



Projet de Fin d'Etude

Réalisé par

Sarra KAMAOUI

Pour l'obtention du diplôme Ingénieur d'Etat en
CONCEPTION MECANIQUE ET INNOVATION

Intitulé

**Planification et industrialisation du câblage du panneau
supérieur du cockpit de l'avion Airbus A350 XWB**

Encadré par :

- Pr. Ahmed ABOUTAJEDDINE : Enseignant au département Génie mécanique à la FSTF
- Mme. Nadia FAITAH : Responsable industrialisation A350 à LABINAL MAROC

Soutenu le Mercredi 29 Juin 2011, devant le jury composé de :

- Pr. Ahmed ABOUTAJEDDINE.....: Encadrant
- Pr. Abdelhadi EL HAKIMI.....: Examineur
- Pr. Abdellah EL BARKANY.....: Examineur

AVANT PROPOS

Le présent rapport constitue l'aboutissement d'un travail réalisé dans le cadre du projet de fin d'étude, au sein de la société LABINAL MAROC de AIN ATIQ. Il a pour objectif de réaliser l'industrialisation du VB 1102 (Virtual bundle) intégré sur le panneau supérieur du nouvel avion A350, allant de l'établissement des listes de matières nécessaires à la fabrication jusqu'à la conception de l'emballage de livraison.

L'étude s'est focalisée, dans un premier temps, sur l'analyse des aspects de l'industrialisation au sein de LABINAL MAROC pour ensuite les appliquer sur un prototype d'une pièce mécanique issue de l'avant fuselage de l'avion A350. L'application porte sur la définition des processus de fabrication, l'organisation de l'approvisionnement en matière et le choix des outils nécessaires à cette fabrication pour laisser part au cheminement des câbles et leur intégration sur la pièce mécanique.

Le deuxième objectif de notre étude s'inscrit dans le cadre de la détection des anomalies non relevées dans le prototype virtuel en vue de les éliminer et d'améliorer le processus de fabrication, c'est dans ce cadre qu'a été établi le plan d'ordonnancement et d'affectation du personnel nécessaire au bon déroulement du temps de câblage.

Le dernier objectif de ce travail a été d'établir une étude détaillée de l'emballage requis pour la livraison. Cette étude est basée sur le processus de design d'un produit afin de réaliser une conception optimisée tenant compte des besoins clients AIRBUS de l'emballage et les éléments qui lui sont référés.

Plusieurs outils et techniques scientifiques ont soutenus la réalisation de notre étude, notamment des logiciels internes à l'entreprise, l'analyse SWOT, le logiciel de carte heuristique « FREEMIND », le logiciel de planification et ordonnancement « OPENWORKBENCH » ainsi que le logiciel de conception assistée par ordinateur « CATIA ».

Remerciements

Au terme de ce travail, j'exprime ma gratitude envers :

Mr. A. ABOUTAJEDDINE, Professeur à la FST de Fès, d'avoir eu l'amabilité d'encadrer mon travail avec un grand esprit de motivation.

Mr. M. EL MAJDOUBI, Chef de la filière ingénieur « Conception mécanique et innovation », pour nous avoir accompagné tout au long du cursus ingénieur. Je le remercie pour sa disponibilité et ses conseils.

L'ensemble des enseignants de LA FSTF pour leur dévouement et leur générosité.

Mr. P. GAILLARD, Directeur Général de LABINAL MAROC, de m'avoir accueilli dans sa société.

Mme A. SOUILMI, responsable Manager du projet A350, de m'avoir donné l'opportunité de travailler au sein de l'équipe qu'elle dirige.

Mme N. FAITAH d'avoir témoigné d'une générosité et modestie extrême envers mon projet, ses recommandations ont pointé le dénouement de mon étude avec un grand savoir faire, mes gratitude vous sont destinées.

Mme Z. ZBIRI et Mlle S. GOUZZA de m'avoir prêté disponibilité et savoir faire tout au long de ma période de stage, mes mots ne sauraient exprimer la sympathie que je porte à votre égard, merci.

L'équipe méthode de l'A350, pour l'ambiance favorable qu'elle a créée, que de bons moments partagés avec vous.

Enfin, que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail



A mes parents, je ne saurais avoir les mots pour gratifier votre soutien tout au long de mon cursus étudiant, votre générosité et sacrifices ont marqué les qualités de ma personne ainsi que le dénouement de ma formation, vous m'avez enseigné la vie, la détermination, la rigueur et la patience. Que d'amour, je ne saurais exprimer d'avantage pour vous.

A ma jumelle Selma, mes sœurs Imane et Mouna, mes modèles dans la vie, vous êtes et vous resterez ma source d'inspiration, que dieu vous garde.

A mon frère Mohamed & belle sœur Meriem, mes nièces Kenza et Zineb, votre compagnie me promet des moments de joie, que dieu vous bénisse.

A toute ma famille,

A mes amis,

Ghizlane, Siham, Najat, Meryem, Karima, Houda & Nada que de bons moments partagés avec vous. Tous mes vœux de bonheur vous sont destinés.

Otmane, mon binôme, ton soutien et ton perfectionnisme m'ont guidé dans cette aventure, je te souhaite tout ce qu'il ya de meilleur dans ce monde.

Collègues de classe, c'était un plaisir de vous responsabiliser pendant ces trois dernières années, je vous souhaite une bonne carrière.

A tous ceux qui ont apporté, un jour, quelque chose à ma vie.

Sarra KAMAOU

Sommaire

<u>Introduction.....</u>	<u>9</u>
<u>CHAP 1 : PRESENTATION DE LA SOCIETE D'ACCUEIL.....</u>	<u>11</u>
1.1 Présentation du groupe SAFRAN	12
1.1.1 Historique	12
1.1.2 Activités	12
1.1.3 Filiales	13
1.1.4 Présentation Labinal	14
1.1.4.1 Historique	14
1.1.4.2 Activités	14
1.1.4.3 Clients	14
1.2 Division d'accueil : LABINAL MAROC.....	16
1.2.1 Activité de l'Entreprise	16
1.2.2 Chaine de production	16
1.2.3 Aspects de responsabilisation	17
1.2.4 Procédés de fabrication.....	18



1.2.5	Processus de production.....	18
-------	------------------------------	----

CHAP 2: PRESENTATION DE L'AIRBUS

<u>A350.....</u>	<u>20</u>
-------------------------	------------------

2.1	Présentation AIRBUS	19
2.2	Présentation AIRBUS A350/XWB.....	19
2.2.1	Présentation générale de l'A350	19
2.2.2	Sections de l'A350.....	20
2.2.3	Concurrents.....	20
2.3	Présentation de l'Overhead panel (OHP)	21

CHAP 3 : INDUSTRIALISATION DE L'OVERHEAD

<u>PANEL.....</u>	<u>24</u>
--------------------------	------------------

3.1	Diagnostic des processus actuels d'industrialisation	23
3.1.1	Processus d'industrialisation	23
3.1.2	Diagnostic du processus d'industrialisation par l'analyse SWOT/ AFOM	24
3.2	Définition du contenu.....	27
3.2.1	Rampe	27
3.2.2	Analyse des Données :.....	28
3.3	Application de la démarche d'industrialisation	29
3.3.1	Organisation	29
3.3.2	Définition du processus de fabrication	29
3.3.3	Organisation de l'approvisionnement en matières et fournitures.....	31
3.3.4	Choix des moyens de fabrication.	34
3.4	Cheminement	34
3.4.1	Présentation de la méthode des 5S.....	35
3.4.2	Application de la méthode des 5S.....	36
3.5	Intégration	37

CHAP 4: AMELIORATION DU PROTOTYPE ET ETABLISSEMENT DU PLAN

<u>D'ORDONNANCEMENT.....</u>	<u>43</u>
-------------------------------------	------------------

4.1	Amélioration du prototype en forme et rectification sur maquette virtuelle.	40
4.1.1	Optimisation du contenu.....	40
4.1.2	Amélioration d'enveloppe et de forme de l'intégration	41
4.2	Processus d'ordonnancement.....	42
4.2.1	Définition	42
4.2.2	Etat de l'existant	42
4.2.3	Planning d'Ordonnancement au sein de LM.....	43
4.2.4	Planning d'ordonnancement du VB 1102	45
4.2.5	Affectation du personnel.....	51

CHAP 5: ANALYSE ET CONCEPTION DE L'EMBALLAGE DU VB

<u>1102.....</u>	<u>59</u>
-------------------------	------------------



5.1	Définition du produit et planification	53
5.1.1	Etude de marché.....	54
5.1.2	Identification des besoins.....	54
5.1.3	Diagramme des affinités.....	55
5.1.4	Analyse fonctionnelle.....	58
5.2	Etude conceptuelle.....	64
5.2.1	Caractérisation des fonctions	64
5.2.2	L'arbre fonctionnel	65
5.2.3	La matrice QFD.....	67
5.2.4	Identification des spécifications critiques.....	69
5.2.5	Génération et choix de concept.....	80
5.2.6	Matrice PUGH	94
5.3	Conception.....	96
5.3.1	Elément 1 : support rampe.....	97
5.3.2	Element 2 : emballage en carton.....	98
5.3.3	Elément 3 : palette	99
5.4	Estimation de prix	101
	CONCLUSION GENERALE.....	102
	Références.....	103
	Annexes.....	104

Liste des figures

Figure 1 Répartition des activités du groupe SAFRAN	12
Figure 2 Répartition des clients de Labinal	15
Figure 3 chaîne de production de l'harnais au sein de LM.....	17
Figure 4: Présentation des sections A350	20
Figure 5 Partie en rose : l'OVERHEAD PANEL de l'avion A350	21
Figure 6 Processus de production	23
Figure 7 Modification de la rampe OHP	28
Figure 8 Disposition des routes sur la rampe OHP.....	29
Figure 9 Répartition de la matière noble par référence	32
Figure 10 Répartition de la matière non noble par type.....	33
Figure 11 Exemple de cheminement d'une route sur gabarit.....	35
Figure 12 Rampe avec harnais intégré	38
Figure 13 répartition des routes dans le VB 1102	41
Figure 14 Enchaînement des opérations de production au sein de LM.....	44
Figure 15 Enchaînement des opérations du processus de fabrication	44
Figure 16 pourcentage alloué à chaque opération du processus de production	45
Figure 17 Enchaînement des opérations de production pour le VB 1102	46



Figure 18 pourcentage allouée à chaque opération du processus de production du VB 1102	46
Figure 19 Diagramme de GANTT nécessaire pour le travail d'une opératrice par tâche.....	48
Figure 20 diagramme de GANTT nécessaire pour le travail d'une opératrice par tâche après jalonnement	50
Figure 21 diagramme des affinités des besoins du VB 1102.....	58
Figure 22 Cycle de vie de l'emballage	60
Figure 23 Les divers interacteurs de l'emballage du VB1102	61
Figure 24 Arbre fonctionnelle de l'emballage du VB 1102.....	67
Figure 25 Composants de la matrice QFD.....	67
Figure 26 la matrice QFD de l'emballage du VB 1102	68
Figure 27 Identification des critères importants selon niveau d'importance absolue	69
Figure 28 Conception en 3D de l'emballage complet du VB 1102	96
Figure 29 Conception en 3D du support rampe de l'OHP	97
Figure 30 résultat du maillage du support rampe sous CATIA.....	98
Figure 31 Conception en 3D de l'emballage carton du VB 1102.....	99
Figure 32 Conception en 3D de la palette de l'emballage du VB 1102	99



Liste des tableaux

Tableau 1 Programmes exécutés par Labinal.....	15
Tableau 2 Programmes de Câblage à Labinal Maroc	16
Tableau 3: Méthodologie de la matrice SWOT	25
Tableau 4: Matrice SWOT pour l'industrialisation au sein de LM	26
Tableau 5: Organisation des dossiers de fabrication	31
Tableau 6 : Longueur de la rampe.....	31
Tableau 7 outillage nécessaire pour la réalisation de l'OHP	34
Tableau 8 application de la méthode des 5S lors du cheminement	37
Tableau 9 Affectation du personnel selon poste	51
Tableau 10: Besoins identifiés pour l'emballage du VB 1102	55
Tableau 11 Transformation des besoins trouvés en fonction.....	59
Tableau 12 : énumération des fonctions d'adaptation/interaction et leur typologie	63
Tableau 13: Enumération des fonctions issues de l'examen des efforts et mouvement	63
Tableau 14 Enumération des fonctions issues de l'analyse d'un produit de référence.....	63
Tableau 15 Caractérisation des fonctions déterminées pour l'emballage du VB1102	65
Tableau 16 matrice morphologique pour l'emballage du VB 1102	80
Tableau 17 élimination des solutions dans la matrice morphologique de l'emballage du VB 1102	83
Tableau 18 concept 1 de l'emballage.....	86
Tableau 19 concept 2 de l'emballage.....	89
Tableau 20 concept 3 de l'emballage.....	82
Tableau 21 Matrice de PUGH	95
Tableau 22 éléments additifs à l'emballage du VB 1102.....	100
Tableau 23 Estimation de prix de l'emballage.....	101



Liste des symboles

LM :	Labinal Maroc
LVMR :	Labinal Villemur
OHP :	Overhead panel
VB :	Virtual Bundle
A350 :	Avion Airbus 350
B :	Boeing
EC :	Immatriculation espagnole de l'aviation
Emb :	Embraer (constructeur d'avion brésilien)
ATR :	Avions de transport régional
SAGEM :	Société d'Applications Générale d'Electricité et de Mécanique
SNECMA :	Société nationale d'étude et de construction de moteurs d'avion
EADS :	The European Aeronautic Defence and Space Company
LPS:	Labinal Production system
DMAIC :	Define, measure, analyze, improve, control
l'IMS :	Système de management intégré
GED :	gestion électronique des documents
CAO :	Conception assistée par ordinateur
MSN:	Manufacturers Serial Number
QFD :	Quality Function Development
SWOT :	Strengths (forces), Weaknesses (faiblesses), Opportunities (opportunités), Threats (menaces),
BPCS :	Logiciel de gestion de production assistée par ordinateur
CMP :	Coupe marquage préparation
CATIA:	Computer Aided Three-dimensional Interactive Application

INTRODUCTION

Le temps évolue et avec son évolution les exigences se rehaussent. L'entreprise, consciente de ces enjeux répond à ces exigences par l'introduction dans le marché de nouveaux produits innovants dont les caractéristiques assurent un succès au près des clients.

Cependant, pour tenir face à la concurrence et augmenter les profits, l'entreprise se doit de planifier les activités de façon à trouver le meilleur équilibre de situation possible. L'optimisation des activités ainsi définie, laisse place à de nombreuses méthodes et techniques qui ont pour principal but de gérer efficacement les activités et opérations de l'entreprise afin d'accroître de manière continue sa productivité.

LABINAL MAROC (LM) faisant partie du groupe SAFRAN est l'une des entreprises qui a su attirer les plus grands constructeurs d'avions internationaux, de part son engagement à respecter les délais de livraison et la bonne qualité des services qu'elle assure à ses clients. C'est dans cette optique que « AIRBUS », l'un des acteurs majeurs dans la construction aéronautique mondiale, lui a confié le câblage de son nouvel avion A350. LABINAL Maroc sera donc responsable de 75% du marché de câblage de l'avion, une part qui va lui conférer une meilleure image de marque dans le domaine de la sous-traitance et lui permettra d'élargir son champ d'activité et de perfectionner sa production pour être à la pointe de la technologie. L'une des premières pièces mécaniques à recevoir le câblage dans le nouvel avion A350 est le panneau supérieur de l'avant fuselage connu sous le nom de « OVERHEAD PANEL » (OHP), une maquette de la pièce a été donc envoyée par AIRBUS aux ateliers de câblage de LABINAL MAROC (LM), accompagnée du prototypage virtuel de la pièce câblée sous le logiciel CATIA. Le but de notre projet se révèle être l'application de la procédure d'industrialisation adoptée au sein de LM sur le modèle en main et de s'assurer de la conformité de la disposition des chemins de câbles du prototype virtuel avec le modèle concret.

Pour aboutir à des résultats dûment probants, le projet en main s'axe sur cinq chapitres, un premier chapitre est dédié à la présentation de la société d'accueil, les clients avec lesquelles elle est contractée et la description de la fonction des divers services qu'elle englobe.

Le deuxième chapitre dresse le portrait du nouvel avion A350 en illustrant l'emplacement de la pièce mécanique sujette à l'étude.

Le troisième chapitre aborde les aspects de l'application de la politique d'industrialisation sur le prototype. Une première partie est réservée à la définition des processus et outillages nécessaires à la fabrication pour passer ensuite au cheminement et intégration des routes de câbles sur la rampe.

Le quatrième chapitre, quant à lui, se focalise sur les améliorations pouvant être introduites au niveau de la rampe pour assurer un aspect à la fois efficace et ergonomique du travail, s'ajoute à ceci l'établissement d'un plan d'ordonnancement et d'affectation du personnel dans le cadre de l'optimisation du temps de travail et le respect du délai de livraison.

Finalement, le chapitre cinq aura pour objectif d'illustrer les méthodes d'identification des besoins client et les techniques adoptées dans l'étude conceptuelle de l'emballage requis, pour ensuite concrétiser le concept résultant sous l'atelier mécanique de CATIA et le valider à l'aide d'une analyse par éléments finis.



CHAPITRE 1

PRESENTATION DE LA SOCIETE D'ACCUEIL

1.1 Présentation du groupe SAFRAN

Le groupe Safran, piloté par Safran SA, société de droit français à conseil de surveillance et directoire, est l'un des Leaders mondiaux sur chacun des marchés des équipements aéronautiques. Le groupe Safran conçoit, produit et met en place des solutions aéronautiques, aérospatiales, de défense et de sécurité dans les quatre coins du monde.

1.1.1 Historique

Le groupe Safran résulte de la fusion de deux sociétés prestigieuses : Snecma et Sagem, SA. Safran est la société holding qui détient l'ensemble des filiales des deux sociétés.

1925 - Création de la Société d'Applications Générale d'Electricité et de Mécanique (Sagem) opérant dans diverses activités, de la défense aux télécrypteurs en passant par des équipements aéronautiques et télécommunication.

1945 - Création de la société nationale d'étude et de construction de moteurs d'avion (SNECMA), elle se consacre à la fabrication de moteurs d'avions ; le groupe SNECMA comprend également des constructeurs d'équipements.

2005 - Fusion entre SAGEM et SNECMA et création du groupe SAFRAN

1.1.2 Activités

Le groupe safran est un équipementier de haute technologie reconnu mondialement, ce qui lui permet d'opérer sur trois volets répartis en pourcentage sur la figure 1.

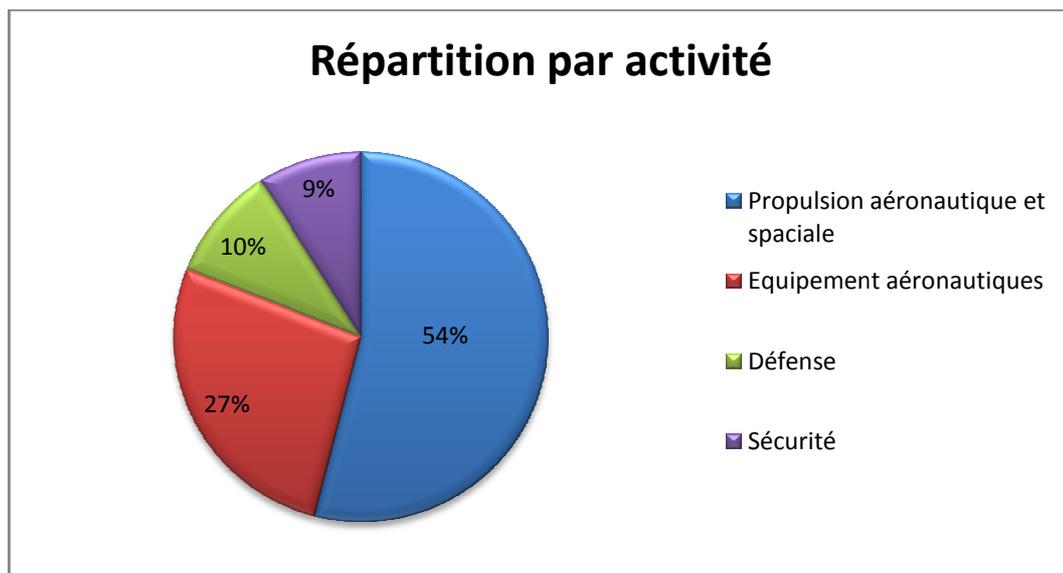


Figure 1 Répartition des activités du groupe SAFRAN

Les activités Aéronautiques et Spatiales de Safran couvrent l'ensemble du cycle de vie des systèmes propulsifs des avions, hélicoptères, missiles et lanceurs. Elles s'appliquent au niveau des Moteurs d'avions civils, Moteurs d'avions militaires, Turbines d'hélicoptères et Moteurs spatiaux.

➤ **ÉQUIPEMENTS AÉRONAUTIQUES**

Les activités Équipements aéronautiques de Safran couvrent l'ensemble du cycle de vie des équipements et sous-systèmes majeurs destinés aux avions et aux hélicoptères civils et militaires. Le groupe assure des Trains d'atterrissage, Roues et freins carbone, Nacelles de moteurs d'avions, Électronique de puissance embarquée et Câblages aéronautiques.

➤ **DÉFENSE – SÉCURITÉ**

Les activités Défense de Safran couvrent les domaines de l'optronique, de l'avionique, de la navigation, de l'électronique et des logiciels critiques pour les marchés civils et militaires...

Les activités Sécurité de Safran s'exercent dans les domaines de l'identification, des documents électroniques et de la détection.

1.1.3 Filiales

Le groupe safran a des filiales réparties selon trois domaines d'expertise :

➤ **PROPULSION AERONAUTIQUE ET SPACIALE**

- **Snecma** : Turboréacteurs pour avions civils et militaires, équipements et systèmes propulsifs à ergols liquides et électriques pour lanceurs spatiaux, satellites et véhicules orbitaux.

- **Turbomeca** : Turbomoteurs pour hélicoptères civils et militaires, turboréacteurs pour missiles, engins cibles et drones.

- **Snecma Propulsion Solide** : Moteurs-fusées à propergol solide pour lanceurs spatiaux et missiles, matériaux composites thermo structuraux pour applications aéronautiques, spatiales et industrielles.

- **Techspace Aero** : Composants majeurs de moteurs aéronautiques. Équipements pour applications aéronautiques et spatiales. Bancs et équipements pour essais moteurs.

➤ **EQUIPEMENTS AERONAUTIQUES**

- **Aircelle** : Nacelles complètes pour moteurs d'avions, support et services associés, matériaux composites pour aérostructures.

- **Messier-Dowty** : Trains et systèmes d'atterrissage pour avions civils, militaires et hélicoptères. Entretien, réparation et révision des systèmes d'atterrissage et systèmes hydrauliques associés.

- **Messier-Bugatti** : Roues et freins carbone, systèmes de freinage et de surveillance du freinage. Entretien, réparation et révision des systèmes.

- **Hispano-Suiza** : Transmissions de puissance pour moteurs d'avions et d'hélicoptères civils et militaires, convertisseurs électroniques de puissance et systèmes électriques.

- **Labinal** : Câblages électriques pour avions civils et militaires. Services d'ingénierie pour l'aéronautique, le spatial, la défense, l'automobile et le ferroviaire.



- **Sagem** : Solutions et services de défense aérospatiale, terrestre et navale en optronique, avionique, navigation. Électronique et logiciels critiques pour les applications aéronautiques et de défense.
- **Morpho** : Solutions d'identification multi biométriques (empreintes digitales, iris et visage), solutions de gestion de l'identité, cartes à puce et transactions sécurisées ; solutions de détection d'explosifs et de narcotiques.

1.1.4 Présentation Labinal

Labinal occupe une position mondiale de premier plan dans le domaine des systèmes de liaisons électriques et des prestations de services en ingénierie sur les marchés aéronautiques, elle est implantée à travers plusieurs sites : 4 sites en Amérique du nord, 5 en Europe et 2 au MAROC.

1.1.4.1 Historique

1921 - Fondation de la S.A. Labinal.

2001 - Acquisition de Teuchos et création des trois divisions opérationnelles (Division Câblage Europe, Division Câblage Amérique du Nord, Division Service Ingénierie).

2005 - Création du groupe SAFRAN suite au rapprochement de Snecma et de Sagem. Labinal appartient à la Branche Equipements du Groupe.

2006 - Inauguration officielle de la nouvelle usine Labinal Maroc en présence de Sa Majesté le Roi du Maroc Mohammed VI.

2009 - Sélection par Airbus pour fournir de la conception à la production le système électrique du fuselage complet de l'A350 XWB.

1.1.4.2 Activités

Labinal, de part son engagement, s'active sur trois niveaux :

➤ **CONCEPTION :**

- Conception électrique
- Conception de structures, effort, installation de systèmes mécaniques (fuel, hydraulique,..)
- Technologie : Développement & qualification de processus et outils de conception, et de composants.

➤ **PRODUCTION :**

- Fabrication et intégration de systèmes de câblage électrique & électromécaniques
- Gestion de configuration.

➤ **INSTALLATION :**

Labinal Services assure l'installation, la modification et les tests des systèmes de câblage électrique :

- Sur les programmes en développement et/ou en série
- Sur sites clients

1.1.4.3 Clients

Labinal s'est engagée avec des parties renommées dans le domaine de l'industrie aéronautique :

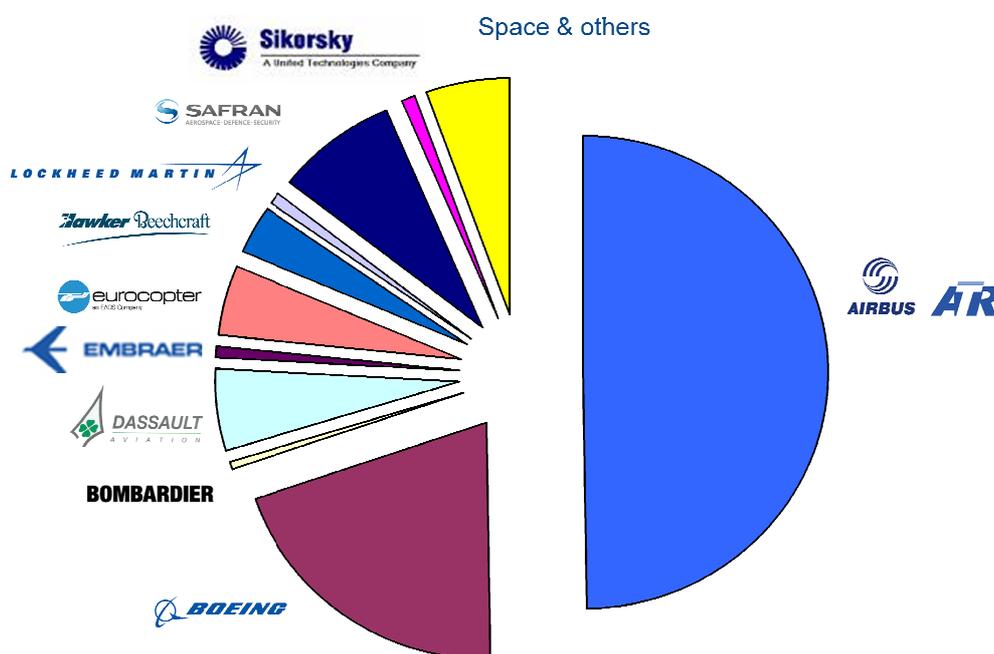


Figure 2 Répartition des clients de Labinal

Labinal exécute pour chaque client un nombre de programme comme présenté sur le tableau 1.

AVIATION COMMERCIALE	<ul style="list-style-type: none"> • B737 / B747 / B767 / B777 / B787 • A320 / A330 / A340 / A340 5-600 / A380 / A330GMF / A350
AVIATION D'AFFAIRES	<ul style="list-style-type: none"> • Falcon 2000 / 900 / 7X • Tous les avions Hawker Beechcraft (sauf H4000) • Lear 40 / 45 • Phenom 100
HELICOPTERES	<ul style="list-style-type: none"> • EC135 / EC145 / AS332 / EC225 / EC155 / NH90 • Sikorsky Black Hawk
AVIATION REGIONALE	<ul style="list-style-type: none"> • ATR 42/72 • EMB135 / 145 / 170 (Contrat Aernnova) • CRJ200 / 700
AVIATION MILITAIRE	<ul style="list-style-type: none"> • F16 / F22 / V22 / C130AMP • A400M • RAFALE / ATL2 / nEUROn
AUTRES	<ul style="list-style-type: none"> • CFM56-5B / -7 / GE90 / TP400 • Astrium / Vulcain

Tableau 1 Programmes exécutés par Labinal

1.2 Division d'accueil : LABINAL MAROC

Labinal MAROC (LM) est une unité de production spécialisée dans la fabrication, assemblage et commercialisation de câblage électrique destinés à l'industrie aéronautique.

