



altran



PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : **Conception Mécanique et Innovation**

« Conception et développement de porte latérale avant droite »

Effectué au sein d'Altran Maroc

Soutenu le 02 juillet 2015

Réalisé Par :

BEN ABDELMAJID Smail

Jury:

- Pr. Mme. I. MOUTAOUAKKIL (FSTF)
- Pr. Mr. A. SEDDOUKI (FSTF)
- Pr. Mr. TAOUACH (FSTF)

Encadré par :

- Pr. Mme. I. MOUTAOUAKKIL (FSTF)
- Mr. Y. LAAMIRI (ALTRAN)
- Mr. KHALID HAKMAOUI (ALTRAN)

Année Universitaire : 2014-2015

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes profonds remerciements à :

Mme. I. MOUTAOUAKKIL, professeur à la FST de FES, qui m'a encadrée tout au long de ce travail. Je vous suis très reconnaissants pour vos précieux conseils, et pour le grand intérêt que vous avez porté à l'égard de mon projet, afin qu'il soit réalisé dans les meilleures conditions.

M. Yassine LAAMIRI Leader Service structureur, mon parrain industriel, qui par ses conseils et son aide précieuse m'a guidé tout au long de mon travail pour que ce projet de fin d'études soit fructueux et profitable.

Mr.K. HAKMAOUI, mon encadrant à Altran Maroc, qui s'est toujours montré coopératif et prévenant par ses conseils et ses recommandations, et qui a suivi de près mon travail malgré son emploi du temps très chargé.

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à Mr.A. SEDDOUKI et Mr.TAOUACH d'avoir l'honorée en tant que membre du jury.

Mes remerciements s'adressent également à tout le corps professoral de la FST de Fès, pour la qualité de son enseignement ainsi que sa disponibilité tout au long de ma formation.

Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes : Mme. Hayat JAMAOUI, M. Rachid EN-NOUR, Mme. Ahlam CHARIONE, M. Younes ALIOUI, et pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêts qu'ils m'a fait vivre durant cette période de stage sachant répondre à toutes mes interrogations.

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 et de mes remerciements.

Résumé

L'objectif du présent projet, inscrit dans le cadre de mon projet de fin d'études, effectué au sein de la société ALTRAN Maroc, est de faire la conception des pièces tôlerie de porte latérale avant droite.

Pour la réalisation de ce projet nous allons nous inspirer de la démarche DMAIC qui désigne une méthode en cinq étapes : Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer/Innover et Contrôler, dans ce contexte ce rapport contient quatre grandes parties.

La première partie définit le contexte général du projet ainsi que le cahier des charges imposées par le client, puis la définition du périmètre du projet. Dans la deuxième partie, nous allons faire une étude comparative qui consiste en premier temps à réaliser une analyse de la concurrence et ensuite un Benchmarking interne pour pouvoir s'inspirer à partir des solutions adaptées par les concurrents et par retour d'expérience de notre client dans le but d'introduire ces solutions dans la conception de notre porte latéral.

Dans la troisième partie, après avoir choisi les solutions adaptées pour mon projet, nous allons commencer la conception des pièces tôlerie de porte latérale avant, Quant au dernière partie, il présente les différentes vérifications et calculs pour assurer le bon fonctionnement de notre porte latérale, à savoir l'analyse de choc, la vérification des points de soudure électrique, l'analyse d'interférence, application de la règlement ECE26 sur le panneau extérieur de la porte

Abstract

The objective of this project, part of our graduation project, carried out within the company ALTRAN Morocco, is to design the sheet metal parts of front side door car.

For the realization of this project, we will learn from the DMAIC process, which refers to a five-step method: Define Measure Analyze Improve Control. In this context, this report contains four main sections.

The first part defines the overall context of the project and the specifications imposed by the client and defining the perimeter of the project. In the second part, we present an analysis of competition and internal benchmarking to be able to draw inspiration from the solutions adapted by the competitors and our customer experience feedback.

In the third part, after having chosen the right solutions for my project, we will start designing the sheet metal parts of front side door car, As for the last part, it presents the different verification to ensure the proper functioning of our side door, namely the shock analysis, checking electric welding points...

Préface : Innovation automobile :

Aujourd'hui, l'innovation est devenue une nécessité pour toute activité économique. L'innovation est l'occasion unique de se créer les avantages concurrentiels indispensables à la croissance et à la rentabilité. Elle est donc une véritable priorité pour un constructeur automobile qui doit convaincre chaque jour des milliers de clients dans le monde de choisir son produit parmi une offre abondante et ainsi faire la différence.

Pour créer cet avantage concurrentiel, l'entreprise doit être à l'écoute des besoins, exprimés ou latents, des clients et de la société. En parallèle, l'entreprise doit être capable d'assimiler et d'intégrer dans ses projets les possibilités offertes par les nouvelles technologies dont l'évolution a été exponentielle ces dernières années ; et c'est par le rapprochement de ces deux démarches que naissent les propositions d'innovation. Ces approches, dans certains cas antagonistes et dans d'autres synergiques, mettent sous tension les diverses facettes d'une automobile.

La voiture est un produit grand public complexe qui fait appel à une multitude d'expertises technologiques. Toutes ses fonctions sont en permanente ébullition et l'innovation peut se loger dans chacune d'entre elles et parfois même dans le concept tout entier. Pour retenir la bonne innovation et pour qu'elle atterrisse dans ses véhicules de demain, notre client a mis en place une démarche structurée. Ce processus est défini, de l'amont jusqu'à l'aval, autour d'un Plan de Recherche et d'Innovation. Par des étapes successives d'évaluation et de sélection, il permet de passer d'une idée à une réalisation concrète dans une logique de gestion par projet.

Innover, pour notre client, c'est déployer un processus organisé pour conduire la mutation permanente de l'automobile, dans ses composants élémentaires comme dans ses synthèses, pour au final proposer aux clients les produits qu'ils attendent plus ou moins consciemment. Innover, c'est aussi rêver le futur pour construire une vision à long terme de l'automobile afin de préparer dès aujourd'hui les grands enjeux de demain.

Automotive innovation:

Innovation is a necessity in all business sectors. Innovation means staying in the lead and driving progress. An innovating company is a living company with which customers identify more directly and more easily. Innovation provides a unique opportunity to create the competitive advantages that are vital to growth and profitability. It therefore makes all the difference for an automaker that must convince thousands of customers every day, around the world, to prefer its product to a host of competing ones.

To create this competitive advantage, the company must be attentive to the expressed or implicit needs of customers and society. At the same time, the company's programs must be capable of assimilating and integrating the potential offered by new technologies, which have grown exponentially in recent years. And it is the combination of these two approaches that engenders innovation proposals. These approaches—sometimes antagonistic, sometimes synergistic—create continuous pressure in the many areas of automobile design and production.

The automobile is a complex mass-market product that draws on a wide range of technological skills. All its functions are in perpetual effervescence: innovation may be embedded in each of them and sometimes even in the overall concept. To select the right innovation and ensure that its ends up in tomorrow's vehicles, our client has introduced a structured approach. The process is defined from end to end by a Research and Innovation Plan. Through successive assessment and selection stages, it provides a transition from idea to practical implementation within a project-management framework.

For our client, innovation consists in conducting an orderly process to manage the automobile's continuous change—in its basic components as well as in its aggregates. The end purpose is to offer customers the products they more or less consciously expect. Innovation also means thinking ahead to the long-term future of the automobile, so we can prepare today for the major challenges of tomorrow.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction générale.....	13
Chapitre I : Présentation d'organisme d'accueil.....	14
I.1 Altran : un Groupe international, un leader mondial [1].....	15
I.1.1 Introduction	16
I.1.2 Développement international.....	16
I.1.3 Faits et chiffres	16
I.1.4 Activités et métiers	17
I.2 Altran Maroc :.....	17
I.2.1 Mission :.....	17
I.2.2 Faits et chiffres :	17
I.2.3 Les Locaux d'Altran :.....	18
I.2.4 Organigramme :.....	19
Chapitre II : Description de projet.....	20
II.1 Contexte général du projet :	21
II.1.1 Stratégie de conception.....	21
II.1.2 Processus de réalisation.....	22
II.1.3 Cahier des charges :.....	24
II.1.4 Démarche de projet : DMAIC :.....	25
II.1.5 Planning du projet :	26
Chapitre III : Définition de périmètre	28
III.1 Introduction :	29
III.2 « Définition » de la structure automobile.....	29
III.2.1 Structure du véhicule (la carrosserie).....	29
III.2.2 Matériaux utilisés dans la structure automobile :	30
III.2.3 La porte latérale :.....	31
III.2.3.a La doublure :	32
III.2.3.b Renfort choc Latéral :.....	33
III.2.3.c Renfort Choc frontale :.....	33
III.2.3.d Renfort charnière :.....	33
III.2.3.e Renfort serrure :.....	34
III.2.3.f L'encadrement :.....	34
III.2.3.g Le raidisseur panneau :.....	34
III.3 Phase Mesurer : Analyse de concurrence :.....	35
III.3.1 Echantillon étudié :.....	35

Projet de fin d'études

III.3.2	Tableaux de comparaison :	36
III.3.2.a	Doublure :	36
III.3.2.b	Renfort choc latéral :	37
III.3.2.c	Renfort choc frontal :	38
III.3.2.d	Raidisseur panneau :	38
III.3.2.e	Renfort Serrure :	39
Chapitre IV : Benchmarking interne		40
IV.1	Phase Analyser : Benchmarking interne :	41
IV.1.1	Sections :	42
IV.1.2	Comparaison générale :	43
IV.1.2.a	La doublure :	43
IV.1.2.b	Raidisseur panneau :	44
IV.1.2.c	Raidisseur Doublure :	45
IV.1.2.d	Encadrement :	46
IV.1.2.e	Renfort charnière :	47
IV.2	Etude et Benchmarking sur les renforts de choc de porte avant :	48
IV.2.1	Parcours de la force en cas de choc latéral et frontal :	49
IV.2.2	Test crash EURONCAP :	49
IV.2.3	Crash test : pour aller plus loin ... [6] :	49
IV.2.4	La notation : [7] :	50
IV.2.5	Résultats de test Crash :	50
IV.2.6	Benchmarking renforts de choc :	50
IV.2.6.a	Benchmarking Renfort choc latéral :	51
IV.2.6.b	Analyse de Benchmarking Renfort choc latéral :	52
IV.2.7	Analyse par élément finie de renfort choc latéral :	56
IV.2.7.a	Modélisation par éléments finis sur Catia V5 :	56
IV.2.7.b	Résultat du test :	59
IV.2.7.c	Interprétation des résultats :	59
IV.2.7.d	Benchmarking Renfort choc frontal :	60
IV.2.7.e	Analyse Benchmarking Renfort choc frontal :	61
IV.2.7.f	Analyse par élément finie de renfort choc frontal :	61
IV.2.7.g	Résultats d'analyse :	62
IV.2.7.h	Interprétation des résultats :	63
IV.2.7.i	Conclusion :	63
Chapitre V : Conception et Evaluation		64
V.1	Phase Améliorer : Conception porte avant :	65
V.1.1	Introduction :	65

Projet de fin d'études

V.1.2	Conception :	65
V.1.3	Démarche de conception :	65
V.1.4	Objectif :	65
V.1.5	Outils de conception :	66
V.1.5.a	Catia V5 :	66
V.1.5.b	3DCOM :	66
V.1.6	Conception et Développement :	67
V.1.6.a	PLAN & OBJECTIFS :	67
V.1.7	Étapes de conception :	67
V.1.7.a	Le concept et le style	67
V.1.8	Démarche de conception :	68
V.1.8.a	Sertissage de Panneau :	69
V.1.8.b	La doublure :	75
V.1.8.c	Le renfort choc Frontal :	80
V.1.8.d	Renfort serrure :	82
V.1.8.e	L'encadrement :	83
V.1.8.f	Le Raidisseur panneau :	84
V.1.8.g	Renfort charnière :	85
V.1.8.h	Forme Final de porte latérale :	89
V.2	Phase Contrôler :	90
V.2.1	Réglementation Européenne ECE26 :	90
V.2.1.a	Définition de l'ECE26 :	90
V.2.1.b	Processus ECE26 :	90
V.2.1.c	Application de la réglementation ECE26 sur le panneau de la porte :	91
V.2.2	Vérification des Points de soudure électrique :	92
V.2.2.a	Le soudage par points électrique :	92
V.2.2.b	Règles de soudage :	92
V.2.2.c	Intégration des points de soudure électrique :	93
V.2.3	Analyse d'interférence :	94
V.2.4	Analyse de choc :	95
V.2.4.a	Application de maillage :	95
V.2.4.b	Choc frontal :	96
V.2.4.c	Résultats de choc frontal :	96
V.2.4.d	Choc latéral :	97
V.2.4.e	Résultats de choc latéral :	97
Conclusion	97
Bibliographie	98

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: CHIFFRE D'AFFAIRE D'ALTRAN (SOURCE SITE D'ALTRAN MAROC).....	16
FIGURE 2: LES LOCAUX D'ALTRAN MAROC AU PARC CASANEARSHORE.....	18
FIGURE 3: L'ORGANIGRAMME D'ALTRAN MAROC.....	19
FIGURE 4: L'ORGANIGRAMME DU DEPARTEMENT CARROSSERIE.....	19
FIGURE 5: SCHEMATISATION DU PROCESSUS DE REALISATION D'UN VEHICULE.....	22
FIGURE 6: LES DEMARCHES DE PRODUCTION D'AUTOMOBILE.....	23
FIGURE 7: EVOLUTION DE LA DEMANDE D'IMMATRICULATION DE VOITURE.....	24
FIGURE 8: DEMARCHE DMAIC.....	25
FIGURE 9: DIAGRAMME GANT DU PROJET.....	27
FIGURE 10: STRUCTURE DE VEHICULE.....	29
FIGURE 11: PORTES LATERALES DROITE.....	30
FIGURE 12: PIECES TOLERIE DE PORTE LATERALE.....	31
FIGURE 13: LA DOUBLURE DE PORTE LATERALE.....	32
FIGURE 14: LA POSITION DE RENFORT DE CHOC LATERAL DANS LA PORTE.....	33
FIGURE 15: LA POSITION DE RENFORT DE CHOC FRONTAL DANS LA PORTE.....	34
FIGURE 16: A POSITION DE RENFORT CHARNIERE DANS LA PORTE.....	35
FIGURE 17: LA POSITION DE RENFORT CHARNIERE DANS LA PORTE.....	40
FIGURE 18: LA POSITION DE RENFORT SERRURE DANS LA PORTE.....	42
FIGURE 19: LA POSITION DE L'ENCADREMENT DANS LA PORTE.....	44
FIGURE 20: LA POSITION DE RAIDISSEUR PANNEAU DANS LA PORTE.....	46
FIGURE 21: LA POSITION DE L'ENCADREMENT DANS LA PORTE.....	48
FIGURE 22: LES 5 VEHICULES CHOISIS POUR L'ANALYSE CONCURRENCE.....	50
FIGURE 23: SECTION SUR L'ENSEMBLE DES COMPOSANTS DE PORTE LATERALE DES 3 VEHICULES.....	53
FIGURE 24: RENFORT DE CHOC LATERAL.....	55
FIGURE 25: RENFORT DE CHOC FRONTAL.....	58
FIGURE 26: PARCOURS DE FORCE EN CAS DE CHOC LATERAL ET FRONTAL.....	59
FIGURE 27 : CONDITIONS AUX LIMITES.....	58
FIGURE 28: LA POSITION DE CHARGES APPLIQUEES.....	58
FIGURE 29: DEMARCHE DE CONCEPTION DE PORTE LATERALE.....	68
FIGURE 30: EXEMPLES D'OUVRANTS SUR VEHICULES QUI SONT ASSEMBLES PAR SERTISSAGE.....	69
FIGURE 31: SERTISSAGE ROBOTISE.....	70
FIGURE 32 OPERATIONS DE TOMBAGE, DE PRE SERTISSAGE ET DE SERTISSAGE DES TOLES METALLIQUES.....	70
FIGURE 33: SCHEMATISATION DES DIFFERENTES GEOMETRIES DE SERTISSAGES EXISTANTES :.....	71
FIGURE 34 : CAHIER DE CHARGES DU SERTISSAGE.....	72
FIGURE 35 : STYLE DU PANNEAU EXTERIEUR.....	72
FIGURE 36 : SERTISSAGE DU PANNEAU.....	73
FIGURE 37: LA PIEUVRE DE LA DOUBLURE.....	75
FIGURE 38: LES DONNEES D'ENTREE DE LA DOUBLURE.....	76
FIGURE 39: LES DIFFERENTES DE ZONES DE LA DOUBLURE.....	76
FIGURE 40: SECTION MONTRE LE JEU CINEMATIQUE ENTRE LA DOUBLURE ET LE COTE HABITACLE.....	77
FIGURE 41: POSITION DE L'EMBOUTI DANS LA DOUBLURE.....	77
FIGURE 42: INTERFACES INGEREES DANS LA DOUBLURE.....	78
FIGURE 43: FIXATION DE GARNITURE DE PANNEAU DE PORTE.....	78
FIGURE 44: TROU AGRAFE.....	79
FIGURE 45: POSITION DES TROUS AGRAFE DANS LA DOUBLURE.....	79
FIGURE 46: TROU AGRAFE CHOC.....	79
FIGURE 47: POSITION DES TROUS SERRURE DANS LA DOUBLURE.....	79

Projet de fin d'études

FIGURE 48: TROU DE PASSAGE	80
FIGURE 49: TROU DE PILOTE	80
FIGURE 50: POSITION D'INTERFACE SERRUE ER D'INTERFACE ARRET DE PORTE	80
FIGURE 51: LA PIEUVRE DE RENFORT CHOC FRONTAL	80
FIGURE 52: L'APPUI DE LA DOUBLURE	81
FIGURE 53: FORME DE RENFORT CHOC FRONTAL	81
FIGURE 33: L'APPUI DE LA DOUBLURE.....	81
FIGURE 54: FORME DE RENFORT CHOC FRONTAL	81
FIGURE 55: L'ESQUISSE DE CONCEPTION DE RENFORT	81
FIGURE 56: POSITION DE RENFORT DE CHOC FRONTAL	81
FIGURE 37: L'ESQUISSE DE CONCEPTION DE RENFORT .	81
FIGURE 58: POSITION DE RENFORT DE CHOC FRONTAL	81
FIGURE 59: LA PIEUVRE DE RENFORT SERRUREREGLÉ METIERS.....	82
FIGURE 60: LA PIEUVRE DE RENFORT SERRURE	82
FIGURE 61: DEMARCHE DE CONCEPTION DE RENFORT SERRURE	82
FIGURE 63: LES ZONES D'APPUI DE RENFORT SERRURE	83
FIGURE 64: POSITION DE RENFORT SERRURE	83
FIGURE 65: LA PIEUVRE DE L'ENCADREMENT	83
FIGURE 66: LES DONNÉES D'ENTRÉE DE L'ENCADREMENT.....	84
FIGURE 67: LA PIEUVRE DE RAIDISSEUR PANNEAU	84
FIGURE 68: LES DONNÉES D'ENTRÉE DE RAIDISSEUR PANNEAU	85
FIGURE 69: LA PIEUVRE DE RENFORT CHARNIERE	85
FIGURE 71: LES DONNÉES D'ENTRÉE DE RENFORT CHARNIERE.....	86
FIGURE 72 : CONSTRUCTION DU VOLUME DU RENFORT CHARNIERE	86
FIGURE 73 : CONSTRUCTION DU VOLUME DU RENFORT CHARNIERE	86
FIGURE 74: FORME FINALE DE RENFORT CHARNIERE.....	87
FIGURE 75: PIÉCES TOLÉRIE FINALES DE PORTE LATÉRALE AVANT.....	89
FIGURE 76: PROCESSUS D'ANALYSE ECE 26	90
ANALYSE ECE 26 :	90
FIGURE 77: PROCESSUS D'ANALYSE ECE 26	90
FIGURE 78: PRE-ANALYSE DES VALEURS DES RAYONS EN COURBURE	91
FIGURE 79: LES ZONES POTENTIELLEMENT NON CONFORMES.....	91
FIGURE 80: RESULTATS D'ANALYSE ECE 26.....	91
FIGURE 81: LES ZONES DES POINTS CRITIQUES ET CONTACTABLES	91
FIGURE 62: RESULTATS D'ANALYSE ECE 26..	91
FIGURE 83: LES ZONES DES POINTS CRITIQUES ET CONTACTABLES	92
FIGURE 84: INTEGRATION DES POINTS DE SOUDURE ELECTRIQUE	93
FIGURE 85: RESULTATS DE CALCULS D'INTERFERENCE	94
FIGURE 86: CALCUL D'INTERFERENCE	94
FIGURE 87: MAILLAGE DE PORTE LATÉRALE	95
FIGURE 88: LES CONDITIONS AUX LIMITES	96
FIGURE 89: RESULTATS DES CONTRAINTES DE VON MISES	96
FIGURE 90: RESULTATS DE DEPLACEMENT DE CHOC FRONTAL.....	97
FIGURE 91: LES CONDITIONS AUX LIMITES DE CHOC LATÉRAL.....	97
FIGURE 92: RESULTATS DES CONTRAINTES DE VON MISES	97
FIGURE 93: POSITION DES CONTRAINTES LES PLUS SOLLICITEES	98
FIGURE 94: RESULTATS DE DEPLACEMENT DE CHOC LATÉRAL.....	98

