De plus, pour éviter toute erreur ou maladresse sur la conception de cette carte électronique mais également sur la conception de mes cordons d'équipement, j'ai préféré également différencier les mesures en 28V des mesures en GND, et des commandes en 28V des commandes en GND.

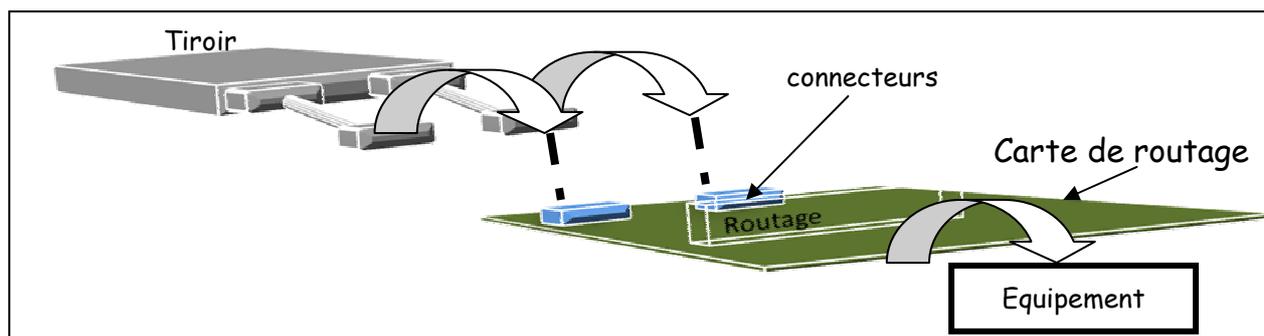
Cette dissociation sera reflétée lors d'un test pour un équipement donné. A cette étape, je détermine seulement les tiroirs consacrés aux mesures, ceux aux commandes et ceux aux alimentations.

J'ai donc déterminé la fonction de chaque tiroir :

- Tiroir 1 : Alimentations
- Tiroir 2 : Commandes
- Tiroir 3 : Mesures
- Tiroir 4 BANK 1 : Commandes
- Tiroir 4 BANK 2 : Mesures
- Tiroir 5 BANK 1 : Commandes
- Tiroir 5 BANK 2 : Vide

Cette configuration a été choisie afin de simplifier la conception de la carte.

Voici la configuration de cette carte :



Nous avons donc 5 tiroirs avec 2 cordons chacun. On peut donc compter 10 connecteurs à mettre en place sur la carte.

Maintenant que nous savons comment faire parvenir nos tiroirs sur la carte, que nous avons 4 connecteurs de la face avant à interfacer sur cette carte, il suffit alors de déterminer le routage.

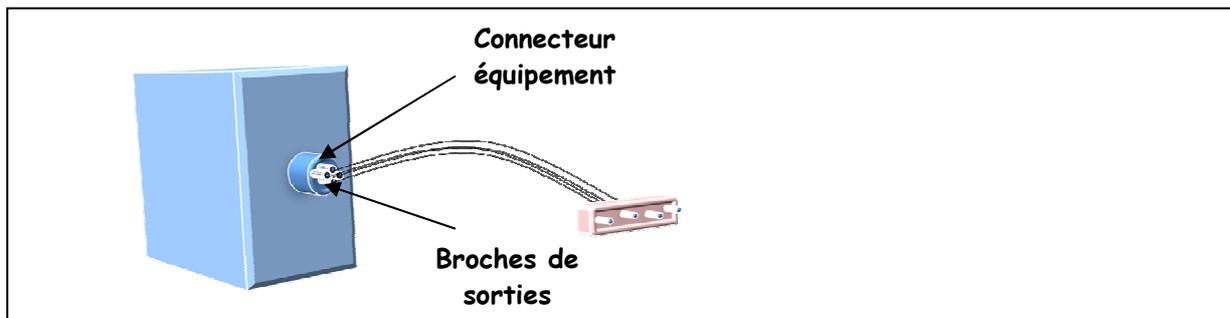
Pour le routage, étant donné que nous avons défini des parties spécifiques de chaque tiroir en tant que mesures, commandes ou alimentations, il suffit de comptabiliser ces données sur les 4 connecteurs qui lient la carte aux équipements.

Pour cela, il faut tout d'abord déterminer les cordons équipements qui permettent d'affecter les sorties des équipements sur les quatre connecteurs

### c. Les cordons équipements

Comme vous avez pu constater sur le tableau précédent, chaque équipement regroupe un nombre différents de sorties à prendre en compte. De plus, ces sorties sont réparties sur des connecteurs au nombre spécifique par équipement et d'une quantité de broches définies pour chacun.

#### Explication :



Ainsi à l'arrière de tous les équipements, sont positionnés un certain nombre de connecteurs circulaire typiques au secteur aéronautique.