Installée à Ain Atiq depuis 2004 et ne dépassant pas 400 en effectif, elle a réussi à surmonter l'augmentation de la cadence de production et ainsi à réaliser un chiffre d'affaire considérable en moins de cinq ans.

Labinal Maroc est détenue à parts égales entre Boeing, Royal Air. Maroc et Labinal, elle veille à procurer à ses employés un environnement sur la pointe de l'innovation, l'équipement utilisé est des plus sophistiqués, et les procédés adoptés assurent une amélioration continue de la productivité, dans le but d'assurer une qualité reconnue et perpétuelle sur le marché.

1.2.1 Activité de l'Entreprise

L'activité de câblage aéronautique s'articule aujourd'hui autour des produits suivants :

WORK PACKAGE	AVION	CLIENT
10 VU	A 320	AIRBUS
80 VU	A 320	AIRBUS
WP300	A 340	AIRBUS
WP 4004	A330/A340	AIRBUS
POINTE AVANT	A 400M	AIRBUS
BASE	MKII et N4	EUROCOPTER France
ECD	EC145 et EC135	EUROCOPTER Allemagne

Tableau 2 Programmes de Câblage à Labinal Maroc

1.2.2 Chaîne de production

LM s'est engagée pour équiper des sections d'avions Airbus et Eurocopter, elle met en place divers services qui interviennent tout au long du processus de fabrication, Les phases de la chaîne de production s'organisent comme présenté sur la figure 3 :

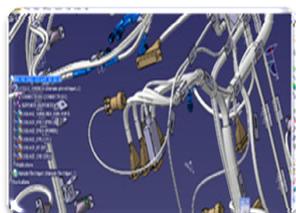
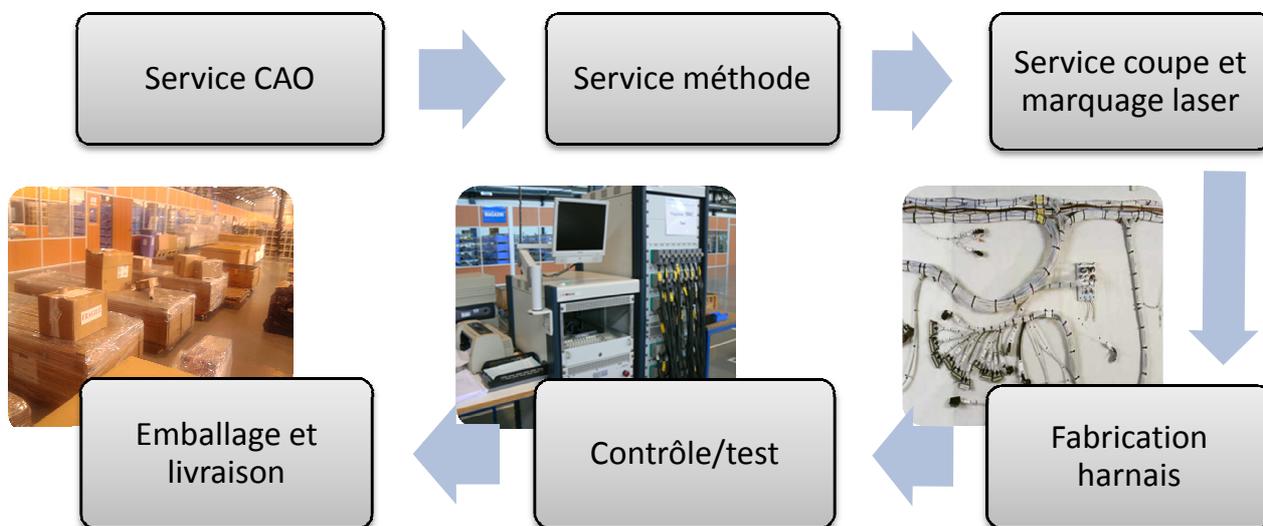


Figure 3 chaîne de production de l'harnais au sein de LM



1.2.3 Aspects de responsabilisation

Le maintien d'ordre dans le processus d'industrialisation au sein de LM exige la collaboration de trois services principaux :

1.2.3.1 Service CAO

Le service CAO comporte une équipe instruite ayant acquis une formation spécialisée dans le domaine du câblage en logiciel de production CATIA et en logiciel de traitement et de transformation AUTO 2D. Les designers veillent à la réalisation des plans électriques conformes à la formalisation de données, ils ont pour rôle de s'assurer de la connexion de la structure électrique reçue de AIRBUS avant de transformer la maquette 3D en 2D, ce plan 2D est converti à son tour à un jigboard qui présentera l'architecture sur laquelle va se baser le cheminement de la forme de câblage requise. Dans cette optique, des licences exclusives en transformation de câblage d'un mode 3D en mode Jigboard ont été fournies à l'équipe pour optimiser le temps de transformation.

Une fois le Jigboard validé, les données sont partagées avec le service méthodes avant livraison qui superviseront le travail sur l'atelier et fourniront les dossiers nécessaires à la fabrication.

1.2.3.2 Service Méthode

Dans la construction aéronautique, le service méthode avant livraison a pour rôle de définir pour le personnel d'atelier les instructions de travail pour la fabrication :

- A partir des données client, il établit les instructions de travail pour le personnel de production dans lesquelles il faut définir les composants du produit, les procédures les plus rationnelles de fabrication, montage, tests, contrôles, inspections, les outils à utiliser, le temps d'exécution de chaque opération, les références des pièces à aller chercher en magasin..Etc.
- Il Propose des améliorations de procédures ou d'outillages qui permettent une production dans les meilleures conditions de quantité, qualité, coûts et délais.



- Il Résout les problèmes techniques (outillage, procédés de travail) que rencontre le personnel d'atelier en apportant une solution dans les délais pour éviter une rupture de production.

1.2.3.3 Service qualité

La principale mission du département Qualité est la définition et amélioration du système qualité, par la mise en œuvre de procédures, de techniques et d'outils appropriés.

Le service qualité s'assure que les indices CAO sont en conformité avec la configuration avion des gammes de fabrication. Il veille à la réalisation permanente d'actions de promotion de la qualité auprès de l'ensemble du personnel et s'assure des suivis des recommandations sur les dossiers de fabrication. Il participe également aux contrôles des harnais et assure la surveillance permanente du niveau de qualité des matériels conçus et/ou réalisés par LABINAL.

1.2.4 Procédés de fabrication

De manière générale, le travail au sein de chaque équipe de fabrication se répartie en six phases: 1er bout, Cheminement, 2ème bout, contrôle, test électrique et emballage.

Au sein de l'atelier, chaque équipe d'opératrices a pour rôle de relier, fixer, souder, dénuder, sertir, assembler d'interminables câbles électriques aux nombreuses ramifications à l'aide d'outils performants, les enficher dans les connecteurs correspondants pour enfin les tester à l'aide de testeurs électriques SCHAFFNER.

De bout en bout, l'élément résultant de chaque ligne est un harnais destiné à être directement planté sur l'avion, il est emballé de façon à protéger les pièces en accompagnement et expédié vers l'entrepôt central.

1.2.5 Processus de production

Divers processus sont appliqués au sein des services Labinal dans le but de garantir l'exécution des tâches selon un planning bien défini et répondre favorablement à la croissance continue de la cadence de production, parmi les plus prépondérants nous citons le LPS (Labinal Production system) dont l'exécution repose sur l'optimisation des méthodes de travail et le renforcement des points d'amélioration continue de la productivité selon une politique Lean.

Parmi les méthodes appliquées par le service Lean Manufacturing, nous retrouvons le Lean sigma, un concept qui relie les notions de productivité (le Lean) et la qualité (Six Sigma) afin de répondre aux objectifs définis par la direction générale. C'est à ce niveau que s'intègre la démarche DMAIC et les formations en belt assurés par le responsable Lean Manufacturing.

Une autre application serait l'exécution de la méthode des 5S et la méthode Kaizen dont le but est d'améliorer les tâches effectuées dans toute l'entreprise et assurer un environnement débarrassé, rangé, nettoyé, ordonné et caractérisé par un suivi régulier, le tri sélectif des déchets en fait la preuve.

En addition à ceci, Labinal Maroc garantie la transmission du savoir entre les agents et facilite le transfert des données d'un service à l'autre, nous retrouvons comme exemple l'IMS (système de management intégré) et PRISMA dans le cadre de la GED.

CHAPITRE 2

Présentation de l'Airbus A350

2.1 Présentation AIRBUS

Airbus est un constructeur aéronautique européen et également un acteur majeur dans la construction aéronautique mondiale. Filiale à 100 % du groupe industriel EADS, il conçoit, développe, construit, vend et assure la maintenance des avions du même nom. Il est en concurrence directe avec l'américain Boeing. Son siège est situé à Blagnac, dans la banlieue de Toulouse.

La gamme de produits moderne et complète de l'Airbus comprend les familles fortement réussies d'avion aux limites de 107 à 525 sièges: l'allée seule A320 Famille, A330/A340 à longue portée à fuselage élargi, la toute-nouvelle génération suivante A350 XWB Famille et l'ultra à longue portée A380 Famille. La société continue aussi à élargir son périmètre et la gamme de produit en appliquant son expertise sur le marché militaire.

2.2 Présentation AIRBUS A350/XWB

2.2.1 Présentation générale de l'A350

L'A350/XWB (eXtra Wide Body) est un futur avion Airbus de ligne long-courrier biréacteur dont le fuselage est plus large comparé à l'A330 et l'A340 et qui fait appel davantage aux matériaux composites dont la portion atteint les 53%, cette conception en composite lui permettra non seulement de diviser par trois le poids des pièces mais aussi de réduire de 30% le bruit en sortie du moteur.

L'avion sera décliné en trois versions passagers A350-800, 900 et 1000 proposant entre 270 et 350 sièges. Le premier prototype de l'A350 devrait voler en 2012 avec une entrée en service prévue pour 2013 dans sa version A350-900. Le-800 et le -1000 suivront respectivement en 2016 et 2017.

LM sera responsable de 72% du programme contre 18% pour Labinal Villemur, elle a pour mission la conception et l'installation d'un ensemble complet de câblage électrique pour l'intégrité du fuselage et les mâts moteurs de l'A350.

2.2.2 Sections de l'A350

La complexité du matériau composite intégré dans le fuselage de l'A350 requiert une division du châssis en quatre sections en plus de la partie arrière et des ailes, Les sections du fuselage sont en effet principalement fabriquées sous forme de panneaux, plus faciles à façonner et à assembler.

La figure 4 présente une vue conviviale des sections de l'avion concerné.

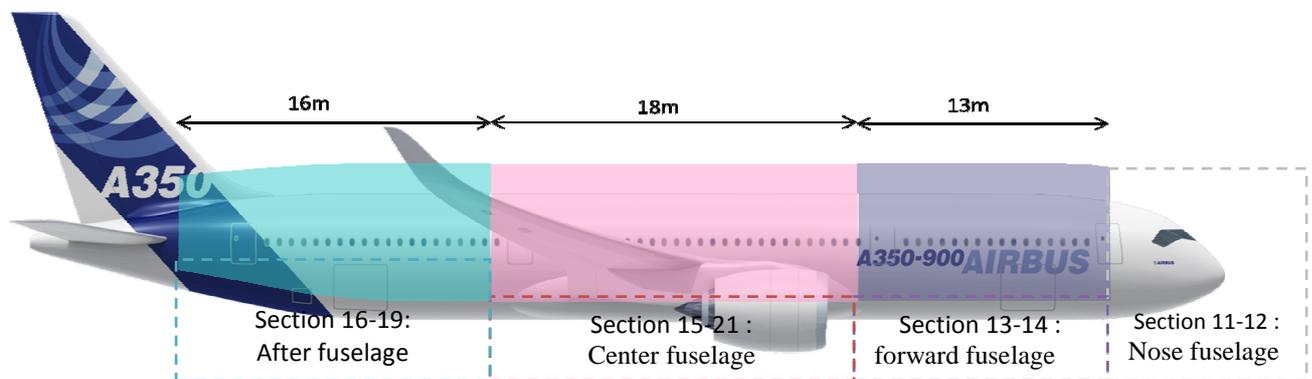


Figure 4: Présentation des sections A350

Deux principales usines travaillent en amont de l'assemblage, Les halls de Hambourg en Allemagne seront responsables de la construction des sections 16-19 et 13-14, quant aux sections 11-12 et 15-21, ils seront réalisés au sein d'un hall Toulousien.

Une nouvelle usine a été construite à Toulouse pour réaliser l'assemblage intégral des avions A350, Cette usine représente aussi l'engagement ferme d'Airbus dans le "vert" puisqu'elle sera la plus grande usine éco-efficente. De ce fait des panneaux photovoltaïques seraient installés sur le toit du bâtiment, fournissant plus de 50% de l'électricité de la ligne A350.

2.2.3 Concurrents

La compagnie américaine Boeing a toujours été le plus grand concurrent de Airbus sur le marché de l'aéronautique, Les deux sociétés d'aviation civile se disputent la place de leader du marché en rivalisant d'innovations, d'exploits et de coups marketing.

L'A350 est une réponse à la dernière des innovations Boeing, elle doit rivaliser avec le B787 connu par le « Dreamliner », fer de lance de Boeing pour regagner sa première place dans l'aéronautique civile.

La stratégie d'Airbus consiste à rivaliser les deux avions le 787 et le 777 avec un seul appareil, c'est plus économique du point de vue investissement et production.

L'A350 se caractérise par une plus grande taille et un plus large fuselage et sera fabriqué à partir de 53 % de fibres de carbone contre 50 % pour le B787, ce qui lui confère une grande opportunité de dépasser la production Boeing et un succès certain sur le marché.

2.3 Présentation de l'Overhead panel (OHP)

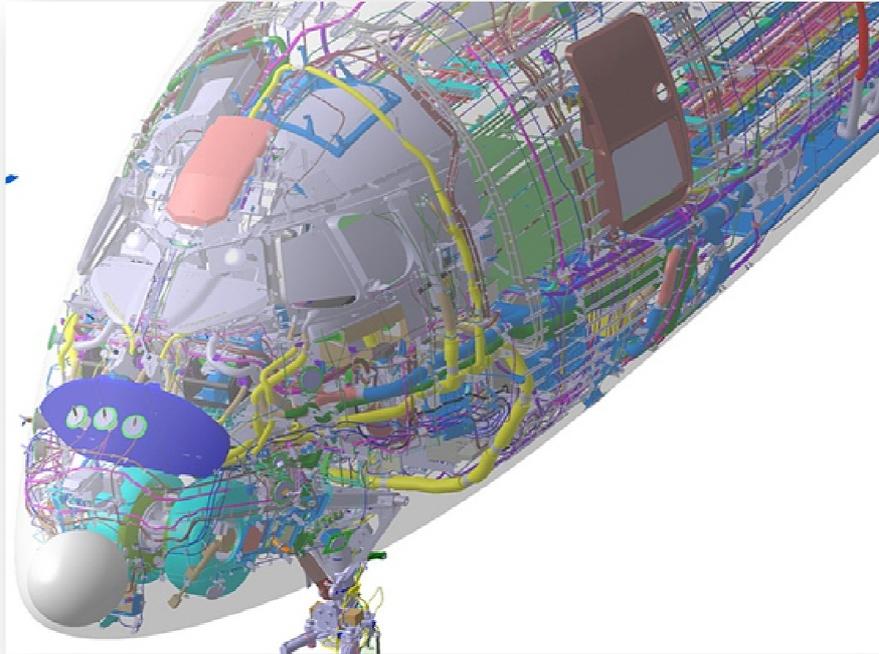


Figure 5 Partie en rose : l'OVERHEAD PANEL de l'avion A350

Le tableau ou panneau supérieur « OVERHEAD PANEL » complète le tableau de bord d'un avion. Disposé à l'oblique au-dessus du pare-brise ou installé au plafond de la cabine des pilotes (Nose fuselage), il comporte de nombreux interrupteurs et voyants lumineux. Il regroupe les systèmes de contrôle de vol principalement les fonctions concernant la gestion du carburant, de l'électricité et des systèmes hydrauliques ainsi que les commandes gouvernant la pressurisation et la climatisation de l'appareil (voir annexe 3).

CHAPITRE 3 : Industrialisation de l'Overhead Panel

L'analyse de la démarche de travail dans LM se révèle cruciale quant à l'application du processus d'industrialisation. Nous trouvons judicieux de définir, dans un premier temps, le concept d'industrialisation et les éléments qu'il comporte pour ensuite énumérer les étapes qui nous permettront d'organiser le plan d'enchaînement de notre projet.

Une deuxième partie sera dédiée au diagnostic de l'environnement interne et externe de l'entreprise à l'aide de la matrice SWOT, cette analyse liée à l'industrialisation au sein de LM prend compte des forces et faiblesses par rapport au déroulement du travail, les opportunités qui s'offrent et les menaces éventuels pouvant contrecarrer le développement de l'entreprise à long terme.

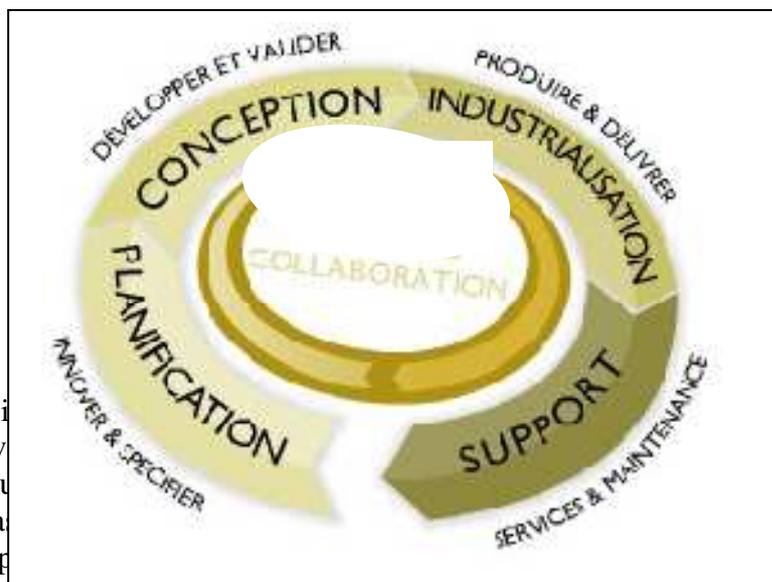
Cette analyse sera prise en compte lors de l'exécution des opérations de l'industrialisation sur le prototype de l'OHP qui s'achèvera par le cheminement sur planche et intégration des routes de câbles sur la rampe.

3.1 Diagnostic des processus actuels d'industrialisation

3.1.1 Processus d'industrialisation

3.1.1.1 Définition :

Le processus de production consiste en une suite d'opérations techniques, industrielles qui vont permettre de transformer les matières premières en produits finis.



La figure 6 i le suivi de l'év planification qu lors d'une pha lancement du p

rôle de déceler les processus de fabrication du produit avec des techniques permettant une forte productivité du travail passant du prototype à la production de masse pour enfin assurer la livraison aux parties prenantes. Le processus de production se termine par des services de maintenance nécessaires à la vérification des équipements matériels et immatériels.

L'industrialisation représente souvent le plus gros poste de dépenses de l'entreprise. A partir de cette phase industrielle l'entreprise prend des risques d'un point de vue économique compte tenue des moyens et ressources qu'elle met en vigueur au profit de la création du produit.

3.1.1.2 Etapes de l'industrialisation

L'industrialisation permet la préparation à la fabrication du produit en définissant les éléments nécessaires à la production :

➔ **Définition du processus de fabrication de chaque élément**

En créant les documents nécessaires à la production. Ces documents serviront de support pour les personnes qui seront chargés de suivre la production. Il s'agit des documents techniques, des procédures de fabrications, des procédures de contrôles, etc.

Ce processus doit permettre de :

- Définir et vérifier les séquences de réalisation du produit,
- Définir l'agencement des chaînes de fabrication,
- Allouer le temps nécessaire à chaque opération,
- Contrôler les performances de la chaîne de production.

➔ **Organisation de l'approvisionnement en matériaux et fournitures**

L'étape industrielle de la création du produit impose à l'entreprise de définir les approvisionnements et leurs spécifications et de déterminer les composants vitaux à la production en matière de produits ou de services nécessaires à son fonctionnement.

En effet, le rôle de l'industrialisation est de garantir l'approvisionnement de manière à produire et à distribuer les bonnes quantités de produits, aux bons endroits et au bon moment pour réduire les coûts inhérents à l'ensemble du système.

➔ **Choix des moyens de fabrication (machines, outils...)**

Le développement des machines et de l'outillage fait généralement partie de la phase critique qui sépare la conception du produit de sa fabrication. L'industrialisation a pour rôle de définir les technologies qui répondent aux besoins et qui présentent un soutien à l'assemblage, elle assure l'élaboration du dossier de définition des outillages et prévoit la liste des outils codifiés dans la gamme tout en gérant le cycle de vie de chaque outil.

3.1.2 Diagnostic du processus d'industrialisation par l'analyse SWOT/AFOM

L'**analyse SWOT** ou **matrice SWOT**, de l'anglais *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities*, *Threats*, est un outil de stratégie d'entreprise permettant de déterminer les options envisageables au niveau d'un domaine d'activité afin d'aider à la définition d'une stratégie de développement.

3.1.2.1 Méthodologie

C'est une méthode d'analyse interne et externe de l'environnement de l'entreprise. L'analyse externe consiste en l'analyse des opportunités et des menaces, L'analyse interne consiste en l'analyse des forces et des faiblesses.

Afin d'obtenir une vue synthétique de la situation étudiée, l'analyse SWOT se représente par une matrice découpée en quadrants :

Positif

Négatif

Facteurs internes	Forces		Faiblesses
	Sont les éléments internes qui contribuent, facilitent, aident, à la réalisation de la mission/ vision institutionnelle ou du projet.		Sont les éléments du contexte qui empêchent, qui font obstacle à la réalisation de la mission/ vision institutionnelle ou du projet.
Facteurs externes	Opportunités		Menaces
	Constituent le domaine d'action dans lequel l'entreprise peut espérer jouir d'un avantage différenciant.		Correspondent à un problème posé par une tendance défavorable ou une perturbation de l'environnement de l'entreprise.

Tableau 3: Méthodologie de la matrice SWOT

3.1.2.2 Application de la méthode SWOT

Dans ce projet, nous recourons à L'analyse SWOT dans le cadre du diagnostic du processus d'industrialisation et de fabrication de l'harnais au sein de LM, cette analyse nous permettra de détecter les points exploitables et déterminer les facteurs susceptibles d'engendrer des problèmes lors de la mise au point du prototype.

Les entités impliquées étant le client AIRBUS, le service CAO, service méthode, service qualité, service approvisionnement et atelier de fabrication.

Sous le logiciel FREEMIND, Nous créons une carte heuristique (voir Annexe 4) listant l'ensemble des éléments qui définissent le processus d'industrialisation, ceci nous permet de sélectionner les facteurs clés à répartir selon l'organisation de la matrice.

Positif

Négatif

Forces	
Facteurs internes	<p>Laomar Maroc, Leader sur le marché de câblage, sous traitant de Airbus.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grande capacité de production. - Gestion et partage des données numériques. - Collaboration en mode projet. - Pilotage en flux tiré. - Maîtrise de la qualité par le contrôle continu des harnais/données. - Installation répartie par programme. - Les opératrices disposent des équipements de base nécessaires. - Mise au point d'un prototype avant de commencer un programme. - Personnel de fabrication polyvalent. - Adaptation rapide. - Personnel disponible 9h/jr minimum.
	<p>L'OH est un nouveau produit pour LM.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manque de licence dans le service CAO. - La surface prévue pour les programmes A350 n'est pas encore disponible. - La matière de l'A350 n'est pas encore reçue au sein de LM. - Il n'y a pas d'outillage prévu pour l'A350. - Données manquants. - Pas d'emballage conçu pour la rampe OHP. - L'arrêt par moment du système d'information en raison de maintenance. - Toutes les équipes opératrices sont engagées dans les autres programmes.
	
Opportunités	
Facteurs externes	<ul style="list-style-type: none"> - Demande peu de capitaux. - Marché assuré. - Aide des fournisseurs. - Accroître la part sur le marché et attirer d'autres compagnies aériennes.
	<p style="text-align: right;">Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temps d'exécution des programmes limité. - Copie rapide des concurrents. - Les concurrents peuvent avoir des produits plus innovants.

Tableau 4: Matrice SWOT pour l'industrialisation au sein de LM

⇒ Constats

L'analyse stratégique de l'industrialisation au sein de LM nous permet de définir plusieurs stratégies alternatives prenant en compte la relation existante entre l'interne et l'externe. La réalisation des étapes de notre projet aura meilleur résultat si l'on considère les points suivants :

- Profiter de la collaboration en mode projet pour choisir une équipe dédiée à 100% à notre projet. Une équipe comportant l'ingénieur responsable du projet, une équipe



formée spécialement pour l'A350 dans le service avant livraison et une équipe d'opératrices expérimentées pour réaliser le cheminement.

- Exploiter la disponibilité du personnel et son engagement à effectuer des heures supplémentaires face à un travail urgent dans le cadre du respect du délais déterminé à la réalisation de notre projet au sein de l'atelier LM. Ces équipes peuvent être alternées entre les programmes selon leurs disponibilités.
- Intégrer un dossier de travail dans le poste de travail de l'ordinateur dans le but de ravitailler les données en cas de blocage ou dysfonctionnement du circuit de partage, ce dossier sera mis à jour dans le serveur dès réparation pour suivre l'état d'avancement du projet.
- Remplacer la matière de l'A350 par une matière équivalente disponible dans le magasin de LM et commandée en grande quantité pour les autres programmes.
- Utiliser un nombre compté de l'outillage disponible pour les autres programmes.
- Profiter de relations fournisseurs/ clients pour la commande urgente de matière non disponible à LM.
- Profiter du positionnement géographique stratégique de LM à proximité des ateliers AIRBUS pour inviter des experts aéronautiques à venir auditer l'état d'avancement du projet et en améliorer les processus.
- Optimiser le temps de production de l'harnais, et le temps de livraison dans le but de pourvoir aux besoins du client AIRBUS et l'exhorter à contracter des projets supplémentaires exclusifs avec LM.

LM doit, entre autre, profiter de l'exclusivité offerte dans le cadre de la production de sections A350 pour étendre le champ d'expertise en matière d'exécution de projet avionique, et agrandir sa part sur le marché.

3.2 Définition du contenu

3.2.1 Rampe

La mise au point de l'Overhead panel (OHP) nécessite la présence d'une rampe en Aluminium soudée sous forme de chemins de câbles en fil assemblés et munis de supports câbles.

La rampe creuse de longueur estimée de 93 cm et de largeur comprise entre 34 cm et 73 cm comporte quatre branches, elle a pour rôle de porter l'harnais fabriqué, faciliter son montage et le positionner au dessus des pilotes de l'avion, elle comporte également des supports dont la fonction est de garantir la protection de la structure des branches contre l'effet du poids des torons.

La rampe reçue a été soumise à des modifications de forme qui consistaient à ajouter 62 trous sur les branches nécessaires pour porter des modules et barrettes supplémentaires, nous avons essayé de faire le dimensionnement et perçage au sein des ateliers LABINAL avec des produits élémentaires et en se basant sur les dessins de définition CATIA, cependant la complexité de la forme géométrique de la rampe a sollicité l'export du travail vers des locaux

spécialisés en perçage. Les forets recommandés étant de trois diamètres : 3,1 mm, 4,9mm et 5,3 mm. La figure 7 illustre les modifications effectuées sur la rampe.