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: PLANNING DE DEROULEMENT DE PROJET DE FIN D'ETUDES	26
TABLEAU 2: TABLEAU COMPARATIF DES DOUBLURES DES 5 VEHICULES	36
TABLEAU 3: TABLEAU COMPARATIF DES RENFORTS DE CHOC LATERAL DES 5 VEHICULES	37
TABLEAU 4: TABLEAU COMPARATIF DE RAIDISSEUR PANNEAU DES 5 VEHICULES.....	46
TABLEAU 5: TABLEAU COMPARATIF DE RENFORT SERRURE DES 5 VEHICULES	46
TABLEAU 6: PORTE LATERAL DES 3 VEHICULES.....	45
TABLEAU 7: COMPARAISON DE DOUBLURE DES 3 VEHICULES	45
TABLEAU 8: COMPARAISON DE RAIDISSEUR PANNEAU DES 3 VEHICULES	45
TABLEAU 9: COMPARAISON DE RAIDISSEUR DOUBLURE DES 3 VEHICULES	45
TABLEAU 10: COMPARAISON DE L'ENCADREMENT DES 3 VEHICULES	46
TABLEAU 11: COMPARAISON DE RENFORT CHARNIERE DES 3 VEHICULES	47
TABLEAU 12: RESULTATS DE TEST CRASH EURONCAP DES 3 VEHICULES	50
TABLEAU 13: BENCHMARKING DE RENFORT CHOC LATERAL.....	51
TABLEAU 14: COMPOSITION CHIMIQUE (% EN POIDS) DE LA NUANCE D'ACIER 22MNB5	52
TABLEAU 15: COMPOSITION CHIMIQUE (% EN POIDS) DE LA NUANCE D'ACIER E390D.....	54
TABLEAU 16: COMPOSITION CHIMIQUE (% EN POIDS) DE LA NUANCE D'ACIER ES	54
TABLEAU 17: RESULTATS D'ANALYSE PAR ELEMENT FINIE DES RENFORTS DE CHOC LATERAL.....	62
TABLEAU 18: BENCHMARKING DE RENFORT CHOC FRONTAL.....	60
TABLEAU 19: RESULTATS D'ANALYSE PAR ELEMENT FINIE DES RENFORTS DE CHOC FRONTAL.....	62

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1: MODELE DE DEPART DE L'ARBORESCENCE DE CONCEPTION.....	101
ANNEXE 2: LES DIFFERENTES PHASES D'UN CYCLE DE SOUDAGE.....	101
ANNEXE 3: L'ATELIER UTILISE POUR LA CONCEPTION DES PIECES.....	102
ANNEXE 4: REGLE METIER 3P.....	102
ANNEXE 7: RESULTATS TEST CRASH DES 3 VEHICULES	103

INTRODUCTION GENERALE

Fort de sa position géopolitique et de son savoir-faire, le Royaume s'impose comme un fer de lance de l'automobile sur le continent. L'industrie automobile marocaine a enregistré une croissance remarquable au cours des dix dernières années. Une progression fulgurante qui n'est pas près de s'arrêter, puisque le Maroc est en train de se hisser parmi les plus grands constructeurs d'automobiles du monde.

Altran, étant séduit par tous ces faits, le leader de l'ingénierie et de l'innovation s'installe dans le parc d'offshoring Casanearshore renforçant ainsi les activités Nearshore avec l'Europe dans les domaines de la mécanique, l'automatique et l'électronique.

Vu la grande importance du Projet de fin d'études dans la formation d'ingénieur qui se présente comme un projet complet en situation professionnelle et marquant en même temps la fin de la formation, J'ai jugé nécessaire de bien choisir le contexte où il va se structurer et prendre sa forme finale, alors mon choix s'est dirigé vers Altran Maroc dont l'activité dispose d'un lien direct avec la nature de ma formation d'ingénieur et dont la stratégie se base essentiellement sur la collaboration et le travail en groupe qui développe une dynamique du groupe et un travail collectif me mettant en conséquent sur le droit chemin pour mettre en pratique les enseignements reçus au sein de notre faculté et me permettant ainsi d'affirmer mon savoir-faire et à considérer mes compétences.

Mon entrée à Altran Maroc a eu lieu au début Mars 2015, et a commencé par une formation dans l'outil CATIA et spécialement dans le module de Surfacing pour avoir la compétence nécessaire pour mener à bien un projet dans le secteur automobile au sens d'Altran, mon équipe fait partie du département Carrosserie/CAO spécialisé dans la conception des pièces de tôlerie.

Le sujet proposé par Altran Maroc consiste à faire la conception de porte latérale avant, pour cela la démarche suivie consiste dans un premier temps à découvrir le périmètre étudié, ensuite de réaliser une analyse de concurrence afin d'en tirer les bonnes idées de concurrence et déterminer les solutions utilisées pour chaque constructeur et de Comparer les solutions techniques de chaque élément de la porte avant de véhicule, et analyser le choix des solutions de chaque constructeur.

La troisième étape consiste à faire une analyse Benchmarking interne ayant pour objectif de définir les politiques techniques et Orientations du client, et de choisir les solutions adaptés pour notre conception finale. La quatrième étape s'agit de faire la conception des pièces tôlerie de porte latéral et finalement, et pour prouver le bon comportement de notre conception nous allons effectuer des vérifications à savoir l'analyse de choc et la vérification des points de soudure électrique...

I CHAPITRE 1

Présentation de l'organisme d'accueil

Les femmes et les hommes d'Altran ont de commun qu'ils nourrissent l'innovation et lui donnent vie. Chaque jour, à travers des projets nombreux et variés qui permettent à leurs clients d'être plus performants, ils sont au cœur de la chaîne de valeur de l'innovation sur laquelle ils ont possibilité d'évoluer tout au long de leur parcours au sein du groupe.

I.1 Altran : Un groupe international, un leader mondial [1]

I.1.1 Introduction

Altran Technologies est le 1er groupe européen de conseil et d'ingénierie en innovation technologique, Altran accompagne les entreprises dans leurs processus de création et développement de nouveaux produits et services. Le groupe couvre toutes les phases du cycle de vie d'un projet, de sa définition (veille technologique, études de faisabilité technique, définition des stratégies, etc.) à sa concrétisation (conception, mise en œuvre et validation de solutions, etc.). Le chiffre d'affaires, qui dépasse les 2 Milliards d'Euros en 2014, par domaine d'activité se répartit comme suit :

- conseil en technologie, et en recherche & développement (74%) ;
- conseil en organisation et en systèmes d'information (26%).

Le Groupe intervient depuis près de 30 ans auprès des plus grands acteurs des secteurs aérospatiaux, automobile, énergie, ferroviaire, finance, santé, télécommunications, etc. Les offres du Groupe, déclinées depuis les phases du plan stratégique en matière de technologies nouvelles jusqu'aux phases d'industrialisation, assurent la capitalisation du savoir.

I.1.2 Développement international

Groupe d'envergure internationale, Altran est présent dans plus de vingt pays répartis entre l'Europe, l'Asie et les Amériques. En qualité de partenaire stratégique, Altran propose un accompagnement global des projets de ses clients tout en garantissant un niveau constant de service. Le Groupe a également souhaité conserver une dimension locale afin de permettre un accompagnement spécifique sur des marchés dédiés et de proximité.

I.1.3 Faits et chiffres

-Créé en 1982, soit plus de 30 années d'expertise dans le domaine du conseil en innovation et en ingénierie technologique et scientifique

-150 filiales implantées dans 20 pays en Europe, aux États-Unis, en Amérique Latine et en Asie

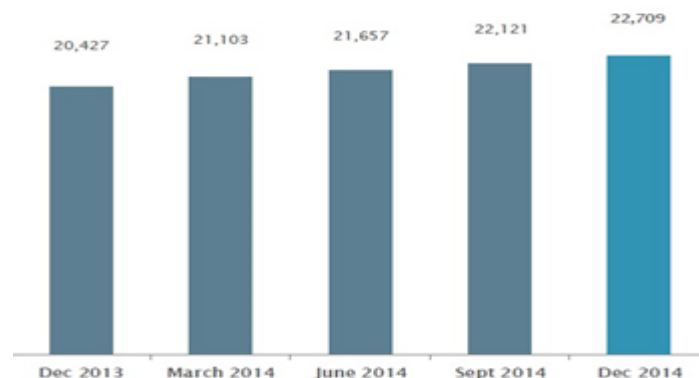


Figure 1: Chiffre d'affaire d'Altran (source site d'Altran Maroc)

I.1.4 Activités et métiers

Altran soutient ses clients tout au long du cycle de vie de leurs projets et produits via une offre performante :

- Conseil en Management et Stratégie
- Conseil en Technologies et R&D
- Conseil en Systèmes d'Information

I.2 Altran Maroc :

I.2.1 Mission :

A travers son implantation au Maroc, Altran a souhaité disposer d'une plateforme nearshore afin d'accompagner le développement international du groupe dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique et du transport. Il s'agit en effet d'accompagnement des clients Altran dans leur stratégie d'innovation, d'optimisation de coût et d'internationalisation.

L'entité marocaine a également pour ambition d'être un acteur de proximité au service des grands comptes clients d'Altran installés sur le territoire national. Dans le cadre de la stratégie « émergence » lancé par le gouvernement marocain, de nombreuses sociétés étrangères, et à fort développement, s'y sont installées. Altran Maroc s'intéresse notamment à celles évoluant dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique et de l'énergie renouvelable.

Enfin, Altran Maroc s'appuie sur la stratégie offshoring mise en place par le gouvernement marocain offrant des avantages optimisant fortement la composante compétence / coût (spécialisation des parcours supérieurs dans les métiers de l'offshoring, plans de formation, attractivité des salaires, fiscalité,)

A moins de 3h d'avion des principales capitales européennes, ainsi qu'à moins de 2h de jetlag et dans une forte proximité culturelle et linguistique avec l'Europe, Altran Maroc s'intègre comme une extension d'Altran Europe.

I.2.2 Faits et chiffres :

- **Date de création** : 2013
- **Implantation** : Casablanca
- **Effectif** : près de 300 collaborateurs (fort développement en cours)
- **Industries principales** : Automobile, Infrastructure, Transports, Aéronautique et Énergie
- **Solutions principales** : nos solutions couvrent cinq domaines technologiques principaux :



INNOVATIVE
PRODUCT
DEVELOPMENT



INTELLIGENT
SYSTEMS



LIFECYCLE
EXPERIENCE



INGÉNIERIE
MÉCANIQUE

I.2.3 Les Locaux d'Altran :



Figure 2: Les locaux d'Altran Maroc au parc Casanearshore

Altran Maroc est installé au parc casanearshore à Casablanca, capitale économique du Maroc. Ce parc dédié aux activités de Near shore (BPO, ITO...) avec plus de 300 000 m² de bureaux, est le plus grand parc de ce type au Maroc et en Afrique du Nord. Il se caractérise également par une proximité de l'aéroport international de Casablanca et des principaux accès autoroutiers.

Les locaux d'Altran offrent un cadre de travail aux standards européens avec des facilités technologiques (fibre optique, salles de visio-conférence équipée...) et des espaces de vie (kitchenettes, espace d'échanges....).

Le choix d'aménagement a été motivé par le travail collaboratif, la performance et le respect mutuel (open space aérés par type d'activité, salles de réunion...). La sécurité est une composante importante des locaux aussi bien sur les aspects physiques (contrôle d'accès, salle blanche pour les équipements informatiques...) que les aspects logiques (VPN, firewall...)



I.2.4 Organigramme :

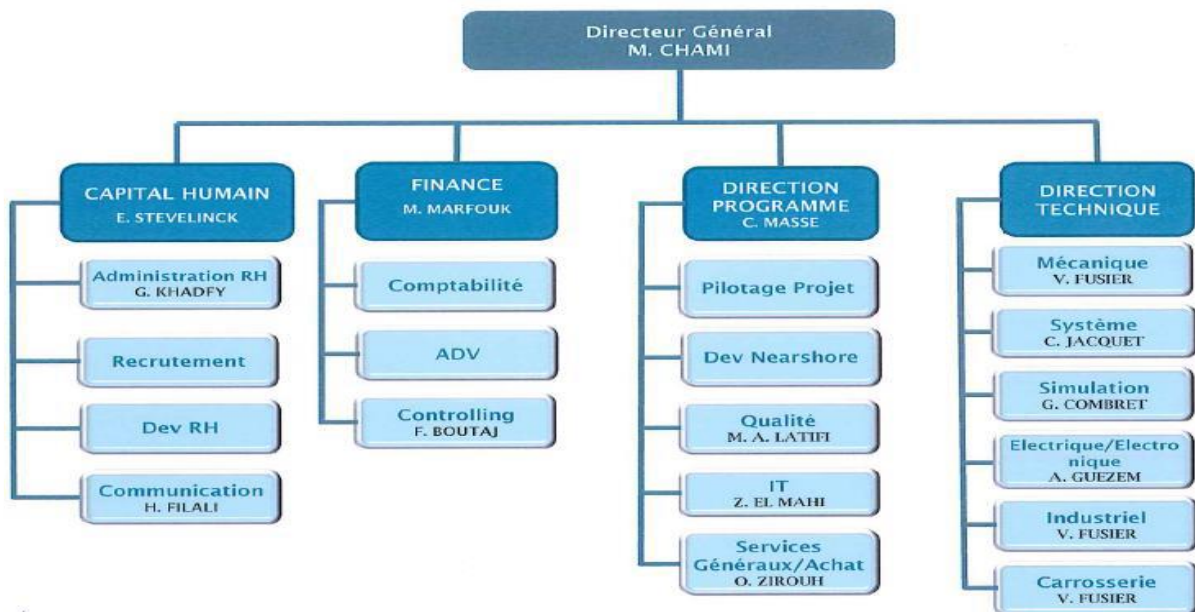


Figure 3: L'organigramme d'Altran Maroc

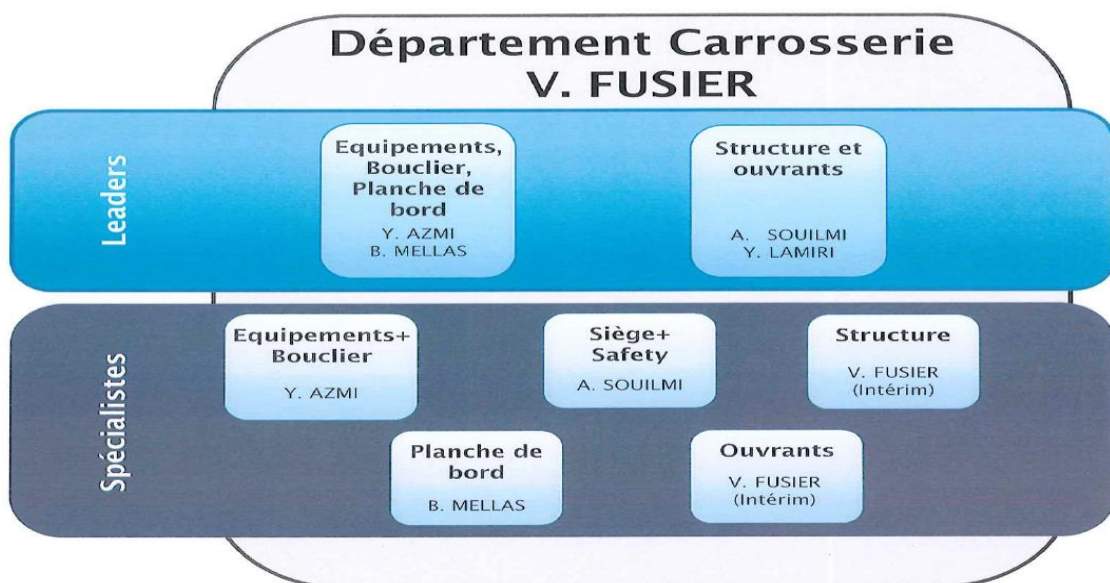


Figure 4: l'organigramme du Département Carrosserie

II CHAPITRE 2

Description du projet

Ce chapitre présente en premier lieu le contexte général et le cahier des charges du projet, et en second lieu la démarche suivie pour la résolution du problème, et à la fine le planning prévu de projet.

II.1 Contexte général du projet :

II.1.1 Introduction :

Dans un contexte compétitif, les constructeurs automobiles font face à plusieurs défis. Une stratégie de conception et une bonne maîtrise du processus de réalisation du véhicule s'imposent.

Lors de la description du projet, je vais éclaircir les axes principaux de la stratégie de conception que je vais suivre pour réaliser ce projet. Le développement du périmètre porte avant doit respecter le cahier de charge du client qui impose plusieurs valeurs et contraintes.

DMAIC est une méthode de résolution de problème, elle repose sur une démarche structurée en 5 étapes, je vais suivre cette démarche pour aboutir à la réalisation du présent sujet, Une planification du projet va nous permettre de déterminer et ordonnancer les tâches du projet et estimer leurs charge, elle représente un outil indispensable pour déterminer si les objectifs sont réalisés ou dépassés

II.1.2 Stratégie de conception

La mondialisation des échanges exerce une pression commerciale forte sur les entreprises. Cette pression est particulièrement forte dans les pays développés qui doivent faire face à la concurrence de pays émergents qui proposent des produits performants et bon marché. Dans ce contexte, la compétitivité des entreprises passe par trois axes d'amélioration majeurs :

- la diminution des délais de conception,
- la diminution des coûts,
- l'amélioration de la qualité du produit.

➤ **Réduction des délais de conception**

Les entreprises doivent renouveler de plus en plus vite leurs produits pour rester en phase avec les attentes des consommateurs. Les services commerciaux multiplient les études marketing pour s'informer des derniers besoins des clients. A partir de ces informations et en fonction de la politique commerciale de l'entreprise, on définira les cahiers des charges des produits. La réduction des délais de conception contribue à la flexibilité de l'entreprise en lui autorisant une plus grande réactivité au marché.

D'autre part, diminuer les délais de conception permet également de diminuer les risques liés à un projet donné en réduisant son retour sur investissement. Les entreprises peuvent ainsi plus facilement s'autoriser des politiques audacieuses et conquérir de nouveaux marchés.

➤ **Réduction des coûts**

La maîtrise des coûts de développement et de production se traduit essentiellement par la standardisation des outils de conception, des procédés de fabrication et des composants d'un véhicule. Elle permet de réaliser des fortes économies d'échelle qui augmentent la rentabilité des projets.

➤ Amélioration de la qualité

Dans le secteur automobile, l'amélioration des performances est liée à l'introduction de solutions innovantes concernant des matériaux, des procédés de fabrication ou des systèmes mécatroniques. Elle permet d'entretenir l'image de marque de l'entreprise et de lui assurer l'obtention de marches à plus forte valeur ajoutée.

La qualité peut se traduire en exigences de sécurité. La sécurité de l'utilisateur passe par l'assurance que le système (un véhicule ou l'un de ses composants) fonctionne correctement malgré la variabilité du produit et des conditions d'utilisation.

Les principales activités d'ALTRAN sont l'ingénierie Produit et l'ingénierie Process dans tous les secteurs d'activités.

- L'ingénierie Produit consiste en l'étude, la conception et la réalisation d'un produit (ex : l'étude, la conception et la réalisation d'une pièce appartenant à une automobile).
- L'ingénierie Process consiste en l'étude, la conception et la réalisation de processus de production ou moyens de production (ex : l'étude, la conception et la réalisation d'une ligne de production automobile).