Chaque équipement a un nombre de connecteurs qui leurs sont propres et ces connecteurs sont caractérisés par un nombre déterminé de broches.

#### On peut donc compter :

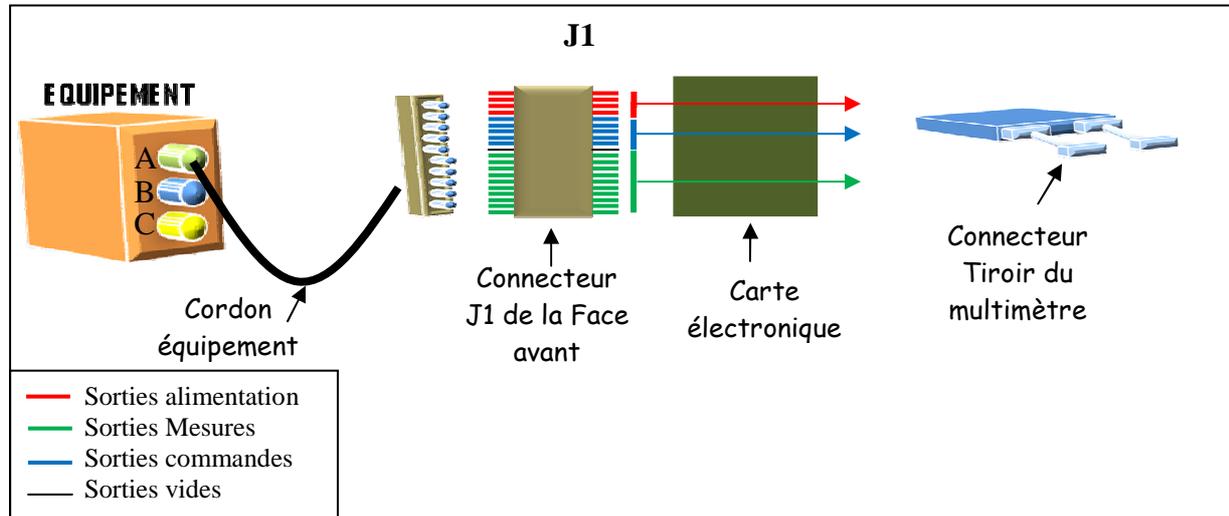
Equipements	Nombre de connecteurs	Nombre de sorties
ICP01	1 → A(40 pins)	42
ICP02A	2 → A(55), B(55)	105
ICP02B	5 → A (55), B (61), C(19), D(26), E(26)	92
ICP03	3 → A (41), B (41), C(55)	94
ICP04	8 → A(41), B(55), C(55), D(32), E(55), F(55), G(32), H(26)	222
ICP05	7 → A(61), B(61), C(32), D(55), E(55), F(19), G(19)	187
ICP06	6 → A(61), B(61), C(55), D(55), E(19), F(19)	125
ICP07	3 → A(61), B(55), C(61)	126
ICP08	2 → A(26), B(55)	67
ICP09	3 → A(55), B(55), C(26)	81
ICP10	2 → A(41), B(14)	37

Pour définir mes cordons, j'ai, dans un premier temps pris en compte tous les connecteurs des équipements, quelque soit le nombre, et fait en sorte de les répercuter sur les 4 connecteurs de la face avant du banc, eux-mêmes reliés à la carte électronique. Ceci limite alors à 4\*72 sorties pour tous les équipements. Dans un deuxième temps, il a fallu recenser quelques paramètres essentiels comme :

- Les sorties mesures
- Les sorties commandes
- Les sorties alimentations
- Les sorties bus CAN
- Les sorties vides
- ( → Voir annexe 19 : les connecteurs équipements )

Ces données m'ont permis de départager et déterminer sur les 4 connecteurs (J1, J2, J3, J4), les broches consacrées aux alimentations, celles consacrées aux mesures, celles aux commandes ( → **Voir annexe 19 : le paratage des 4 connecteurs**) afin de router ces sorties sur la carte jusqu'aux connecteurs des tiroirs. ( → **Voir annexe 21 : La carte de routage**)

**Ex :** Pour cet exemple le connecteur A de l'équipement sera affecté au connecteur J1 de la face avant.



Dans cette conception, j'ai pu déterminer :

- Les cordons équipements
- La face avant
- La carte de routage
- Les ressources (alim, oscilloscope,...)
- Les connecteurs des tiroirs
- Les tiroirs

Cette étape technique a été alors complètement menée et pour la réalisation réelle, j'ai eu un rendez-vous avec un fournisseur, qui réalise les câblages, le 2/06/09.