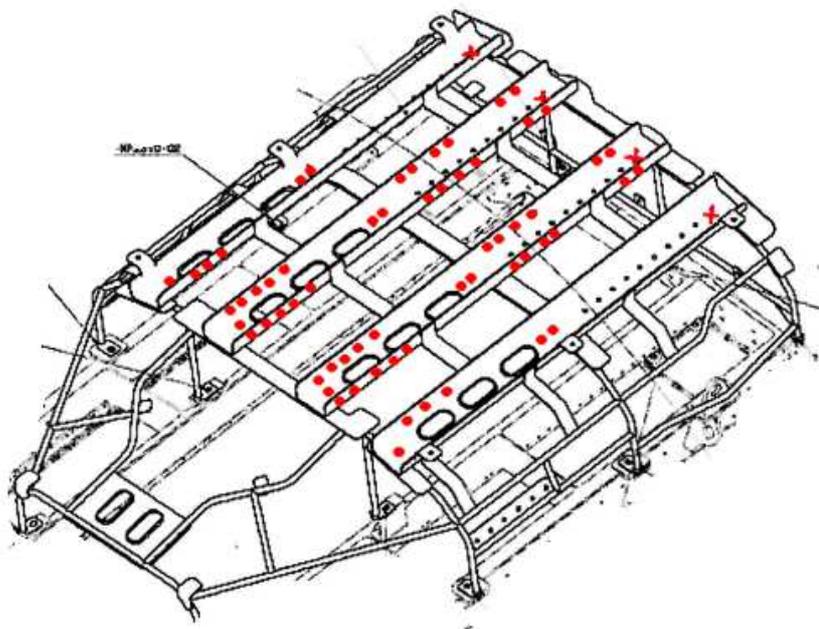


Figure 7 Modification de la rampe OHP

3.2.2 Analyse des Données :

La première interaction avec le projet OHP est la vérification des données envoyées par Airbus dans le but de s'assurer de l'intégralité des informations, de converger les points concluants et filtrer les données nécessaires sur lesquelles va se baser l'élaboration des dossiers de fabrication. Cette analyse repose sur la vérification des fichiers Excel, présentations en power point, fichiers RIC, fichiers CIRCE et consultation de UIM/BPCS.

Les fichiers Excel/RIC/CIRCE et les présentations en power point présentent des informations sur la matière globale traitée dans l'OHP, chacune caractérisée par sa référence et son code sept, ils illustrent également la forme que devrait prendre l'aspect final du projet.

Le logiciel UIM permet de consulter les codes sept et références de la matière figurant dans les fichiers avancées pour s'assurer du type de la matière au profit du tri de la nomenclature dans les dossiers de fabrication, dans un même contexte, le logiciel BPCS est un système ERP qui comprend toutes les informations concernant le stockage de la matière dans le magasin, ce logiciel se révèle nécessaire pour faire les commandes.

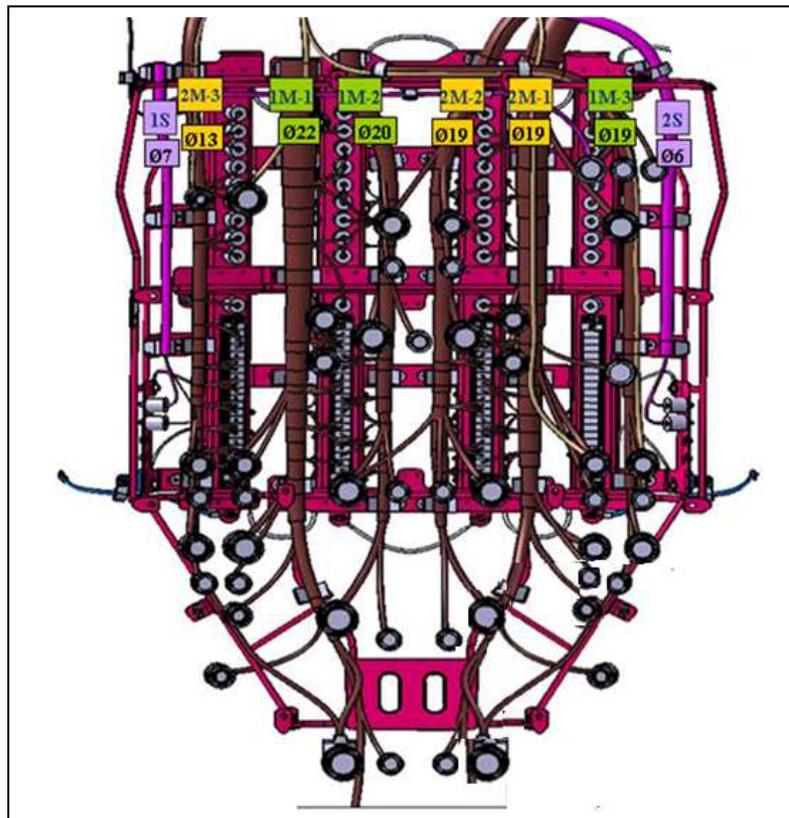
➔ Constats :

L'analyse des données nous permet de conclure que la mise au point de l'OHP nécessite le façonnage de huit routes distinctes, nous retrouvons :

- Les routes 1M-1/ 2M-1 routes principales
- Les routes 1M-2/ 2M-2 routes secondaires
- Les routes 1M-3/2M-3 Over cross

- Les routes 1S/2S routes extrémités

L'arrangement des routes est illustré sur la figure 8



Chaque route comportant un nombre déterminé de pièces et de matière enrichissante. Après cheminement, les routes sont organisées de façon à s'accommoder.

Figure 8 Disposition des routes sur la rampe OHP

Pour ce faire, Nous nous basons sur les données traitées par le service CAO.

En outre, la consultation en BPCS nous donne l'état d'existence de la matière dans le magasin, la matière est soit disponible en grande ou en petite quantité, soit en commande, un cas ou il est judicieux de s'assurer de la date de réception prévue, si cette dernière est tardive, la matière en main rejoint la catégorie non existante qui sollicite le recours à l'équivalence. Un cas que nous allons traiter dans les paragraphes suivants.

3.3 Application de la démarche d'industrialisation

3.3.1 Organisation

Le déroulement du projet se fait suivant une organisation fonctionnelle, Les personnes impliquées travaillent au sein de leurs services respectifs.

3.3.2 Définition du processus de fabrication

3.3.2.1 Ressources humaines

Le groupe mobilisé pour la réalisation de l'OHP comporte :



- Un responsable CAO pour le traitement du VB et la transformation en Jigboard
- Un responsable du projet ingénieur manager du programme A350,
- Un binôme dans le service avant livraison

La polyvalence des opératrices leur permet de changer de poste et s'adapter à des tâches annexes, une équipe de cinq personnes se localisant sur le même site a été choisie pour translater entre le programme A 400M et A 350 selon disponibilité, elle garantira la fabrication de l'harnais requis pour l'OHP se munissant des dossiers de fabrication et d'outils appropriés.

3.3.2.2 Dossiers de fabrication

Dans le cadre de la fabrication de l'harnais de l'OHP, il nous a fallu élaborer manuellement trois dossiers d'expertise en plus du plan mécanique, chacun des dossiers spécifiant une étape de cheminement et comportant un nombre limité de données, le tableau 5 expose l'organisation de ces dossiers.

Dossiers de fabrication	Etapes d'adhérence	Composants
Dossier de coupe et impression	Coupe et impression des câbles	<ul style="list-style-type: none"> - Type de traitement du câble - Code sept du câble - Nombre de câble, - Longueur du câble - Jauge du câble - Plaquettes - Manchons - Etiquettes
Plan mécanique	Positionnement de la matière sur la rampe	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement des prises et des modules de masse. - Clarification du sens de montage des barrettes.
Dossier de préparation	Montage des barrettes	<ul style="list-style-type: none"> - Référentiel des railles. - Référentiel des modules. - Quantité des serre-modules - Quantité des étiquettes
Dossier de montage 2 ^{ème} bout	Sertissage câbles/ Enfichage des prises	<ul style="list-style-type: none"> - Repère électrique - Quantités et jauges des câbles - Recommandations générales

		<ul style="list-style-type: none"> - Longueur de dénudage des câbles - Code extrémité des connecteurs - Composants du repère électrique - Référence de l'outillage - Réglage de l'outillage
--	--	--

Tableau 5: Organisation des dossiers de fabrication

3.3.3 Organisation de l'approvisionnement en matières et fournitures

3.3.3.1 Longueur câble

Après détermination des types de câbles nécessaires pour le cheminement, nous découpons les câbles manuellement en se référant aux données du tableau 6.

Spécification	Longueur en centimètre
Longueur de la rampe	93
Longueur additionnée à la rampe	20
Longueur câble à ajouter	150
Longueur totale	263

Tableau 6 : Longueur de la rampe

La longueur des câbles est donc estimée à 263 cm minimum, cette longueur tient compte des défauts de coupe qui peuvent subsister lors du cheminement et des articulations qui se dévoilent sur la rampe.

3.3.3.2 Préparation planche :

Etant donné que l'extension prévue pour accueillir la production des harnais A350 n'est pas encore achevée, nous nous tournons vers le site réservé à la fabrication des câbles A 400M, un emplacement qui n'est pas encombré et qui permet la mise en forme des planches et de la circulation des colis d'emballage.

Chaque planche de travail est de longueur 200 cm contre 100cm de largeur, l'épaisseur est estimée à 2 cm, Neuf planches ont été donc superposées pour l'accrochage des gabarits nécessaires au cheminement contre trois planches qui ont été réservés à la portée de la rampe OHP et l'harnais qui y sera intégré après fabrication.

Le service Magasin de LM rassemble les éléments nécessaires à la fabrication des harnais, ils sont classés en trois catégories:

- Les câbles en aluminium ou en cuivre, peuvent avoir une forme simple, blindée ou coaxiale.
- Les pièces nobles : représentent la matière dont le prix est considérable et qui présentent une complexité en usinage comme les prises, les raccords, les contacts, etc. Le matériau spécifique à cette matière est soit l'Aluminium, soit du Cuivre ou encore du Nickel.
- Les pièces non nobles: ce sont les pièces d'enrichissement, la matière à moindre prix qui se trouve en grande quantité dans le magasin, et peut être remplacée continuellement comme les gaines, les obturateurs, les frette, etc. faite généralement en plastique.

En plus des 23 types de câbles, la répartition de la matière de l'OHP s'organise comme suite :

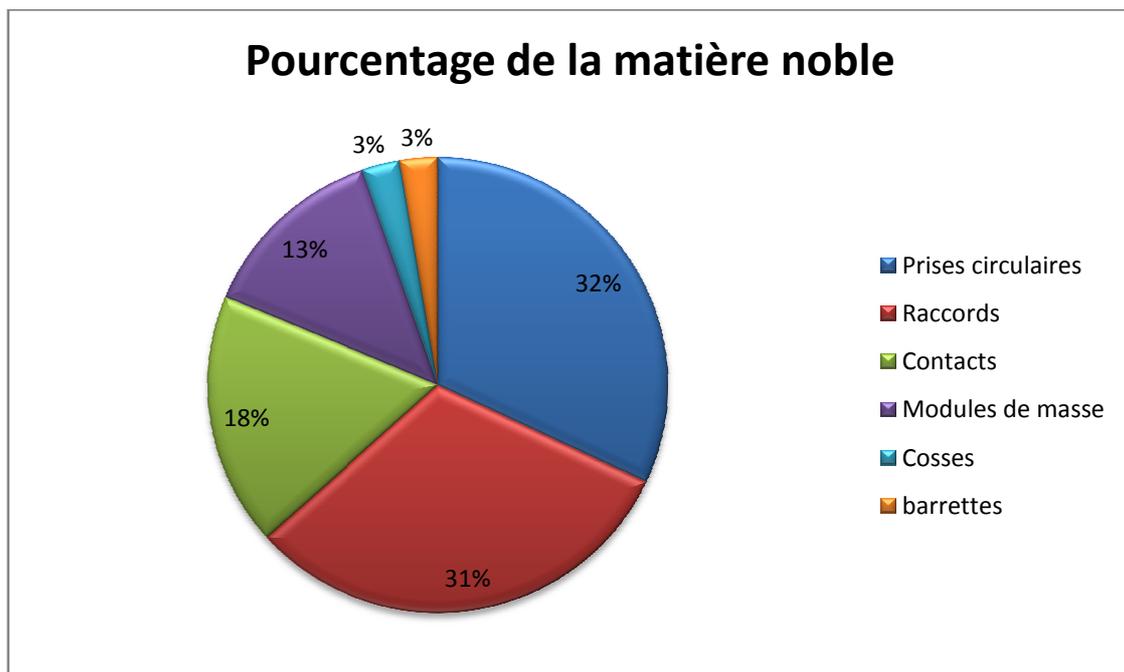


Figure 9 Répartition de la matière noble par référence

A chaque prise, nous attribuons un raccord qui a pour rôle de guider la sortie des câbles, ce qui explique que le pourcentage des raccords est pratiquement égal à celui des prises avoisinantes.

Les prises, modules et barrettes comportent des alvéoles (voir annexe 5), qui doivent séquestrer un type de contact étant conforme à leurs diamètres, nous retrouvons donc plusieurs types de contact et une grande quantité de chaque type.

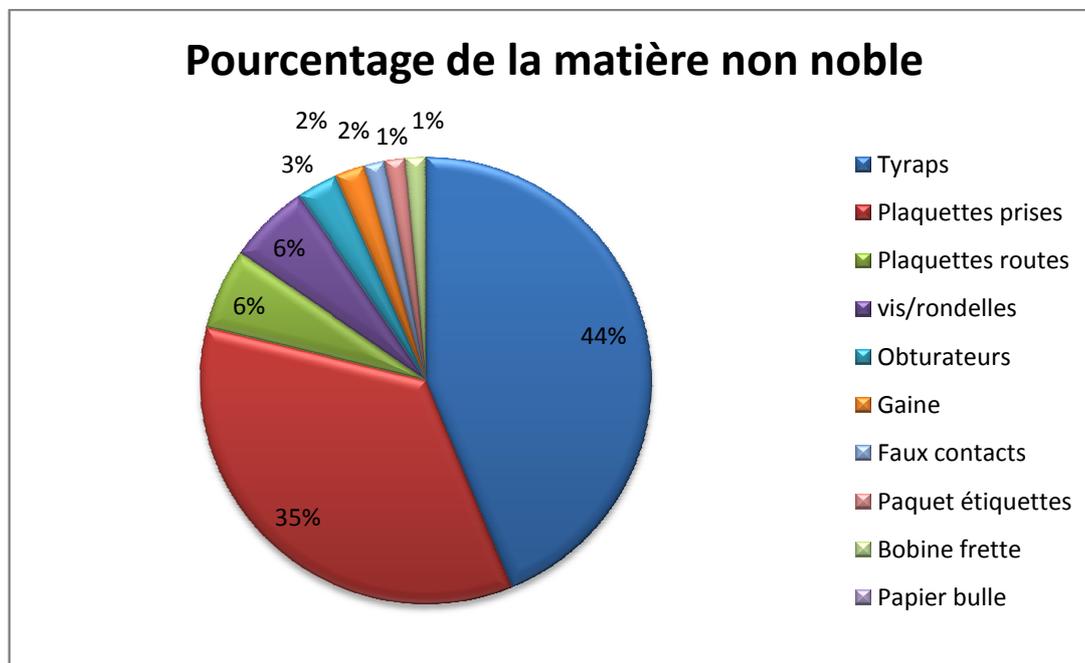


Figure 10 Répartition de la matière non noble par type

Les pièces d'enrichissement ont un rôle complémentaire, ils achèvent la réalisation de l'harnais en assemblant les câbles pour l'arrangement des torons et nommant les prises pour faciliter la détection or des gabarits, leur deuxième rôle est de protéger les connecteurs contre les accrochages lors de l'assemblage.

Lors du prototypage, il nous a été demandé d'exclure toute la matière en aluminium, en raison de son prix et des dates de sa livraison aux magasins LM qui se fait en moyenne tous les trois mois. Ce qui a exigé la recherche de matière équivalente.

Chercher un équivalent à la matière en main signifie trouver un produit similaire qui a la même fonction, caractérisé par les mêmes propriétés et disponible dans le magasin LM, pour la recherche nous devons faire une sélection se basant sur la similitude des points suivants :

- Le nombre de contacts
- L'arrangement des contacts
- La forme de l'élément
- La taille des trous
- Le type de l'élément (femelle/mal)
- Le critère d'étanchéité

Une liste est donc remplie prenant en compte les conditions de chaque type de matière pour les pièces non existantes dans le magasin, pour les pièces en aluminium et encore pour les pièces existantes et réservées à la fabrication prématurée et urgente d'autres VB de l'A350.

Les références non disponibles sont en nombre de 17 entre prises, raccords et contacts, nous nous basons sur les documents référenciés pour déterminer les propriétés de chaque élément et ainsi le remplacer par son équivalent.

3.3.4 Choix des moyens de fabrication.

Les outils à déterminer sont ceux nécessaires aux ouvrières pour effectuer les opérations dans la phase de fabrication, La spécification de l'outillage se fait en se basant sur le type et le diamètre des câbles ainsi que le type des contacts.

Compte tenu du caractère urgent du projet et du nombre d'opératrices qui y sont engagées, nous nous sommes contentés de demander un nombre limité d'outils au service outillage pour une période maximale de deux semaines.

L'outillage s'organise comme présenté dans le tableau 7

Outil	Nombre	Fonction
Générateur Infra rouge	2	Réaliser l'opération de l'Auto-soudage
Outil de dénudage manuel	8	Enlever l'isolant du câble selon une longueur déterminé
Pince à sertir	3	Serrer l'élément d'extrémité (contact, cosse) avec le câble dénudé
Positionneurs	3 Red/ blue/yellow	Régler le pince à sertir selon la jauge du câble
Pistolet tyrap	1	Serrer les tyrap
Scalpel	2	Retirer l'isolant du câble
Enficheur/ désenficheur	3	Enficher les contacts dans les alvéoles des prises ou les retirer
Coupe-frette	2	Couper les frettes
Mètre	1	Mesurer les distances
Dérouleur scotch	1	Faciliter la coupe du scotch

Tableau 7 outillage nécessaire pour la réalisation de l'OHP

3.4 Cheminement

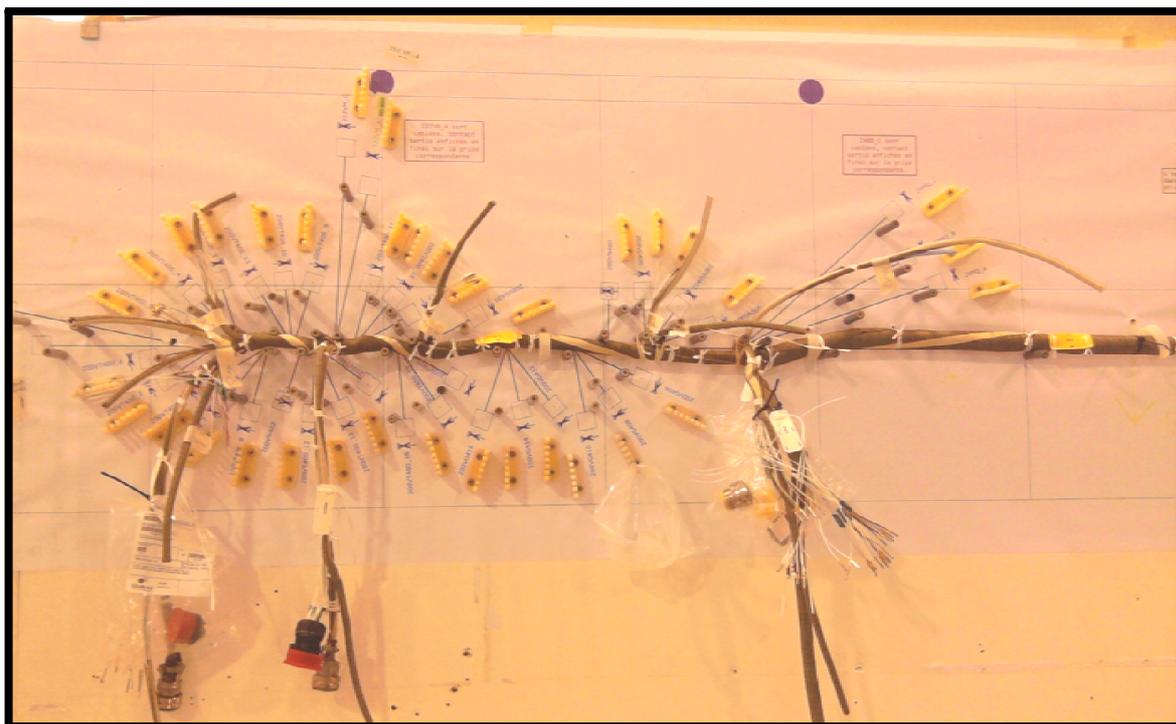


Figure 11 Exemple de cheminement d'une route sur gabarit

Ayant les dossiers, fournitures et outillages nécessaires en main, nous commençons par trier les morceaux de câbles par prises et les regrouper selon les quantités demandées. Se basant sur les gabarits accrochés sur les planches, nous cheminons les câbles droits avant de s'attaquer aux câbles qui présentent des dérivations.

Le dossier 2^{ème} bout nous permet de réaliser le dénudage des câbles et sertissage des contacts, une fois accomplis, nous passons à l'adjonction des prises ,raccords, obturateurs et faux contacts associés pour enfin finir avec l'intégration des gaines selon diamètres appropriés.

Par ailleurs, le plan mécanique et le dossier de préparation permettent de superposer les modules et barrettes au niveau de la rampe et de les identifier par leurs étiquettes respectives.

Dans le cadre de notre travail, Nous entamons une démarche 5S dans le but de construire un environnement de travail fonctionnel et maintenir un bon niveau qualitatif des opérations effectuées.

3.4.1 Présentation de la méthode des 5S

La méthode des **5S** est une technique de management japonaise visant à l'amélioration continue des tâches effectuées dans les entreprises. Élaborée dans le cadre du système de production de Toyota, elle tire son appellation de la première lettre de chacune des cinq thèmes qui la compose:

Thème	Equivalent	Eléments connexes
SEIRI	Débarrasser	Eliminer de l'espace de travail tout ce qui est inutile
SEITON	Ranger/ordonner	Ranger les différents outils et matériels pour le travail



SEISO	Nettoyer	Prévenir les anomalies
SEIKETSU	Rendre évident	Rendre notre environnement agréable à l'œil Maintenir la propreté
SHITSUKE	Etre rigoureux	Contrôle de l'application du système

3.4.2 Application de la méthode des 5S

Les résultats de l'application de la méthode sont synthétisés sur le tableau 7 :

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid white; padding: 5px; font-weight: bold; font-size: 24px;">5S</div> <div style="border: 1px solid white; padding: 5px; font-weight: bold; text-decoration: underline;">PLAN D' ACTIONS</div> <div style="border: 1px solid white; padding: 5px; font-weight: bold;">Zone : Atelier</div> </div>			
THEME	ACTION	QUAND ?	
Débarrasser	Disposer la matière sur un carton et la mettre sous la table en attente d'utilisation.	Lors de la réception de la matière du magasin	
	Mettre l'excédent de câble sous la table de cheminement ou les enrouler autour d'un support câble sur la planche.	Après disposition des câbles	
Ranger/ordonner	Ranger la quantité des morceaux de câbles par prise à l'aide d'un scotch.	Lors du cheminement	
	Regrouper les morceaux de câbles sur un outil de fixation.	Lors du cheminement	
	Arranger les planches de travail	Planche levée	Lors du cheminement
		Planche déposée	Opérations 2 ^{ème} bout
	Cheminer les câbles en suivant les lignes et repères sur les jigboards.	Lors du cheminement	
	Disposer deux tables à proximité de l'espace de travail nécessaires pour la dépose des câbles et l'analyse des dossiers.	Avant cheminement	
	Ranger les câbles par frettes	Avant gainage	
	Ranger les gaines par frettes	Intégration des gaines	
Nettoyer	Utiliser un élastique contre le	Lors du cheminement	

	déracinement des chemins de câbles	
	Laisser 1m50 de câbles déroulants et jeter les chutes de câbles.	Lors du cheminement
Rendre évident	Utiliser les plaquettes pour marquer les prises	Fin du cheminement
	Appliquer une démarche écologique des déchets. <ul style="list-style-type: none"> • poubelle des chutes de câbles • poubelle des déchets banals 	Lors du cheminement
	Utiliser les tyrops pour les grands torons	Avant gainage
	Faire l'inventaire des prises et raccords et les accrocher par des tyrops à côté de leurs références.	Etape 2 ^{ème} bout
Etre rigoureux	Les câbles doivent dérouler d'une seule extrémité, l'autre étant conforme aux besoins aux niveaux des prises.	Lors du cheminement
	Regrouper les câbles à partir des extrémités dévouées aux prises.	Lors du cheminement
	Contrôler la disposition des gaines.	Fin cheminement

Tableau 8 application de la méthode des 5S lors du cheminement

3.5 Intégration

La dernière étape du processus de production est l'incorporation des câbles avec matière intégrée sur la rampe, cette dépose s'appuie sur l'aspect du prototype virtuel conçu sur CATIA par Airbus et se fait de manière à respecter la posture de la rampe ainsi que le sens requis des câbles.

Nous commençons par intégrer les routes 1M-1/1M-2/1M-3 que nous regroupons par une gaine à la sortie de la rampe. Ces routes sont fixées sur les entretoises de la rampe par le biais de tyrops, les attaches câbles, quand à eux, assurent la disposition des câbles sur les zones de dérivation. La même démarche est appliquée sur les routes 2M-1/2M-2/2M-3 pour enfin adjoindre les routes extrémités 1S/2S sur les frontières et ajuster les contacts avec les modules vissés sur la rampe.

Le prototypage de forme s'achève ici, nous obtenons une rampe cheminée avec câble gainé et matière intégrée illustrée plus clairement sur la figure 12, ce prototype nous permettra d'accentuer nos efforts sur la validation de la forme et d'enveloppe et de comparer le résultat avec les esquisses initiales délimitées par AIRBUS pour l'OHP de l'A350.



Figure 12 Rampe avec harnais intégré

CHAPITRE 4

Amélioration du prototype et établissement du plan d'ordonnancement

Chaque prototype présente un exemplaire, premier de son type qui permet de faire des tests afin de valider les choix de conception de l'ensemble. La fabrication du câblage du prototype de l'OHP dans le chapitre précédent a révélé qu'il ya des points qui peuvent être rectifié afin de garantir une forme plus adaptée à la rampe et assurer un aspect ergonomique de travail, la première partie du chapitre en main a été entièrement consacrée à cette fin.

Pour enrichir cet aspect d'amélioration, la deuxième partie du chapitre présente une analyse détaillée du mode d'ordonnancement des processus appliqués au sein des ateliers LM. Un plan d'ordonnancement bien calculé qui prend en considération et la date de réception de la matière et la date de livraison prévue par AIRBUS de l'harnais virtuelle (VB) 1102, va être le fruit de cette analyse.

4.1 Amélioration du prototype en forme et rectification sur maquette virtuelle.

Le câblage de la rampe symbolise une partie de la totalité d'un harnais nommé le 1102 VB, ce VB dont l'espace réservé est très grand est identifié par la taille XXL, il a pour rôle de parcourir le nez du fuselage et la partie avant du fuselage.

L'intégration de l'harnais sur la pièce mécanique de l'OHP a révélé des petits problèmes tant au niveau de la forme de l'intégration qu'au niveau du contenu en terme de la répartition des routes.

4.1.1 Optimisation du contenu

Les données d'AIRBUS ont décomposé, comme cité dans le chapitre 3, que le câblage de l'OHP nécessitait la mise en forme et le façonnage de 8 routes distinctes, ces routes sont réunies à la sortie de la rampe par une gaine de diamètre correspondant pour ne laisser part qu'à 6 routes formant le reste du VB 1102.

La décomposition des chemins de câbles en six routes distinctes dès le début du traitement, permettra d'optimiser le nombre de planche de travail, réunir les routes selon la forme requise sur le prototype virtuel en plus de faciliter la mise en place du VB sur la rampe.

Chaque côté sera mis à plat indépendamment pour être enfin réunis au niveau de la rampe, nous retrouvons :

- 1^{er} côté: les routes 1M, 1S et 11M qui comportent les routes d'identification sur la rampe 1M-1, 1M-2, 1M-3 et 1S.
- 2^{ème} côté: les routes 2M, 2S et 12M qui comportent les routes 2M-1, 2M-2, 2M-3 et 2S.
- La figure 13 illustre plus clairement la répartition des routes du VB 1102 au-delà de la rampe.