II.1.3 Processus de réalisation

ALTRAN est capable d'intervenir à partir de la phase IS (Ingénierie Simultanée) en prestation chez le client, jusqu'à l'étude d'outillages en interne.

La phase IS sert à valider les grandes lignes d'un processus de production lors de la conception du produit (vérifier que l'on est capable de concevoir le produit en respectant le CDC client).

L'étude et la faisabilité des moyens d'assemblage automobile sont effectuées pour les sites de production Automobile, plus précisément pour le service ferrage.

Dans l'automobile, le schéma de développement d'un véhicule est défini de la manière suivante :

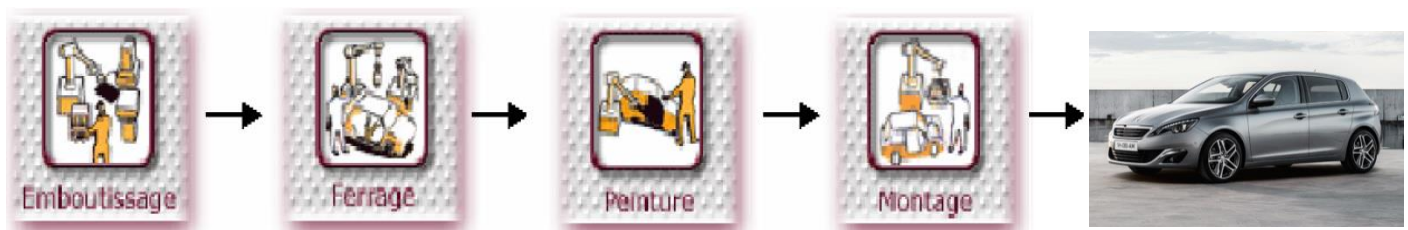


Figure 5: Schématisation du processus de réalisation d'un véhicule

Le ferrage est l'assemblage des différentes pièces d'une carrosserie automobile, dans le but d'obtenir une caisse en blanc (constituée de toute la carrosserie de la voiture, sans les organes mécaniques, et électriques). Ces pièces, qui sont essentiellement issues de l'emboutissage, confèrent après assemblage l'aspect définitif de la voiture. Ensuite la caisse est peinte, puis sont montés les éléments mécaniques, électriques et autres afin d'obtenir le véhicule final comme le montre le schéma ci-dessus.

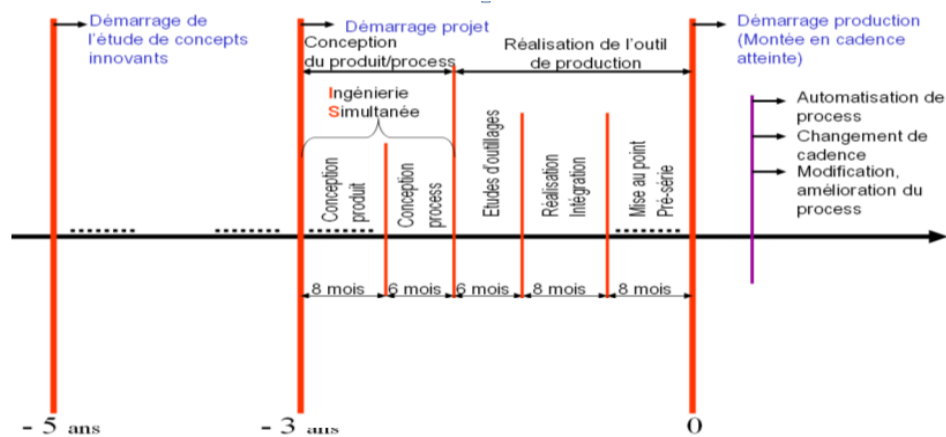


Figure 6 : Les démarches de production d'automobile

Il est possible de distinguer dans l'automobile deux types d'innovations majeures :

- Les innovations visibles : il peut s'agir d'un concept de véhicule nouveau, ou d'un équipement nouveau – comme un système de freinage innovant ;
- Les innovations « invisibles » contribuant à la compétitivité : ces innovations « invisibles » sont tout autant nécessaires : une automobile n'est pas seulement un style ou un concept, mais un « tout », fabriqué à l'aide d'un grand nombre d'éléments différents. Par exemple, le choix d'une technologie aluminium pour fabriquer un des éléments de la porte, ce qui contribuera à réduire la masse globale de la voiture, et donc sa consommation. [2]

II.1.4 Cahier des charges :

Le Besoin :

Développement du périmètre porte avant en respectant les données d'entrées (Style, environnement (pièces voisines), les interfaces et les règles de métier...)

Démarche suivie :

- Réalisation d'une étude de concurrence sur d'autres constructeurs.
- Réalisation d'une étude Benchmarking interne.
- Etude sur les renforts de choc latéral et frontal.
- Conception des pièces tôlerie de la porte avant droite :
 - *La doublure (Epaisseur : 0.65mm)*
 - *Sertissage de panneau (Epaisseur : 0.65mm)*
 - *Renfort de choc frontal*
 - *Renfort de choc latéral*
 - *Renfort charnière (Epaisseur : 1.75mm)*
 - *Renfort serrure (Epaisseur : 1.17mm)*
 - *Raidisseur panneau (Epaisseur : 0.62mm)*
 - *L'encadrement (Epaisseur : 0.97m)*
- Réalisation des calculs de vérification.

Lors de la conception de périmètre nous essayons de vérifier les axes d'amélioration suivants :

- ✓ La diminution des délais de conception : en s'appuyant sur les anciens projets.
- ✓ La diminution des couts : par la standardisation des outils de fabrication.
- ✓ Le respect des règles métier.

II.1.5 Démarche de projet : DMAIC :

DMAIC est une méthode de résolution de problème, elle repose sur une démarche structurée en 5 étapes. Chacune des lettres composant le sigle D.M.A.I.C. est l'initiale de la fonction significative de l'étape correspondante.

Il désigne une méthode en cinq étapes :

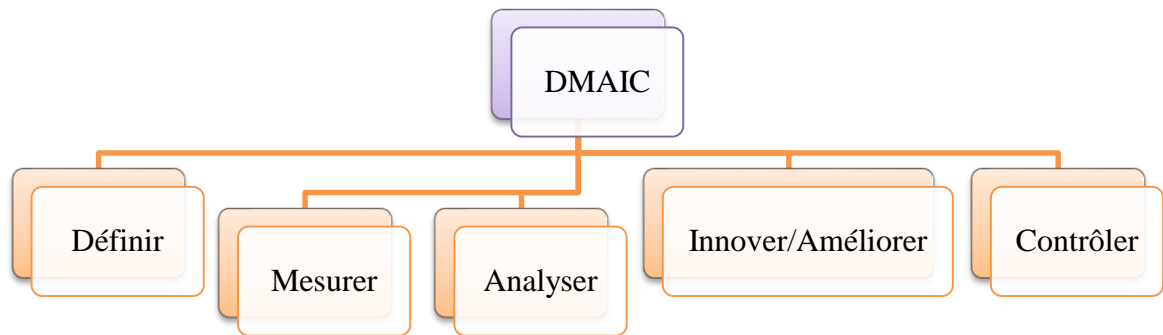


Figure 8 : Démarche DMAIC

- Définir : Cette phase s'attache à la définition des objectifs du projet ainsi qu'à la définition de l'ensemble étudié et de composants associés.
- Mesurer : La phase mesurer consiste à rassembler les informations et définir les paramètres qui influencent sur la conception, ainsi que mise en œuvre de la collecte des données.
- Analyser : Identifier les écarts entre les différentes solutions, l'important du secondaire, afin de focaliser les efforts sur les vraies causes des problèmes (géométrie, matériaux...)
- Innover/Améliorer : Développement conception de périmètre pour que ses performances correspondent aux objectifs et mettre en place les solutions optimisés.
- Contrôler : Cette phase essentielle vise à évaluer la tenue et suivre les résultats des solutions mises en œuvre la phase.

Projet de fin d'études

II.1.6 Planning du projet :

Afin d'accomplir les tâches qui m'ont été confiées durant les quatre mois de stage au sein d'ALTRAN MAROC, une planification organisée va nous permettre de bien gérer la durée du projet, un diagramme GANT a donc été effectué à l'aide du logiciel MS PROJECT.

En effet, nous avons réparties en consacrant un temps bien défini pour la réalisation de chaque tâche en fonction de sa complexité et de son degré d'importance dans la réalisation du projet.

Nom de la tâche	Num.	Durée	Date de début	Date de fin	Prédécesseurs
Formation outils et métiers	1	45 jours	Lundi 02/03/15	Mercredi 15/04/15	
Définition des objectifs du projet et du périmètre étudié	2	10 jours	Jeudi 16/04/15	Samedi 25/04/15	1
Analyse de la concurrence	3	1 semaine	Mardi 28/04/15	Mardi 05/05/15	2
Benchmarking et analyse	4	10 jours	Mercredi 06/05/15	Samedi 16/05/15	3
Synthèse et choix des solutions	5	1 semaine	Lundi 18/05/15	Samedi 23/05/15	4
Conception : construction volumique	6	2 semaines	Lundi 25/05/15	Lundi 08/06/15	5
Intégration des interfaces et amélioration	7	10 jours	Mardi 09/06/15	Vendredi 19/06/15	6
Calcul de vérification de la tenue du périmètre	8	1 semaine	Samedi 20/06/15	Vendredi 26/06/15	7

Tableau 1 : Planning de déroulement de projet de fin d'études

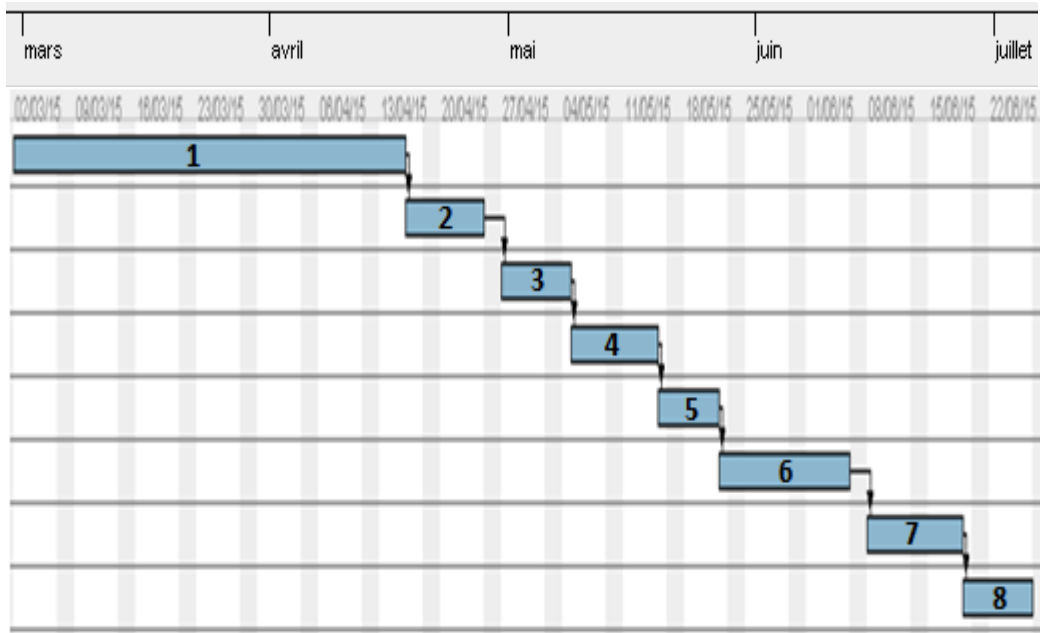


Figure 9 : diagramme GANTT du projet

Conclusion :

Après avoir présenté le contexte de projet et le cahier des charges ainsi que la démarche suivie, nous allons entamer dans un premier temps la première phase « Définir » dans laquelle nous allons découvrir les différents composants des pièces tôlerie de porte latérale.

III CHAPITRE 3 :

Définition de périmètre

Vous trouverez dans cette partie :

Phase 1 : Définir : Cette phase est consacrée à la définition des différents composants tôleries de porte latérale ;

Phase 2 : Mesurer : Cette phase consiste à réaliser une analyse de concurrence afin d'avoir une idée sur les solutions choisies par chaque constructeur ;

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons entamer les premières phases du projet, ce sont les phases « Définir » et « Mesurer ». Après avoir suivi une formation consacrée aux outils de la conception de tôlerie automobile, notamment en generative shape design(GSD), et en logiciel 3Dcom en ce qui concerne la gestion des projets et leur officialisation, ainsi que une formation en métier automobile (règles métiers, orientations techniques du client ...) durant laquelle on a pu mettre à niveau les compétences nécessaires pour la conception , Nous allons présenter par la suite l'ensemble des composants de la structure du véhicule, pour converger ensuite vers le périmètre étudié qui est la porte latéral et ses composants.

Dans la phase Mesurer qui succède, nous allons établir une analyse de concurrence dans le but de déterminer les paramètres qui définissent les pièces tôlerie des portes latérales et mesurer les écarts de solutions entre différents constructeurs automobile, afin de se comparer aux modèles de véhicule ayant les meilleurs résultats de crash, celles qui possèdent les performances les plus remarquables dans le domaine automobile.

III.2 « Définition » de la structure automobile

III.2.1 Structure du véhicule (la carrosserie)

La structure du véhicule, désigne les parties tôleries du véhicule, elle contient plusieurs éléments comme montré sur la figure 10.

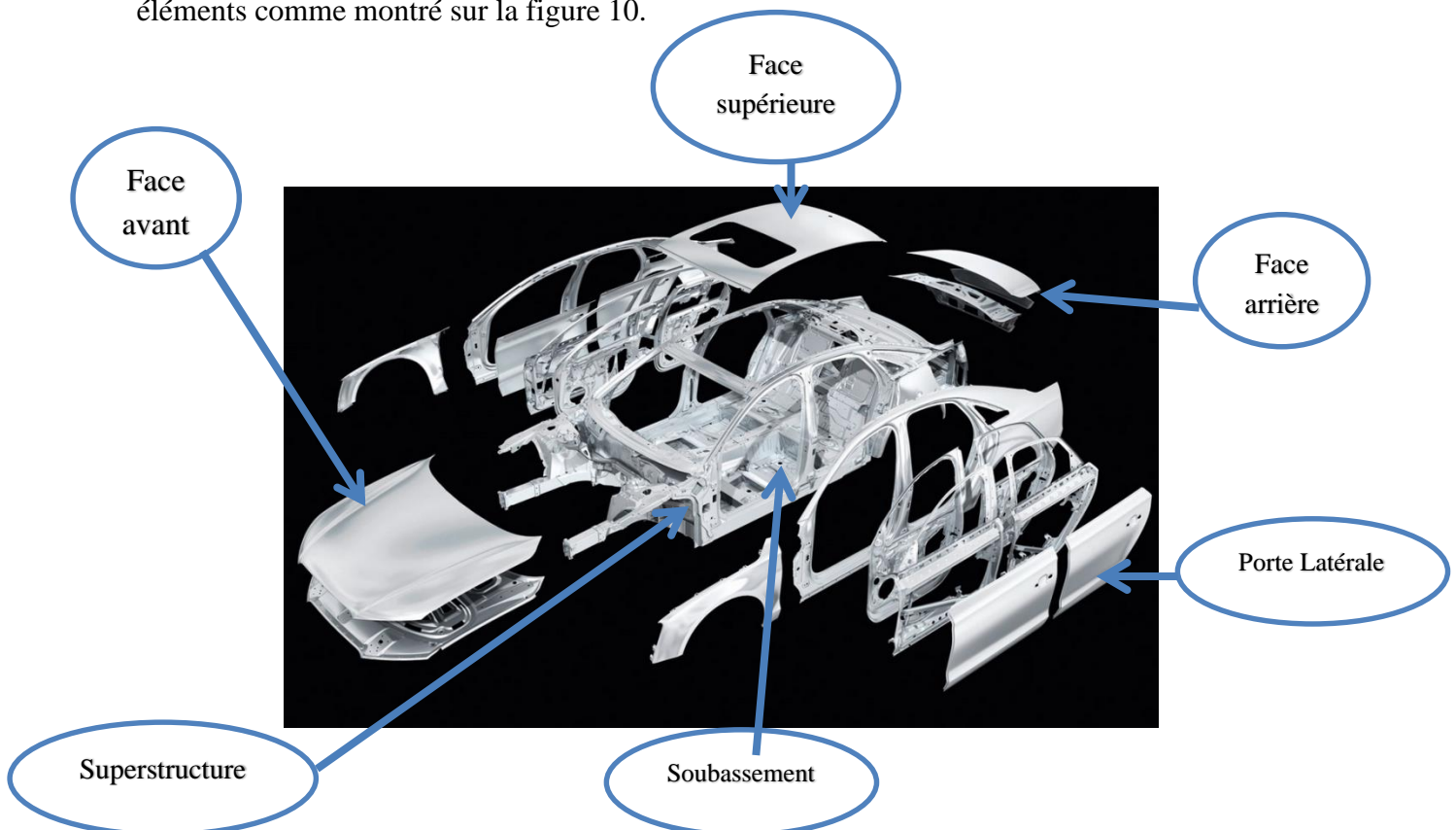


Figure 10 : Structure du véhicule

Porte latérale : Élément ouvrant permettant l'accès des personnes ou des marchandises.

Capot : Élément ouvrant donnant accès au compartiment moteur ou au compartiment à bagages.

Superstructure carrosserie : Parties de la carrosserie constituées par la face avant et arrière, et le pavillon ou le toit.

Soubassement : c'est la partie inférieure de carrosserie de véhicule, elle contient des traverses, le passage de roue...

III.2.2 Matériaux utilisés dans la structure automobile :

En général, on utilise des matériaux comme les tôles d'acier, les tôles d'acier galvanisées, les tôles d'aluminium, mais aussi des matériaux en composite.

Tôles d'acier [5]

Les carrosseries de voiture autoportantes sont fabriquées avec des pièces embouties en tôle d'acier d'une résistance particulièrement élevée. Les tôles de carrosserie à la résistance plus élevée ont une limite d'élasticité pouvant atteindre 400 N/mm² ; cette limite est de 180 N/mm² sur des tôles de carrosserie normale. Les épaisseurs de tôles varient entre 0,5 et 2,0 mm

Les coupes de tôle d'une stabilité et d'une épaisseur différentes sont soudées aux extrémités.

Emboutissage des tôles d'acier de résistance plus élevée. A cause de leur traitement, elles se laissent difficilement emboutir. Au moment de l'emboutissage, par opposition à une tôle de qualité normale, elles doivent être retenues par des ancrages additionnels pour éviter toute déformation indésirable.

Les aciers peuvent être regroupés en quatre catégories principales selon les valeurs de limites élastiques :

- Les aciers doux : $R_e < 210 \text{ MPa}$
- Les HLE : $210 \text{ MPa} < R_e < 350 \text{ MPa}$
- Les THLE : $350 \text{ MPa} < R_e < 550 \text{ MPa}$
- Les UHLE : $550 \text{ MPa} < R_e$

Aluminium

En carrosserie, l'aluminium est utilisé seulement dans des alliages. (Les composants d'alliage, étant surtout le silicium et le magnésium.) Selon la conception et la charge, pour les pièces de carrosserie en aluminium, les procédés de fabrication suivants sont utilisés :

- par presse, p.ex. Le pavillon, le capot-moteur,
- par extrusion,
- par moulage sous pression,

S'ils sont en contact avec d'autres matériaux, p.ex de l'acier, il y aura une corrosion électrochimique en présence d'un électrolyte. La surface d'aluminium crée une grosse couche

d'oxyde, qui a une grande résistance électrique. Ainsi, l'aluminium n'est pas soudable avec des équipements de soudage par points utilisés à l'atelier. Les alliages d'aluminium se laissent bien souder avec le procédé de soudage à l'arc TIG « Tungstène-inerte-gaz » ou à l'arc MIG « Métal-inerte-gaz ». [3]

III.2.3 La porte latérale :

Elément ouvrant permettant l'accès des personnes ou des marchandises. La structure des portes constitue un élément central de la conception de l'ensemble de la carrosserie nue en termes de rigidité, de résistance, de confort vibrationnel et de comportement en cas d'accident. À l'extérieur, les portes assurent la continuité de la forme et du style du véhicule et, lorsqu'elles sont ouvertes, elles offrent suffisamment d'espace pour accéder au compartiment passager. Les portes protègent les occupants du véhicule des intrusions potentiellement dangereuses causées par un impact latéral ou frontal et sont sans aucun doute l'un des composants les plus utilisés du véhicule, en particulier la porte qui donne accès au siège conducteur.