Cet entretien m'a permis de lui présenter mon travail et de convenir du déroulement de la suite des actions à entreprendre. La semaine du 8 juin, je me dois donc établir un cahier des charges détaillé et présentant tous les paramètres cités précédemment pour qu'il puisse comprendre le souhait exprimé sur la conception de ce banc et pour établir un devis sur celle-ci. Cette évaluation permettra d'évaluer très précisément le coût généré par cette réalisation et peut être diminuer le budget de ce projet.

La conception technique étant défini, il suffit de poursuivre par la programmation afin de donner plus un sens automatique à ce projet.

## 2. La programmation

La programmation est une étape essentielle dans la réalisation de ce banc automatisé. C'est en effet, par un programme que tout s'actionne. La programmation s'est effectuée en langage VB sous le logiciel ATEasy.

Un programme est affecté à un seul équipement, et c'est par l'intermédiaire de ce programme que le technicien pourra réaliser le test de l'équipement. Ce programme doit se décomposer de telle sorte qu'il soit une représentation détaillée et explicative de la procédure de test. Il se base essentiellement sur les CMM des équipements.

On a pu recenser quelques besoins au niveau de la programmation. Comme la rédaction d'un programme est personnelle la plupart du temps, il est alors difficile pour une personne extérieure de reprendre un programme et de le comprendre non seulement sur la configuration générale mais sur le code source. Il a été demandé alors que le programme soit pédagogique et ergonomique.

**a. L'interface avec les équipements**

L'interface avec les équipements correspond à la mise en forme de la procédure de test dans un programme. Pour cela, je me suis basée sur les CMM des équipements et j'ai reflété le mode opératoire du test sous un programme informatique.

Ainsi cette interface s'est déroulée en deux temps. Le premier a été de coder tous les CMM des équipements. Pour cela, j'ai dû me documenter sur le mode de programmation du logiciel afin de commencer et finir les programmes.

Le deuxième a été de répondre à une des attentes: la pédagogie. Il faut rappeler que ces programmes permettent de donner un sens automatique au banc. Ils sont la correspondance directe des CMM c'est-à-dire que le technicien ne visualisera et n'utilisera que les programmes pour le déroulement du test.

Ceux-ci permettent alors de remplacer la présence d'un rack avec des voyants et des interrupteurs. J'ai réalisé des interfaces représentant la face avant des équipements. Ceci permet de visualiser où une action doit être portée et où il faut agir.

Pour comprendre la logique et la méthode employées, voici un diagramme fonctionnel :

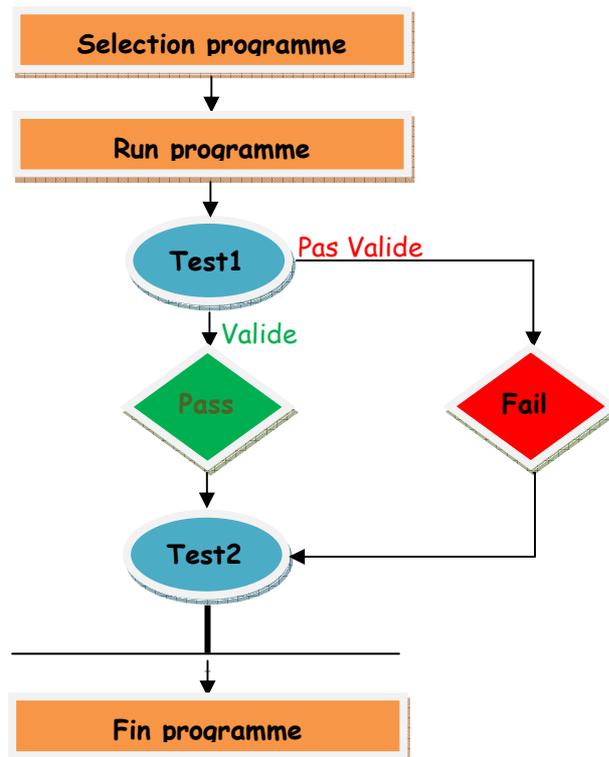


Figure 30 : Diagramme fonctionnel 1

Ce logiciel, par un programme, permet de se rendre compte d'un éventuel défaut lors d'un test et donc de connaître l'endroit de la panne.