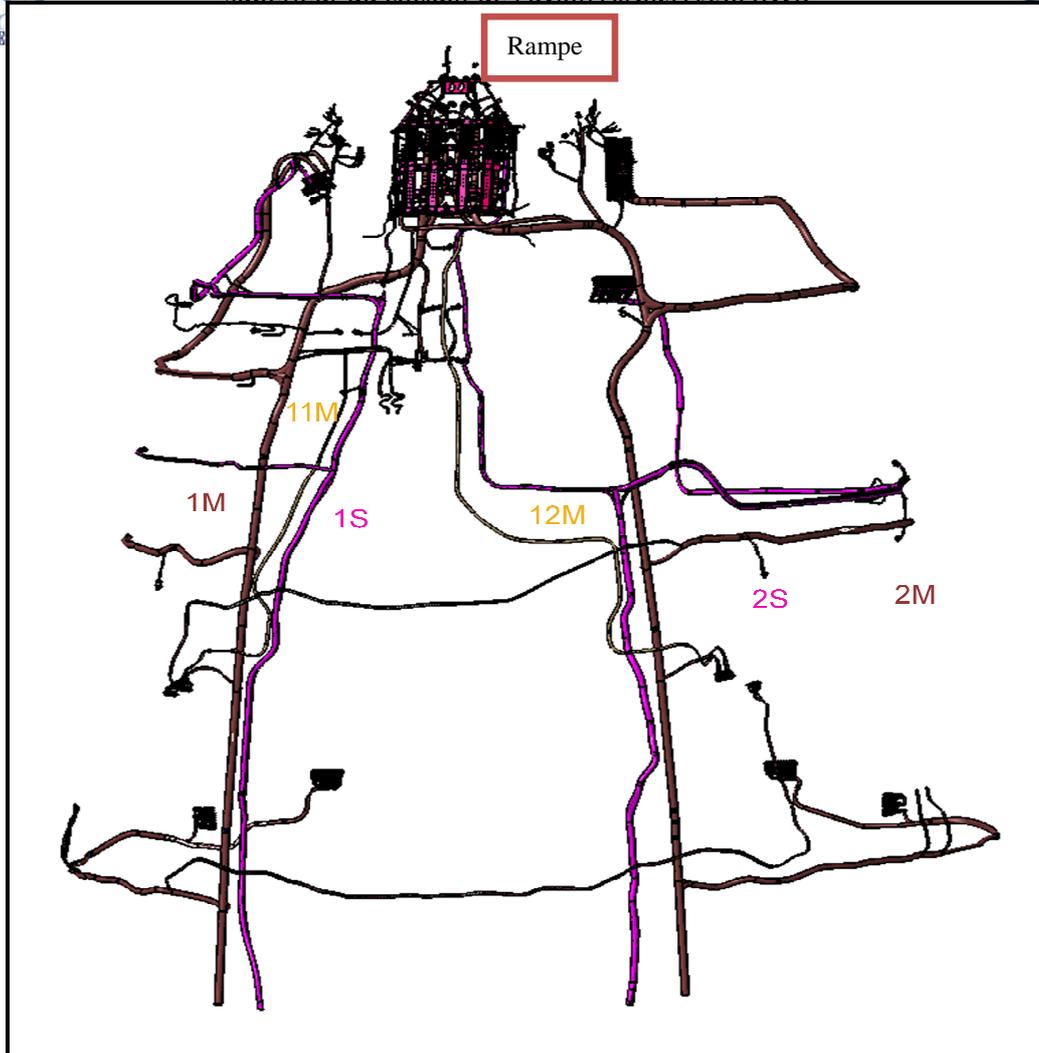


Figure 13 répartition des routes dans le VB 1102

Les dimensions des gabarits reçus du service CAO sont limitées à 1200 cm de longueur contre 100 cm de largeur avec marge intégrée.

En outre, Nous rappelons que la planche de travail est de longueur 200 cm contre 100 cm de largeur, le besoin de la fabrication des deux gabarits est estimé donc à 12 planches juxtaposées côte à côte nécessaires pour l'apport des deux gabarits, des supports câbles et assurer le processus de fabrication de la totalité du VB 1102.

4.1.2 Amélioration d'enveloppe et de forme de l'intégration

Des problèmes de détection et de visualisation se sont dévoilés lors de la mise en place de l'harnais sur la rampe, les propositions que nous allons citer ont pour objectif d'ajuster la forme de la rampe après intégration.

- Parmi les recommandations Client (AIRBUS), le diamètre des torons ne doit pas dépasser 45 mm.
- Afficher des photos détaillées de chaque côté du prototype virtuelle sur la table d'intégration pour aider l'opératrice en poste à identifier la forme globale requise autant pour le câblage rampe que pour le reste du VB 1102.



- Il existe des points d'union qui s'associent entre les routes sur la rampe et qui sont destinés à porter la même prise, nous les identifions par des flammes rouges pour faciliter la détection lors du montage.
- Rectifier le diamètre de trois attaches torons sur la sortie de la rampe, l'un de diamètre 1cm trop petit pour porter le toron, nous allons le remplacer par un attache toron de diamètre 0,4cm. Les deux restants, vont être substitués par des attaches torons de 2 cm de diamètre au lieu de 1,5 cm.
- Eloigner les entretoises destinées à fixer les routes sur la rampe, des modules de masse pour éviter l'encombrement, une autre alternative serait d'utiliser des entretoises plus petites.
- Prévoir un support pour porter la rampe lors de l'intégration afin de résister à toute sollicitation mécanique.

4.2 Processus d'ordonnement

4.2.1 Définition

L'opération d'ordonnement consiste à organiser dans le temps la réalisation d'un ensemble de tâches, compte tenu de contraintes temporelles et de contraintes portant sur l'utilisation et la disponibilité des ressources requises. Il peut être décrit comme :

- Un ensemble de tâches
- Un environnement de ressources pour effectuer les tâches
- Des contraintes sur les tâches et les ressources
- Un (ou plusieurs) critères d'optimisation

4.2.2 Etat de l'existant

4.2.2.1 Modèle d'ordonnement

L'ensemble des tâches sous forme d'opération dans le processus de fabrication de LM est connu. Le problème est alors dit statique, par opposition à un problème dynamique pour lequel l'ensemble des tâches évolue avec le temps.

La situation d'ordonnement la plus classique en gestion de production est l'ordonnement statique (ou prévisionnel). Dans cette situation, un ensemble de tâches issu d'un programme de production, programme défini par la fonction planification, doit être ordonné sur un horizon figé. Les tâches, les contraintes et les données opératoires sont supposées connues et non soumises à variation.

4.2.2.2 Problèmes d'ordonnement d'ateliers

Une classification des ateliers, du point de vue ordonnancement, est basée sur les différentes configurations des machines. Les modèles les plus connus sont :

- **Machine unique**

L'ensemble des tâches à réaliser est fait par une seule machine. Les tâches alors sont composées d'une seule opération qui nécessite la même machine.

- **Machines parallèles**



Dans ce cas, nous disposons d'un ensemble de machines identiques pour réaliser les travaux. Les travaux se composent d'une seule opération et un travail exige une seule machine.

- **Ateliers à cheminement unique (Flow Shop)**

Un atelier à cheminement unique est un atelier où le processus d'élaboration de produits est dit « linéaire » ou autrement dit, les étapes de transformation sont identiques pour tous les produits fabriqués.

- **Ateliers à cheminements multiples (Job Shop)**

Les ateliers à cheminements multiples (ACM) sont des unités manufacturières traitant une variété de produits individuels dont la production requiert divers types de machines dans des séquences variées.

L'atelier de LM ne dispose pas de machines complexes, seul un nombre déterminé d'outils de travail sont requis pour assurer le processus de fabrication des harnais, à chaque opération sur câble est attribué un outil de travail qui permet de répondre aux besoins de l'opération en cours.

Dans notre cas, la répartition des tâches se fait suivant le modèle de l'atelier à cheminement unique (Flow shop) compte tenue de la succession linéaire identique des opérations dans le processus de fabrication. La production se fait suivant un enchaînement continu qui est caractérisé par la fluidité des processus et l'élimination du stockage en cours.

4.2.2.3 Outils utilisés

Il existe deux grandes familles utilisées pour donner une vue conviviale au processus d'ordonnancement :

- La méthode utilisant des graphiques (méthode de Gantt) qui consiste à établir des graphiques plus ou moins détaillés dont l'échelle est le temps.
- La méthode utilisant des réseaux (réseaux PERT) désignée par méthode de chemin critique. Elles sont réservées à des travaux important présentant un caractère exceptionnel ou urgent.

4.2.3 Planning d'Ordonnancement au sein de LM

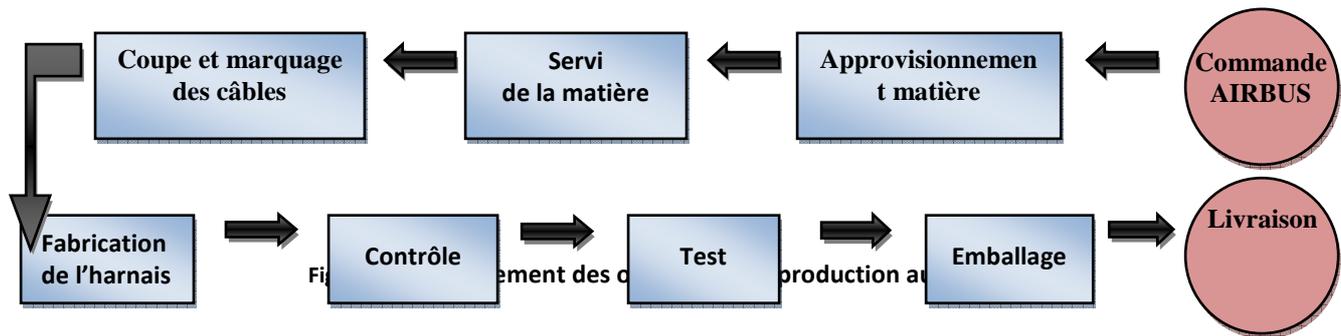
Dans le cadre de l'application du Lean Manufacturing au sein de LM, il a été convenu d'adopter une production en flux tiré qui consiste à ne déclencher la fabrication qu'après réception d'une commande ferme. EN 2009 Airbus a enregistré 530 commandes fermes pour l'A350 par des compagnies renommées, 530 câblages de panneaux supérieurs devront donc être effectués au sein de l'atelier LM dans un temps liminaire, le nombre de commande susceptible de dépasser les 1000 dans les années qui suivent.

Cet environnement productif nous permet de mettre en avant les méthodes du Lean Manufacturing dans la réalisation de l'ordonnancement du VB 1102. L'approche utilisée étant l'application d'une période unique (takt), qui dicte la durée de chaque opération, le résultat d'une telle organisation est une coordination parfaite des flux dans la fabrication et une planification très simple et transparente de la production tout en réduisant les stocks en cours.

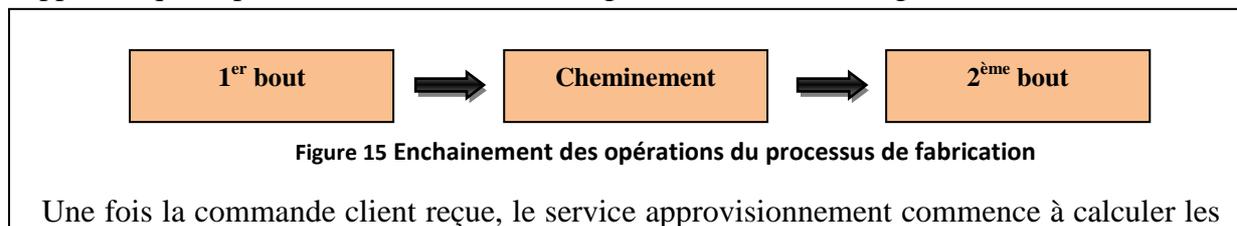
4.2.3.1 Présentation du Plan directeur des flux au sein de LM

C'est une représentation visuelle du flux des processus de fabrication de l'harnais depuis les quais de réception jusqu'au quai d'expédition, en passant par le processus de fabrication. Il

révèle en général l'état actuel du Layout de l'usine, lequel servira à visualiser l'organisation des tâches au sein de l'atelier LM.



Rappelons que le processus de fabrication s'organise comme sur la figure 15:



Une fois la commande client reçue, le service approvisionnement commence à calculer les besoins nets en matière première s'aidant d'un logiciel de planification. La matière première requise est servie au magasin avec respect des délais pour être distribuée selon les besoins des programmes tout en respectant la démarche FIRST IN FIRST OUT.

Les câbles sont coupés au niveau du service CMP quant aux matières noble et non noble, elles sont emballées et envoyées vers l'atelier de fabrication.

Une fois le 1^{er} bout, le cheminement et le 2^{ème} bout accomplis, l'harnais est contrôlé pour être expédié vers les machines test, la dernière étape du cycle de travail est l'emballage des harnais et leur mise en forme en vue d'être envoyé vers l'entrepôt central du client.

4.2.3.2 Temps moyen pour chaque opération :

A chaque opération du processus de production au sein de LM, nous attribuons un pourcentage qui symbolise la proportion du temps global du travail requise pour son exécution, la figure 16 illustre plus clairement la distribution de ces pourcentages :

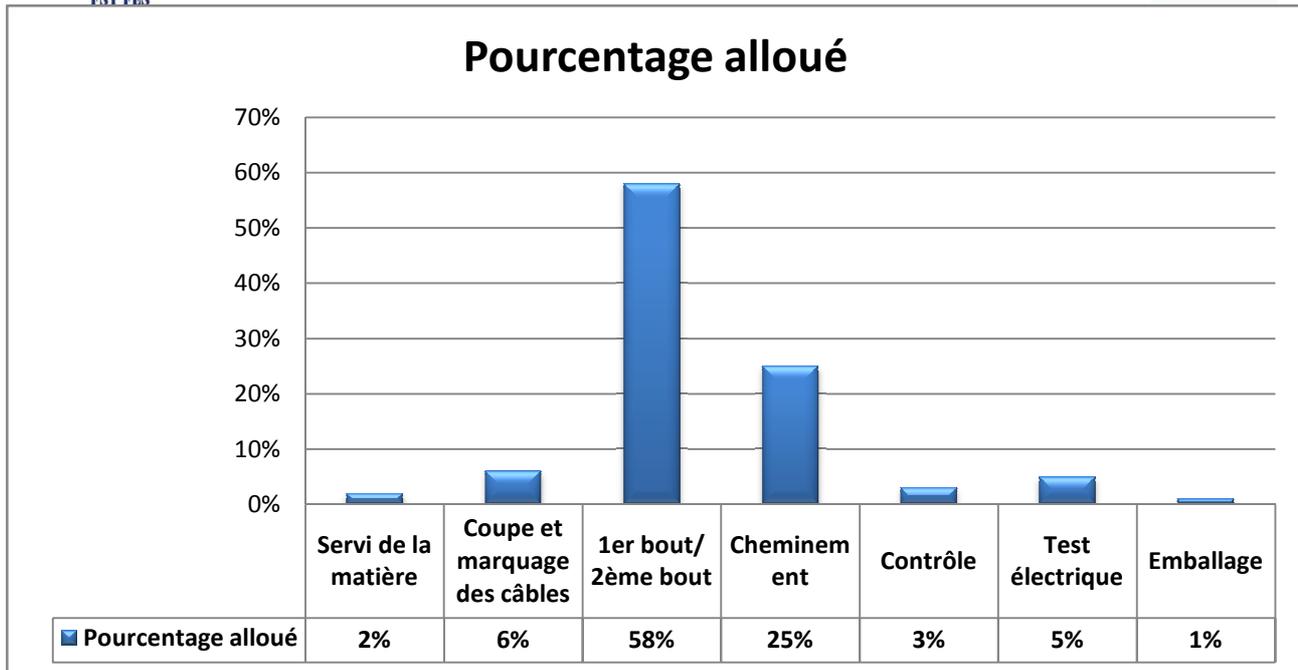


Figure 16 Pourcentage alloué à chaque opération du processus de production

4.2.3.3 Contraintes de travail

L'exécution des tâches de fabrication dans les autres programmes de LM a permis d'établir des modalités dans le travail qui facilitent la procédure d'ordonnement. Ces modalités s'organisent sous forme de contraintes et d'hypothèses de travail, nous retrouvons trois notions nécessaires pour la planification de l'ordonnement :

- Le cycle de travail qui élucide le temps global de l'exécution des tâches. Un cycle de travail est une période répétitive de quelques semaines à l'intérieur de laquelle le temps de travail est inégalement réparti entre les semaines.

Le cycle de travail se calcule par heure en utilisant la formule :

$$\text{Cycle de travail} = \text{Nombre de liaisons} * 0,1354 * 100/20$$

Nombre de liaison : nombre de câbles

0,1354 : symbolise la durée moyenne de chaque opération sur câble

20% : temps de productivité, 80% du temps est considéré comme non productif prenant en compte divers facteurs, comme exemple les modifications dans la nomenclature, les modules de formation, etc.

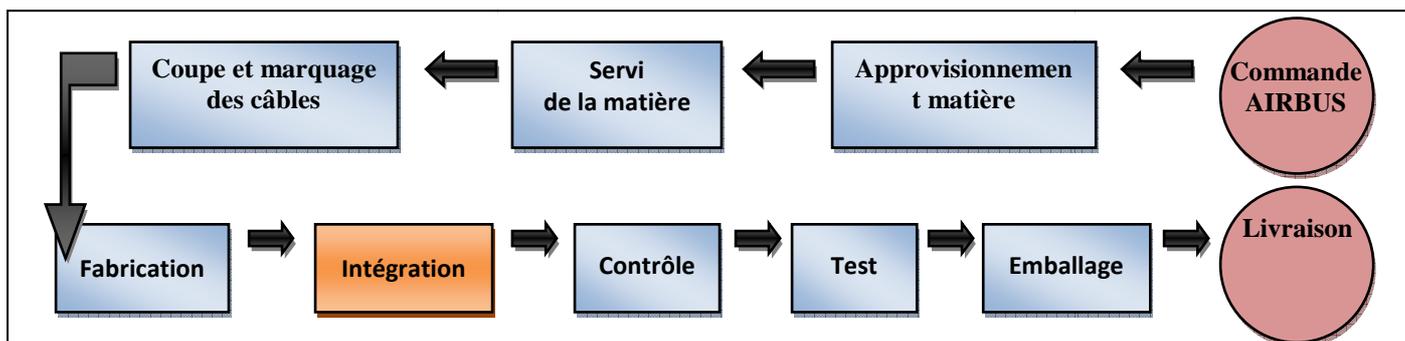
- La date de début du projet selon laquelle l'exécution de la première tâche doit prendre part.
- La date de fin du projet qui permet d'achever l'exécution de toutes les tâches et envoyer directement l'harnais vers l'entrepôt central éliminant le stock de produits finis dans le magasin.

4.2.4 Planning d'ordonnement du VB 1102

4.2.4.1 Contraintes préalables :

La méthode d'ordonnement au sein de LM définie trois notions nécessaires pour entreprendre les calculs de l'ordonnement du VB 1102, nous retrouvons :

L'organisation du plan directeur des flux du VB 1102 est pratiquement identique à celui des autres programmes traité antérieurement, une tâche cependant est ajoutée à l'enchaînement des opérations de production, cette tâche explicite, rappelons-nous, l'intégration de l'harnais fabriqué sur la pièce mécanique de l'OHP. Le plan directeur a donc une allure plus enrichie :



Cette intégration, pouvant être associée au pourcentage requis pour la réalisation du premier bout et deuxième bout, nous obtenons une partition similaire à celle attribuée aux autres programmes.

Pourcentage alloué

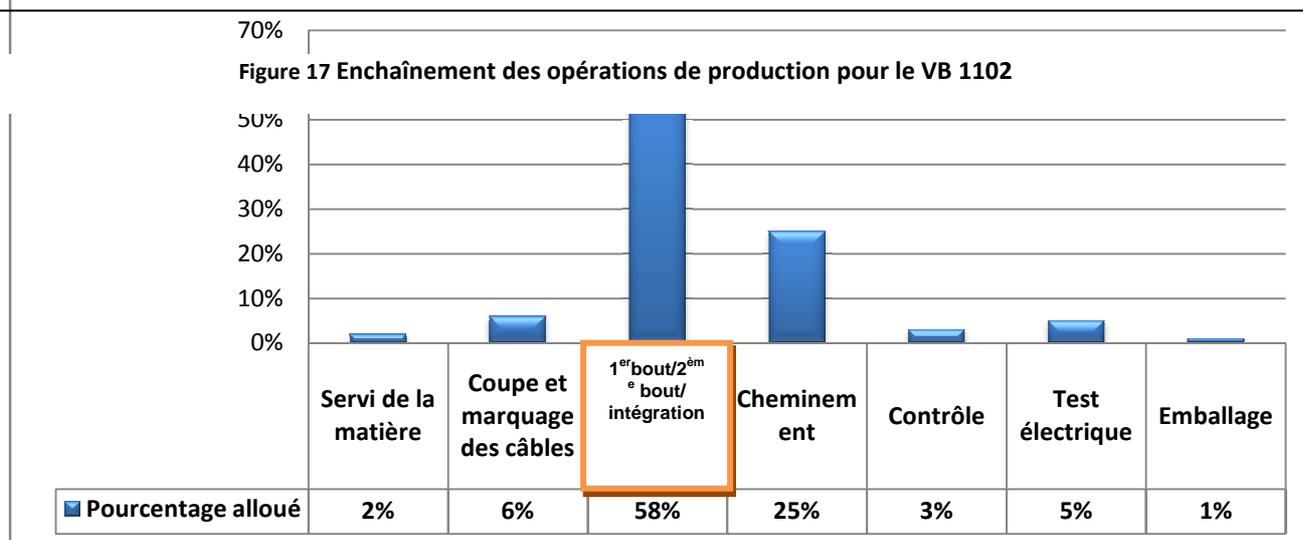


Figure 18 Pourcentage alloué à chaque opération du processus de production du VB 1102

4.2.4.2 Contraintes de travail

Compte tenu de la similitude présente entre le processus de fabrication en cours d'étude et celui des autres programmes dans LM, nous parvenons à modérer la planification de l'ordonnement du VB 1102 se basant sur les contraintes antérieures.

- Le calcul du cycle de travail se fait par l'équation :

$$\text{Cycle de travail} = \text{Nombre de liaisons} * 0,1354 * 100/20$$

$$\text{Cycle de travail du VB 1102} = 967 * 0,1354 * 100 / 20 \\ = 655 \text{ heures}$$

- Date de début de fabrication au sein de LM: 20/06/2011
- Date de livraison client : 22/10/2011

Ces dates peuvent être modifiées selon temps d'exécution de tâche convenable.

4.2.4.3 Présentation du plan d'ordonnement

Pour donner une vue conviviale au plan réalisé, nous construisons un ordonnancement en plaçant chaque tâche sur un planning : diagramme de Gantt.

Dans ce diagramme de GANTT chaque tâche est représentée par une ligne, tandis que les colonnes représentent la durée du projet en termes de jour. Le temps estimé pour une tâche est modélisé par une barre horizontale dont l'extrémité gauche est positionnée sur la date prévue de démarrage et l'extrémité droite sur la date prévue de fin de réalisation.

Pour parvenir rapidement à établir une modélisation sûre et claire du plan d'ordonnement, nous utilisons le logiciel OPEN WORKBENCH décrit comme étant un outil Open Source de gestion de projet qui apporte une aide à la planification et au suivi d'un projet. Il fonctionne sous Windows et représente une alternative intéressante au logiciel Microsoft Project.

Le calcul charge/capacité est entamé à l'aide d'une macro-commande sur fichier Excel, qui permet d'automatiser le calcul répétitif (voir annexe 7), nous intégrons les résultats dans la page du logiciel OPENWORKBENCH pour obtenir la représentation du plan d'ordonnement du VB 1102 nécessaire au travail d'une opératrice par tâche.

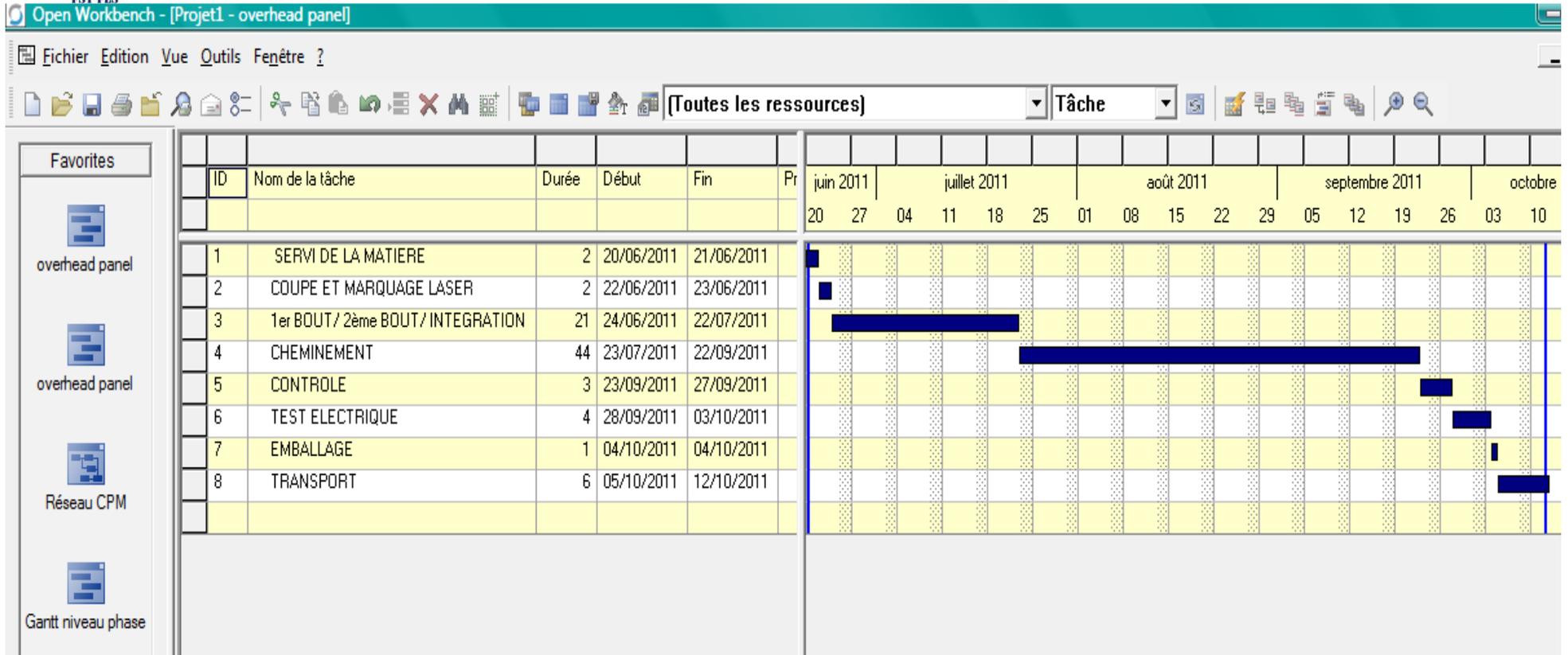


Figure 19 Diagramme de GANTT nécessaire pour le travail d'une opératrice par tâche



4.2.4.4 Amélioration du plan d'ordonnement

Si nous suivons l'enchaînement de ce planning, le travail VB 1102 va prendre terme 10 jours avant le temps d'expédition fixé par le client, ce qui engendrera un stock de produit fini inutile et inadmissible chez LM. De ce fait, nous effectuons un jalonnement au plus tard qui consiste à positionner le plus tard possible, la tâche qui n'a pas de successeur c'est-à-dire l'opération de transport pour ensuite disposer ceux qui la précède selon ordre.

Le plan d'ordonnement final s'organisera comme illustrée sur la figure 20 avec intégration des contraintes de dépendances.

Le travail peut donc commencer à la date 30/06/2011 au lieu du 20/06/2011, la livraison à l'entrepôt central d'AIRBUS sera par suite garantie pour le 21/10/2011, le 22 étant un dimanche. Ce calcul est réalisé selon une hypothèse de travail idéal sans prendre en considération les faits et situations pouvant contrecarrer le déroulement normal des activités du travail.

S'il y a un désir de réduire Le cycle de travail, il faudrait porter des modifications au nombre des opératrices affectées à chaque tâche, prenant en compte le temps de travail normal de chaque opératrice.