Le système de porte est hautement spécifique, constitué d'une gamme de matériels : il y a toujours un squelette structurel, habituellement en acier ou en aluminium, connecté au véhicule en utilisant des articulations. Cette structure est ensuite revêtue de tous les accessoires nécessaires pour assurer une finition étanche à l'eau, la fonctionnalité des dispositifs électriques comme les fenêtres, rétroviseurs, confort acoustique et un esthétisme intérieur attractif, à la fois visuellement et au toucher. La position, la forme et les charges opérationnelles des poignées de porte sont étudiées dans les moindres détails, pour assurer un fonctionnement régulier.

Fonction Principale :

Recouvrent et protègent les utilisateurs du véhicule.

Critères :

- Catégorie voiture (berline, coupé, sport...)
- Gamme (haut, moyen, bas)

Types de portes :

- Porte latéral
- Porte coulissante
- Porte papillon (Al)



Figure 11 : portes latérales droite

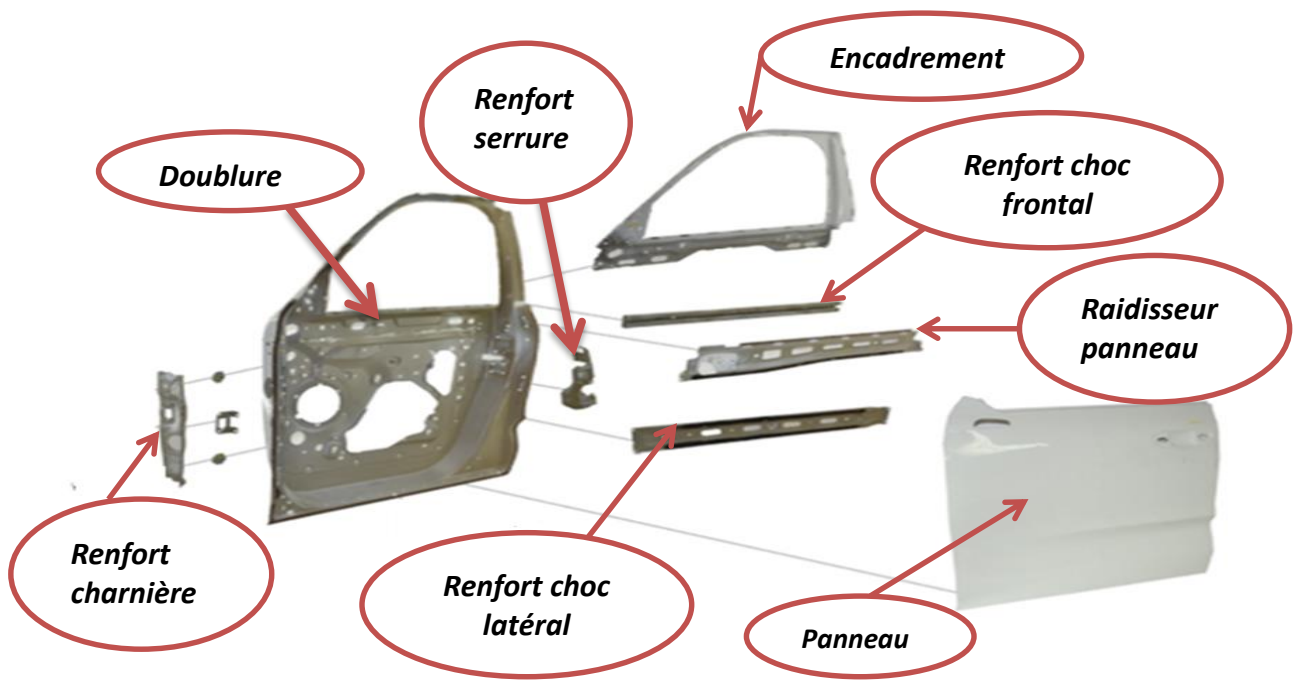


Figure 12 : Pièces tôlerie de porte latérale

III.2.3.a La doublure :

La doublure est la partie intérieure de la porte d'automobile, elle forme un moyen de protection des occupants du véhicule en cas de choc latéral. Cette doublure constitue avec le panneau du véhicule, les éléments principaux de la porte latérale de véhicule.

La doublure contient deux zones principales : zone flan et la zone médaillant, la zone dite médaillant, contient la zone réservée au haut-parleur et la zone réservée au montage et maintenance de mécanisme de vitre, ainsi que la zone réservée au passage des câbles.

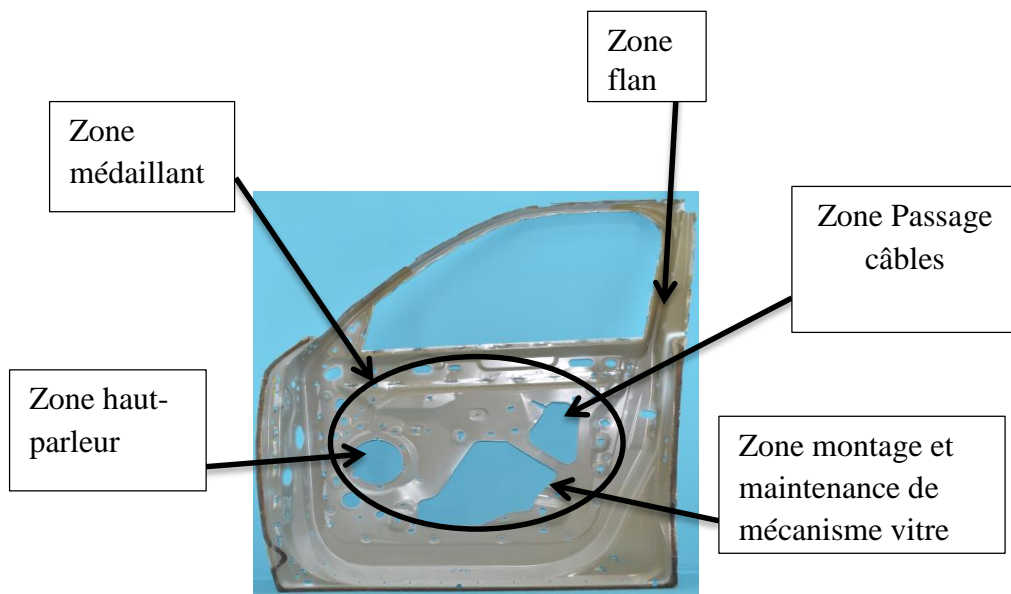


Figure 13 : La doublure de porte latérale

III.2.3.b Renfort choc Latéral :

Le renfort de choc latéral permet de supporter le choc latéral en cas de collision de la carrosserie, Le renfort choc latéral est un élément central de la conception d'ensemble des pièces tôlerie de porte latérale, il contient des matériaux a hautes résistance permettant d'absorber l'énergie du d'un choc latéral lors d'un accident.

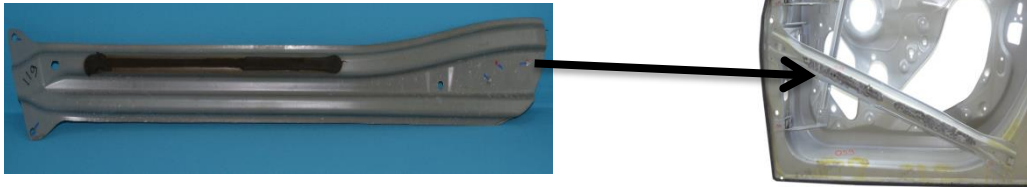


Figure 14 : La position de renfort de choc latéral dans la porte

III.2.3.c Renfort Choc frontal :

Le renfort de choc frontal permet de supporter le choc frontal en cas de collision de la carrosserie, Le renfort choc frontal pourvu d'un tronçon déformable qui est destiné à s'étendre selon la direction du choc frontal.



Figure 15 : La position de renfort de choc frontal dans la porte

III.2.3.d Renfort charnière :

Le renfort charnière se situe sur la partie avant de doublure de la porte latérale, il permet d'assurer la rigidité et la fixation des charnières et de renforcer plus efficacement la tenue de charnière aux chocs.

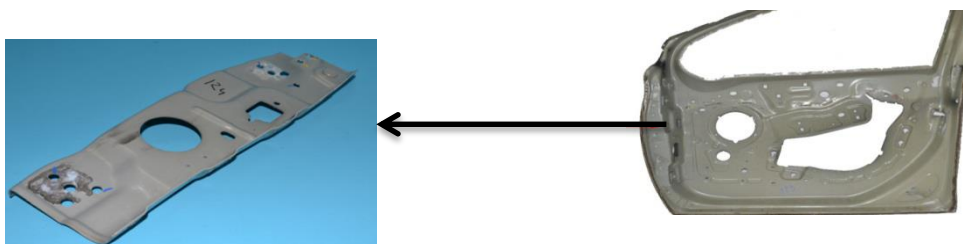


Figure 16 : La Position de renfort charnière dans la porte

III.2.3.e Renfort serrure :

Le renfort serrure destiné à être interposé entre la serrure et la doublure, il permet de renforcer plus efficacement la tenue des serrures aux chocs.

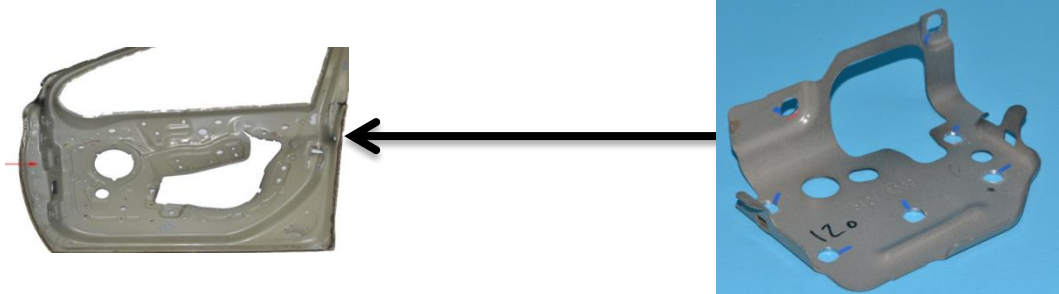


Figure 17 : la position de renfort serrure dans la porte

III.2.3.f L'encadrement :

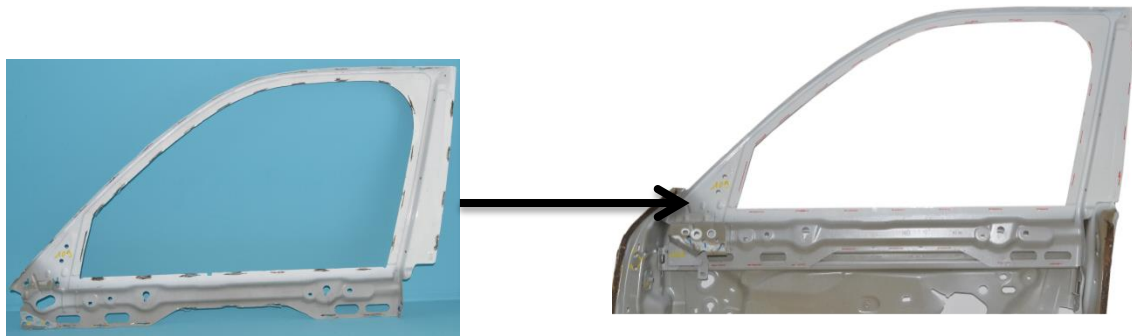


Figure 18 : La position de l'encadrement dans la porte

L'encadrement c'est la partie supérieure de la porte d'automobile, il permet de renforcer la structure de la doublure ainsi que couvrir la vitre de la porte.

III.2.3.g Le raidisseur panneau :

Le raidisseur panneau est un dispositif qui permet le renforcement de panneau de porte, il est interposé entre la doublure et le panneau.

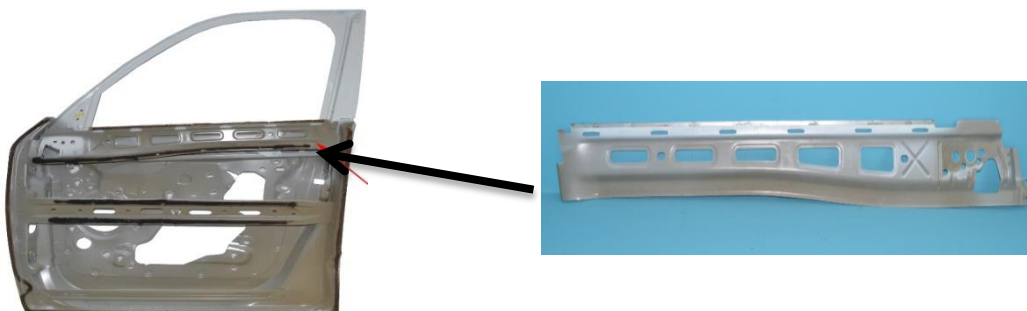


Figure 19 : La position de raidisseur panneau dans la porte

III.3 Phase Mesurer : Analyse de concurrence :

III.3.1 Introduction :

L'analyse de concurrence permet de se comparer aux meilleures marques, celles qui possèdent les performances les plus remarquables dans leur domaine. Le premier objectif de cette analyse concurrence, est déterminer les éléments principaux de porte avant de voiture, et d'avoir une idée à propos des solutions utilisées pour chaque constructeur. Le deuxième objectif c'est de Comparer les solutions techniques de chaque élément de la porte avant de véhicule, et analyser le choix des solutions de chaque constructeur.

III.3.2 Echantillon étudié :

Dans le but d'établir un échantillon qui sera utile lors de choix de solution pour la conception de la porte avant, nous avons choisis 5 véhicules de marques différentes et de gammes différentes, ces véhicules sont :

Renault Clio 0.9 Tce



Toyota Auris 1.8 HSD



Volkswagen 1.4 TSI



Mercedes C-Class 180



Kia Picanto 1.0 Active



Figure 20 : les 5 véhicules choisis pour l'analyse concurrence

Ensuite nous allons tracer un tableau pour chaque élément de porte avant, et nous allons faire une comparaison selon la forme, le poids, l'épaisseur, le matériau, la résistance maximale, la dureté, le procédé de fabrication, et le mode d'assemblage.

III.3.3 Tableaux de comparaison :

III.3.3.a Doublure :



Marque	Renault Clio	Toyota Auris		Volkswagen TSI	MERCEDES-BENZ C-class 180	Kia picanto
Epaisseur (mm)	0.68	1.44	0.67	0.74	1.57	0.65
Poids (Kg)	4.667	1.84 2	3.069	5.242	0.856	3.794
Matériau	Acier	Acier		Acier	Aluminium	Acier
Rm(Mpa)	369	386	389	338	--	353
Process	Emboutissage	Emboutissage		Emboutissage	Emboutissage	Emboutissage

Tableau 2: Tableau comparatif des doublures des 5 véhicules

Il est remarquable qu'il y a plusieurs types de doublure :

- Doublure en seule partie (Renault Clio 0.9 TCe)
- Doublure sans partie supérieure (Kia Picanto 1.0 Active).
- Doublure sans partie supérieure et devisé par deux parties : partie avant et partie arrière (Toyota Auris 1.8 HSD).

La justification de choix de type de doublure :

- Difficulté d'appliquer l'emboutissage en une seule partie.
- Epaisseur variable dans les zones de doublure.

Le procédé de fabrication utilisé pour la doublure c'est l'emboutissage.

La résistance maximal estimé : $300 \text{ MPA} < R_m < 400 \text{ MPA}$

Le matériau utilisé pour la doublure est l'acier, sauf pour le cas de Mercedes le matériau utilisé est l'aluminium.

III.3.3.b Renfort choc latéral



Marque	Renault Clio	Toyota Auris	Volkswagen TSI	Mercedes C-Class 180	Kia Picanto
Epaisseur (mm)	0.85	1.8	1.38	2.55	2.08
Poids (kg)	0.949	1.277	1.832	0.305	1.383
Matériau	Acier	Acier	Acier	Aluminium	Acier
Rm (MPa)	492	1494	998	---	--
Process	Emboutissage	Profilé	Emboutissage	Profilé	Profilé

Tableau 3: Tableau comparatif des renforts de choc latéral des 5 véhicules

Le renfort de choc latéral contient des matériaux à haute résistance pour pouvoir supporter le choc dans d'un accident.

On remarque qu'il y a deux types de forme des renforts :

- Forme complexe obtenue à partir de l'emboutissage (Volkswagen 1.4 TSI)
- Forme tubulaire obtenue par des profilés. (Kia Picanto 1.0 Active)

La justification de la forme obtenue par l'emboutissage c'est d'orienter la déformation et d'absorber les chocs.

La fixation de renfort choc latéral se fait avec la doublure par des Points de soudage électrique (PSE), et par collage avec le panneau, si la forme est tubulaire on utilise des fixations traverses

III.3.3.c Renfort choc frontal :



	<i>Toyota Auris</i>	<i>Volkswagen TSI</i>	<i>MERCEDES-BENZ C-class 180</i>	<i>Kia picanto</i>
<i>Epaisseur (mm)</i>	0.67	2.54	2.55	0.8
<i>Poids (Kg)</i>	0.385	1.919	0.305	0.133
<i>Matériau</i>	ACIER	ACIER	Aluminium	Aluminium
<i>Rm(Mpa)</i>	324	745	--	1899
<i>Process</i>	Emboutissage	profilé	Emboutissage	Profilé

Tableau 3 : Tableau comparatif des renforts de choc frontal

Comme dans le cas de renfort choc latéral les renforts de choc frontal contiennent des matériaux à haute résistance.

La fixation de renfort choc frontal se fait avec la doublure par des Points de soudage électrique (PSE), et avec l'encadrement avec des revêts.

Si la forme est tubulaire on utilise des fixations traverses ou des fixations normales

III.3.3.d Raidisseur panneau :



	<i>Renault Clio</i>	<i>Toyota Auris</i>	<i>Volkswagen TSI</i>	<i>MERCEDES-BENZ C-class 180</i>	<i>Kia picanto</i>
<i>Epaisseur (mm)</i>	1	0.65	0.62	1.52	0.58
<i>Poids (Kg)</i>	1.181	0.509	0.81	0.678	0.391
<i>Matériau</i>	ACIER	ACIER	ACIER	Aluminium	ACIER
<i>Rm(Mpa)</i>	346	324	423	--	400
<i>Process</i>	Emboutissage	Emboutissage	Emboutissage	profilé	Profilé

Tableau 4 : Tableau comparatif de raidisseur panneau des 5 véhicules

Projet de fin d'études

Le raidisseur panneau est positionné entre la doublure et le panneau.

La forme des raidisseurs qu'on trouve fréquemment est obtenue par l'emboutissage mais on peut trouver des raidisseurs en forme tubulaire obtenue par des profilés.

La fixation de raidisseur panneau avec le panneau se fait par collage.

III.3.3.e Renfort Serrure :



	Renault Clio	Toyota Auris	Volkswagen TSI	MERCEDES-BENZ C-class 180	Kia picanto
Épaisseur (mm)	1.02	1.27	0.54	1.57	0.72
Poids (Kg)	0.126	0.497	0.117	0.04	0.036
Matériau	ACIER	ACIER	ACIER	Aluminium	ACIER
Rm(Mpa)	423	357	409	--	307
Process	Emboutissage	Emboutissage	Emboutissage	Emboutissage	Emboutissage

Tableau 5 : Tableau comparatif de renfort serrure des 5 véhicules

Le renfort serrure permet de supporter la tenue de serrure contre les chocs son épaisseur varie de 0.5 à 1.6 mm, Le matériau utilisé est en générale est l'Acier sauf toujours pour le cas de Mercedes. Le poids de cette pièce varie entre 0.04 Kg et 0.5Kg, sa résistance maximale varie de 300 à 450 MPA.

La forme du renfort serrure dépend du type de serrure. La fixation de renfort avec la doublure est assurée par des points de soudage PSE ou (MIG/MAG).

Conclusion :

Dans cette analyse de concurrence j'ai pu atteindre les objectifs définie au début de chapitre, alors je me suis familiarisé avec les différents solutions choisis par chaque constructeur, ce que j'ai remarqué que les solutions se diffère de constructeurs à l'autre, l'acier c'est le matériau le plus utilisé par les constructeurs, mais on trouve que Mercedes utilise l'aluminium comme matériaux de construction grâce à sa légèreté mais son cout reste relativement chère par rapport à l'acier, l'emboutissage est le procédé de fabrication le plus utilisé par les constructeurs, mais pour réduire le cout de fabrication on se réfère des fois à des profilés surtout pour le cas des renfort de choc.