Voici la représentation lors du test de l'ICP04 (les poignées coupe feu) :

**Démarrage du test**

**Statut du test (validation ou non)**

**Arborescence des tests à effectuer**

**Intitulé des tests**

**Résultats des tests**

#	Test Name	Pin	Unit	Min	Result	Max	Status
<b>Task 1 : (1) Measurement of insulation resistance</b>							
48							
001	Insulation Resistance Test	-	mOhm	+0.0000	+48.0000	+10.0000	Fail*
<b>Task 2 : (2) Measurement of bounding</b>							
480							
001	Bounding Test	-	mOhm	+0.0000	+480.0000	+20.0000	Fail*
<b>Task 3 : (3) Consumption</b>							
250							
001	Consumption Test	-	mAmp	+0.0000	+250.0000	+700.0000	Pass
<b>Task 4 : (4) Lighting plate with power supply Test</b>							
001	Lighting plate with 28V Test	-	Volt	+0.0000	-	+28.0000	-
002	Lighting plate with 18.5V Test	-	Volt	+0.0000	-	+18.5000	-
003	Lighting plate with 32V Test	-	Volt	+0.0000	-	+32.0000	-
<b>Task 5 : (5) Test of lighted led's indicators</b>							

Cependant afin de donner un sens plus ergonomique à cette programmation et rendre le test plus agréable et plus compréhensible pour les techniciens, j'ai créé des représentations schématiques des équipements associés au programme.

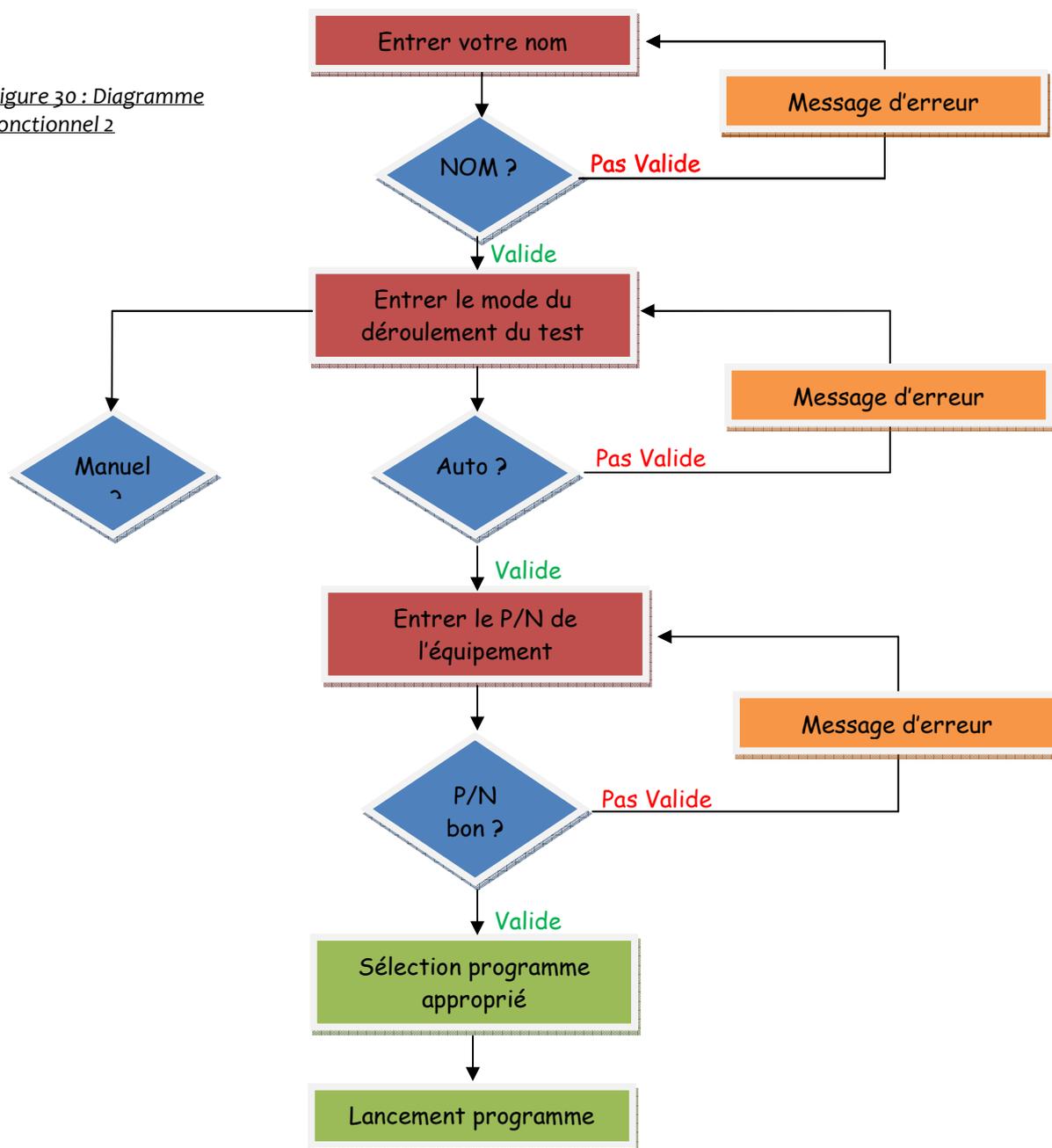
**Déroulé du test**

#	Test Name	Pin	Unit	Min	Result	Max	Status
<b>Task 4 : (4) Lighting plate with power supply Test</b>							
001	Lighting plate with 28V Test	-	Volt	+0.0000	-	+28.0000	-
002	Lighting plate with 18.5V Test	-	Volt	+0.0000	-	+18.5000	-
003	Lighting plate with 32V Test	-	Volt	+0.0000	-	+32.0000	-
<b>Task 5 : (5) Test of lighted led's indicators</b>							