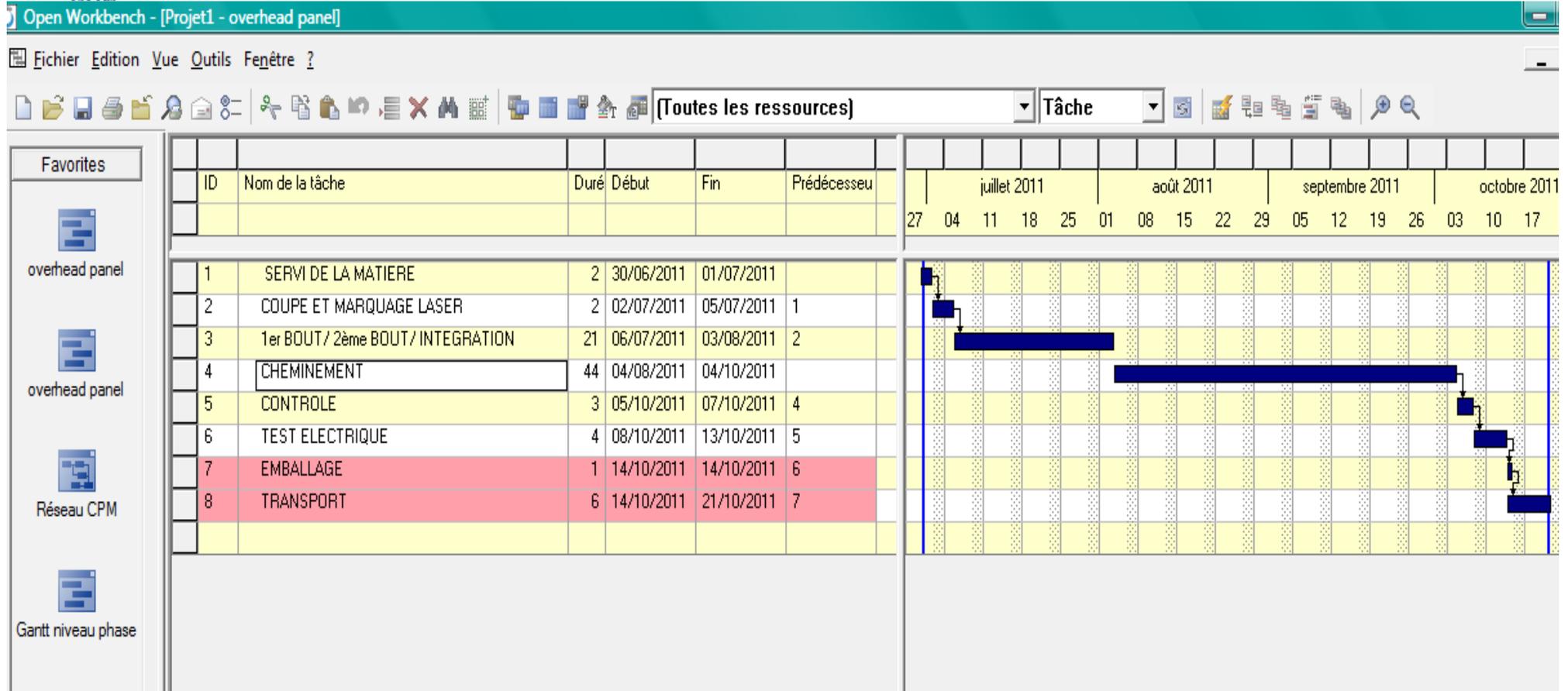


Figure 20 Diagramme de GANTT nécessaire pour le travail d'une opératrice par tâche après jalonnement

4.2.5 Affectation du personnel

La gestion du personnel nécessaire pour effectuer l'ensemble des opérations de production a pour but de s'assurer de l'affectation des ressources d'intervention à chacune des tâches tenant en compte leurs compétences et leurs horaires de travail possibles. Ces ressources, si elles sont bien gérées, sont des facteurs clés de succès du projet. Elles doivent donc être particulièrement bien pilotées pour ne pas mettre le projet en risque.

La polyvalence des opératrices est l'un des points forts de Labinal, la formation qu'elles ont suivie lors du premier mois de leur intégration leur a permis d'acquérir une certaine expertise dans le processus de fabrication. Nous remplissons le tableau 9 sachant que le temps de travail normal pour l'effectif de LM s'estime de 8h75 par jour.

Tâche	Nombre	Compétence requise
Coupe et impression matière	- Une machine de coupe de câbles -Une machine d'impression	----
Servi de la matière	Une opératrice	-Connaitre l'emplacement de la matière. -Consulter les boites KANBAN et les remplir en cas de manque
1er bout/2ème bout/intégration	Une opératrice	- Pouvoir lire les instructions et recommandations dans les dossiers de fabrication et les suivre à la lettre. -Savoir dénuder, sertir et enficher les câbles dans leurs connecteurs respectifs -Connaitre les étapes d'intégration et la forme finale du VB1102 requise
Cheminement	Une opératrice	-Savoir cheminer les câbles suivant les dossiers de fabrication
Contrôle	Une opératrice	-Connaitre les étapes et outils nécessaires pour le contrôle de chaque pièce et garantir la connexion
test électrique	Une opératrice	-Savoir manipuler parfaitement la machine de test
Emballage	Une opératrice	-Maitriser les étapes de la mise en emballage -Connaitre la mise en forme correspondante à la mise en emballage de l'harnais -Connaitre les dispositifs de protection de chaque pièce

Tableau 9 Affectation du personnel selon poste



La motivation du personnel fait aussi partie intégrante de la gestion d'un projet, elle permet de renforcer la cohérence des actions menées par l'entreprise et augmenter son niveau de performance. Plusieurs facteurs peuvent être associés au travail dans le cadre de la motivation du personnel :

- Sélectionner le personnel selon compétence
- Maintenir l'ordre en étant toujours présent et respecter les délais préconisés par le client
- Engendrer le travail d'équipe et la communication dans les deux sens.
- Un feedback régulier et approprié est indispensable pour maintenir la motivation. Le feedback permet de renforcer les comportements performants.
- Limiter les conflits et faciliter le dialogue entre les membres du groupe de travail dans le cadre de l'amélioration du climat social.
- afficher des photos de l'intégration de la rampe pour permettra l'identification de la forme requise et permettre la mobilité des opératrices.
- travailler à proximité du magasin et des responsables managers de projet.
- Effectuer la remise des bulletins de salaires de manière ponctuelle chaque mois. C'est une preuve de respect.
- Organiser des cérémonies, journées, des séminaires pour assurer l'intégration des opératrices nouvellement formées.

CHAPITRE 5

Analyse et conception de l'emballage du VB1102

Durant leur transport, les marchandises sont exposées à différents risques: casse, déformations, avaries, aléas climatiques.etc.

L'emballage est une caractéristique primordiale du produit que l'exportateur ne doit pas négliger. Pour réussir la bonne réalisation de l'exportation, l'exportateur se doit de définir soigneusement l'emballage adéquat, un des points essentiels pour la préparation du transport.

Vu sous cette optique, Une étude très détaillée a été réalisée sur l'emballage sollicité pour la livraison du VB 1102 aux ateliers AIRBUS à Toulouse, cette étude a porté sur l'application des méthodes que définie le processus de design d'un produit allant de l'identification des besoins clients jusqu'à concrétisation du concept élu et l'analyse des épaisseurs par éléments finis, tout en passant par l'identification des fonctions, leurs arrangements dans l'arbre fonctionnelle, la prise en considération des critères techniques que présente chaque fonction ainsi que l'élaboration de la maison de qualité.

5.1 Définition du produit et planification

La démarche adoptée pour l'analyse conceptuelle est définie clairement dans l'annexe 8

5.1.1 Etude de marché

Une **étude de marché** est un ensemble de techniques qui permet de mesurer, analyser et comprendre les comportements, les appréciations, les besoins et attentes d'une population définie.

Parmi les thèmes qu'englobe cette étude, nous identifions la segmentation selon l'usage du produit qui décrit les différentes situations liées à l'exploitation des fonctions du produit au sein de l'entreprise.

Dans notre cas, l'emballage est requis pour la livraison d'une pièce mécanique câblée concédée au domaine aéronautique dans un usage professionnelle. Nous pouvons déduire de la méthode 3Q+OCP (qui, quand, quoi, où, pourquoi, comment) que cet emballage a pour rôle de remettre la rampe câblée aux techniciens spécialisés travaillant au sein des ateliers d'assemblage du nouvel avion A350 à TOULOUSE dans un délai de cinq mois.

5.1.2 Identification des besoins

Le besoin doit être exprimé dès le lancement du projet. Il s'agit d'explicitier quelle est l'exigence fondamentale qui justifie la conception du produit et d'exprimer clairement les objectifs à atteindre afin d'éviter toute confusion avec le client.

L'identification des besoins de l'emballage sollicité va être établie en deux phases, nous consultons dans un premier temps les archives internes et externe de LM prescrit par AIRBUS pour ensuite faire une entrevue avec la responsable du projet, pour profiter de cette méthode nous établissons un questionnaire (voir annexe 9) apte à créer un effet de synergie lors de la discussion.

Nous obtenons les résultats illustrés sur le tableau 10

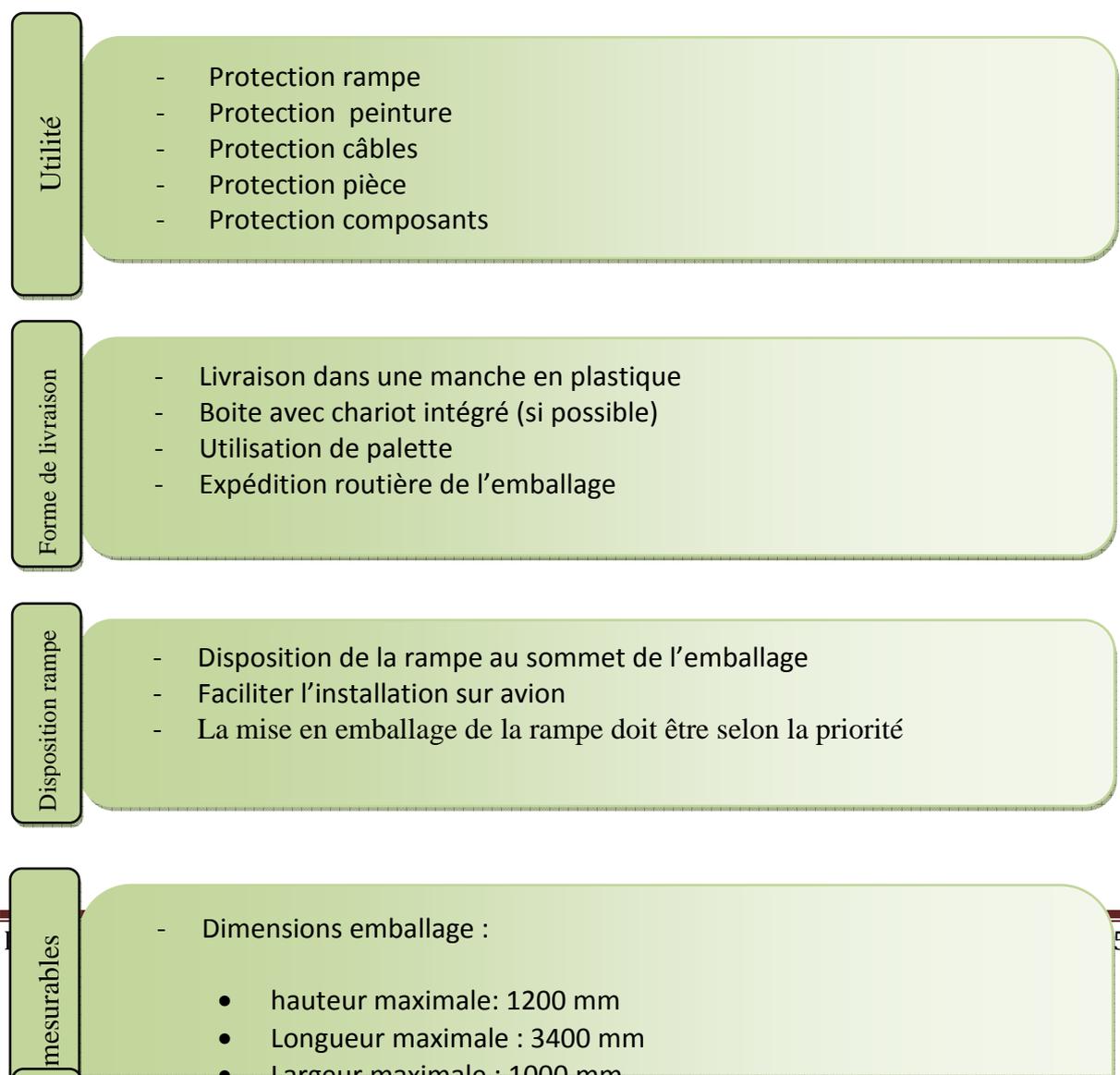
Besoins identifiés par la consultation des archives	Besoins identifiés par l'entrevue/questionnaire
<ul style="list-style-type: none"> - Emballage d'un harnais de taille XXL - Livraison dans une manche en plastique - Résistance au frottement de l'harnais avec le bord - Boite avec chariot intégré (si possible) - Disposition de la rampe au sommet de l'emballage - Dimensions emballage : <ul style="list-style-type: none"> • hauteur maximale: 1200 mm • Longueur maximale : 3400 mm • Largeur maximale : 1000 mm - L'intérieure de l'emballage doit être protégé par une mousse 	<ul style="list-style-type: none"> - Protection rampe - Protection peinture - Protection câbles - Protection pièces - Protection composants - Faciliter l'installation sur avion - Nouveau fournisseur - Emballage jetable après une fois d'utilisation - Matériau préconisé pour l'emballage: <ul style="list-style-type: none"> • Carton • Polystyrène • papier bulle - Niveau 2 de complexité en conception - Expédition routière de l'emballage

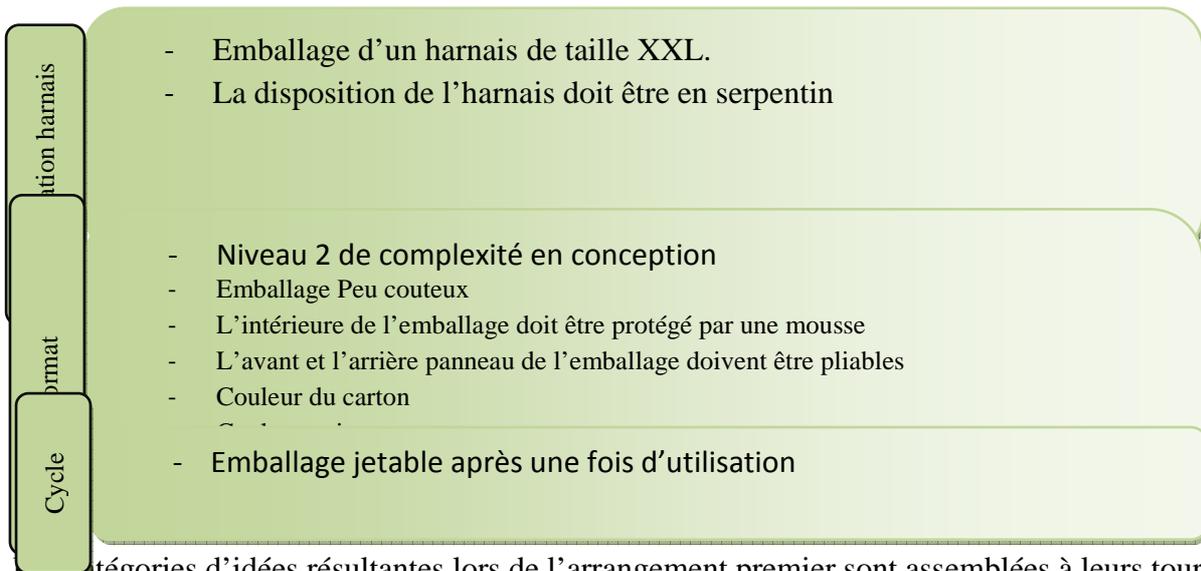
<ul style="list-style-type: none"> - L'avant et l'arrière panneau de l'emballage doivent être pliables - Utilisation de palette - Matériau préconisé: bois ou carton - La disposition de l'harnais doit être en serpentín - La mise en emballage de la rampe doit être selon la priorité d'installation 	<ul style="list-style-type: none"> - Poids : plus de 40kg - Emballage Peu couteux - Matière résistante - Couleur unie - Couleur du carton
--	--

Tableau 10: Besoins identifiés pour l'emballage du VB 1102

5.1.3 Diagramme des affinités

Aussi appelé le diagramme KJ se référant à son concepteur Kawakita Jiro, est l'un des sept outils de la qualité diffusés par les Japonais. Ce diagramme sert à regrouper des idées, des opinions se rattachant à des problématiques diverses et à créer des liens entre elles afin de les rapprocher par catégories. Les besoins identifiés dans le tableau 10 sont arrangés selon la classification suivante :





Les catégories d'idées résultantes lors de l'arrangement premier sont assemblées à leurs tours en groupe d'idées encore plus générales pour obtenir ce qui suit :

Caractéristiques de l'emballage OHP

Design

Grandeurs mesurables

- Dimensions emballage :
 - hauteur maximale: 1200 mm
 - Longueur maximale : 3400 mm
 - Largeur maximale : 1000 mm
- Poids : plus de 40 kg

Matériau

- Matériau préconisé pour l'emballage:
 - Carton
 - Polystyrène
 - papier bulle
- Matière résistante
- Résistance au frottement de l'harnais avec le bord

Format

- Conception non complexe
- Emballage Peu couteux
- L'intérieure de l'emballage doit être protégé par une mousse
- L'avant et l'arrière panneau de l'emballage doivent être pliables
- Couleur du carton
- Couleur unie

Contenu

Disposition rampe

- Disposition de la rampe au sommet de l'emballage
- Faciliter l'installation sur avion
- La mise en emballage de la rampe doit être selon la priorité

Spécification harnais

- Emballage d'un harnais de taille XXL.
- La disposition de l'harnais doit être en serpentín

Utilité

Utilité

- Protection rampe
- Protection peinture
- Protection câbles
- Protection pièce
- Protection composants

Forme de livraison

Forme de livraison

- Livraison dans une manche en plastique
- Boite avec chariot intégré
- Utilisation de palette
- Expédition routière de l'emballage

Cycle

Cycle

- Emballage jetable après une fois d'utilisation

Figure 21 diagramme des affinités des besoins du VB 1102

5.1.4 Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une méthode dont l'objet est de contribuer à générer les fonctions relatives à un produit industriel à partir du besoin exprimé par l'utilisateur. Le point fort de son utilisation réside dans la conception d'un produit innovant ainsi que l'optimisation de l'efficacité du projet de cette conception. Elle est établie en cinq temps :

- La recherche des fonctions
- L'arrangement des fonctions
- La caractérisation des fonctions
- L'hierarchisation des fonctions
- La valorisation des fonctions

5.1.4.1 Transformation des besoins en fonction

Nous commençons par transformer les besoins déterminés dans le tableau 10 en fonctions de typologies diverses.

Besoins	Fonctions
<ul style="list-style-type: none"> - Dimensions emballage : <ul style="list-style-type: none"> • hauteur maximale: 1200 mm • Longueur maximale : 3400 mm • Largeur maximale : 1000 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - S'accommoder à l'espace de stockage
<ul style="list-style-type: none"> - Poids : plus de 40 kg 	<ul style="list-style-type: none"> - Supporter 40 kg
<ul style="list-style-type: none"> - Matériau préconisé pour l'emballage: <ul style="list-style-type: none"> • Carton • Polystyrène • papier bulle 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un matériau léger - Utiliser un matériau recyclable - Utiliser un matériau peu coûteux
<ul style="list-style-type: none"> - Matériau résistant 	<ul style="list-style-type: none"> - Choisir un matériau résistant aux chocs - Choisir un matériau résistant aux vibrations
<ul style="list-style-type: none"> - Résistance au frottement de l'harnais avec le bord 	<ul style="list-style-type: none"> - Protéger l'harnais au niveau des bords - Renforcer les dièdres
<ul style="list-style-type: none"> - Conception non complexe 	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer une forme non complexe
<ul style="list-style-type: none"> - L'intérieure de l'emballage doit être protégé par une mousse 	<ul style="list-style-type: none"> - Choisir un matériau mousseux résistant au choc pour l'emballage intérieur
<ul style="list-style-type: none"> - L'avant et l'arrière panneau de l'emballage doivent être pliables 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un emballage à rabats
<ul style="list-style-type: none"> - Couleur du carton 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne pas endurer l'emballage d'une autre couleur
<ul style="list-style-type: none"> - Faciliter l'installation sur avion 	<ul style="list-style-type: none"> - porter la rampe sur un support - Disposition de la rampe au sommet de l'emballage - Optimiser le temps de l'installation
<ul style="list-style-type: none"> - La mise en emballage de la rampe doit être selon la priorité de déballage 	<ul style="list-style-type: none"> - Disposer le VB 1102 selon les priorités

- Emballage d'un harnais de taille XXL	- Ajuster la forme de l'emballage à la taille de l'harnais
- La disposition de l'harnais doit être en serpentin	- Optimiser les dimensions de l'emballage
- Protection rampe	- Loger la rampe selon priorité - Assurer une livraison en bon état - Bloquer la rampe
- Protection peinture	- Prévoir un emballage intérieur mousseux
- Protection câbles	- Assurer une livraison en bon état - Eviter les accrochages entre câbles
- Protection pièce	- Mettre les capuchons correspondants à chaque prise - Disposer les pièces sous la rampe
- Protection composants	- Livrer la totalité du VB 1102 en bon état - Limiter l'accrochage des composants
- Expédition routière de l'emballage	- Limiter le cout de transport - Disposition l'emballage dans un camion
- Livraison dans une manche en plastique	- Maintenir une bonne compacité de l'emballage - Envelopper l'emballage par une manche en plastique
- Boite avec chariot intégré (si possible)	- Prévoir une place pour les roues
- Utilisation d'une palette	- Ajuster les dimensions de la palette à l'emballage
- Emballage jetable après une fois d'utilisation	- Prévoir un emballage recyclable - Prévoir des matériaux peu coûteux

Tableau 11 Transformation des besoins trouvés en fonction

5.1.4.2 La méthode RESEAU

Cette méthode est utilisée dans le cadre de l'analyse fonctionnelle en conception, elle consiste à utiliser divers moyens de recherche de fonctions afin de compléter les fonctions primaires issues de l'analyse des besoins et diminuer les risques d'omission, elle respecte le plan de travail suivant :

- Recherche intuitive
- Examen de l'environnement
- Sequential analysis of functional elements (SAFE)
- Examen des efforts et des mouvements
- Analyse d'un produit de référence
- Utilisation des normes et règlements

Notre étude se résume en l'application des moyens parmi les plus prépondérants et susceptibles de générer le plus de fonctions pour l'emballage requis, nous recourons donc à l'étude de l'environnement, l'examen des efforts et mouvements, l'analyse d'un produit de référence et l'utilisation des normes et règlements.

■ Examen de l'environnement

Cet examen aide à découvrir l'influence du milieu environnant sur chaque étape du cycle de vie du produit, il est réalisé en cinq points :

- 1- Définir le cycle de vie
- 2- Identifier tous les interacteurs du produit
- 3- Caractériser tous les interacteurs
- 4- Chercher les fonctions d'adaptation

5- Chercher les fonctions d'interaction

➤ **Cycle de vie de l'emballage**

Le cycle de vie de l'emballage 1102 s'organise comme présenté sur la figure 22

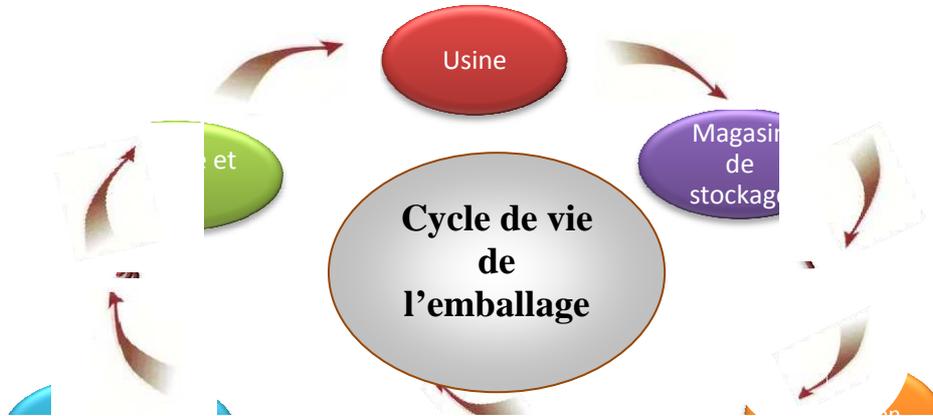
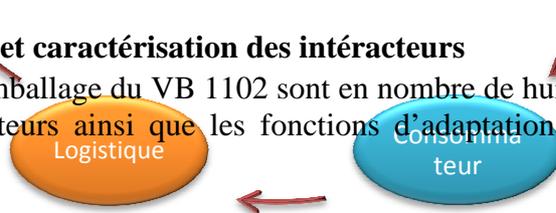
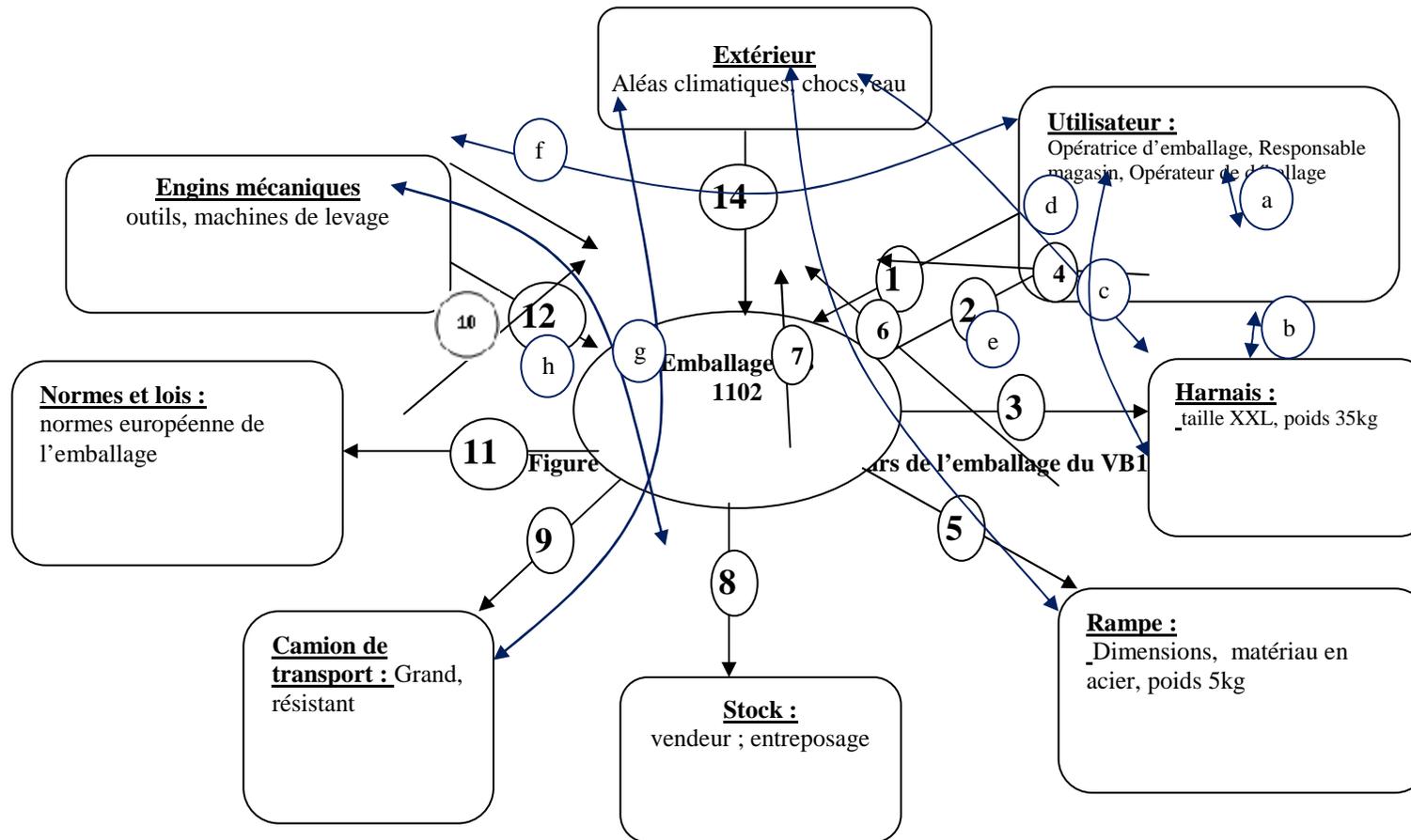


Figure 22 Cycle de vie de l'emballage

➤ **Identification et caractérisation des interacteurs**

Les interacteurs de l'emballage du VB 1102 sont en nombre de huit. La figure 23 illustre la répartition de ces interacteurs ainsi que les fonctions d'adaptation et d'interaction qui les allient.