Après avoir analyser les solutions choisis par différents constructeurs maintenant on peut passer à la phase de Benchmarking interne dans laquelle on peut faire une comparaison interne sur les différentes solutions choisis par notre client.

IV CHAPITRE 4 : Benchmarking interne

Vous trouverez dans cette partie :

Phase 3 : Analyser : cette phase est consacrée au Benchmarking interne dans laquelle nous allons faire une comparaison générale sur les solutions techniques adaptées par notre client, ensuite nous allons réaliser une étude détaillée sur les renforts de choc puisque ce sont les éléments principaux responsables de la sécurité lors d'un accident.

IV.1 Phase Analyser : Benchmarking interne :

IV.1.1 Introduction :

Le Benchmarking est une méthode qui consiste à étudier et analyser les techniques et solutions existants sur le marché, ce chapitre a donc pour but de comparer les solutions, trouver les écarts entre elles, et choisir la meilleure solution pour la conception.

Pour un premier temps, on va faire une comparaison générale des différents composants de tôlerie de la porte pour tirer des conclusions sur la forme, l'environnement et les modes de fixation.

Une étude d'analyse du parcours de la force en cas de choc latéral et frontal, permet de montrer l'utilité et l'importance de renfort de choc latéral et frontal pour supporter le choc en cas d'accident. Pour vérifier la performance des renforts de choc pour les trois véhicules je me suis référé à EuroNcap « programme d'évaluation européenne des automobiles » pour comparer les résultats obtenus lors des crashs tests.

Pour justifier les résultats obtenus par le test crash on doit procéder par une analyse Benchmarking, pour étudier les caractéristiques des renforts de choc pour chaque véhicule. Cette étude comporte deux phases, la première consiste à analyser les matériaux utilisés dans ces pièces pour choisir le matériau le plus rigide et qui permet une meilleure résistance au choc, ensuite une analyse en statique sur Catia V5 va nous permettre de trouver la meilleure forme pour l'intégrer dans la conception par la suite.

IV.1.2 Benchmarking interne :

Les objectifs de Benchmarking :

- Découvrir et Analyser les solutions existantes.
- Définir les politiques techniques et Orientations de client.
- concevoir mieux, plus vite et moins cher en appliquant les bonnes idées de la concurrence.

La majorité des projets réalisés chez Altran se fait par retour d'expérience, en s'appuyant sur des anciens projets. Pour cela nous allons choisir 3 véhicules appartient à notre client, dans l'intérêt d'analyser les solutions choisies pour chaque véhicule, ce qui va nous permettre de s'inspirer pour choisir les solutions techniques pour notre sujet.

Dans un premier temps nous allons faire une étude comparative générale sur certains éléments de porte avant de véhicule, ensuite nous allons faire une étude Benchmarking sur les renforts de choc de la porte, puisque ce sont les éléments responsables de sécurité lors d'un accident.

Mon étude comparative est fondée sur des remarques faite à partir de la conception de ces porte sous forme Catia V5.




Véhicule1	Véhicule 2	Véhicule 3
		

Tableau 6 : porte latéral des 3 véhicules

IV.1.3 Sections :

On faisant une section sur le volume de la porte avant de ces trois véhicules on remarque qu'il y a une différence dans le choix de solution pour chaque véhicule, ainsi que dans la position de chaque élément dans la porte, ce qui engendre cette différence c'est la forme et la position de panneau, ainsi que la faisabilité de chaque solution dans la porte.

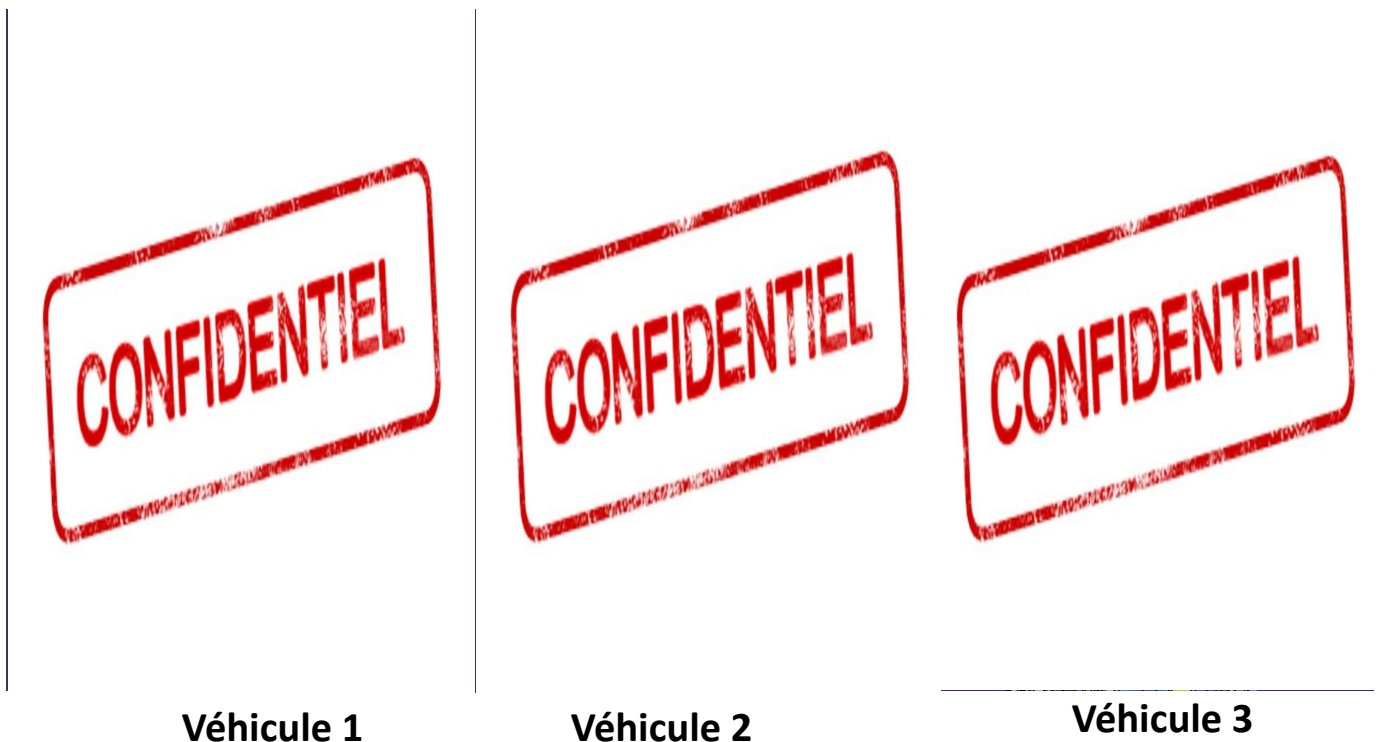


Figure 21 : Section sur l'ensemble des composants de porte latérale des 3 véhicules

IV.1.4 Comparaison générale :

Dans cette comparaison nous allons se concentrer sur la forme et l'environnement ainsi que la fixation pour chaque véhicule.

IV.1.4.a La doublure




Véhicule	Forme	Environnement	Fixation
Véhicule 1		Panneau Le renfort choc latéral Raidisseur doublure Raidisseur panneau Renfort charnière Encadrement Le renfort serrure_	La doublure est assemblée avec le panneau par sertissage. Elle est assemblée avec la majorité des autres pièces par des pointes de soudure électrique.
Véhicule 2		Panneau Le renfort choc Latéral Raidisseur doublure Raidisseur panneau Renfort charnière Le renfort serrure Cadre Coulisse et l'enjoliveur arrière_	Même remarques
Véhicule		Panneau Le renfort choc latéral Raidisseur doublure Raidisseur panneau Renfort charnière Encadrement Le renfort serrure_	Même remarques

Tableau 7 : Comparaison de doublure des 3 véhicules

Projet de fin d'études

Conclusion :

La forme de doublure est presque invariable dans les trois modèles, les différences qui existent se situent dans la zone de médaillon.

La zone de médaillon contient trois zones :

- La zone réservée au haut-parleur.
- La zone réservée au montage et maintenance de mécanisme de vitre.
- La zone réservée au passage de câblage de la porte.

Pour le cas du véhicule 1 la zone réservée au montage et maintenance de mécanisme de vitre est devisé en deux parties, avec des épaisseurs différentes dans le but de minimiser le poids.

IV.1.4.b Raidisseur panneau :




Véhicule	Remarques	Environnement	Fixation
Véhicule 1		La doublure Renfort rétroviseur ou liaison Gosset Renfort charnière	-Le raidisseur panneau est assemblé avec la doublure et le renfort rétroviseur ainsi que le renfort charnière par des points de soudure électrique. Le raidisseur panneau est assemblé avec le panneau par collage en gardant 3 mm de jeu entre les deux.
Véhicule 2		La doublure Renfort charnière	Le renfort est assemblé avec la doublure et avec le renfort charnière par des points de soudure électrique, et assemblé avec le panneau par collage.
Véhicule 3		La doublure Renfort charnière	Le renfort est assemblé avec la doublure et avec le renfort charnière par des points de soudure électrique, et assemblé avec le panneau par collage.

Tableau 8 : Comparaison de raidisseur panneau des 3 véhicules

Projet de fin d'études

Conclusion :

La remarque qu'on peut tirer à partir de cette comparaison c'est que le raidisseur panneau pour le véhicule 3 est composé par deux parties : le raidisseur panneau centrale, et le raidisseur panneau supérieur, contrairement pour le cas de de véhicule 1 et véhicule 2 le raidisseur est représenté en une seule partie.

IV.1.4.c Raidisseur Doublure :




Véhicule	Remarques	Environnement	Fixation
Véhicule 1		Le renfort choc frontal Renfort rétroviseur Renfort charnière	-Le raidisseur doublure est assemblé avec le renfort choc frontal par rivetage et avec renfort rétroviseur et avec le renfort charnière par des points de soudure électrique.
Véhicule 2		La doublure Renfort charnière	Le raidisseur doublure est assemblé avec la doublure par des points de soudure électrique et assemblé avec le renfort charnière par une fixation et un axe de maintien entre le renfort charnière et la doublure et le raidisseur doublure.
Véhicule 3		La doublure Renfort choc frontal Renfort rétroviseur	Le raidisseur doublure est assemblé avec la doublure par des points de soudure électrique, il est assemblé avec le renfort choc frontal par rivetage.

Tableau 9 : Comparaison de raidisseur doublure des 3 véhicules

Conclusion :

On remarque que dans le cas de Véhicule 1 et Véhicule 2 l'absence le raidisseur doublure, la partie inférieure de l'encadrement dans ces deux cas permet de jouer le rôle de raidisseur doublure.

IV.1.4.d Encadrement :




Véhicule	Remarques	Environnement	Fixation
Véhicule 1	 l'encadrement est composé d'une seule partie.	Raidisseur doublure Renfort rétroviseur Renfort charnière :	L'encadrement est assemblé avec le raidisseur doublure par rivetage, et assemblé par le renfort rétroviseur et le renfort charnière par des pointes de soudure électrique.
Véhicule 2	 L'encadrement est composé par deux parties : -Le Cadre coulisse. -L'enjoliveur arrière	La doublure	L'encadrement est assemblé par la doublure par des pointes de soudure électrique.
Véhicule 3		Raidisseur doublure Renfort rétroviseur Renfort charnière La doublure	L'encadrement est assemblé avec le raidisseur doublure par rivetage, et assemblé par le renfort rétroviseur et le renfort charnière par des pointes de soudure électrique.

Tableau 10 : Comparaison de l'encadrement des 3 véhicules

Conclusion :

On remarque que pour le cas de Véhicule 2, l'encadrement est composé par deux parties :

-Le Cadre coulisse.

-L'enjoliveur arrière.

IV.1.4.e Renfort charnière :




Véhicule	Remarques	Environnement	Fixation
Véhicule 1		La doublure Raidisseur panneau L'encadrement Romaine charnière Raidisseur doublure	Le renfort charnière est assemblé avec la doublure et l'encadrement et le raidisseur panneau par des points de soudure électrique. Alors que le raidisseur doublure est interposé directement sur le renfort charnière.
Véhicule 2		La doublure Raidisseur panneau Renfort choc latéral Romaine charnière	Le renfort charnière est assemblé avec la doublure et le raidisseur panneau par des points de soudure électrique. La romaine charnière est assemblée avec le renfort charnière par vissage.
Véhicule 3		La doublure Raidisseur panneau Renfort choc latéral Romaine charnière	Le renfort charnière est assemblé avec la doublure et le raidisseur panneau par des points de soudure électrique.

Tableau 11 : Comparaison de renfort charnière des 3 véhicules

Conclusion :

Pour le cas de Véhicule 1 Le renfort choc latéral n'est pas accosté sur le renfort charnière, pour garder le jeu de 3mm entre le renfort choc latéral et le panneau, donc on découpe la zone de contact de renfort charnière et le renfort choc latéral.

Alors que pour le cas de Véhicule 2 et Véhicule 3, le renfort choc latéral est accosté au renfort charnière parce que la forme de l'extrémité de renfort choc latéral n'influence pas le jeu que doit être respecté entre ce renfort et le panneau.

IV.2 Etude et Benchmarking sur les renforts de choc de porte avant :

Au cours des dernières années, les exigences relatives à la sécurité pour une caisse de voiture sont de plus en plus exigeantes dans l'industrie de l'automobile, et la technologie de protection des occupants en cas de collision a été développée. En conjonction avec les faits, pour améliorer la performance des occupants de protection, la structure des composants compris de portes de carrosserie d'un véhicule a été réexaminée et a essayé d'employer des renforts pour protéger efficacement les occupants.

Il existe deux renforts de choc dans la porte avant de voiture :

➤ Le renfort choc latéral

Le renfort choc latéral c'est l'élément responsable à l'absorption de l'énergie due d'un choc latéral lors d'un accident, pourvu d'un tronçon avant déformable qui est destiné à s'étendre selon la direction transversale du véhicule qui permet de résister devant un choc latéral.

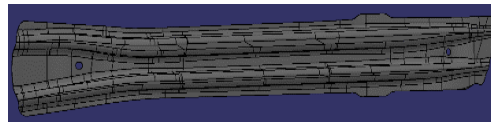


Figure 22 : Renfort de choc latéral

➤ Le renfort choc frontal

Le renfort choc frontal c'est l'élément responsable à l'absorption de l'énergie due d'un choc latéral lors d'un accident, pourvu d'un tronçon déformable qui est destiné à s'étendre selon la direction du choc.

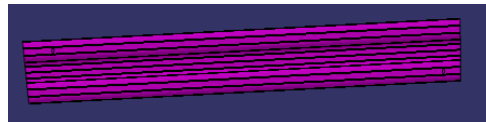


Figure 23 : Renfort de choc frontal

La philosophie que les constructeurs adoptent aujourd'hui que c'est au véhicule, et non à ses occupants, d'encaisser le choc. C'est pourquoi ils ont fait en sorte que les véhicules garantissent la meilleure protection, non seulement contre les impacts avant et arrière, mais aussi contre les impacts latéraux. Les renforts de choc, sont conçus pour dévier l'impact d'une collision latérale ou frontal et prévenir toute intrusion dans l'habitacle afin d'en protéger les occupants. Les renforts de choc contiennent des matériaux à haute résistance qui permet de supporter les impacts violents.

La géométrie des renforts de choc permettent de disperser l'énergie de l'impact de l'avant vers l'arrière de la voiture, contribuant ainsi à réduire les effets de l'impact subis par le conducteur et les passagers.

IV.2.1 Parcours de la force en cas de choc latéral et frontal :

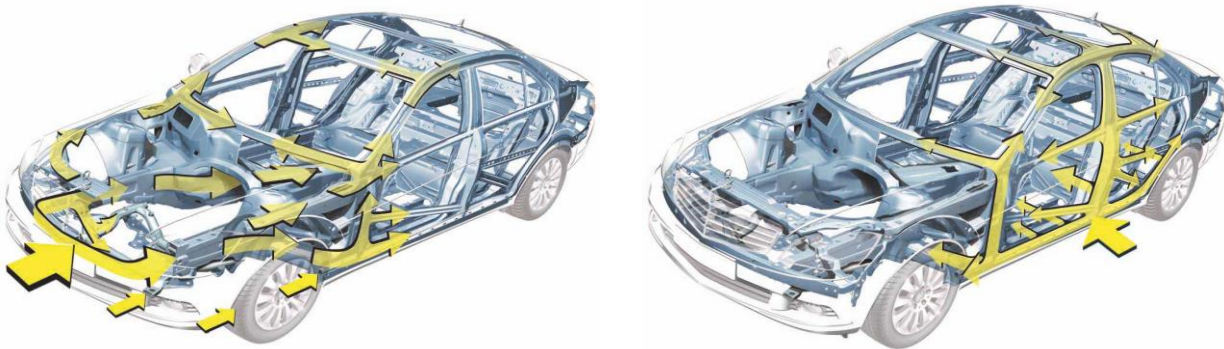


Figure 24 : Parcours de force en cas de choc latéral et frontal

En analysant le parcours de la force en cas de choc latéral et frontal, permet de montrer l'utilité et l'importance de renfort de choc latéral et frontal pour supporter le choc en cas d'accident.

IV.2.2 Test crash EURONCAP

Pour vérifier la performance des renforts de choc pour les trois véhicules je me suis référé à EuroNcap c'est-à-dire le « programme d'évaluation européenne des automobiles », est un organisme international indépendant créé en 1997 et basé à Bruxelles en Belgique. Il a pour fonction principale d'effectuer des crashes tests afin de tester les capacités dans le domaine de la sécurité passive des véhicules, notamment automobiles.



IV.2.3 Crash test : pour aller plus loin ... [6]

Le but lors d'un crash test n'est pas que la voiture soit la plus solide possible. En effet cette erreur a été commise dans le passé par les constructeurs qui faisaient en sorte que les autos soient résistantes comme du rock ! Hélas, cela n'a pas vraiment aidé les occupants à résister aux impacts. Tout a alors changé, les ingénieurs ont compris qu'il fallait que la voiture se déforme au contraire d'être très solide. En effet, toute la partie avant des voitures modernes sont conçues pour avoir le rôle d'amortisseur (avec une déformation calculée par les concepteurs) et donc de réduire la décélération au moment de l'impact. En revanche, la cellule de survie (l'habitacle) doit rester très résistante.

Les chocs utilisés par l'EuroNCAP se veulent représentatifs des accidents les plus fréquents en Europe (grâce par exemple aux travaux d'accidentologie de la Sécurité routière). Ainsi chaque véhicule testé, subit :

Projet de fin d'études

- un choc frontal : le véhicule est lancé sur une barrière fixe déformable à 64 km/h. Ce choc représente la collision entre deux voitures ;
- un choc latéral : une barrière mobile déformable est lancée à 50 km/h sur le côté du véhicule statique. Ce cas simule la collision d'un véhicule avec un autre à l'arrêt (par exemple au feu tricolore) ;
- un choc poteau : le véhicule est lancé contre un poteau de 25,4 cm de diamètre au niveau du siège conducteur à 29 km/h. Ici le véhicule n'est plus sous contrôle et percute un mobilier urbain ;
- un choc piéton : il est fait sur l'avant du véhicule. Ces tests représentent les accidents avec un piéton à 40 km/h.

À l'issue des tests, les blessures des occupants du véhicule sont évaluées (grâce aux mannequins biomécaniques), et un nombre de points est attribué.

IV.2.4 La notation : [7]

La répartition des points suivant les tests n'est pas homogène et elle est régulièrement modifiée. Il varie entre 0 et 37 points pour décerner de 0 à 5 étoiles. Le choc frontal permet d'obtenir jusqu'à 16 points, 16 points pour le choc latéral, 2 points pour le « choc du poteau » plus 3 points bonus suivant le nombre d'alertes de ceinture de sécurité non bouclée. En mars 2000, à cause de l'évolution constante des points obtenus par les véhicules, il a été décidé de créer une cinquième étoile pour les véhicules qui obtiennent entre 32,5 et 37 points. En 2012, la prédominance de la notation du choc frontal laissera la place à une notation plus importante du choc poteau.