Enfin, pour éviter les erreurs lors d'un lancement d'un programme, c'est-à-dire éviter de lancer un programme ne correspondant pas au test, j'ai réalisé un programme qui permet de rentrer le P/N de l'équipement. En fonction du P/N rentré, le logiciel affecte directement le programme associé à l'équipement et le lance.

Voici le diagramme fonctionnel qui permet de comprendre la méthode utilisée :

Figure 30 : Diagramme fonctionnel 2



Cette programmation permet ainsi au technicien de lancer le bon programme et effectuer le test normalement.

**b. L'interface pour la communication**

L'interface de communication correspond au moyen informatique permettant de communiquer avec le bus et donc de vérifier la transmission et réception de trames (bus de données) sur une voie.

Pour ce faire, en consultant les CMM, on a pu se rendre compte de type de trames à envoyer et du test à effectuer.

On a pu constituer le diagramme fonctionnel qui va suivre afin de comprendre la logique employée dans la réalisation de l'interface.

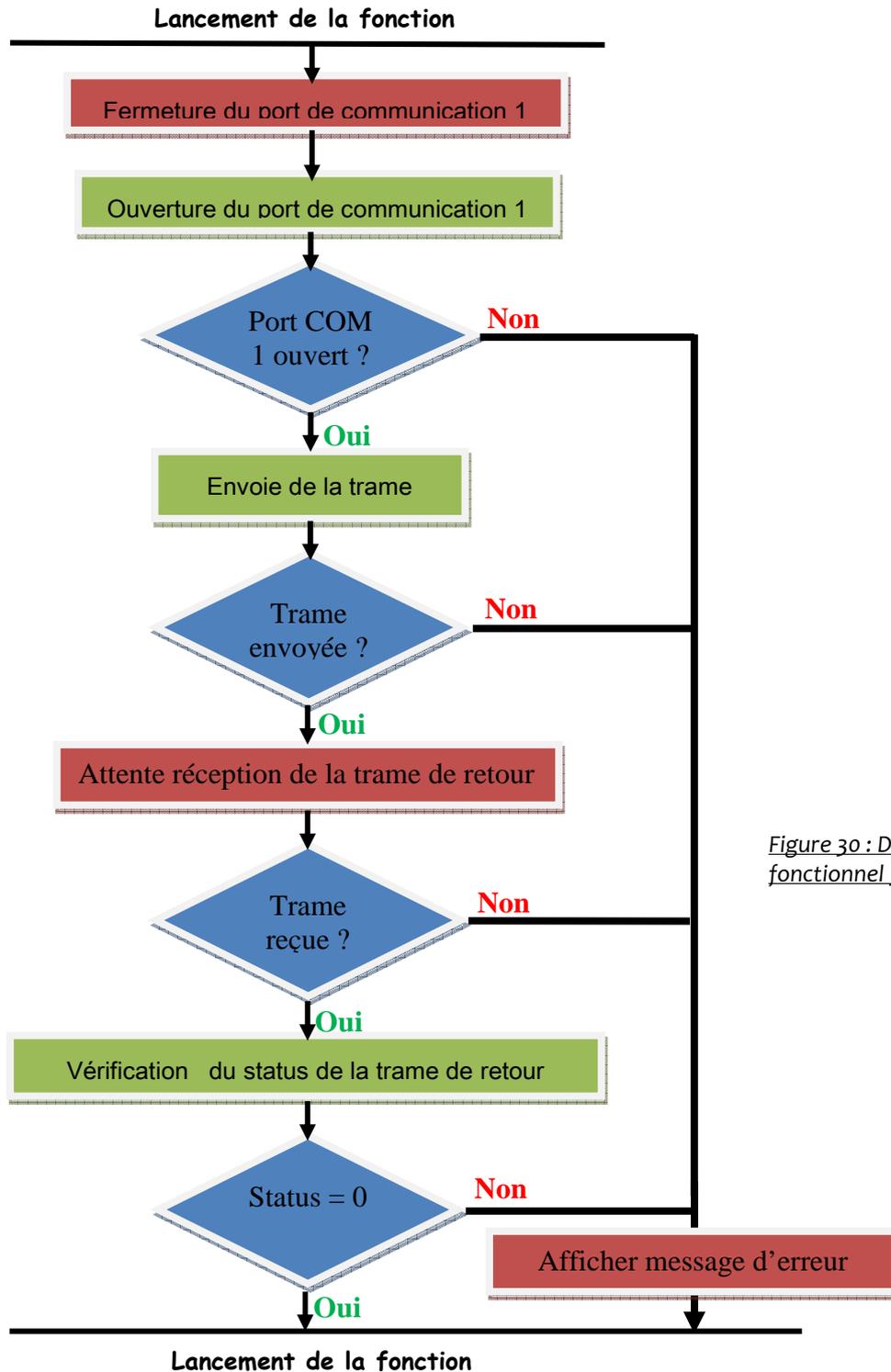
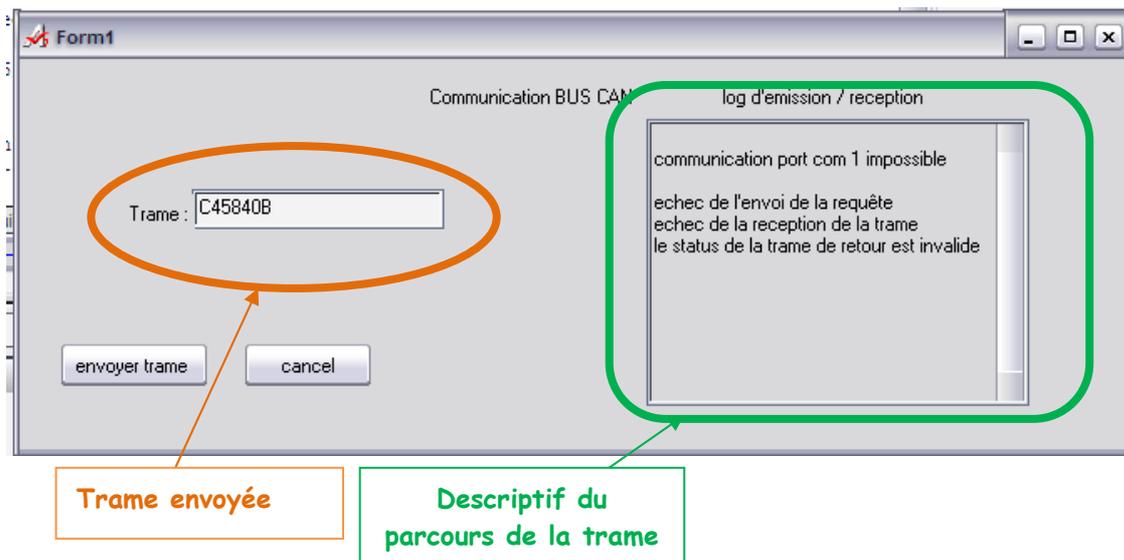