Les fonctions déterminées lors de l'examen de l'environnement sont réparties selon typologie, nous retrouvons :

- Les fonctions de base (F.B) dont le but est d'intégrer les besoins principales dans le produit.
- Les fonctions de performance (F.P) sont les fonctions exprimées par les clients.
- Les fonctions d'excitation (F.E) sont les fonctions qui attribuent une valeur ajoutée au produit pouvant le distinguer des produits concurrents.
- Les fonctions contraintes (F.C) qui expriment les normes nationales ou internationales.

Le tableau 12 énumère les fonctions déterminées ainsi que leurs typologies.

	Numérotation	Fonctions	Types de fonctions
Fonctions d'adaptation	1	- Ouvrir/fermer l'emballage - Envelopper l'emballage d'une poche en plastique	F.B F.C
	2	- Etre facile à manipuler - Etre facile à ouvrir/fermer - Etre facile à déplacer - Résister à la force d'appui	F.P F.B F.P F.B
	3	- Contenir l'harnais - Disposer l'harnais - Protéger l'harnais - Transporter l'harnais - Donner des informations sur l'harnais	F.B F.C F.B F.B F.B
	4	- Occuper l'emballage	F.B
	5	- Contenir la rampe - Disposer la rampe pour faciliter la dépose sur avion - Protéger la rampe - Transporter la rampe - Donner des informations sur la rampe - Supporter la rampe - Bloquer la rampe	F.B F.C F.B F.B F.B F.P F.B F.B
	6	- Occuper l'emballage	F.B
	7	- Stocker l'emballage	F.C
	8	- Facile à stocker - Facile à transporter	F.C F.P
	9	- Occuper une partie du camion	F.B
	10	- Transporter l'emballage - Protéger l'emballage - Livrer l'emballage	F.B F.C
	11	- Se conformer aux lois et normes - Respecter les normes écologiques - Etre recyclable	F.C F.C F.E
	12	- Etre Facile à lever - Facile à fixer la forme de l'emballage	F.B F.P
	13	- Résister aux aléas climatiques - Résister aux chocs	F.B F.B
Fonctions	a	- Fabriquer l'harnais - Déposer l'harnais - Débaler l'harnais - Installer l'harnais sur avion	F.B F.B F.B F.B
	b	- Intégration de l'harnais sur rampe	F.B
	c	- Déposer la rampe avec câble intégré	F.B

		- Déballer la rampe	F.B
		- Installer la rampe sur avion	F.B
	d	- Etre résistant aux agressions extérieures	F.C
	e	- Résister au choc	F.C
	f	- Utiliser les chariots élévateurs et l'outillage de fixation	F.P
	g	- Utiliser les engins de transport	F.B
	h	- Etre résistant aux agressions extérieures	

Tableau 12 : énumération des fonctions d'adaptation/interaction et leur typologie

■ Examen des efforts et des mouvements

Cet examen permet d'identifier les divers chargements ou diverses contraintes appliquées sur le produit et les traduire en fonctions.

Effort/mouvement	Fonctions	Types de fonctions
- Déplacer l'emballage	- Résister au frottement	F.C
- Lever l'emballage	- Etre compacte	F.B
- Frottement intérieur	- Eviter les accrochages	F.C
- Aptitude au gerbage	- Résister au gerbage	F.B

Tableau 13: Enumération des fonctions issues de l'examen des efforts et mouvement

■ Analyse d'un produit de référence

Cette analyse consiste à décortiquer un produit de référence et à analyser chacune de ses composantes pour déterminer leurs utilités.

Organe de référence	Fonction	Types de fonctions
Support rampe	- Supporter la rampe - Maintenir la rampe stable	F.B F.P
Couvercle/panneau supérieur	- S'ouvrir et se fermer facilement - Empêcher toute fuite du contenu	F.P F.B
Emballage	- Informer le client - Communiquer les spécifications du contenu - Attirer consommateur	F.B F.B F.E
Chariot	- Faciliter le déplacement - Etre intégré	F.P F.E
Palette	- Protéger le panneau inférieur contre le frottement avec le sol	F.C

Tableau 14 Enumération des fonctions issues de l'analyse d'un produit de référence

■ Utilisation des normes et des règlements



Notre emballage doit se conformer aux normes européennes qui lui sont spécifiées selon le DIRECTIVE 94/62/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN relative aux emballages et aux déchets d'emballages :

- Concevoir un emballage réutilisable ou valorisable. (F.E)
- Limiter le poids et le volume de l'emballage au minimum pour assurer le niveau requis de sécurité, d'hygiène et d'acceptabilité pour le consommateur. (F.B)
- Se conformer à la norme ISO 4180 qui concerne les emballages d'expédition complets et pleins destinés à être utilisés dans tout circuit de distribution. (F.C)
- Réduire au minimum la teneur en substances et matières dangereuses du matériau d'emballage et de ses éléments. (F.C)
- Utiliser les Logos développés pour les emballages soit pour recyclage, incinération ou réutilisabilité. (F.E)

5.2 Etude conceptuelle

5.2.1 Caractérisation des fonctions

La grille d'analyse CRINIFLEX permettent de caractériser les fonctions en grandeurs mesurables, elle est appliquée sur trois niveaux :

- Critères d'appréciation qui expriment les paramètres retenus pour juger de la manière dont une fonction est remplie.
- Niveau caractérisant l'échelle de mesure retenue pour un critère d'appréciation.
- Flexibilité qui présente l'ensemble d'indication susceptible de moduler la valeur d'un niveau.

Nous ajoutons dans le tableau 15 une colonne de pondération pour les F.P et les F.E qui expriment l'importance accordée par le client aux différentes fonctions.

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité	Pondération
S'adapter aux dimensions de stockage	Longueur Hauteur Largeur	2000 mm 500 mm 800 mm	+ - 400 mm + - 100 mm + - 100 mm	0
Facile à stoker	Forme	Pliable	-	4
Résister à la force d'appui	Charge	400 N	+ - 1N	0
Etre recyclable	Teneur en substance dangereuse	0	0	0
	Recyclabilité	100%		5
Résister au choc	Forme	Quadratique avec bords pointus	-	
	Nombre de cannelure	3	-	
	Epaisseur Grammage	13 mm > 1 700 g/m ²	+2	



Etre facile à ouvrir/fermer	Forme des panneaux	pliable	-	4
Avoir des bords résistants	Forme	carré	-	0
	densité	0,1-0,9	-	
	longueur	750 mm	+/-100 mm	
Limiter le poids	Poids	10kg	+/-2kg	0
Supporter la rampe	forme du Support rampe	Quadratique	-	0
	densité	18 kg/m3	+/-1	
	longueur	975 mm	+/-20 mm	
	hauteur	300 mm	+/-20 mm	
	Largeur	780 mm	+/-20mm	
assurer une surface lisse et moussée dans l'emballage intérieur	Matériel de bourrage Mousse de calage	Quadratique	-	4
	forme	60mm	+/-10 mm	
	Longueur	40 mm	+/-10 mm	
	Hauteur	30 mm	+/-10 mm	
Protéger la matière par du papier bulle	largeur papier bulle, Diamètre bulle	200 mm 10mm	+/-100 mm -	0
Sur emballer l'emballage avec une manche en plastique	Longueur	20m	+1m	0
Prévoir une palette pour la dépose de l'emballage	densité	0,1-0,9	-	0
	forme	Quadratique	-	
	Longueur	2000 mm	+/-100 mm	
	Hauteur	166 mm	+/-100 mm	
	Largeur	820 mm	+/-100 mm	
Intégrer les chariots	Diamètre	50 mm	+/-10mm	3
Se conformer aux lois et normes	DIRECTIVE 94/62/CE ISO 14001 NF Q 12-009			0

Tableau 15 Caractérisation des fonctions déterminées pour l'emballage du VB1102

5.2.2 L'arbre fonctionnel

C'est un diagramme qui représente une décomposition fonctionnelle hiérarchique. Le plus haut niveau hiérarchique est constitué de fonctions principales qui peuvent elles-mêmes se décomposer en fonctions agrégées, dites secondaires, puis en solutions au niveau le plus fin de la décomposition.

Le logiciel FREEMIND nous permet d'illustrer l'ordre hiérarchique affecté aux fonctions précédemment déterminées (voir plus clairement en annexe 10)

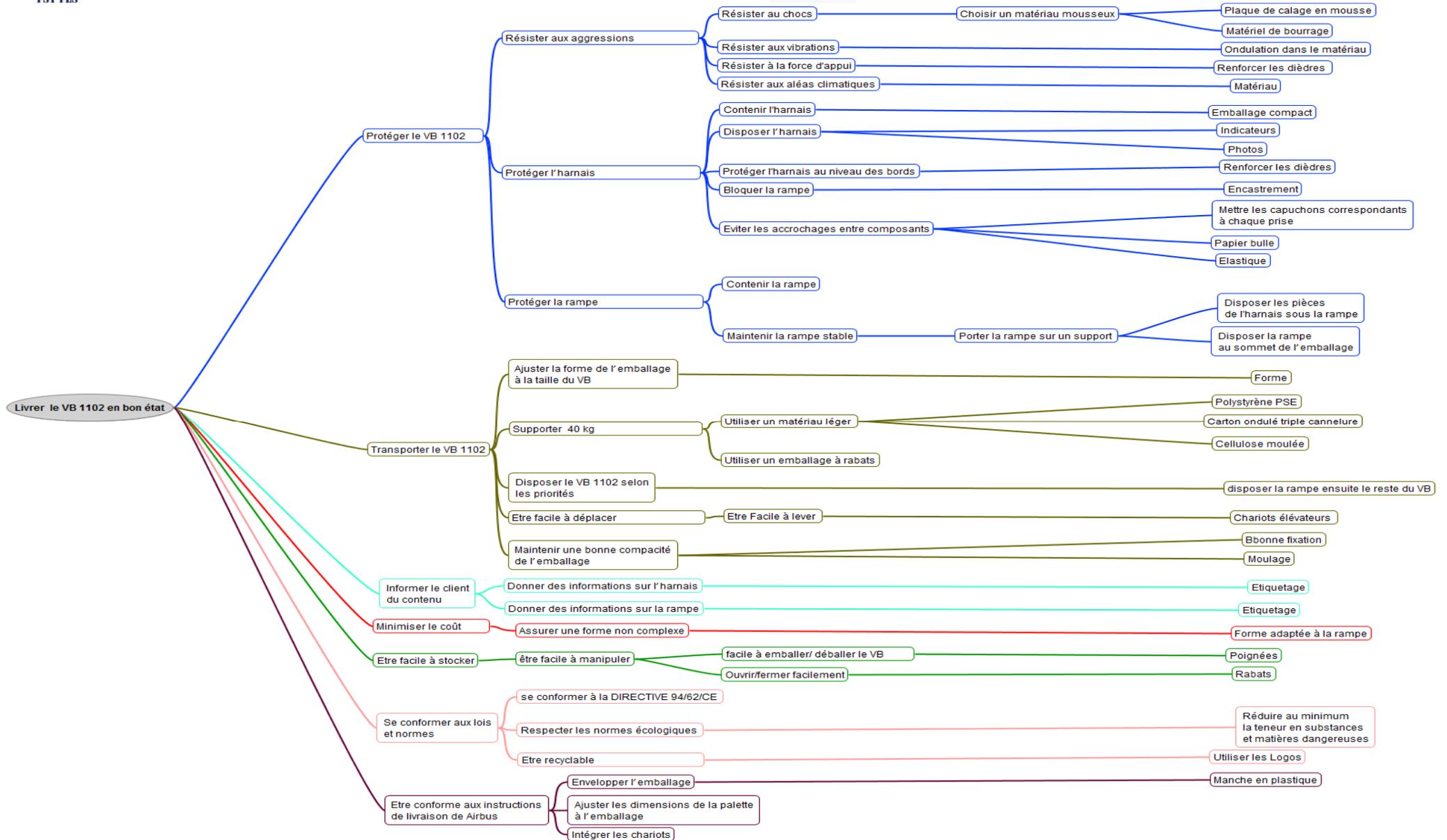


Figure 24 Arbre fonctionnel de l'emballage du VB 1102

5.2.3 La matrice QFD

Une **matrice QFD** (Quality Function Development, Déploiement des Fonctions Qualités) est un outil d'aide à la décision dans la conception de produits ou de services. Cette matrice a été inventée chez MITSUBISHI au Japon dans les années 60, elle permet de représenter les caractéristiques et paramètres critiques pour le client (attentes, besoin du marché) recensés lors d'enquêtes marketing ou d'étalonnage (*benchmarking*), et de les coupler aux spécifications internes de l'entreprise.

L'organisation de la matrice peut être résumée sur la figure 25 :

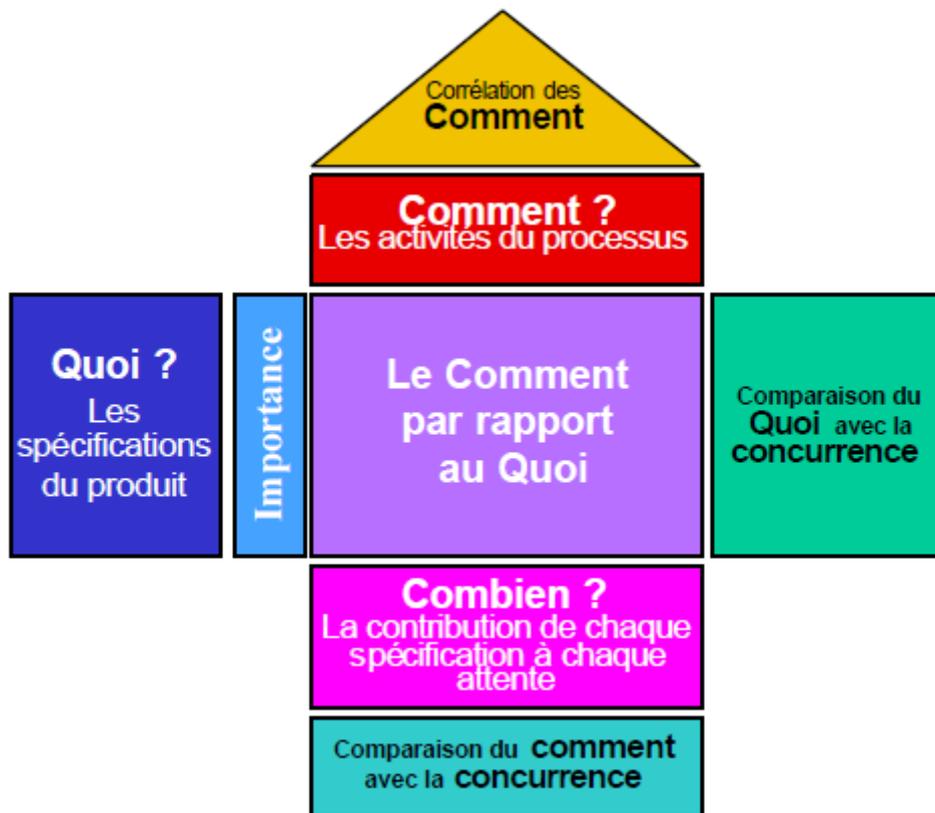
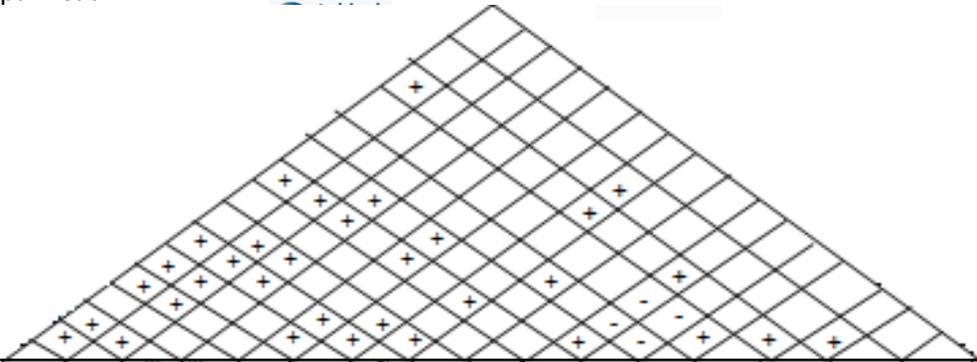


Figure 25 Composants de la matrice QFD

Nous remplissons la matrice en se référant aux résultats de l'hierarchisation des fonctions identifiées précédemment, malheureusement nous ne pourrions pas faire une étude un sondage comparatif car nous ne disposons pas de produits ayant les mêmes fonctions que l'emballage requis. La maison de la qualité s'approprie l'allure sur la figure 26

Figure 26 la matrice QFD de l'emballage du VB 1102



▲ 1, relation faible

● 3, relation moyenne

■ 9, relation forte

			Importance aux yeux du client AIRBUS	Taille de la gamme					Forme de la gamme			Données techniques							
				Dimensions emballage	Dimensions du Support rampe	Dimension palette	Largeur/diamètre papier bulle	Diamètre chariot	Forme support rampe	Forme emballage	Forme plaque de calage	Couleur	Poids	Charge	Densité support rampe	Grammage	Épaisseur cannelure	Nombre cannelure	Teneur en substance dangereuse
Livrer le VB 1102 en bon état	Fonction d'usage	Protéger le VB 1102	5	■	■	▲	■	▲	■	■	■	●	■	■	■	■	■		
		Transporter le VB 1102	5	■	■	▲		■		■			■	▲	■	●	▲		
		Informer AIRBUS du contenu	4	●	▲						■								■
	Fonction de performance	Se conformer aux lois et normes	5	■	■	■	▲	■	■	■	▲		■	■	■	■	■	■	■
		Minimiser le coût	5	■	■	●		■	■	■	▲		■		●	●	■	■	▲
		Etre facile à stocker	4	■	■		▲	■	■	■	▲				●	●	■	■	■
		Etre conforme aux instructions de livraison d'AIRBUS.	4			■		■								▲	●		
Propriétés techniques			340,92	327,48	120,4	94,74	287,56	255,96	320,76	101,24	60,48	150,6	134,1	234,72	234,72	281,96	276,36	182,54	
Pourcentage totale			10,01	9,62	3,54	2,78	8,45	7,52	9,42	2,97	1,78	4,42	3,94	6,89	6,89	8,28	8,12	5,36	
Critères techniques	Notre produit		2000*800*500	975*780*300	2000*820*166	20010	50	-	-	-	10 kg	400 N	1,04	> 1700 g/m ²	13 mm	3	0		

5.2.4 Identification des spécifications critiques

A – identification des critères importants selon le niveau d'importance absolue

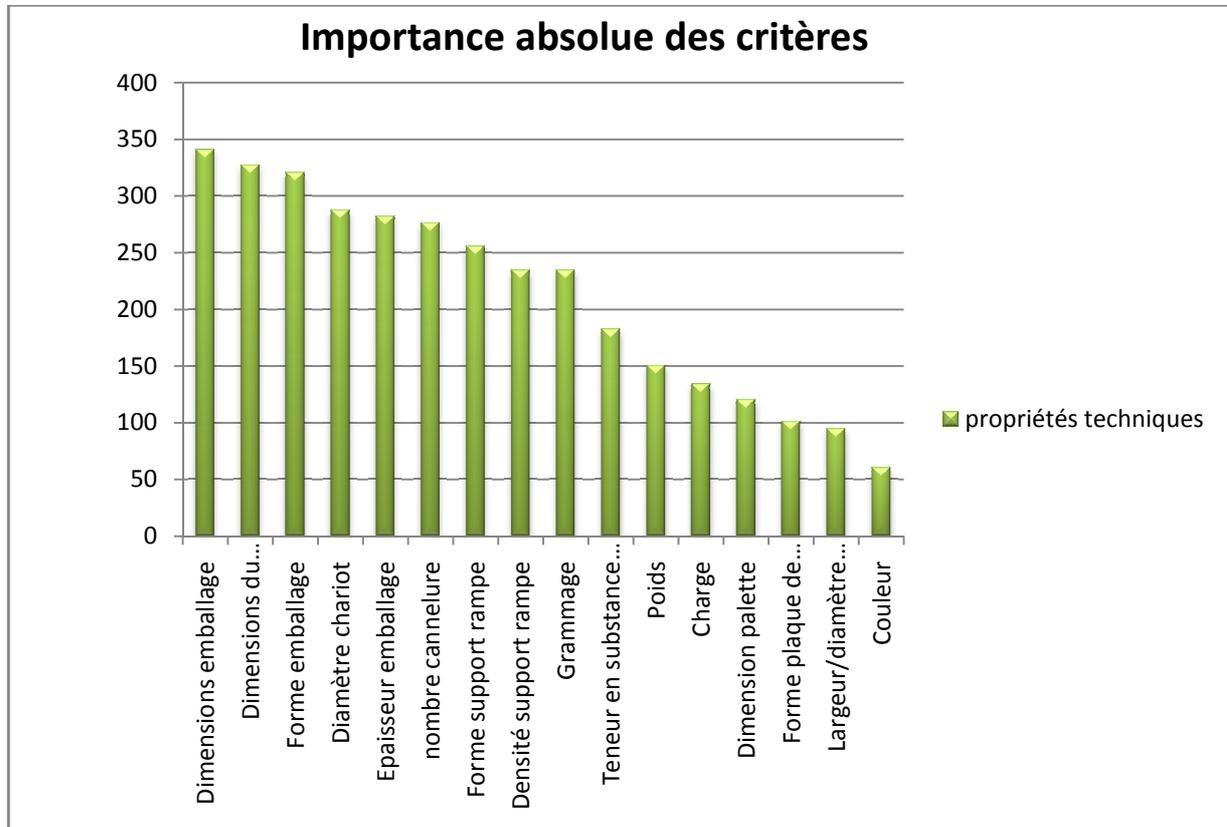


Figure 27 Identification des critères importants selon niveau d'importance absolue

La figure permet de déduire que les critères les plus importants pour le client, et à prendre nécessairement en considération lors du processus de conception de l'emballage sont en nombre de sept, nous identifions :

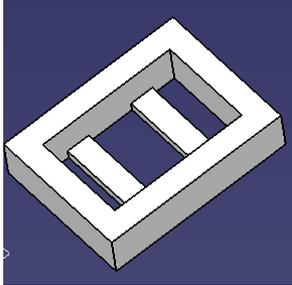
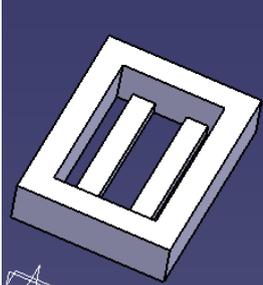
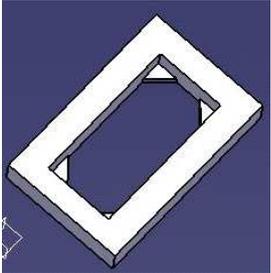
- Les dimensions de l'emballage
- Les dimensions du support de la rampe
- La Forme de l'emballage
- Le diamètre des chariots
- Epaisseur emballage
- Nombre cannelure
- La forme du support rampe
- La densité du support rampe
- Le Grammage

5.2.5 Génération et choix de concepts

Matrice morphologique :

La matrice morphologique est un outil d'aide à la conception qui est basée sur l'inventaire des solutions possibles. Elle s'organise sous forme d'un tableau mettant en scène les éléments constitutifs des mesures envisagées pour ainsi faire apparaître différentes combinaisons possibles.

La matrice morphologique appliquée à notre étude, permet d'exposer les différentes formes conceptuelles pouvant être attribuées à chacune des fonctions accordées à notre emballage. La disposition des concepts pourrait donc donner naissance à différents scénarios envisageables.

Groupes	Fonction	Solutions possibles					
Groupe 1		 Plaque de calage en mousse	 Revêtement intérieur en mousse	 Chips d'emballage	 Coussins d'air	 Polystyrène moulé	 Coin de protection polystyrène
	Protéger le VB 1102	 Capuchons pour prises		 Papier bulle			
							
							
	Transporter le VB 1102						

	 <p>Catron ondulé triple cannelure type AAA</p>	 <p>Catron ondulé triple cannelure type BKB</p>	 <p>Catron ondulé triple cannelure type CAB</p>		
	<p>➤ Instructions de sécurité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etiquette fragile - Etiquette « à protéger des intempéries ». - Etiquette côté chariot élévateur - Etiquette « livraison sur palette » 				
Groupe 2	<p>Informez le client du contenu</p>	<p>➤ Identification du contenu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etiquette Destinateur/ destinataire : From LABINAL MAROC to AIRBUS, - Etiquette numéro MSN (avion) - Etiquette programme : A350 - Etiquette poids : 50 kg - Le dossier de livraison complet dans une enveloppe à l'intérieur du carton. 			
	<p>Se conformer aux lois et normes</p>				
	<p>Etre conforme aux instructions de livraison de AIRBUS</p>	 <p>Palette en contreplaqué</p>	 <p>Palette en bois</p>	 <p>Palette en aggloméré</p>	 <p>Palette en carton ondulé</p>
	<p>Caisse-palette</p>				

Groupe 3					
	Minimiser le coût	Optimiser l'épaisseur			
	Etre facile à stocker	Support rampe démontable			

Tableau 16 matrice morphologique pour l'emballage du VB 1102

D'après le tableau 16, nous pouvons conclure que les concepts proposés pour chaque fonction sont abondants, cependant le nombre de choix peut être réduit si nous tenons compte des concepts et méthodes intrinsèques à LM, la difficulté de réalisation sur le plan technologique ainsi que le prix sollicité par chacune. Le tableau aura l'allure suivante :

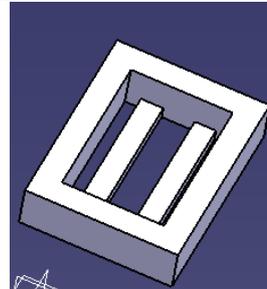
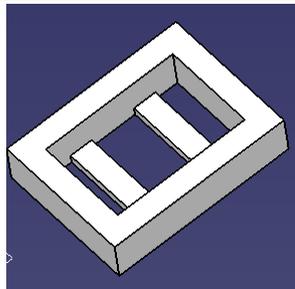
Groupes	Fonction	Solutions possibles					
Groupe 1	Protéger le VB 1102	 Plaque de calage en mousse	 Revêtement intérieur en mousse	 Chips d'emballage	 Coussins d'air	 Polystyrène moulé	 Coin de protection polystyrène



Capuchons pour prises



Papier bulle



Transporter le VB 1102



Catron ondulé triple cannelure type AAA



Catron ondulé triple cannelure type BKB



Catron ondulé triple cannelure type CAB

➤ **Instructions de sécurité**

- Etiquette fragile
- Etiquette « à protéger des intempéries ».
- Etiquette côté chariot élévateur
- Etiquette « livraison sur palette »

Groupe 2	<p>Informez le client du contenu</p> <p>➤ Identification du contenu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etiquette Destinateur/ destinataire : From LABINAL MAROC to AIRBUS, - Etiquette numéro MSN (avion) - Etiquette programme : A350 - Etiquette poids : 50 kg - Le dossier de livraison complet dans une enveloppe à l'intérieur du carton.
	<p>Se conformer aux lois et normes</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Palette en contreplaqué</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Palette en bois</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Palette en aggloméré</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Palette en carton ondulé</p> </div> </div>
	<p>Etre conforme aux instructions de livraison de AIRBUS</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <p>Caisse-palette</p>     </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">     </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
Groupe 3	<p>Minimiser le coût</p> <p>Optimiser l'épaisseur</p>
	<p>Etre facile à stocker</p> <p>Support rampe démontable</p>

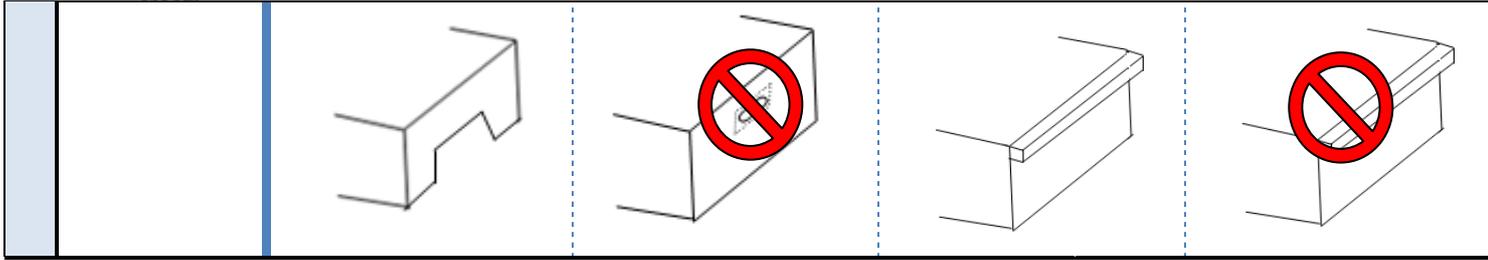
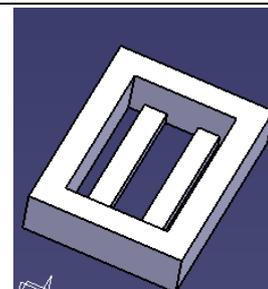
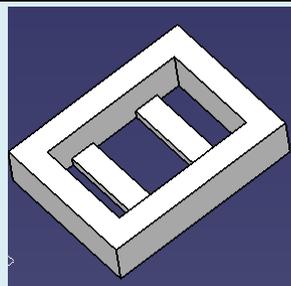
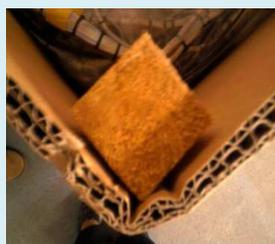


Tableau 17 élimination des solutions dans la matrice morphologique de l'emballage du VB 1102

Les concepts pouvant être dégagés de la matrice morphologique après élimination des solutions non prometteuses sont en nombre de 5 :

- Concept 1 
- Concept 2 
- Concept 3 

Groupes	Fonction	Solutions possibles		
Groupe 1	Protéger le VB 1102	 Plaque de calage en mousse	 Polystyrène moulé	
		 Capuchons pour prises	 Papier bulle	



Transporter le VB 1102



Catron ondulé triple cannelure type CAB

➤ **Instructions de sécurité**

- Etiquette fragile
- Etiquette « à protéger des intempéries ».
- Etiquette côté chariot élévateur
- Etiquette « livraison sur palette »

➤ **Identification du contenu**

- Etiquette Destinateur/ destinataire : From LABINAL MAROC to AIRBUS,
- Etiquette numéro MSN (avion)
- Etiquette programme : A350
- Etiquette poids : 50 kg
- Le dossier de livraison complet dans une enveloppe à l'intérieur du carton.