IV.2.5 Résultats de test Crash :







Véhicule	Nombre d'étoile	Sécurité d'occupant adulte	Impacte frontal	Impacte latéral
Véhicule 1			14 pts	8.5pts
Véhicule 2			14.4 pts	7.4pts
Véhicule 3			14.5 pts	8pts

Tableau 12 : Résultats de test Crash EuroNcap des 3 véhicules

IV.2.6 Benchmarking renforts de choc :

Pour justifier les résultats obtenus par le test crash on doit procéder par une analyse Benchmarking, pour étudier les caractéristiques des renforts de choc de chaque véhicule.

L'absorption d'énergie dépend linéairement de la résistance et presque quadratiquement à l'épaisseur de la paroi, et d'autre part, que le poids ne dépend que linéairement de l'épaisseur et de la densité.

Projet de fin d'études

IV.2.6.a Benchmarking Renfort choc latéral :




Véhicule	Positionnement	Mode d'assemblage	Epaisseur Et masse	Matériau	Caractéristiques mécanique :
Véhicule 1		3PSE 3PSE	Epaisseur : 1,27mm La masse : 0,258kg	Acier 22MnB5	R _e (MPa) : 1100 R _m (MPa) : 1500 A (%) : 8
Véhicule 3		La partie supérieure : 3 écrous soudés La partie inférieure : 2 PSE 2PSE	Le Poids : 0,32kg Epaisseur de la partie inférieure : 0,9mm le tube : rayon : 10mm	Tôle d'Acier E390 D	R _p (MPa):355-425 R _m (MPa): 450-520 A (%) : 21
Véhicule 2		3PSE (Doublure) 3PSE (Renfort charnière)	Epaisseur : 0,65mm La masse : 0,645kg	Tôle d'acier ES	R _p (MPa):159 R _m (MPa): 306 A (%) : 42.3

Tableau 13 : Benchmarking de renfort choc latéral

IV.2.6.b Analyse de Benchmarking Renfort choc latéral :

Nuances étudiées :

3 nuances trouvées sont caractérisées et utilisées pour les pièces du renfort de choc latéral.

- **Acier 22MnB5**
- **Acier E390D**
- **L'acier ES**

L'utilisation des différentes nuances de matériaux sur un renfort choc latéral. En général se sont des aciers à haute limite élastique (HLE) ou acier à très haute limite élastique (THLE) qui assurent une meilleure combinaison entre rigidité de la pièce et formabilité du matériau.

Acier 22MnB5

Les besoins d'allègement du poids des véhicules en vue de la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO₂, ainsi que la recherche de hautes performances dans les applications automobiles ont conduit au développement de nouveaux aciers à Très Haute Résistance. Ces aciers permettent d'atteindre des niveaux de résistance toujours en augmentation grâce à une métallurgie de plus en plus maîtrisée

Les aciers THLE ont la particularité de posséder à la fois une bonne ductilité et de hautes caractéristiques mécaniques. Ceci les rend particulièrement adaptés pour l'industrie automobile, dont les principales exigences sont l'allègement du véhicule et la sécurité des passagers. Les aspects sécuritaires, ainsi que les aspects économiques et environnementaux, requièrent l'utilisation d'aciers à la fois ductile et à très haute résistance. Les aciers à très haute limite d'Elasticité, tel que le 22MnB5, se révèlent des candidats idéaux pour l'emboutissage et la mise en forme de tôles minces et très résistantes, destinés à l'industrie automobile. [8]

NUANCES	C (%)	Mn (%)	Si (%)	Cr (%)	B (%)	Fe (%)
Acier 22MnB5	0.25	1.4	0.35	0.3	0.005	RESTE

Tableau 14 : Composition chimique (% en poids) de la nuance d'acier 22MnB5

Effet du carbone :

Sur l'Acier 22MnB5, Les teneurs moyennes en carbone (actuellement entre 0.2 et 0.25%), une quantité assez importante augmente :

- la dureté du renfort
- la résistance à la rupture et la limite élastique
- la résistance à la corrosion

Mais diminue aussi :

- la soudabilité

Influence des éléments d'addition

En dehors de la variation du pourcentage du carbone, on peut modifier les caractéristiques mécaniques et aptitudes technologiques des aciers par addition d'autres métaux dont les principaux sont, avec leurs influences :

- MANGANESE : augmente la limite élastique et la trempabilité
- CHROME : favorise la résistance à l'usure et à la corrosion.
- SILICIUM : la limite élastique
- BORE : De très faible concentration de Bore (B) sont susceptible d'augmenter considérablement la trempabilité des aciers.

L'acier 22MnB5 est une nuance mise en forme à chaud et destinée aux pièces de structures et de sécurité pour l'automobile. Leurs caractéristiques mécaniques obtenues sur pièces sont extrêmement élevées, ce qui permet d'atteindre des allègements de l'ordre de 30 à 50% par rapport aux nuances conventionnelles embouties à froid.

Les avantages principaux 22MnB5 sont :

- Possibilité d'obtenir des géométries complexes du fait que la mise en forme est réalisée à l'état austénitique dans le cas du procédé d'emboutissage direct.
- Absence de retour élastique ;
- Homogénéité des caractéristiques mécaniques obtenues sur pièce ;
- Résistance exceptionnelle à la fatigue et aux chocs permettant d'atteindre des allègements élevés.

L'acier 22MnB5 est utilisé pour des pièces de sécurités telles que les renforts de chocs. De nombreuses données sont disponibles pour montrer l'exceptionnelle résistance aux chocs ainsi que les propriétés anti-intrusion de ce produit. Grâce à l'utilisation de cet acier, il est possible d'obtenir des allègements de masse de l'ordre de 30 à 50 % par rapport aux nuances conventionnelles tout en gardant des performances similaires.

Caractéristiques mécaniques de l'Acier Mn22B5 :

E Module de Young : 210 Gpa à 20°
 ν coefficient de poisson : 0.30
 σ_0 Limite élastique : 1100 Mpa
Rm Limite à la rupture : 1500 Mpa
Allongement A(%) : 6
Coefficient d'anisotropie : $r_0^\circ=r_{45^\circ}=r_{90^\circ}=1$
Taux durcissement : 0.17

Projet de fin d'études

Acier E390D

NUANCES	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	AL (%)	Nb (%)	V (%)	Ti (%)
Acier E390D	0.12	0.50	1.5	0.025	0.02	0.015	0.09	0.2	0.15

Tableau 15 : Composition chimique (% en poids) de la nuance d'acier E390D

L'acier E390 D (S355MC) est une nuance plate laminée à chaud approprié pour formage à froid, en acier soudable à haute limite d'élasticité et à garantie d'emboutissabilité. Aciers à grains fins, c'est un acier non alliés à limite élastique inférieure à 460 MPA.

Le matériau ne convient pas pour les zones avec la chaleur continuelle élevé, il va commencer à perdre ses propriétés mécaniques. E390D va avoir une excellente aptitude au formage à froid la forme, la capacité de la soudure et la résistance au choc.

Elle s'applique aux pièces soumises à des contraintes élevées, en tôles nues ou revêtues avant ou après mise en forme, d'épaisseur minimale de 0,5 mm et maximale de 2.5mm.

Ce produit est obtenu à partir d'aciers extra doux, calmés à l'aluminium, contenant des éléments tels que niobium, titane, vanadium utilisés seuls ou combinés, susceptibles de produire des micro-alliages. Ces éléments permettent d'obtenir une structure à dispersoïdes et à grains fins. [9]

E Module de Young : 205 Gpa à 20°

v coefficient de poisson : 0.30

σ_0 Limite élastique : 355 Mpa

Rm Limite à la rupture : 450 Mpa

Allongement A(%) : 22

Taux durcissement : 0.17

Coefficient de dilatation thermique : $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Acier ES

NUANCE	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Mn (%)	Si (%)
Acier E390D	0.03	19.5	10.5	2.5	2	1

Tableau 16 : Composition chimique (% en poids) de la nuance d'acier ES

Projet de fin d'études

L'acier ES ou écrouissage sévère (ES) appartient à la famille des aciers extra-doux. Ils sont des alliages de Fer avec une teneur inférieure à 0,022 % de carbone, on dépasse la limite de solubilité du carbone dans le fer ; le carbone forme du carbure de fer Fe_3C appelé « cémentite » ; ce sont des aciers extra-doux, qui ont une limite élastique R_e faible et des allongements importants ce qui justifie la facilité de leur emboutissabilité et mise en forme.

L'acier ES présente une grande aptitude à la mise en forme, en raison de ses excellentes caractéristiques mécaniques. Grâce à un rapport élevé résistance mécanique-poids du matériau et ses caractéristiques uniques à l'allongement et à l'écrouissage, il peut répondre à beaucoup de formes complexes, en trois dimensions et sans soudure. Comme son utilisation dans ces conceptions ne modifie aucune de ses qualités bien connues de résistance à la corrosion et à l'oxydation, de même qu'esthétiques.

Bien que cette nuance d'Acier ne soit pas toujours le matériau le moins cher, les simplifications dans le processus de fabrication auxquelles son utilisation peut conduire, peuvent largement compenser le coût plus élevé d'achat de la matière – par exemple, en réduisant le nombre de passes d'emboutissage ou les traitements thermiques.

E Module de Young : 193 Gpa à 20°

ν coefficient de poisson : 0.30

σ_0 Limite élastique : 159 Mpa

P Densité : 7900 $Kg.m^{-3}$

R_m Limite à la rupture : 306 Mpa

Allongement A(%) : 42.3

Dureté : 160 HV

Taux durcissement : 0.17

Conclusion

Le matériau le plus rigide ayant haute limite élastique et une meilleure résistance à la rupture est le matériau Mn22B5 de renfort de choc de véhicule 1.

La masse :

Pour tous les constructeurs automobiles, l'allègement des véhicules est un objectif incontournable. Avec l'augmentation des équipements et des dimensions, les véhicules ont longtemps vu leur poids croître. Mais depuis quelque temps, les constructeurs inversent la tendance et ce, d'autant plus que la réglementation les y pousse. Les normes Euro 6 exigent en effet la réduction des émissions de polluants des véhicules. Or, 75 % de la consommation de carburant est directement liée à la masse de la voiture. Ainsi, réduire de 100 kg un véhicule revient à réduire de 11 g la consommation de CO_2 au kilomètre.

C'est pourquoi, les constructeurs se donnent pour objectif de gagner rapidement une centaine de kilogrammes par véhicule, puis 200 kg à l'horizon 2020. [10]

Pour cette raison on cherche dans notre étude a donné l'avantage aux renforts les moins lourds, on remarque que le renfort choc latéral de Véhicule 1 est le renfort le plus léger, bien que l'épaisseur est grand relativement par rapport aux autres renforts.

Mode d'assemblage :

Le mode d'assemblage utilisé pour les trois véhicules est le soudage par points, Il est le mode d'assemblage le plus utilisé dans le domaine automobile. Le soudage par points sert à assembler localement deux tôles, en utilisant l'effet Joule. A cet effet, on comprime ces tôles à l'aide d'une paire d'électrodes, généralement en alliage de cuivre, et l'on fait passer par ces mêmes électrodes un courant électrique de forte intensité. La chaleur engendrée par ce courant à l'interface tôle-tôle fait fondre localement le métal, ce qui crée, après solidification, un point de soudure.

La soudure par point est largement utilisée pour assembler les tôles entre elles (construction automobile notamment), car la brièveté de l'opération et la localisation précise du point de soudure entre les électrodes sous pression limitent la déformation des tôles lors de la soudure.

IV.2.7 Analyse par élément finie de renfort choc latéral :

Les outils proposés permettent de résoudre les problèmes de validations produits de manière efficace. Ils permettent d'optimiser le processus de conception (gain de temps énorme) et donc de proposer des produits plus innovants (intégration d'une pré-analyse dans le cycle de conception), de qualité plus élevée tout en minimisant les coûts.

Dans cette analyse on cherche à déterminer les déformations et les déplacements ainsi que les contraintes de chaque renfort en appliquant un effort simulant l'effort de choc dans le cas d'un accident.

IV.2.7.a Modélisation par éléments finis sur Catia V5 :

L'objectif de cette étude est d'identifier les paramètres et les géométries pour faire la conception par la suite du périmètre. Une analyse par la méthode d'éléments finis va nous permettre d'évaluer les performances (résistance, rigidité) des renforts de choc et détecter les écarts entre les différentes solutions.

Les renforts ayant le même concept de géométrie seront traités, (renfort véhicule 1, renfort véhicule 2

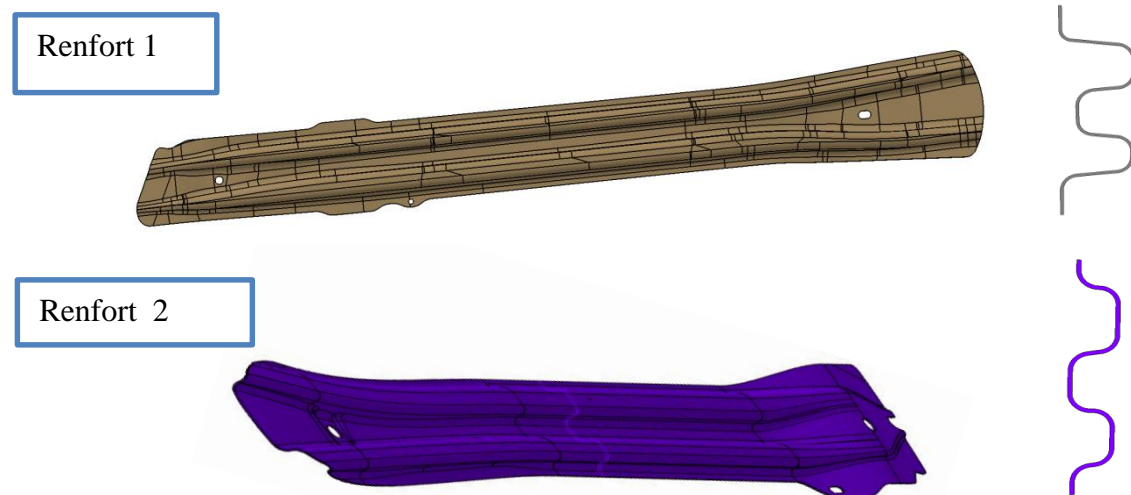
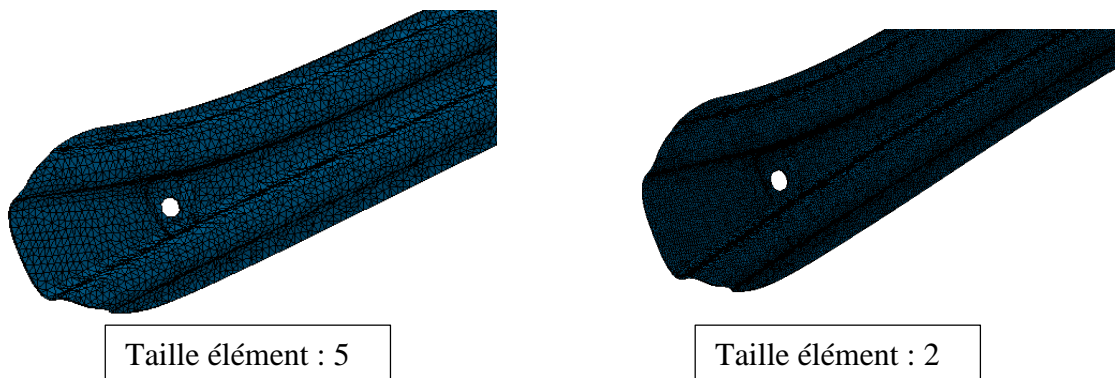


Figure : 25 les deux renforts de choc latéral étudiés

Choix de maillage :

La définition du maillage est d'une importance cruciale. Par conséquent, les résultats ne seront pertinents que si nous allons définir un "bon" maillage, c'est-à-dire un maillage adapté au renfort étudié.

Dans cette ressource, nous allons choisir les différents paramètres accessibles à l'utilisateur, imposé par le cahier de charge du client.



Le choix de la finesse du maillage est une question essentielle dans les simulations par éléments finis : plus le maillage est fin, moins il contribue aux écarts entre simulation et réalité, mais plus le coût du calcul augmente. Dans ce cadre on va choisir une taille standard de maillage pour toutes mes simulations statiques, cette taille est définie par un cahier de charge du client.

Projet de fin d'études

Conditions aux limites :

Le choix des conditions aux limites dépend directement des modes de fixation et d'assemblage du renfort, le choix de ces modes a été déterminé lors de la phase du Benchmarking. Après une comparaison général des modes de fixation du renfort choc dans différents véhicules, il s'est avéré que le mode de fixation par point de soudage, le plus fréquemment utilisé en tôlerie automobile, permet de minimiser les coûts de fabrication et d'assemblage relativement aux autres modes d'assemblage tels rivetage ou visserie, de plus on va gagner vis-à-vis du poids de visseries dans le poids total de la porte latéral et par suite dans l'ensemble du véhicule.

On se référant sur l'objectif de comparer la tenue mécanique des pièces existantes sur le marché, indépendamment de leur environnement dans le périmètre, on va se baser sur l'hypothèse de modélisation les points de soudage par des encastremets éliminant tout degré de liberté à la pièce.

Les encastremets seront positionnés dans les surfaces d'accostage du renfort comme montrée sur la figure ci-dessus, ils vont permettre d'isoler les pièces pour appliquer les charges.

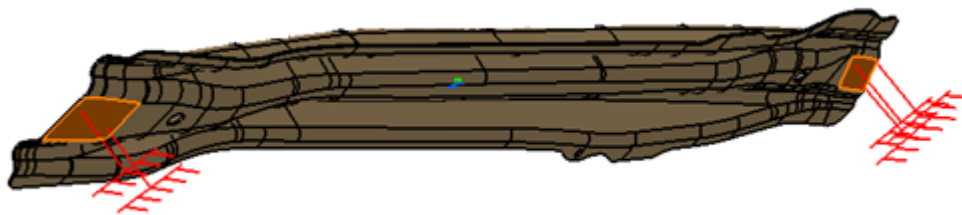


Figure 26 : Conditions aux limites

Charge : La force appliquée simule l'effort de choc frontal d'un accident d'une voiture qui roule avec une vitesse de 65Km/h, on se référant au spécialiste calcul qui m'a conseillé d'appliquer une force de 80000N, l'encastrement des renforts est appliqué sur la zone de contact de renfort avec la doublure.

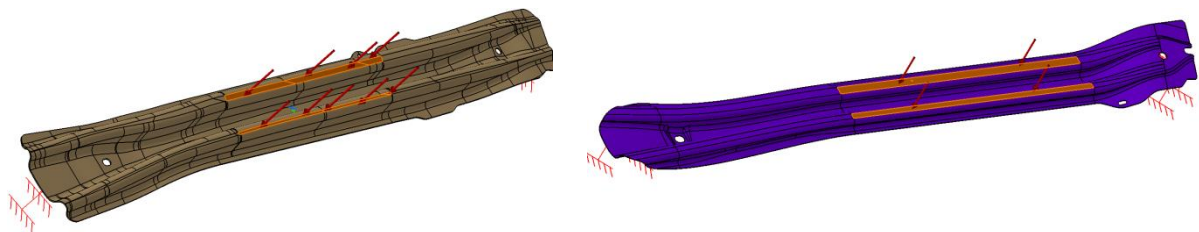


Figure 27 : la position de charges appliquées

IV.2.7.b Résultat du test :

Véhicule	Contrainte (N/m ²)	Déplacement (mm)
Véhicule 1	<p>Critère de Von Mises (aux noeuds).1 N_m2</p> <ul style="list-style-type: none"> 3,49e+008 3,14e+008 2,79e+008 2,44e+008 2,09e+008 1,75e+008 1,4e+008 1,05e+008 6,98e+007 3,49e+007 2,12e+003 	<p>Translation aux noeuds (symbole).1 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> 2,42 2,18 1,93 1,69 1,45 1,21 0,967 0,725 0,484 0,242 0
Véhicule 2	<p>Critère de Von Mises (aux noeuds).1 N_m2</p> <ul style="list-style-type: none"> 6,15e+008 5,53e+008 4,92e+008 4,3e+008 3,69e+008 3,07e+008 2,46e+008 1,84e+008 1,23e+008 6,15e+007 21,9 	<p>Translation aux noeuds (symbole).1 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> 5,78 5,2 4,63 4,05 3,47 2,89 2,31 1,73 1,16 0,578 0

Tableau 17 : Résultats d'analyse par élément finie de renfort de choc latéral

IV.2.7.c Interprétation des résultats :

Les résultats montrent que la contrainte développée pour le renfort de choc latéral de véhicule 1 est inférieure par rapport au contrainte développée par le renfort de véhicule 2, et vue que la valeur de déplacement est proportionnelle au contrainte, donc le déplacement développé par le renfort de choc de véhicule 1 est inférieure par rapport au déplacement développé par le renfort de véhicule 2.