Figure 30 : Diagramme fonctionnel 3

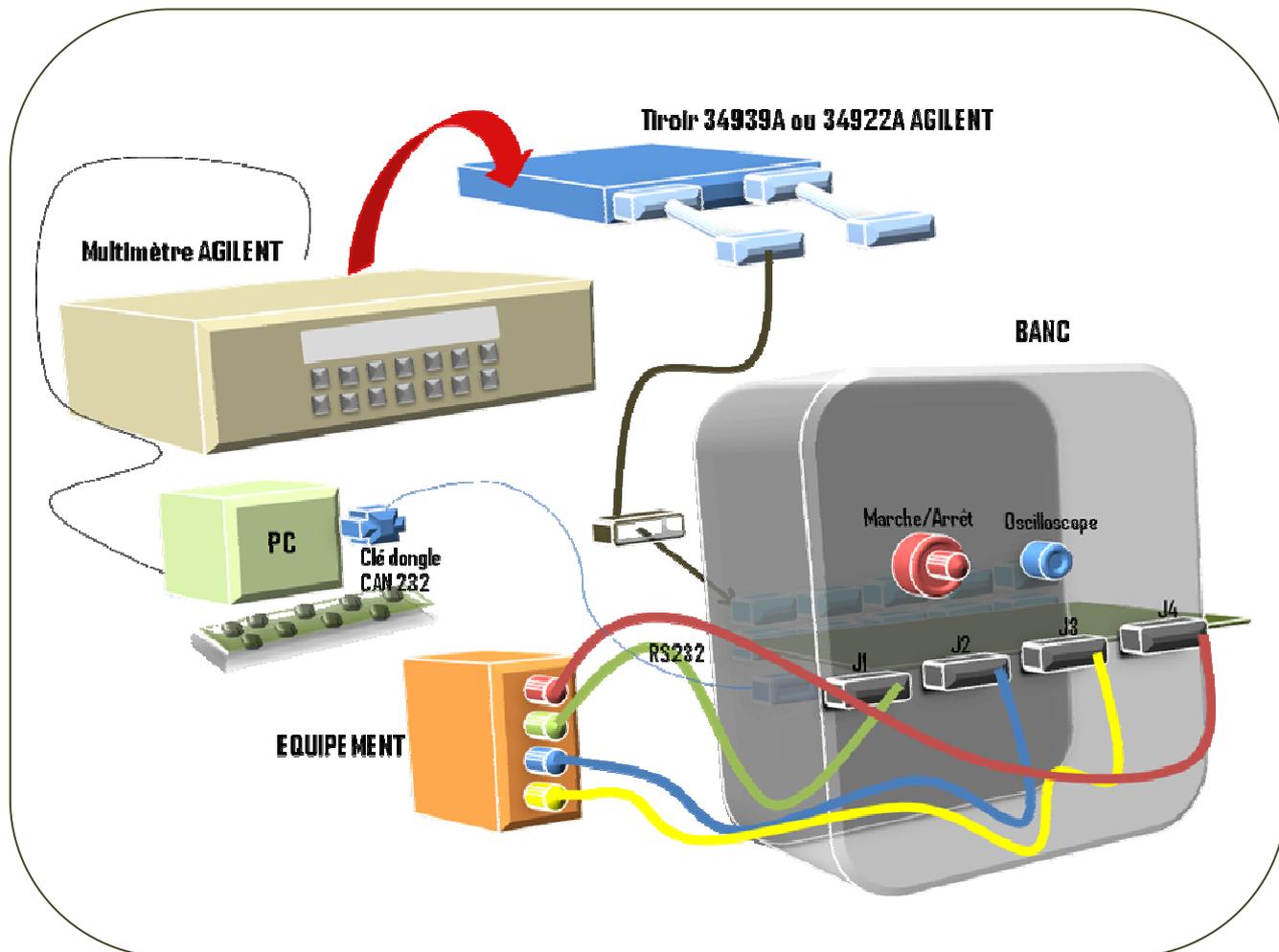
Ce diagramme explicatif a permis de réaliser l'interface sur le logiciel ATEasy pour les 6 équipements disposant de cette communication.