Groupe 2

Informez le client du contenu

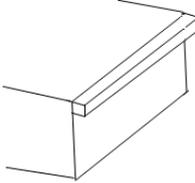
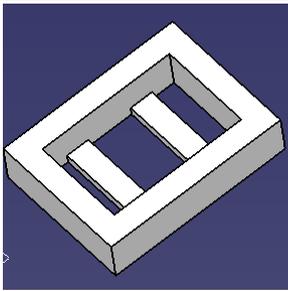
<p>Se conformer aux lois et normes</p>			
<p>Etre conforme aux instructions de livraison de AIRBUS</p>	 <p>Palette en bois</p>   		
<p>Minimiser le coût</p>		<p>Optimiser l'épaisseur</p>	
<p>Groupe 3</p>	<p>Support rampe démontable</p>		
<p>Etre facile à stocker</p>			

Tableau 18 concept 1 de l'emballage

Groupes	Fonction	Solutions possibles	
Groupe 1	Protéger le VB 1102	 Plaque de calage en mousse	 Polystyrène moulé
		 Capuchons pour prises	 Papier bulle
			
			
Transporter le VB 1102			

Groupe 2



Catron ondulé triple cannelure type CAB

➤ **Instructions de sécurité**

- Etiquette fragile
- Etiquette « à protéger des intempéries ».
- Etiquette côté chariot élévateur
- Etiquette « livraison sur palette »

Informez le client du contenu

➤ **Identification du contenu**

- Etiquette Destinateur/ destinataire : From LABINAL MAROC to AIRBUS,
- Etiquette numéro MSN (avion)
- Etiquette programme : A350
- Etiquette poids : 50 kg
- Le dossier de livraison complet dans une enveloppe à l'intérieur du carton.

Se conformer aux lois et normes



Palette en bois

Etre conforme aux instructions de livraison de AIRBUS



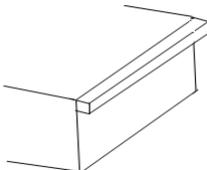
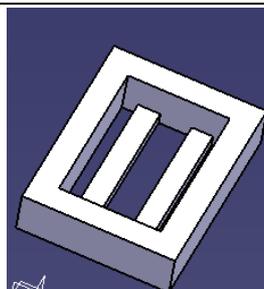
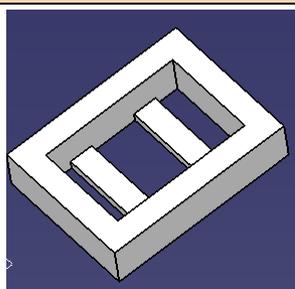
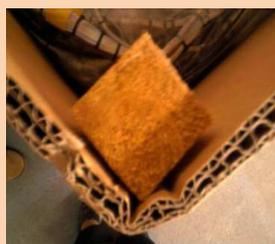
Groupe 3			
	Minimiser le coût		Optimiser l'épaisseur
	Etre facile à stocker	Support rampe démontable	
			

Tableau 5.19 concept 2 de l'emballage

Le concept 3 et le concept 4 sont obtenus en remplaçant, dans la case réservée à dernière fonction, la première solution par la deuxième.

Groupes	Fonction	Solutions possibles		
Groupe 1	Protéger le VB 1102	 Plaque de calage en mousse	 Polystyrène moulé	
		 Capuchons pour prises	+	 Papier bulle
				



Catron ondulé triple cannelure type CAB

Transporter le VB 1102

➤ **Instructions de sécurité**

- Etiquette fragile
- Etiquette « à protéger des intempéries ».
- Etiquette côté chariot élévateur
- Etiquette « livraison sur palette »

➤ **Identification du contenu**

- Etiquette Destinateur/ destinataire : From LABINAL MAROC to AIRBUS,
- Etiquette numéro MSN (avion)
- Etiquette programme : A350
- Etiquette poids : 50 kg
- Le dossier de livraison complet dans une enveloppe à l'intérieur du carton.

Informez le client du contenu

Groupe 2

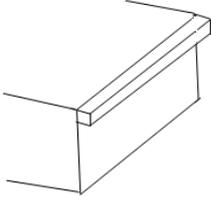
Groupe 3	Se conformer aux lois et normes			
	Etre conforme aux instructions de livraison de AIRBUS	 <p style="text-align: center;">Palette en bois</p>   		
	Minimiser le coût			Optimiser l'épaisseur
	Etre facile à stocker	Support rampe démontable		
				

Tableau 20 concept 3 de l'emballage

5.2.6 Matrice PUGH

Une matrice de Pugh est une méthode de sélection de solution, elle peut également être utilisée pour développer les solutions potentielles. Appliquée à notre emballage, elle permet d'évaluer le

concept le plus facile à mettre en place et qui sera parmi les meilleures les moins couteux pour LM.

Son propos est de considérer le meilleur concept issu de la matrice morphologique comme base de référence et le comparer avec les concepts restants. Cette comparaison est réalisée en se basant sur les critères de la matrice QFD.

	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5	
Dimensions emballage	DATUM	=	=	=	=	
Dimensions du Support rampe		-	-	-	-	
Dimension palette		=	=	=	=	
Largeur/diamètre papier bulle		=	=	=	=	
Forme support rampe		-	-	-	-	
Forme emballage		=	=	=	=	
Poids		-	-	-	+	
Grammage		=	=	=	=	
Epaisseur cannelure		=	=	=	=	
Nombre cannelure		=	=	=	=	
Teneur en substance dangereuse		=	=	=	=	
Facilité de fabrication		-	-	-	+	
prix		-	-	-	+	
Total « + »			0	0	0	3
Total « - »			4	4	4	3
Total « = »			10	10	10	8

Tableau 21 Matrice de PUGH

La somme des (=) plus les (-) est supérieure à la somme des (+), donc notre DATUM est le meilleur concept.

La comparaison du total « + » des quatre résultats de la matrice morphologique avec le concept référentiel révèle que le concept 5 prédomine les autres concepts sur trois niveaux, le poids, la facilité de fabrication et le prix. Le transfert du principe de ces critères peut présenter des points d'amélioration pour notre concept et le rendre plus performant, cependant la protection de la rampe sera mise en danger.

Nous décidons donc de valider le concept étudié comme étant le concept qui présente le plus de potentiel de succès.

5.3 Conception

L'étude a abouti à la conception de trois éléments principaux constituant l'emballage de livraison du VB 1102, nous avons donc été amenés à effectuer une étude qui consiste dans un premier temps en une représentation de pièces mécaniques en 3D à l'aide du logiciel de conception assistée par ordinateur CATIA puis en une décomposition en éléments finis permettant de calculer les valeurs des contraintes maximales qui s'appliquent exclusivement sur le support rampe.

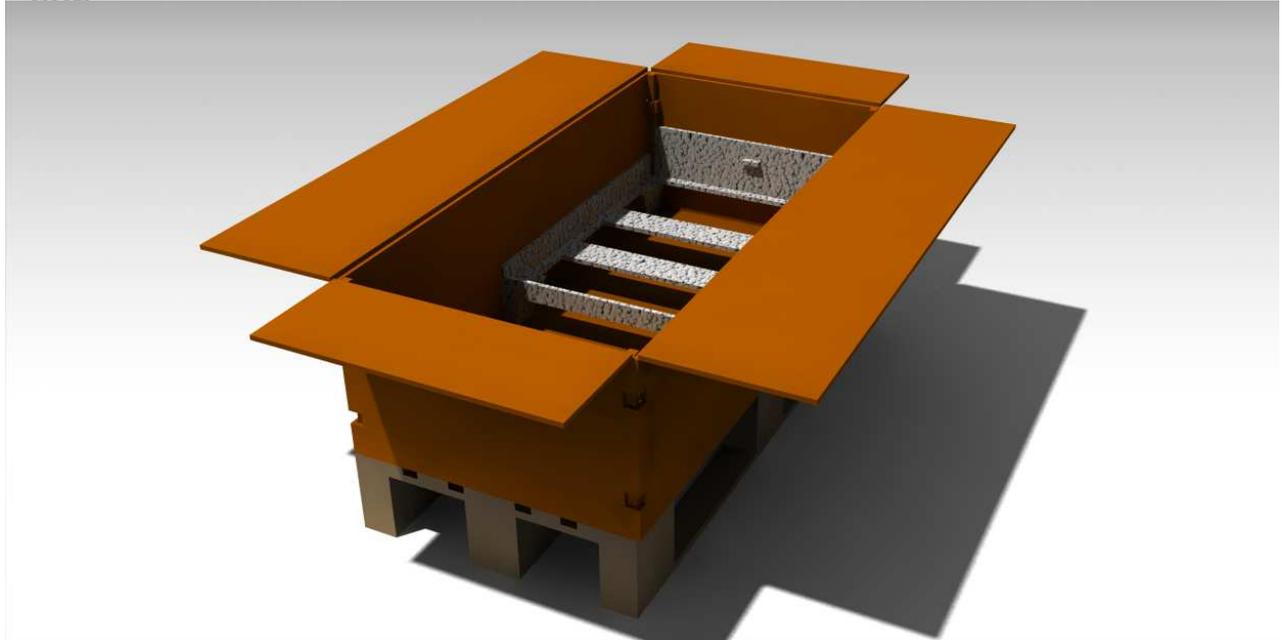


Figure 28 Conception mécanique en 3D de l'emballage complet du VB 1102

5.3.1 Élément 1 : support rampe

Voir dessin de définition en annexe 11

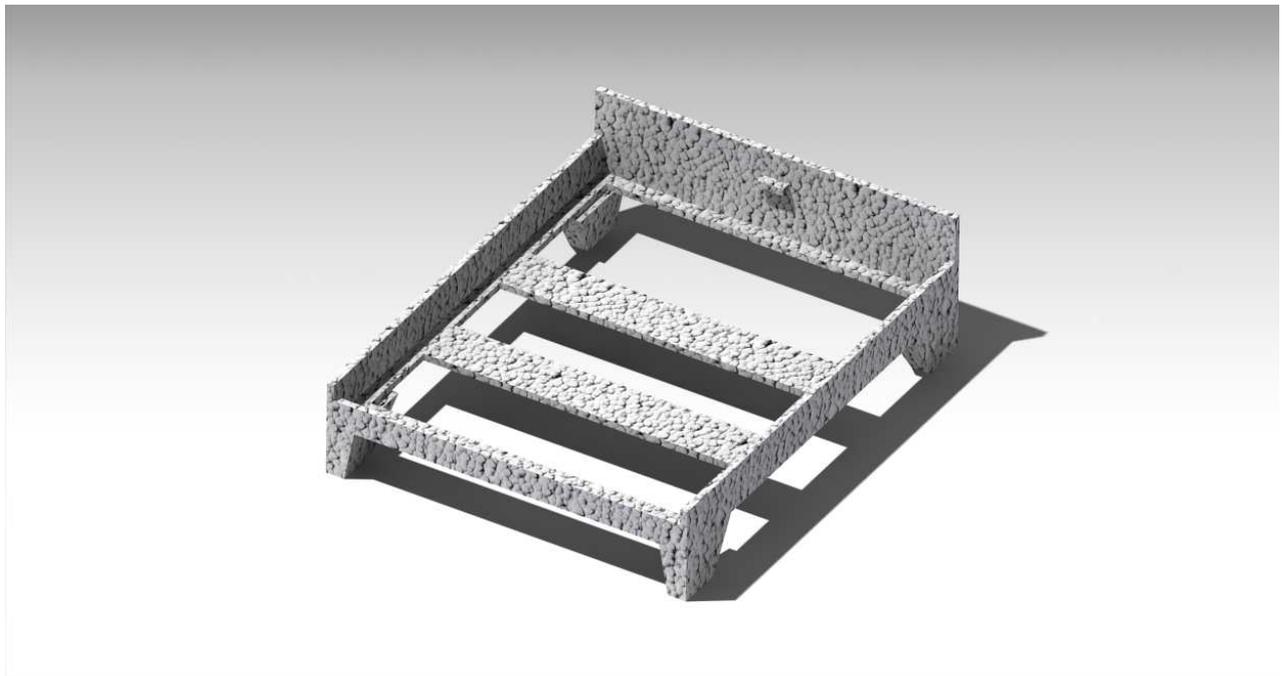


Figure 29 Conception en 3D du support rampe de l'OHP

Le support rampe joue un rôle prépondérant dans la livraison, il a pour rôle de supporter la rampe dans l'emballage et permettre la disposition de la matière qui y est intégrée suivant l'ordre

de priorité. Ces faces entre autre, présentent une forme pouvant assurer la protection contre les chocs et le blocage permanent de la rampe lors des opérations de manutention.

Le matériau demandé par LM est le polystyrène expansé (PSE), une mousse blanche compacte qui sert à emballer les appareils sensibles aux chocs, et qui est généralement moulée, cependant, le logiciel CES nous présente un nombre de polymère présentant un aspect meilleur que le polystyrène expansé en terme de résistance au choc et coût, nous citons la cellulose moulée, la mousse PE, ou encore du carton plié.

5.3.1.1 Analyse par éléments finis

Pour se rapprocher un peu plus de la réalité et de déterminer si l'allure du support rampe peut tenir sous l'effet de la charge, nous réalisons une étude par éléments finis dans l'atelier « Analyse et simulation » de CATIA.

Sous une hypothèse de staticité, nous commençons par définir le matériau et appliquer les conditions limites de fixation et les chargements surfaciques sur le modèle qui sont de l'ordre de 1008 Pa, puis nous effectuons un maillage tétraèdre pour obtenir l'allure suivante :

Critère de Von Mises (aux noeuds).2

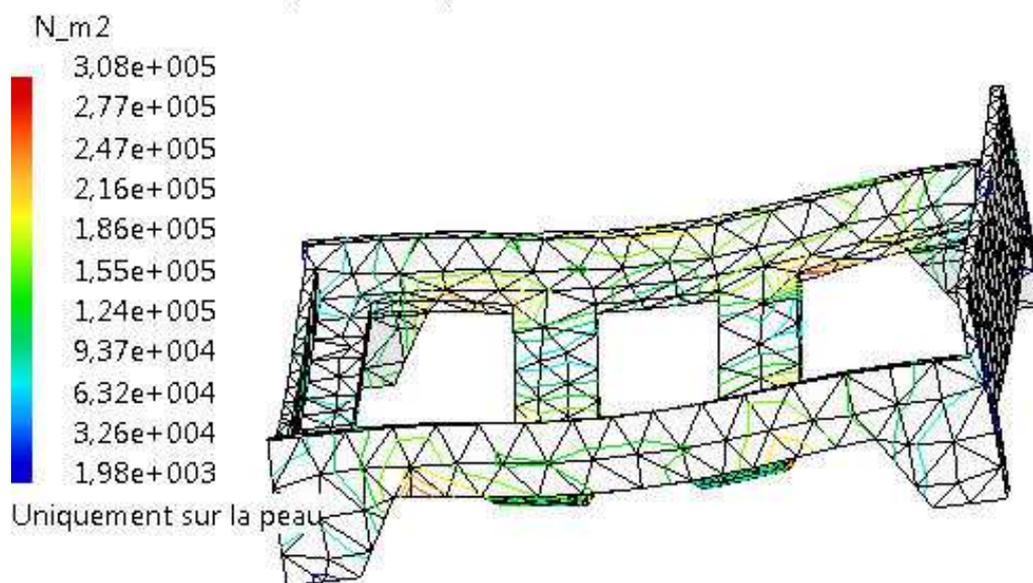


Figure 30 résultat du maillage du support rampe sous CATIA

D'après le critère de Von mises la contrainte maximale que peut subir le support rampe avant de s'effondrer est de l'ordre de 0,308 MPa, une valeur qui est inférieure à la limite d'élasticité du polystyrène qui dépasse les 30 MPa. Les dimensions de notre modèle peuvent donc répondre aux besoins de la conception sans risques.

5.3.2 Élément 2 : emballage en carton

Voir dessein de définition en annexe 12

L'emballage en carton garantie la livraison de la totalité du VB 1102 avec rampe intégrée, l'épaisseur et le nombre de cannelure choisis ont pour rôle de protéger la matière intérieure contre le choc et les vibrations qui subsistent lors des opérations de manutention.

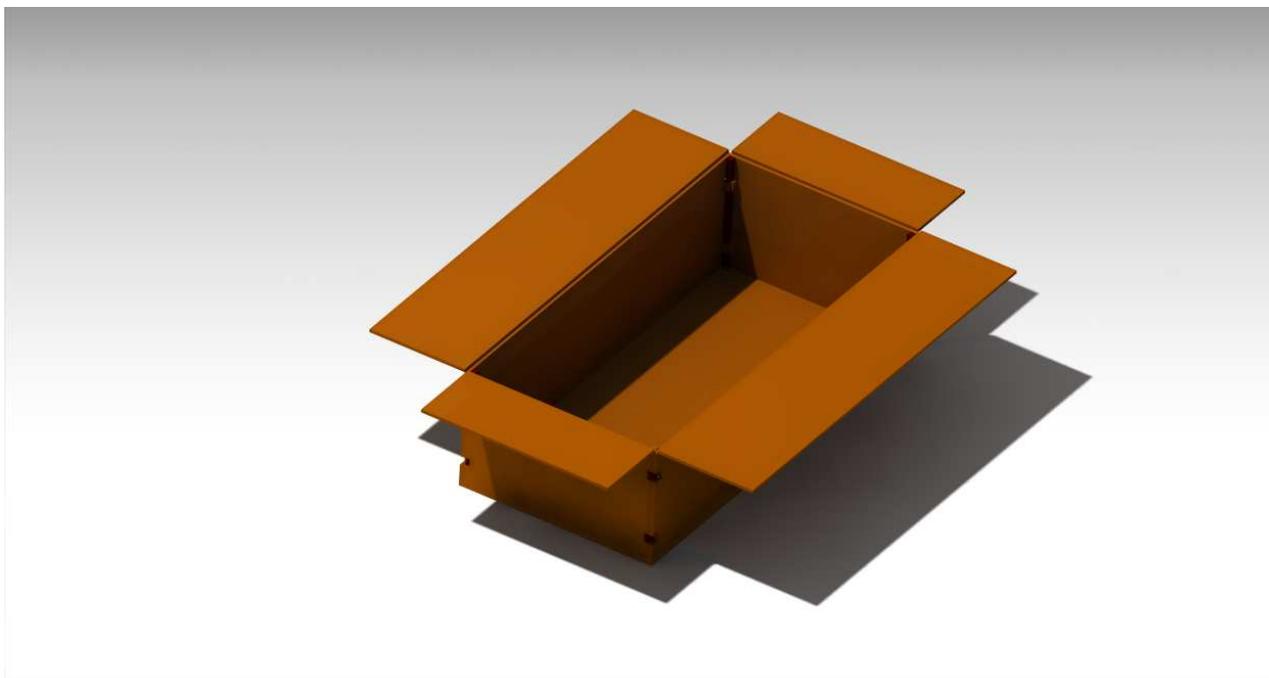


Figure 31 Conception en 3D de l'emballage carton du VB 1102

5.3.3 Élément 3 : palette

Voir dessein de définition en annexe 13

La palette fait partie des besoins clients, elle est revendiquée essentiellement pour assurer la protection de la surface inférieure de l'emballage et permettre un soulèvement sécurisé via chariot sans abimer les éléments internes.



Figure 32 Conception en 3D de la palette de l'emballage du VB 1102

C'est une palette avec chevrons entaillés faite en bois, ce matériau peut se diviser en trois catégories selon l'entreprise en charge, nous retrouvons le bois franc à haute densité (le frêne, le hêtre) le bois franc à faible densité (le peuplier, le tremble) et le bois mou ou résineux (le cèdre).

Aux trois éléments illustrés précédemment nous ajouterons les éléments suivants :

 <p>Capuchons pour prises</p>	 <p>Papier bulles</p>	 <p>Film en plastique pour la protection des câbles</p>
 <p>Norme de conformité</p>	 <p>Chariot libre</p>	 <p>Film de protection de l'emballage</p>
<p>Instructions de sécurité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etiquette fragile - Etiquette « à protéger des intempéries ». - Etiquette côté chariot élévateur - Etiquette « livraison sur palette » 		<p>➤ Identification du contenu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etiquette Destinateur/ destinataire : From LABINAL MAROC to AIRBUS, - Etiquette numéro MSN (avion) - Etiquette programme : A350 - Etiquette poids : 50 kg - Le dossier de livraison complet dans

	une enveloppe à l'intérieur du carton.
--	--

Tableau 22 éléments additifs à l'emballage du VB 1102

5.4 Estimation de prix

Pour estimer le prix des trois éléments nécessaires à la livraison du VB 1102 et la rampe, nous recourons à des sociétés dont l'activité est la fabrication des emballages d'expédition et qui ont d'ores et déjà des conventions avec LM, nous obtenons les résultats sur le tableau 23.

ACRONYME	NOM	ACTIVITE	EMPLACEMENT	TELEPHONE	PRIX UN/HT
Sonacar	Société nationale du carton	Fabrication de carton ondulé.	Route de Safi, z.i. El jadida	00523351417	- Emballage selon taille et quantité - Palette : 80 DH
	Calcul -Emballage carton écru ondulé de dimension : 1700*830*500 mm -Emballage triple cannelure d'épaisseur 13 mm ➔ Le prix de notre pièce emballage en carton : 150 DH ➔ Le prix de la palette en bois : 80 Dh				
Izar		Fabrication emballage en polystyrène expansé, fil de fer, sous-traitance injection plastique	bd Ahl Loghlam - CASABLANCA	00522759247 00522756114	20 DH/kg de polystyrène.
	Calcul -Masse volumique= 1050kg/m ³ -Volume de la rampe = 0,013 m ³ -20 DH/kg de polystyrène. ➔ Le prix de notre pièce en polystyrène est estimé à 273 DH				

Total prix : 503 DH

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce projet de fin d'étude, les besoins majeurs du câblage de la nouvelle pièce mécanique *Overhead panel* ont été déterminés, nous avons ainsi illustré la démarche à suivre lors de l'industrialisation du câblage de la pièce en prenant en compte toutes les opérations et les méthodes de travail à appliquer. En effet, l'enchaînement des étapes à suivre, l'outillage et la prise en compte des améliorations suggérées lors du quatrième chapitre, permettra le lancement du câblage de l'*Overhead panel* du nouvel avion A350 dès la réception de la matière.

En outre, par le biais des analyses et études réalisées, nous avons pu planifier les opérations de fabrication dans le temps grâce au plan d'ordonnancement établi dans le chapitre 4. Aussi, nous avons géré la répartition du personnel selon les processus par une planification qui garantira le respect des délais de livraison.

Le processus de production s'achève par la livraison du produit fini aux ateliers Airbus. L'emballage, un élément nécessaire à l'expédition, a fait l'objet d'une étude bien détaillée dans le dernier chapitre qui, à son terme, avait abouti à une conception d'un emballage compact adapté aux dimensions de notre produit tout en étant conforme aux normes de qualité européenne. En plus, en cas d'éventuelle rectification de données, notre étude permettra de vérifier que les résultats et les cotations déterminés satisferont toujours les exigences de qualité et de coûts imposées par le client.

Cette étude, ainsi accomplie, est la première tache de l'enchaînement du travail dans le programme A350 dans les ateliers Labinal Maroc. Ce travail pourra être une référence pour les autres travaux à réaliser sur cet avion. Aussi, comme, la société aspire par ce programme A350 à réaliser d'autres programmes d'avions et ainsi garantir sa pérennité, notre ambition est que ce travail sert de référence pour l'industrialisation des pièces des futurs programmes d'avions de Labinal Maroc.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Documentation interne à LABINAL.
- [2] Philippe NORIGEON. COURS INDUSTRIALISATION, qualité, logistique industrielle et organisation (QLIO)
- [3] A.ABOUTAJEDDINE, 2008, cours innovation en entreprise.
- [4] A.COURTOIS, M.PILLET, C.MARTIN-BONNEFOUS, 2003, Gestion de production.
- [5] A.Beugnard, 1996 Eléments de gestion de projet ENST Bretagne.
- [6] ANNE-MARIE HUGUES, 2002, Analyse et conception .