Ces résultats promeuvent les avantages remarquables des critères de renfort de choc de véhicule 1.

Projet de fin d'études

IV.2.7.d Benchmarking Renfort choc frontal :





Véhicule	Positionnement	Mode d'assemblage	Épaisseur Et masse	Matériau	Caractéristiques mécanique :
Véhicule 1		2 rivets (l'encadrement) PSE (Doublure)	Épaisseur : 2mm La masse : 1,861kg	Tôle d'acier équivalente à DP 1180	Re (MPa): 900- 1100; Rm (MPa): ≥1180; A (%): 5
Véhicule 3		2 rivets (l'encadrement) PSE (Doublure)	Épaisseur : 1,4mm	Tôle d'Acier équivalente à DP 1200	Rm (MPa): 1200
Véhicule 2		Fixation 	Épaisseur : 1mm La masse : 0.883kg	Tôle d'Acier équivalente à DP 1200	Rm (MPa): 1200

Tableau 18 : Benchmarking de renfort choc frontal

IV.2.7.e Analyse Benchmarking Renfort choc frontal

Matériau :

On remarque que le matériau utilisé dans les trois véhicules est l'acier Dual Phase.

Composition chimique (%) : 0,18 C 2,4 Mn 0,6 Si

Les avantages principaux de l'acier Dual phase sont :

Les aciers Dual Phase se distinguent par un remarquable compromis résistance/emboutissabilité.

La capacité de consolidation induite par la déformation de ces aciers est considérable. Cette propriété leur assure non seulement une bonne aptitude à la répartition des déformations permettant une bonne emboutissabilité mais aussi des caractéristiques sur pièces beaucoup plus élevées que sur le métal à plat. C'est le cas, entre autres, de la limite d'élasticité. Après le traitement de cuisson peinture des pièces (aussi appelé traitement de Bake Hardening, BH), la limite d'élasticité des grades Dual Phase augmente encore. Ce niveau élevé de résistance mécanique obtenue sur pièces se traduit par une excellente tenue à la fatigue et une bonne capacité d'absorption d'énergie, ce qui prédispose ces aciers à l'utilisation pour des pièces de structure et de renfort. [10]

Fatigue : De par leur résistance mécanique élevée, les aciers Dual Phase présentent de bonnes propriétés en fatigue.

Résistance au choc : du fait de leurs charges à la rupture très élevées, les aciers Dual Phase sont particulièrement performants pour des pièces devant absorber de l'énergie lors d'un choc.

Mode d'assemblage :

On remarque que pour les deux premiers véhicules l'utilisation de rivetage pour l'assemblage de renfort choc frontal avec l'encadrement.

Le rivetage est un assemblage de pièces à l'aide de rivets. C'est un assemblage définitif, c'est-à-dire non démontable sans destruction de l'attache.

Il est aussi beaucoup utilisé dans l'industrie automobile car peu coûteux par rapport à un assemblage vis-écrou. Les rivetages modernes se font dans des usines spécialisées. De façon générale, ils nécessitent certains calculs pour leur mise en œuvre.

IV.2.7.f Analyse par élément finie de renfort choc frontal :

La force appliquée simule l'effort de choc frontal d'un accident d'une voiture qui roule avec une vitesse de 65Km/h, on se référant au spécialiste calcul qui m'a conseillé d'appliquer une force de 80000N, l'encastrement des renforts est appliqué sur la zone de contact de renfort avec la doublure.

Puisque le matériau utilisé par les 3 renforts est l'acier Dual Phase 1200, je me suis focalisé sur la géométrie de renfort donc j'ai fixé une épaisseur pour les trois renforts, et j'ai appliqué

Projet de fin d'études

l'analyse par élément finie pour déterminer les contraintes et les déplacements pour chaque renfort de choc frontal.

IV.2.7.g Résultats d'analyse :

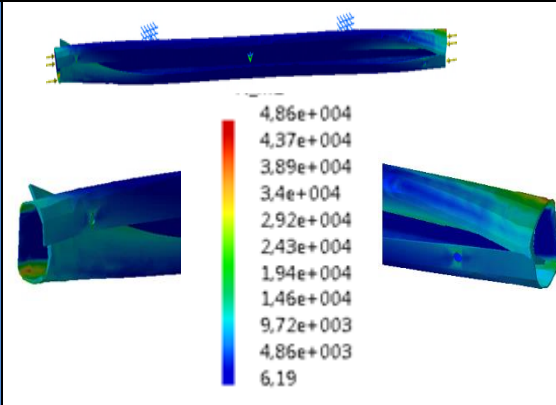
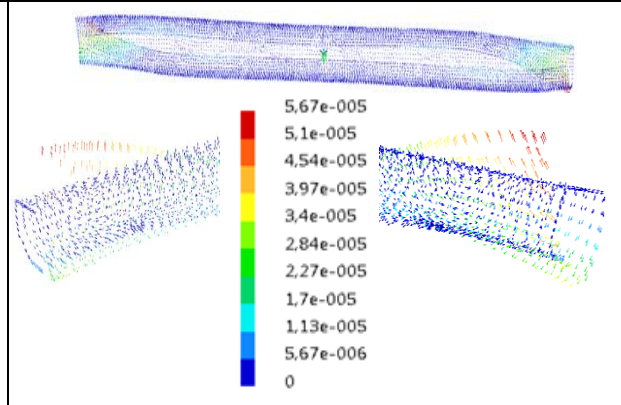
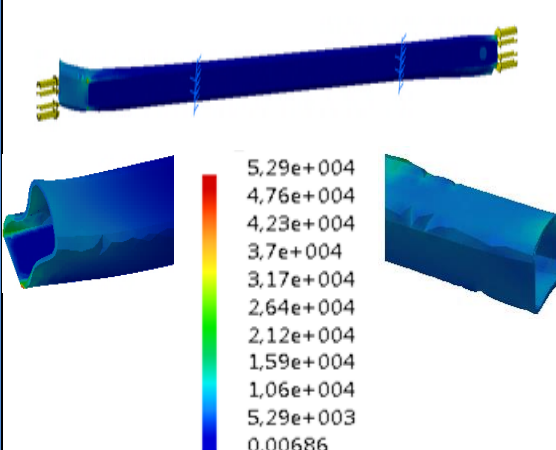
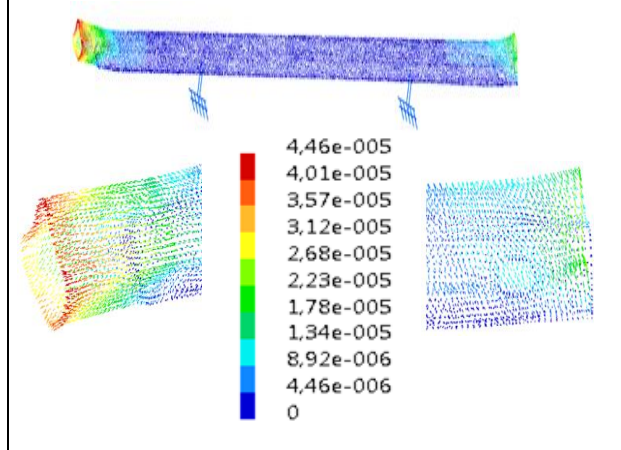
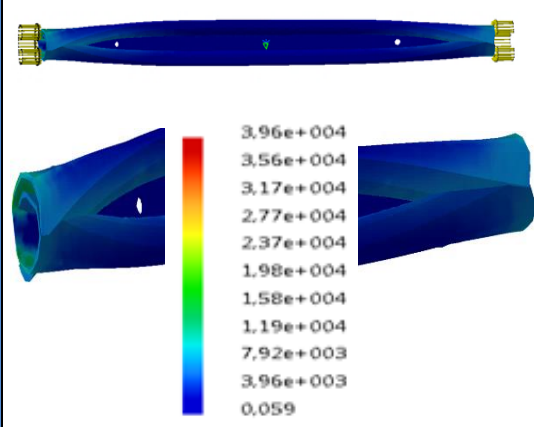
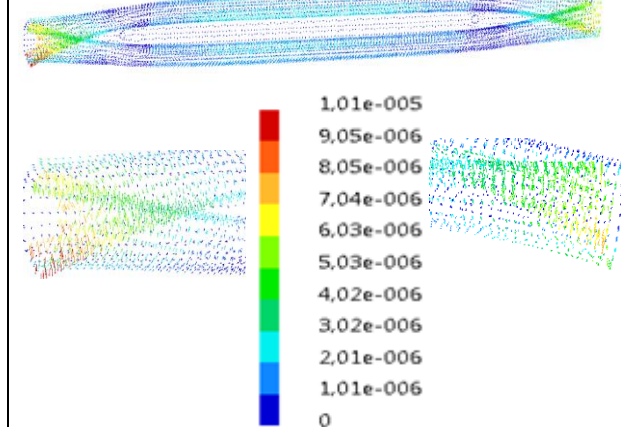
Véhicule	Contrainte Von mises (N/m ²)	Déplacement (mm)
Véhicule 1	 <p>4.86e+004 4.37e+004 3.89e+004 3.4e+004 2.92e+004 2.43e+004 1.94e+004 1.46e+004 9.72e+003 4.86e+003 6.19</p>	 <p>5.67e-005 5.1e-005 4.54e-005 3.97e-005 3.4e-005 2.84e-005 2.27e-005 1.7e-005 1.13e-005 5.67e-006 0</p>
Véhicule 2	 <p>5,29e+004 4,76e+004 4,23e+004 3,7e+004 3,17e+004 2,64e+004 2,12e+004 1,59e+004 1,06e+004 5,29e+003 0,00686</p>	 <p>4,46e-005 4,01e-005 3,57e-005 3,12e-005 2,68e-005 2,23e-005 1,78e-005 1,34e-005 8,92e-006 4,46e-006 0</p>
Véhicule 3	 <p>3,96e+004 3,56e+004 3,17e+004 2,77e+004 2,37e+004 1,98e+004 1,58e+004 1,19e+004 7,92e+003 3,96e+003 0,059</p>	 <p>1,01e-005 9,05e-006 8,05e-006 7,04e-006 6,03e-006 5,03e-006 4,02e-006 3,02e-006 2,01e-006 1,01e-006 0</p>

Tableau 19 : Résultats d'analyse par élément finie des renforts de choc frontal

IV.2.7.h Interprétation des résultats :

Les résultats montrent que la contrainte développée dans le renfort du véhicule 3 est la contrainte la plus minimale parmi les 3 renforts de choc comparés, et vu que la valeur de déplacement est proportionnelle à la contrainte, donc le déplacement développé par le renfort du véhicule 3 est le plus minimum parmi les 3 renforts, ce qui prouve que le renfort du véhicule 3 est le plus rigide relativement aux autres renforts.

IV.2.7.i Conclusion :

-les résultats de test crash d'EuroNcap montrent que le Véhicule 1 a obtenu la meilleure note pour le choc latéral, et le Véhicule 3 a obtenu la meilleure note pour le choc frontal parmi les trois véhicules.

-L'analyse Benchmarking montre les avantages remarquables des critères de renfort de choc latéral de véhicule 1 et le renfort de choc frontal de véhicule 3 par rapport aux trois autres véhicules.

Les résultats de l'analyse par élément finie pour le renfort de choc frontal et latéral renforcent les résultats de test crash et le Benchmarking.

C'est pourquoi j'ai choisi de m'inspirer de renfort de choc latéral de véhicule 1, et de renfort de choc frontal de véhicule 3, pour la conception des renforts de choc de notre porte latérale.

V CHAPITRE 5 : Conception et Evaluation

Vous trouverez dans cette partie :

Phase 1 : Améliorer : dans cette phase nous allons présenter la conception de différentes pièces tôlerie de notre porte latérale.

Phase 2 : Contrôler : dans cette phase nous allons essayer de prouver le bon comportement de notre conception en effectuant des vérifications comme l'analyse de choc.

V.1 Phase Améliorer : Conception de porte avant :

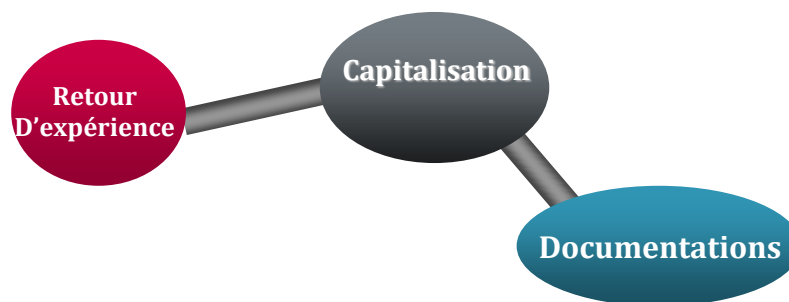
V.1.1 Introduction :

Après avoir choisi les solutions envisagées pour notre périmètre, nous allons entamer dans ce chapitre la partie de conception des différentes pièces tôlerie de porte latérale, dans ce chapitre nous allons présenter le plan et l'objectif de notre conception, ainsi que la démarche suivie pour la conception de chaque pièce.

V.1.2 Conception :

La conception d'un produit est un processus itératif. La première étape est de savoir évaluer ses performances, la deuxième de faire évoluer sa définition pour que ses performances correspondent aux objectifs de conception.

Un véhicule est un produit extrêmement complexe à concevoir et à réaliser. Il se compose de plusieurs milliers de pièces qui participent aux différentes prestations du véhicule : confort, sécurité, ergonomie, performances routières (structure et mécanique). Pour faire la conception d'un produit on se basera sur le retour d'expérience, la capitalisation et la documentation d'Altran Maroc.



V.1.3 Démarche de conception :

La méthodologie de conception définit l'organisation des étapes de conception. Elle dicte l'enchaînement des tâches suivant une organisation logique devant permettre d'aboutir à une solution qui satisfasse le cahier des charges du produit dans un délai et des coûts acceptables. Son influence est primordiale sur l'optimalité et la robustesse des solutions.

V.1.4 Objectif :

- Concevoir et développer dans les règles de l'art les solutions techniques.
- Garantir le respect des règles métier, la qualité de construction CAO.

V.1.5 Outils de conception :

V.1.5.a Catia V5 :

L'outil utilisé pour la conception de projet est Catia V5, Catia ou [Computer Aided Three-dimensional Interactive Application] est un logiciel développé par la société Dassault Systemes et commercialisé par IBM. Il regroupe un nombre important de modules totalement intégrés dans un seul et même environnement de travail.

Catia V5 regroupe plus de 80 ateliers « métier » autour du noyau de modélisation solide & surfacique.

L'atelier qu'on a utilisé pour la conception de notre projet est « GENERATIVE DESIGN »

(Voir annexe)

Organisation du modèle de départ :

Pour concevoir une pièce sous Catia V5 le client exige l'organisation de l'arbre de spécification cela permet d'analyser plus facilement la conception et les modifications réalisées. (Voir annexe)

V.1.5.b 3DCOM :

Présentation de 3DCOM :

Le déploiement généralisé de la maquette numérique sur les plates-formes véhicule et organes a pour objectif de mettre les modèles CAO à la disposition de tous les utilisateurs. Cette maquette numérique est basée sur la mise en place d'une base de données technique intégrée avec l'outil de conception CATIA.

VPM (Virtual Product Manager) est la base de données technique choisie par le client.

Elle permet :

- De stocker des modèles 3D et 2D
- De créer des arborescences de maquette numérique
- De partager les modèles plans et pièces 3D
- De disposer de maquettes numériques dynamiques enrichies en permanence
- De visualiser les niveaux de maturité

3DCOM est un outil qui vous permet, à partir d'un PC, bureautique ou technique, de consulter, visualiser, sauvegarder et analyser des modèles géométriques CAO 2D ou 3D. Ces modèles peuvent être utilisés par la maquette numérique VPM ou bien par d'autres maquettes non gérées sous VPM.

V.1.6 Conception et Développement :

PLAN & OBJECTIFS :

- Conception des pièces tôlerie de la porte avant droite :
 - *La doublure (Epaisseur : 0.65mm)*
 - *Sertissage de panneau (Epaisseur : 0.65mm)*
 - *Renfort de choc frontal*
 - *Renfort de choc latéral*
 - *Renfort charnière (Epaisseur : 1.75mm)*
 - *Renfort serrure (Epaisseur : 1.17mm)*
 - *Raidisseur panneau (Epaisseur : 0.62mm)*
 - *L'encadrement (Epaisseur : 0.97m)*

- Vérification du périmètre réalisé avec d'autres périmètres.
- Se baser sur les politiques techniques et Orientations de notre client.
- concevoir mieux, plus vite et en appliquant les bonnes idées de la concurrence.
- Garantir le respect des règles métier, la qualité de construction CAO.

V.1.7 Étapes de conception :

V.1.7.a Le concept et le style :

Entre l'idée originale et la commercialisation d'un nouveau véhicule le chemin est long et les étapes sont nombreuses. Pour créer un modèle qui séduira les automobilistes de demain, il faut anticiper les attentes du client et l'offre de la concurrence et choisir les dernières innovations proposés par les constructeurs en collaboration étroite avec les équipementiers et les fournisseurs, c'est un cycle qui va se préciser au fur et à mesure de temps, des choix sont faits concernant en particulier les matériaux innovants, les géométries des pièces...

V.1.8 Démarche de conception :

Etat initial

Etat Final

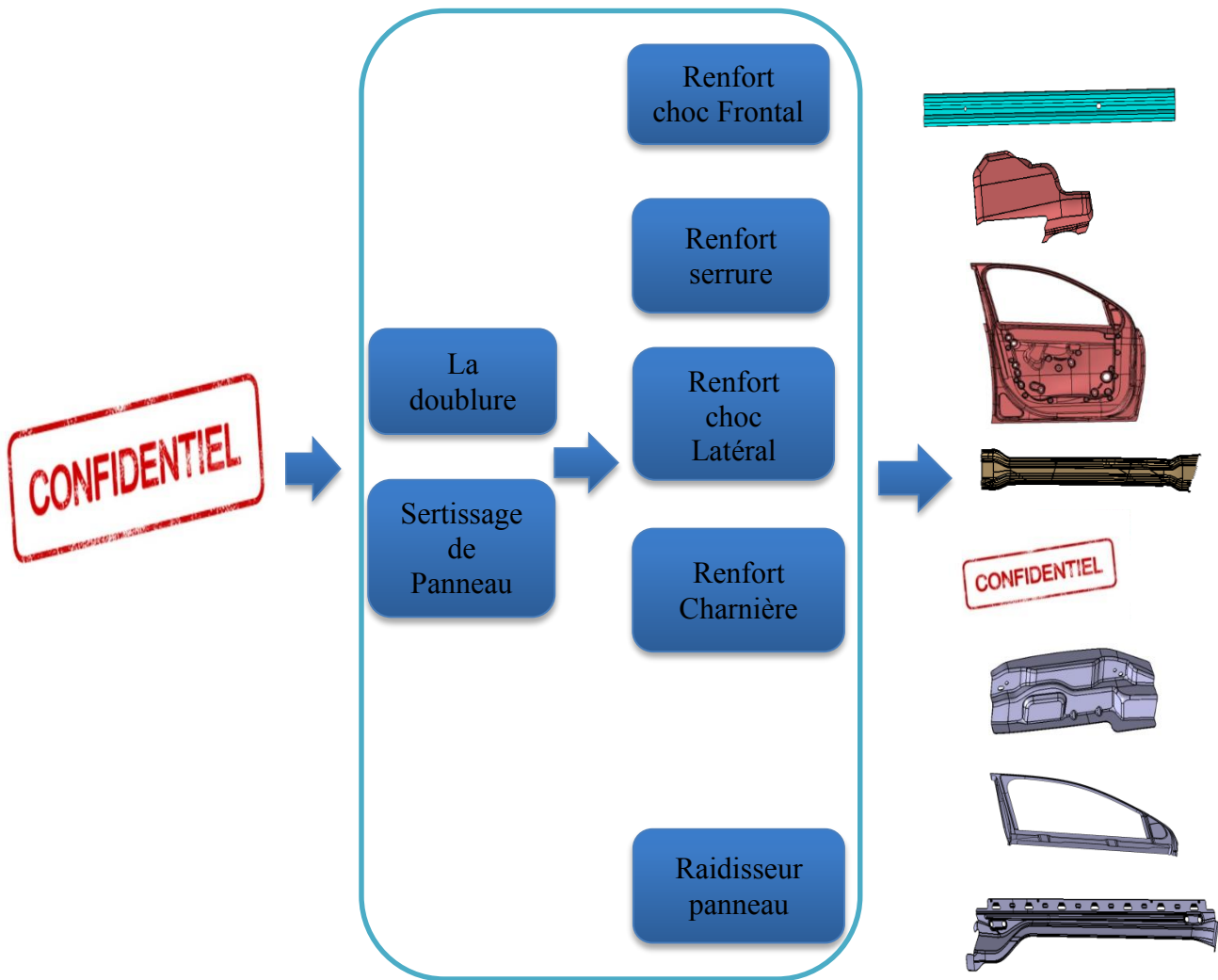


Figure 28 : Démarche de conception de porte latérale

Pour la conception des pièces tôlerie de la porte automobile on se basera sur la surface extérieure de panneau appelé style de panneau qu'est préparé par le designer, ainsi que sur les différents joints d'étanchéité.