Cette configuration permet donc de vérifier la suivre l'évolution de cette trame dans le temps. On peut vérifier la transmission de la trame et l'état de sa réception. Le moyen de communication est alors établi. ( → Voir annexe 23 : Code source Port communication )



Cette partie devra être testée afin de vérifier si la communication est faisable ainsi que l'envoi des données.

On a pu donc définir notre banc d'essai de la conception technique aux programmes. Voici donc l'allure du banc d'essai des ICP :



## G. Conclusion technique

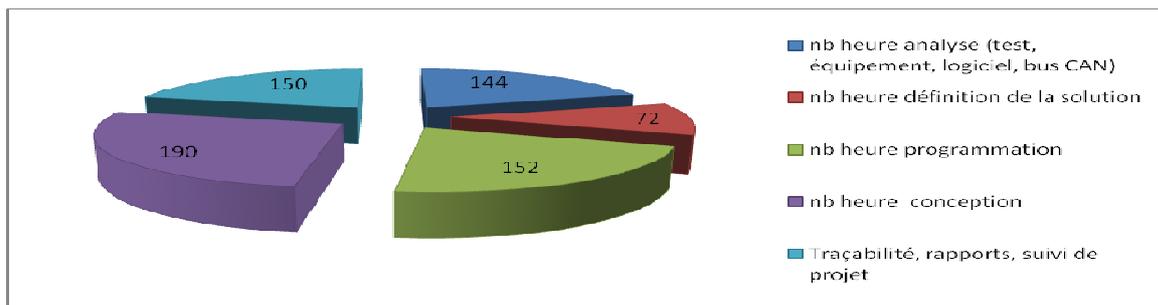
Pour la réalisation de ce projet, j'ai dû me familiariser avec le langage technique et comprendre le mode de fonctionnement de l'entreprise.

J'ai dû me documenter sur le domaine des équipements avioniques de manière générale avec leurs fonctions, leurs positionnements dans le cockpit et leurs actions. La lecture des procédures de test d'un équipement a été une étape essentielle pour élaborer une solution de test.

A ce jour j'ai réalisé 75% de mon projet. Mon temps s'est réparti de manière équitable étant donné l'importance des tâches à réaliser pour aboutir à un produit viable et fiable. J'ai consacré une partie conséquente de mon temps à la conception technique et la programmation du banc d'essai. Néanmoins la partie analyse a été une étape essentielle dans mon travail car c'est un travail à ne surtout pas négliger, c'est là-dessus que j'ai basé toute la suite de mon stage.