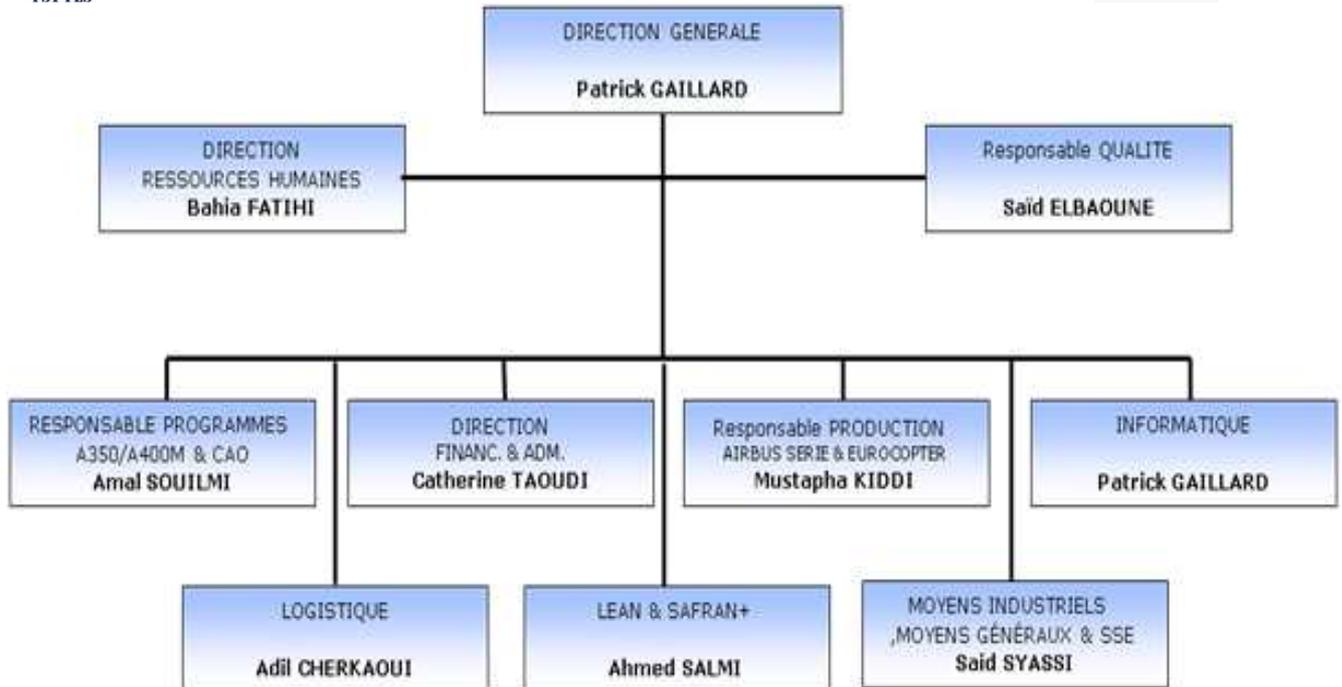
WEBOGRAPHIE

- [1] www.scribd.com/doc/4311706/Emballages-et-normes
- [2] www.safran-group.com/
- [3] www.airbus.com
- [4] www.logistiqueconseil.org/Articles/Logistique/SR-Emballage-manutention.htm
- [5] www.dunod.com/contenus-complementaires/choix-des-materiaux-en-conception-mecanique
- [6] www.framasoft.net/article3854.html
- [7] www.pointslash.info/dotclear/index.php/2007/05/06/4-tutorial-open-workbench-fr-1-10-la-liste-des-taches
- [8] www2.ulg.ac.be/ltas-cao/pdf_cao/guide_catia_v5.pdf

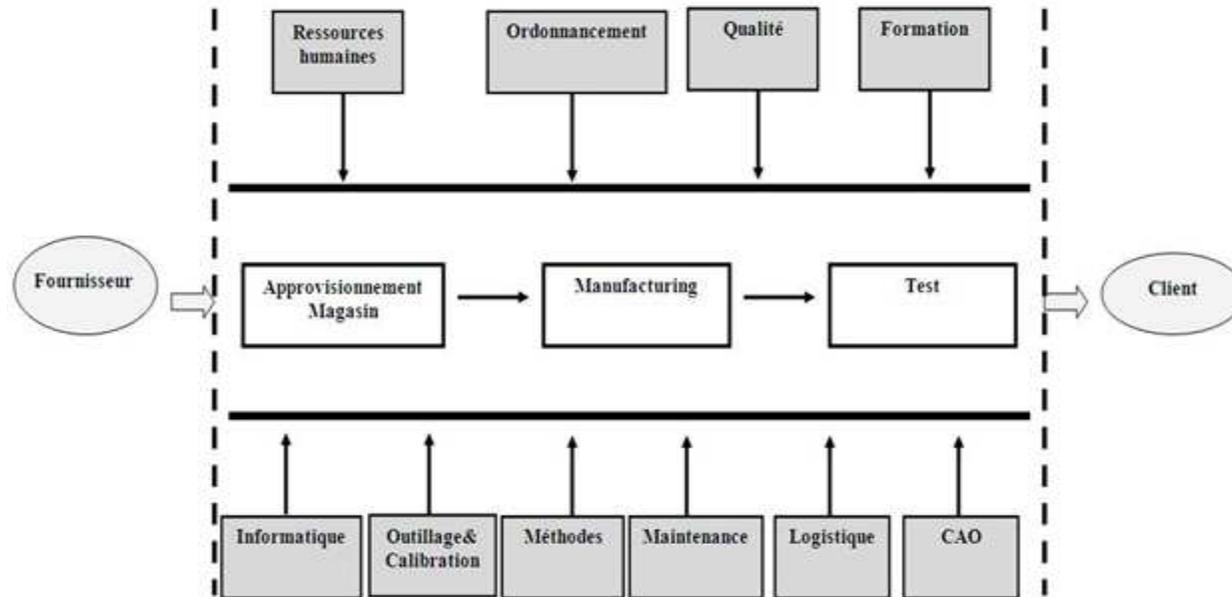


ANNEXES

Annexe 1 : Organigramme de LM

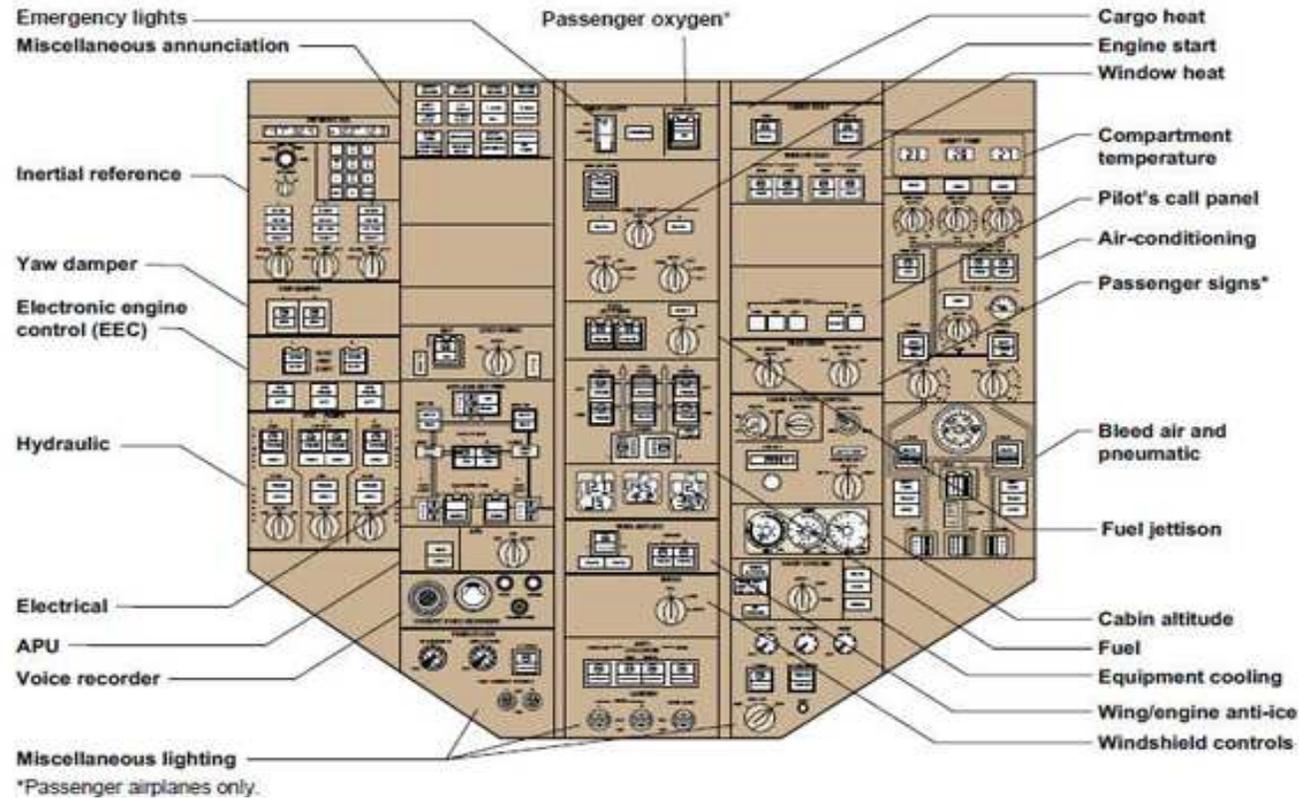


Annexe 2 : Services intervenant lors de la fabrication des harnais

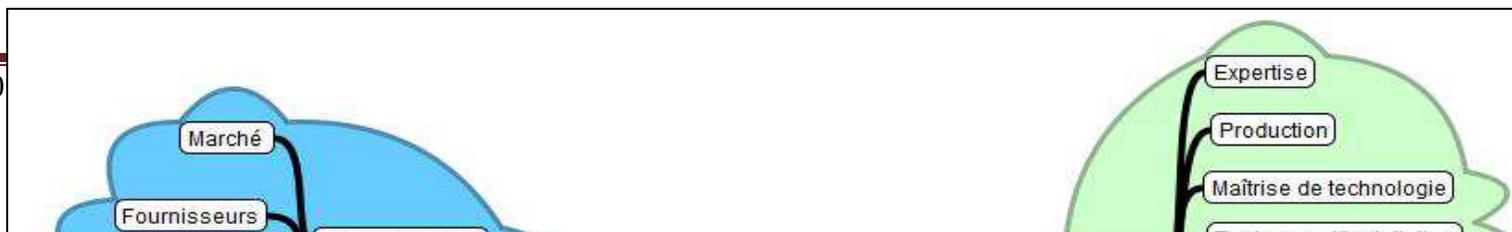


Annexe 3 : structure générale de l'OVERHEAD panel de l'avion

Overhead Panel 767-200ER/-300ER



Annexe 4: Inventaire des menaces, opportunités, forces et faiblesses sous Freemind

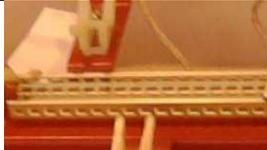




Planification et industrialisation du câblage du panneau
supérieur du cockpit de l'avion Airbus A350 XWB

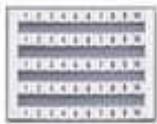


Annexe 5 : Matière noble

NOM	FONCTION	Image
Connecteurs/ prises	- Garantir un raccordement sécurisé et fiable entre le GSE et l'avion.	
Cosse de masse (VN)	- Assurer une parfaite conductibilité électrique dans l'avion	
Raccord	- Guider la sortie des câbles des connecteurs	
Contact (VP)	- Assurer la connexion entre câble et prise	
Modules de masse	- Assurer une parfaite conductibilité électrique dans l'avion.	
Barrette (VT)	- Assurer une parfaite conductibilité électrique dans l'avion.	
Raille	- Disposer les modules de masse et les barrettes	

Annexe 6 : matière non noble

NOM	FONCTION	Image
-----	----------	-------

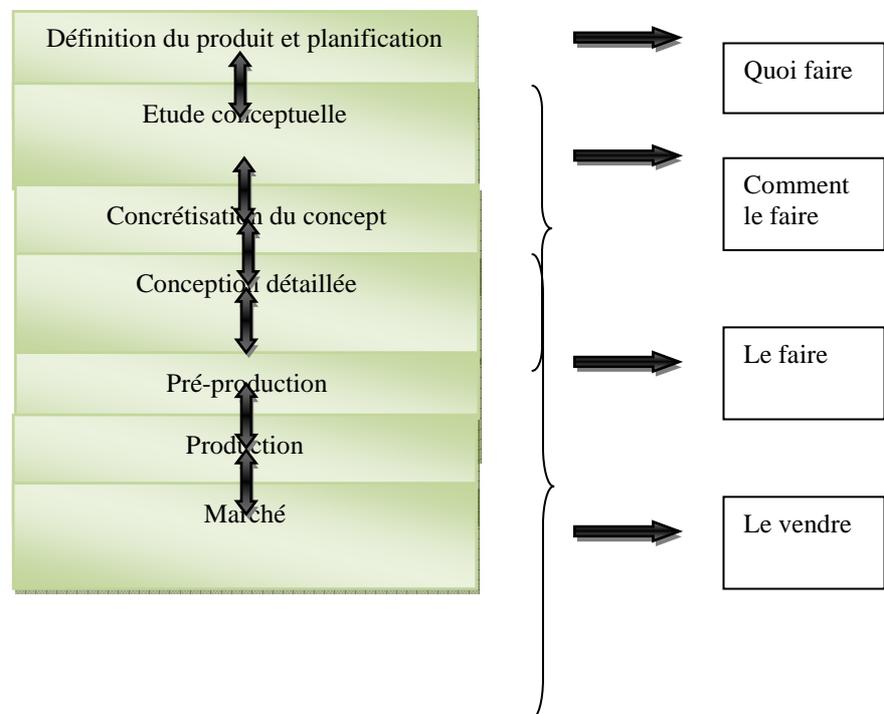
<p>Faux contacts en acier/ Obturbateurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Occuper les alvéoles non câblés au niveau des connecteurs 	
<p>Gaine</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Regrouper les câbles - Protéger les torons des câbles - Permettre une manipulation facile des torons 	
<p>Bobine de frette</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Regrouper les câbles sous forme de toron 	
<p>Tyraps</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Regrouper les câbles sous forme de toron après être gainés 	
<p>Étiquettes</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les modules de masse sur la barrette 	
<p>Plaquette route (plaquette prises en blanc)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier le nom de la prise et de la route 	

Annexe 7 : calcul du temps de planification des tâches

Tâches	Temps global du travail/heure	Pourcentage alloué	Heures normales de travail	Nombre de jours nécessaires à la tâche	valeur approchée
--------	-------------------------------	--------------------	----------------------------	--	------------------

Servi de la matière	655	0,02	8,75	1,497142857	2
Coupe et impression matière	655	0,06	24	1,6375	2
1er bout/2ème bout/intégration	655	0,28	8,75	20,96	21
Cheminement	655	0,58	8,75	43,41714286	44
Contrôle	655	0,03	8,75	2,245714286	3
test électrique	655	0,05	8,75	3,742857143	4
Emballage	655	0,01	8,75	0,748571429	1
Transport				6	6

Annexe 8 : le processus du design d'un produit (PDP)



Annexe 9 : Questionnaire pour l'identification des besoins OHP

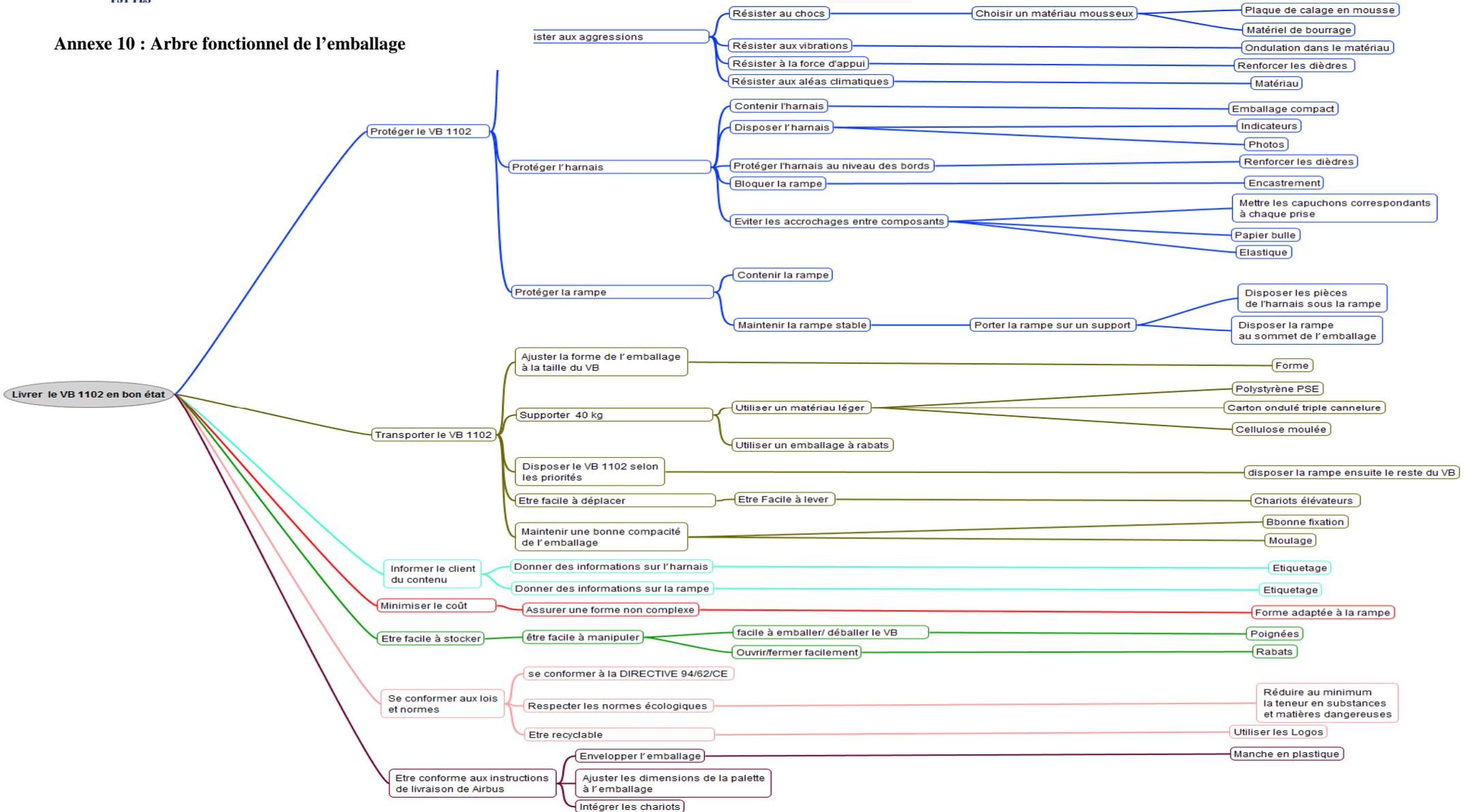
Questionnaire



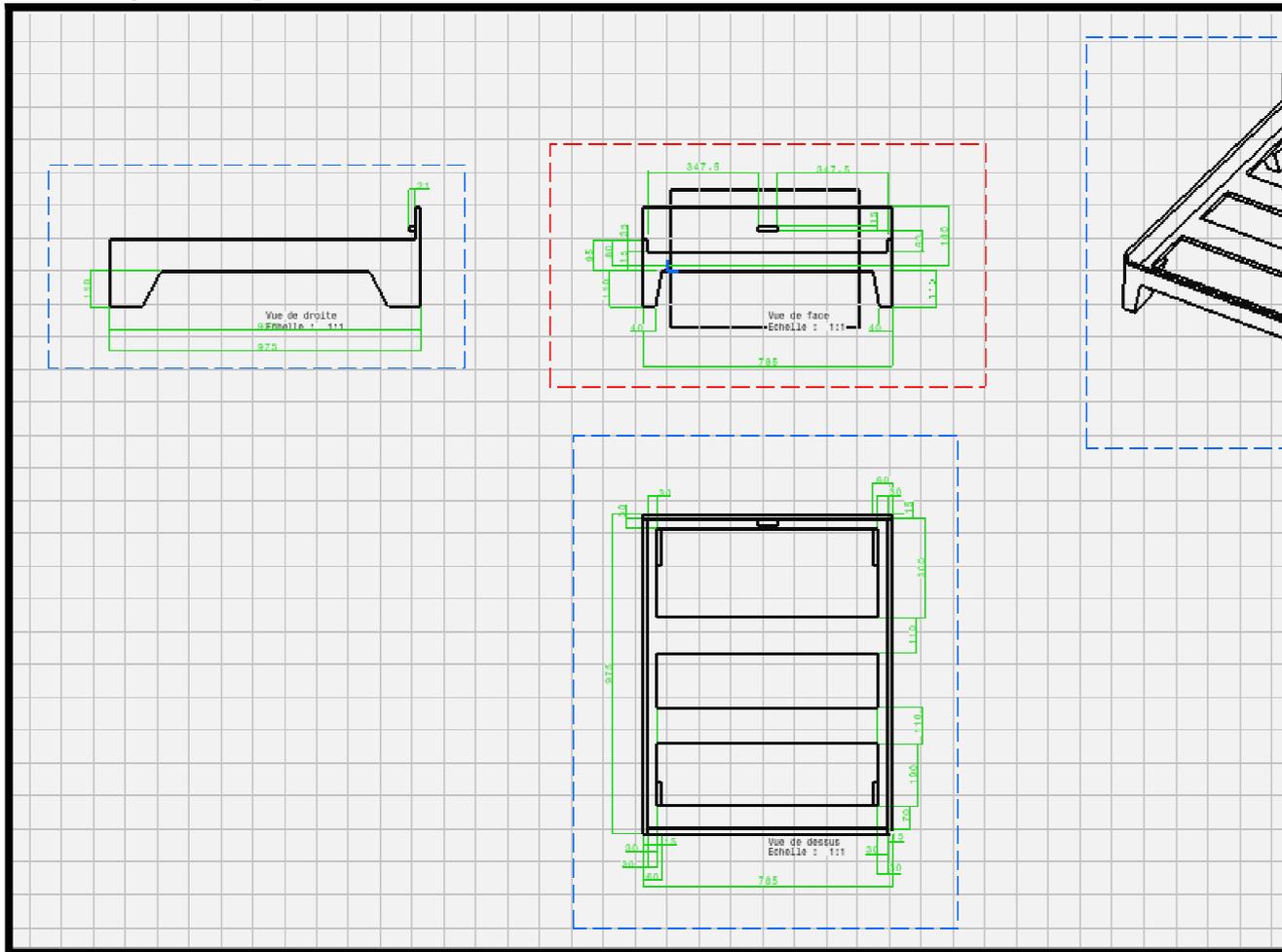
Planification et industrialisation du câblage du panneau supérieur du cockpit de l'avion Airbus A350 XWB



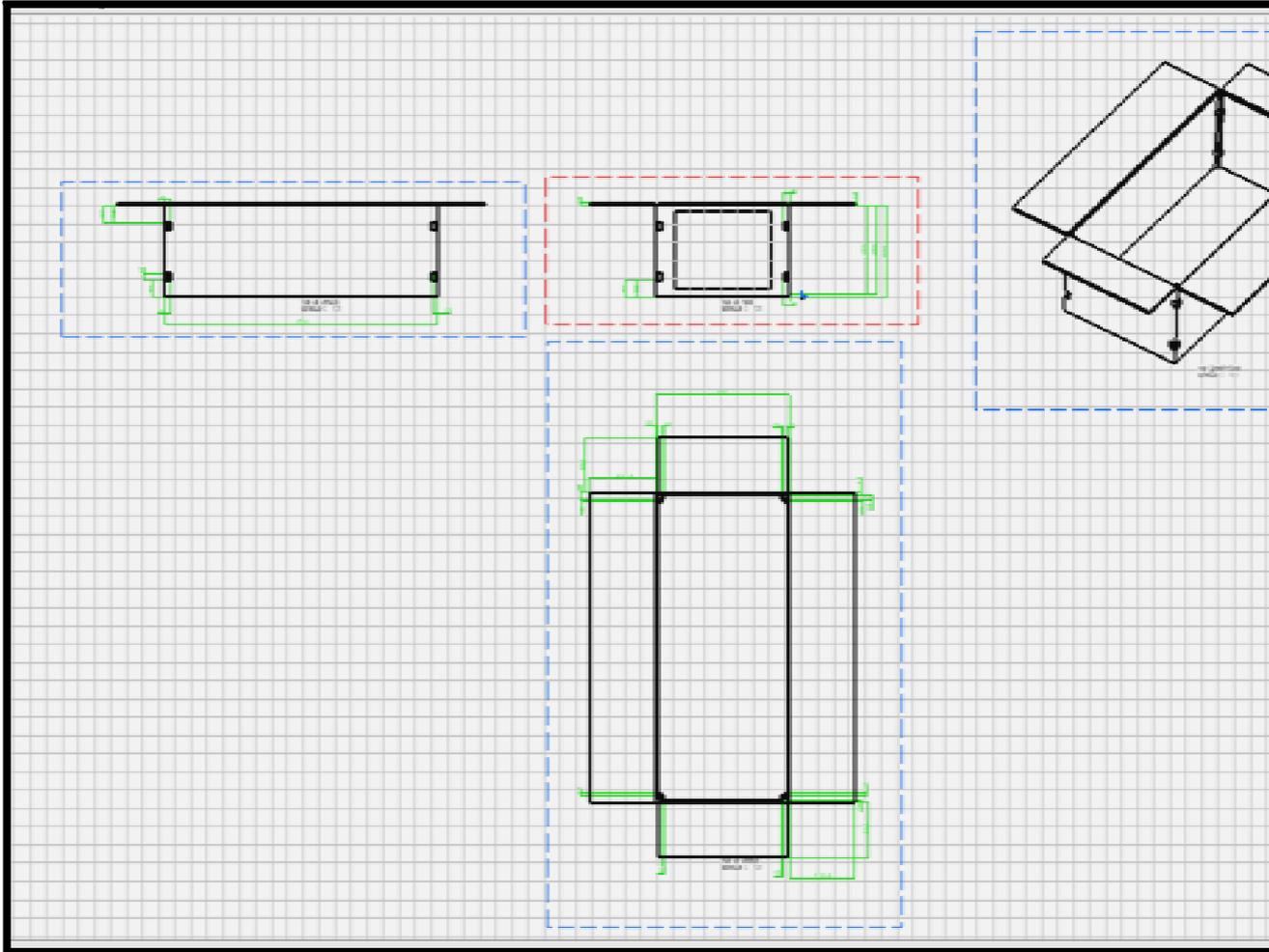
Annexe 10 : Arbre fonctionnel de l'emballage



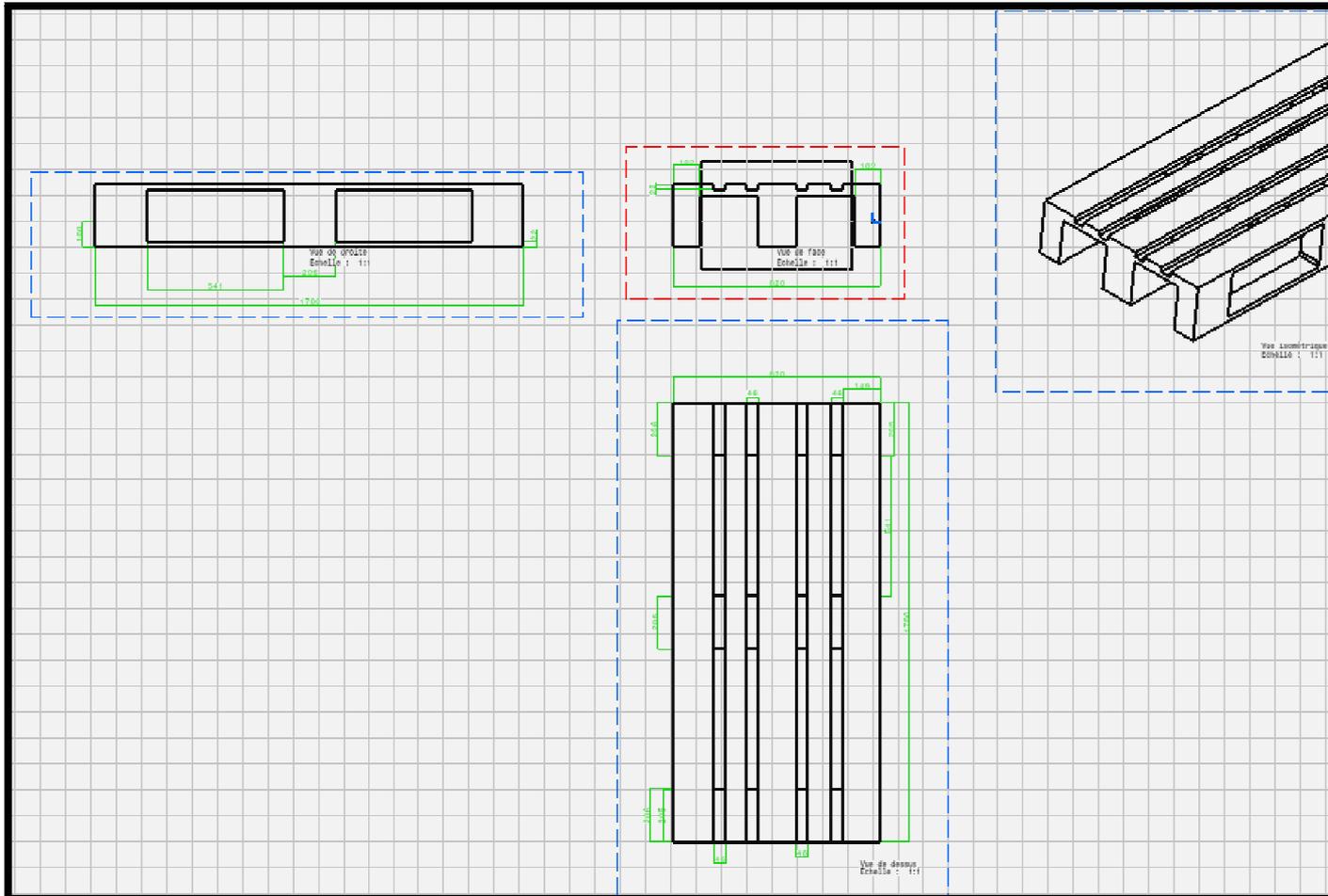
Annexe 11: Drawing de la rampe



Annexe 12 : Drawing de l'emballage en carton



Annexe 13 Drawing de la palette



Annexe 14 : Résumé du projet sous forme d'arbre fonctionnel sur FREEMIND