Ce qui m'a le plus posé de problèmes et du temps a été d'établir la conception du banc incluant donc les cordons des équipements, la carte de routage et les tiroirs du multimètre d'une part, et d'autre part, de faire l'analyse du Bus Can et de concevoir le programme pour interfacer l'échange de données. Ce protocole de communication étant encore inconnu dans le monde de l'aéronautique, j'ai dû me renseigner sur ce procédé et établir une formation auprès des personnes censées poursuivre mon projet.

### Voici la répartition de mon temps de travail :



A ce stade, je dois poursuivre la programmation sur ATEasy en améliorant les programmes des équipements et l'interface pour la communication Bus CAN. Je dois réaliser également les programmes permettant de communiquer avec le multimètre. C'est cette partie qui finalisera la conception automatisée de banc car c'est cette liaison qui permettra aux programmes d'accéder à la voie à tester de l'équipement.

Analyse	100%
Définition de la solution	100%
Conception du banc de test	100%
Programmation	70%
Mise en place du dossier	60%

Outre le projet, j'ai eu la chance de voir un des équipements dont je dois internaliser en atelier. Pour apprécier cette chance, nous avons décidé, Mr Pascal Letenneur RUP de l'équipe, Mr Pascal Hannon, responsable du bureau technique, Mr Francis Rousselle correspondant des projets d'internalisation, Mr Patrick Roques agent du Bureau technique et moi-même, de tester cet équipement en interne sans disposer du banc (étant en développement).

On a pu trouver la possibilité de le tester grâce aux moyens déjà présents en atelier. Cette décision a permis de nous positionner comme première division à avoir traité et sorti un équipement en interne. Cette internalisation a fait l'objet d'une communication sur le réseau d'Air France Industries. (**→ Voir annexe 24 : Communication de l'internalisation de l'ICPo1**)

## Conclusion

---

Ce stage met un terme à mon cursus scolaire et constitue la fin d'une période. Il annonce mon entrée dans la vie professionnelle car je souhaite trouver un emploi à l'issue de ce stage. J'ai eu la chance d'intégrer, pendant 4 mois maintenant, une grande entreprise dont le domaine d'activité m'intéresse et me motive.

Travailler pour Air France Industries, m'a permis de me faire une idée précise du mode de fonctionnement d'un grand groupe avec ses avantages (Variété des métiers, organisation structurée, rigueur...) et ses difficultés (Lourdeur du système, poids social...) Mais également de me faire une idée plus précise sur l'orientation de ma carrière professionnelle.

Le sujet de stage qui m'a été proposé m'a permis de me situer en tant qu'Ingénieur projet et de me rendre compte de la quantité et la qualité de travail à fournir. J'ai pu me confronter à une hiérarchie et présenter des rapports périodiques sur l'évolution de mon stage. J'ai pu ainsi appliquer les connaissances techniques et méthodologiques que j'ai acquises durant toutes mes années d'études, et particulièrement dans le secteur du génie des systèmes industriels, et mettre en pratique mes compétences dans le domaine de la recherche et développement d'un projet.

J'ai pu comprendre l'intérêt d'une entreprise telle que Air France Industries de mettre en œuvre des moyens permettant d'agrandir leurs connaissances techniques dans le secteur des équipements avioniques, diminuer les coûts liés aux réparations des équipements et réduire le stock en internalisant des équipements.

Ceci est un aspect à ne surtout pas négliger dans une entreprise aéronautique de pointe. Air France Industries s'inscrit dans cette démarche pour améliorer sa rentabilité et capter des clients de plus en plus exigeants. Mon projet s'inscrit dans ce contexte. Il permet également d'apporter une nouveauté en se présentant en système automatisé.

Pendant ces quatre mois, j'ai réussi à présenter une évaluation des coûts sur la conception du projet réduisant de moitié celui de départ, à concevoir le banc en incluant toute la solution technique de la conception, et réaliser 75% de la programmation.

Tout au long du développement, j'ai optimisé le fonctionnement de mon application en totale autonomie tout en faisant des points de contrôle afin d'orienter mon travail et de faire évoluer l'application.

D'un point de vue plus personnel, ma bonne intégration au sein du bureau technique et de l'atelier m'a permis de découvrir différents métiers ainsi que de constater l'importance du relationnel pour une meilleure collaboration.

Ce stage constitue pour moi une expérience significative de la vie en entreprise et est pour moi, une expérience très enrichissante. J'ai pour cela bénéficié, d'une part de l'expérience de mon maître de stage et de mon chef de projet, et d'autre part des connaissances des diverses personnes présentes.

Avec un minimum de curiosité, il est facile d'apprendre beaucoup sur l'entreprise et sur son mode de fonctionnement. J'ai pu rencontrer un grand nombre de personnes qui ont contribué à renforcer mon intérêt à travailler dans le monde de l'aéronautique. Cela a conforté mon choix d'orientation sur mon futur métier mais également m'a fait développer un espoir de travailler pour cette grande entreprise qu'est Air France Industries.