La première étape consiste à faire la conception de la doublure et le sertissage de panneau, ensuite en se basant sur ces deux pièces on peut faire la conception des autres pièces.

V.1.8.a Sertissage de Panneau :

Définition du processus de sertissage [11]

Le sertissage est une opération d'assemblage qui consiste à rabattre les bords d'une pièce en tôle sur une seconde pièce enchâssée. Lors du sertissage, on procède à une déformation plastique de la matière sans l'écraser. Cette méthode est largement utilisée dans l'industrie automobile pour les tôles constituant les « ouvrants » du véhicule (portières, capots, coffres, toit ouvrant, etc.) dont certains sont présentés sur la figure suivante.

Ce procédé est une alternative aux techniques classiques d'assemblage, comme le soudage, permettant d'éviter les défauts d'aspects inacceptables sur les surfaces visibles du véhicule. L'influence cruciale du sertissage a poussé les constructeurs à s'y intéresser au cours de ces dernières années.

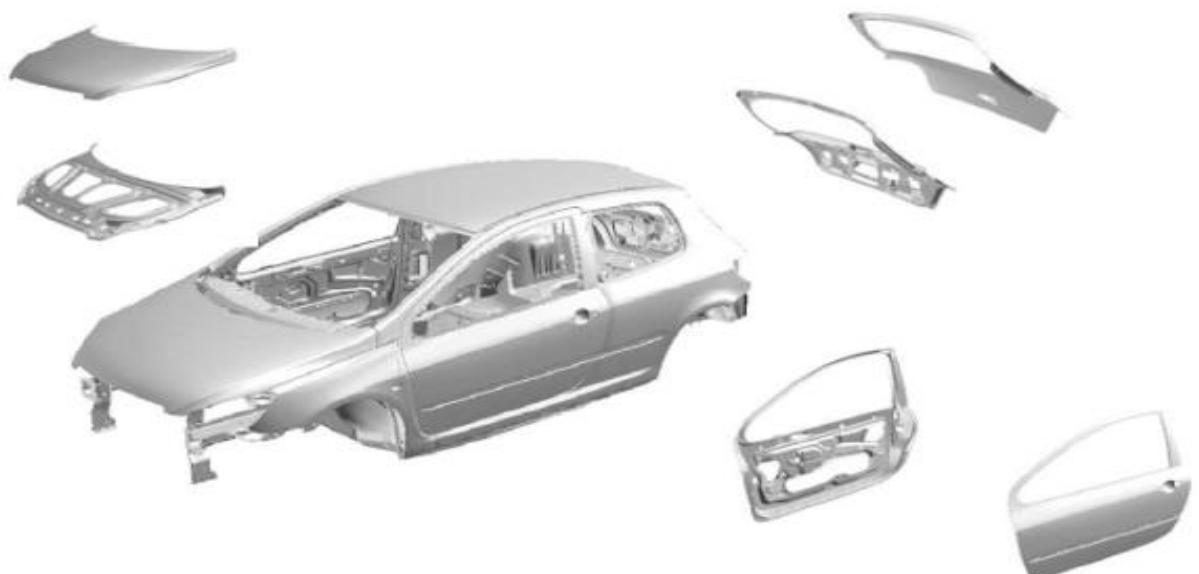
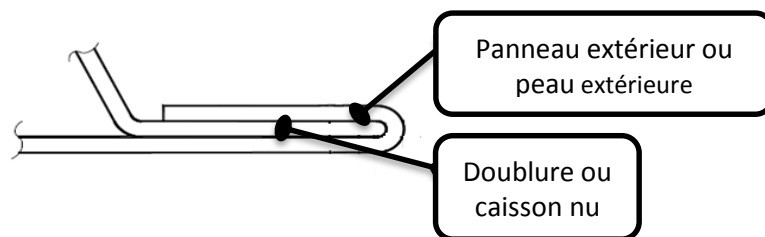


Figure 29 : Exemples d'ouvrants sur véhicules qui sont assemblés par sertissage

Le dessin de ces liaisons serties doit permettre de respecter les critères d'acceptations définies dans la norme véhicule.



Il existe deux principales technologies de sertissage industriel, le procédé de sertissage classique, et le procédé de sertissage par roulage appelé aussi robotisé ou à molette. Chacune de ces procédés est capable de réaliser les différentes géométries de sertissage des ouvrants.

Les moyens de sertissage doivent satisfaire aux objectifs de temps de cycle, à l'automatisation de la pièce, être fiable, assurer la répétabilité de la géométrie et l'aspect de la

Projet de fin d'études

pièce à sertir, l'accès pour assurer la maintenance locale, la manutention des éléments du moyen de sertissage. De plus avoir une bonne qualité de sertissage.

Le moyen de sertissage utilisé dans la mise en œuvre des ouvrants est le sertissage robotisé(ou sertissage à la molette) représenté sur la figure suivante.



Figure 30 : Sertissage robotisé

L'utilisation des robots dans cette application apporte de nombreux avantages :

- Flexibilité grâce à l'utilisation du robot, de son outil de sertissage et d'un changement rapide d'outil
- Optimisation de l'investissement et faible cout de maintenance
- Qualité de sertissage
- Bonne productivité (cadence qui peut atteindre 80 véhicules/heure)

Dans le domaine industriel, l'opération de sertissage est généralement décomposée en trois opérations : le **tombage de bord**, le **pré sertissage** et le **sertissage** (Figure suivante).Le tombage de bord est réalisé lors de l'opération d'emboutissage et consiste au pliage du bord de la tôle à environ 90° . Le pré sertissage est réalisé après l'opération de « mariage » (mise en place de la doublure sur la peau) et accentue l'angle de pliage de la tôle afin de préparer l'opération suivante. Finalement, l'outil de sertissage rabat la peau sur la doublure.

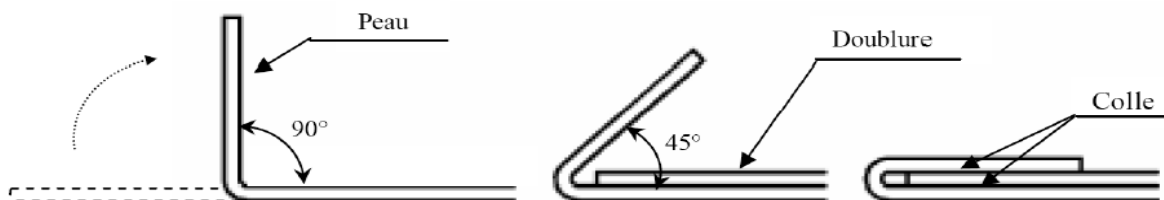


Figure 31 : Opérations de tombage, de pré sertissage et de sertissage des tôles métalliques

Les pièces à sertir comportent des zones de fort allongement ou rétreint, de ce fait le processus de sertissage peut être réalisé en 2 ou plusieurs passes. Les efforts de sertissage à prendre en compte pour le sertissage classique sont les suivants :

Pré sertissage : 80 daN au point d'appui de la molette en moyenne.

Sertissage : 140 daN au point d'appui de la molette en moyenne.

Plusieurs types de procédés de sertissage existent selon l'emplacement de la zone à sertir sur les ouvrants (Figure suivante). On utilise par défaut, le sertissage « à plat » permettant d'obtenir un solide maintien de la doublure. C'est la technique qui sera principalement étudiée ici, mais les résultats obtenus peuvent être transposés pour les autres techniques.

Pour les parties visibles par l'automobiliste (vue sur le capot à travers le pare-brise avant, par exemple), le sertissage « goutte d'eau » est préféré. Le rôle de maintien de la doublure n'est que faiblement assuré mais la géométrie de la zone pliée permet une esthétique plus agréable.

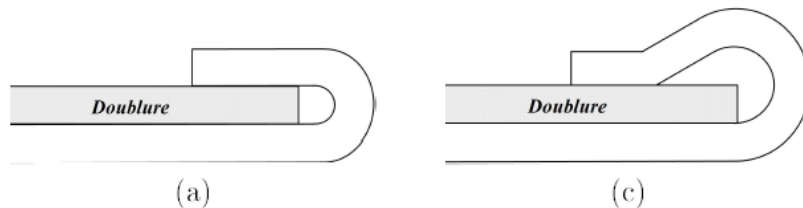


Figure 32 : Schématisation des différentes géométries de sertissages existantes :

a) Serti à plat

c) Serti goutte d'eau

Définition du produit :

Les aciers peuvent être regroupés en quatre catégories principales selon les valeurs de limites élastiques :

- Les aciers doux : $R_e < 210 \text{ MPa}$
- Les HLE : $210 \text{ MPa} < R_e < 350 \text{ MPa}$
- Les THLE : $350 \text{ MPa} < R_e < 550 \text{ MPa}$
- Les UHLE : $550 \text{ MPa} < R_e$

Les aciers doux et HLE (haute limite élastique) sont les nuances susceptibles d'être utilisées en sertissage. THLE signifie acier très haute limite d'élasticité. Ces dernières nuances ne sont pas utilisées comme peau pour le sertissage. Mais elles peuvent être utilisées comme doublure.

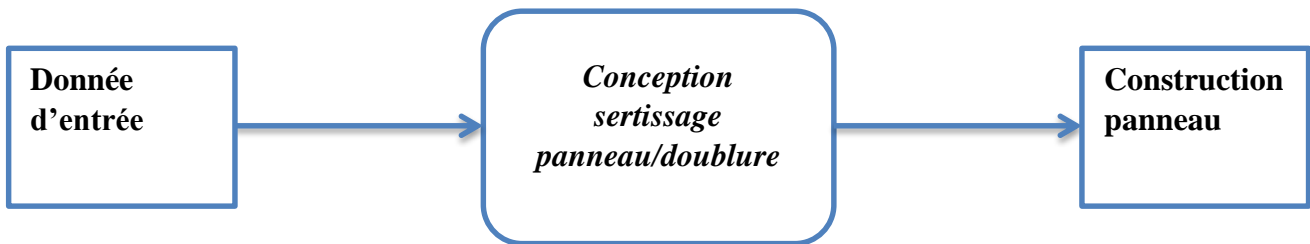
Objectifs :

Dans cette partie, je suis amené à assurer un assemblage permanent entre la peau (panneau extérieur) et la doublure de la porte latéral avant droite, le mode d'assemblage exigé est le sertissage. Le dessin de ces liaisons serties doit permettre de respecter les critères d'acceptations définies dans la norme véhicule, les liaisons serties sont considérées comme des liaisons continues en termes de :

- Tenue mécanique
- Aspect visible par le client

Conception :

La conception du sertissage du panneau extérieur (peau) sera schématisée par un système Entrée/sortie comme montrée ci-dessous :



- Style du panneau extérieur
- Epaisseur doublure
- Epaisseur panneau
- Rayon de sertissage
- Largeur de sertissage
- Jeu fonctionnel

Pour le service CAO, dont les missions sont la conception du produit, Les entrées sont les données recueillies des autres métiers qui définissent le cahier de charge du périmètre, ainsi que du métier du designer et défini la continuité du style extérieur.

e : épaisseur de la peau	0,65 mm
e ₁ : épaisseur de la doublure	0,65 mm
Ls : Largeur du serti	8 mm
Jfg : Jeu fonctionnel	1,5 mm

Figure 33 : cahier de charges du sertissage

CONFIDENTIEL

Figure 34 : style du panneau extérieur

Calcul du rayon de sertissage :

Le rayon de sertissage dépend directement des données d'entrée, il prend en considération un jeu fonctionnel entre la doublure et le panneau extérieur pour préconiser la colle dans ces zones lors de l'opération de sertissage.

$$R = 2 * e + e_1 + Jfg = 2.1 \text{ mm}$$

Les pièces à sertir sont des liaisons continues, entre ces liaisons, il zone des changements d'orientation, des zones convexes et des zones de fin de style comme montrée sur la figure 35.



Figure 35 : Sertissage du panneau

Zone de raccordement :

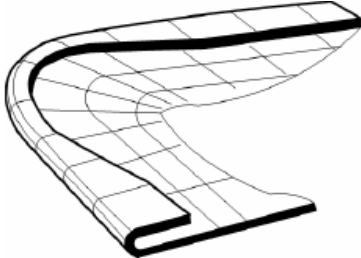
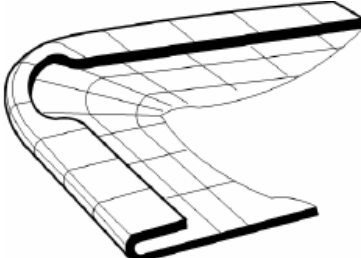
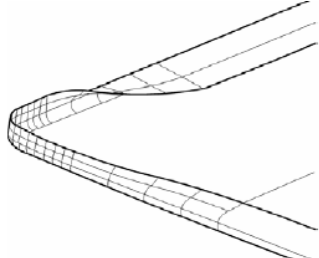


Le dessin de ces liaisons serties doit permettre de respecter les critères d'acceptations définies dans la norme véhicule du client. Les raccords sont des zones de transition entre deux liaisons serties de directions différentes. Le choix du raccordement sera réalisé par l'ensemble des responsables projet qui interviennent sur les critères à prendre en compte suivants :

- La qualité perçue,
- Le style,
- Les contraintes fonctionnelles (résistance au choc etc.),
- Les contraintes d'écoulement de cataphorèses,
- Les contraintes d'écoulement d'eau (corrosion).
- La faisabilité produit/process.

Le changement d'orientation de la liaison sertie type coin dans les ouvrants, impose une solution qui doit être choisie en fonction des paramètres cités ci-dessus

Solutions proposées :

<i>Solutions 1</i>	<i>Solutions 2</i>	<i>Solutions 3</i>
		
<p>La solution « sifflet » offre une progressivité plus douce de l'enroulement en optimisant la qualité d'aspect (hors qualité perçue).</p>	<p>La solution « Escalier » offre un très bon encastrement de la doublure dans la peau et restreint le dévêtissement en cas de choc. Bon aspect qualité perçue.</p>	<p>La solution «Bord ouvert» permet de conserver la qualité d'aspect et se conférer aux exigences de coulure cataphorèse.</p>

La solution choisie doit être en conformité de la norme véhicule du client, et dépend directement des pièces : doublure et panneau. En outre, elle doit conserver un Niveau de qualité d'aspect extérieur et intérieur élevé, et prend en considération les contraintes d'écoulement et de faisabilité du produit.

Solution choisie :

L'aménagement de la largeur sertie est rendue nécessaire. Une première réduction de bord en sifflet est réalisée avant le décrochement et l'attaque du rayon. Les valeurs extrêmes du rayon et de l'angle imposent un serti ouvert avant que la largeur sertie puisse être augmentée dans le haut de l'encadrement. La solution choisie doit suivre les orientations techniques du client et prendre en considération les contraintes d'écoulement et d'aspect.

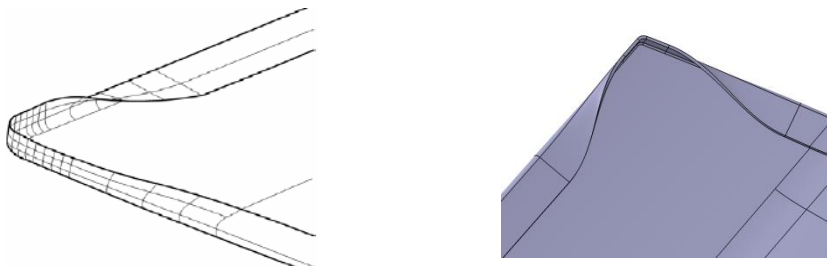


Figure 36 : Solution choisie : à Bord ouvert

V.1.8.b La doublure :

L'élément le plus complexe dans la porte d'automobile, et qu'enveloppe la majorité des autres éléments dans la porte d'automobile.

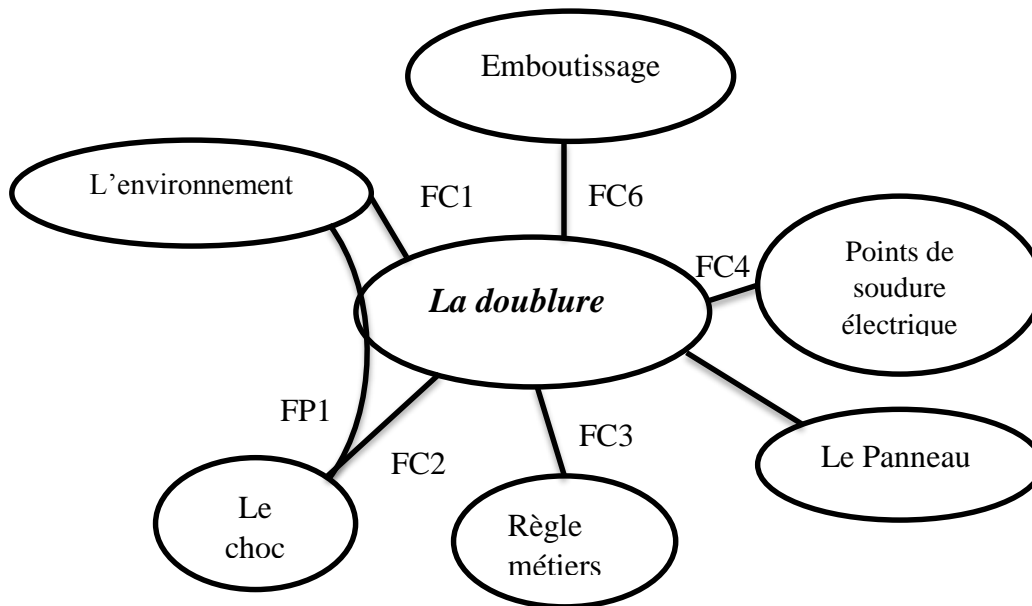


Figure 37 : la piéuvre de la doublure

Pour concevoir la doublure plusieurs fonctions et contraintes doivent être vérifiées.

FP1 : protéger les occupants de véhicule contre un choc frontal et latéral.

FC1 : Adapter la doublure à l'environnement de la porte avant.

FC2 : Vérifier la résistance de la doublure contre un choc extérieur.

FC3 : Concevoir la doublure en respectant les règles de métier.

FC4 : Vérifier l'emplacement des points de soudure électrique et la soudabilité de la doublure avec les autres éléments.

FC5 : Adapter l'assemblage de la doublure avec le panneau par sertissage.

FC6 : Vérifier l'emboutissabilité de la doublure.

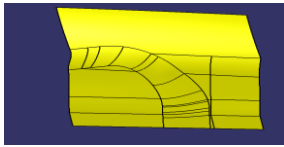
Cahier des charges pour la conception de la doublure :

-Épaisseur : 0.65mm

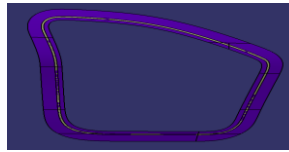
-Matériau : Acier ES

Les données d'entrée pour concevoir la doublure :

-Surface de fond de médaillon



-Appui de joint



- Appui AV, AR et INF de flan

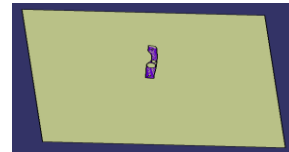


Figure 37: les données d'entrée de la doublure

Construction de volume de doublure :

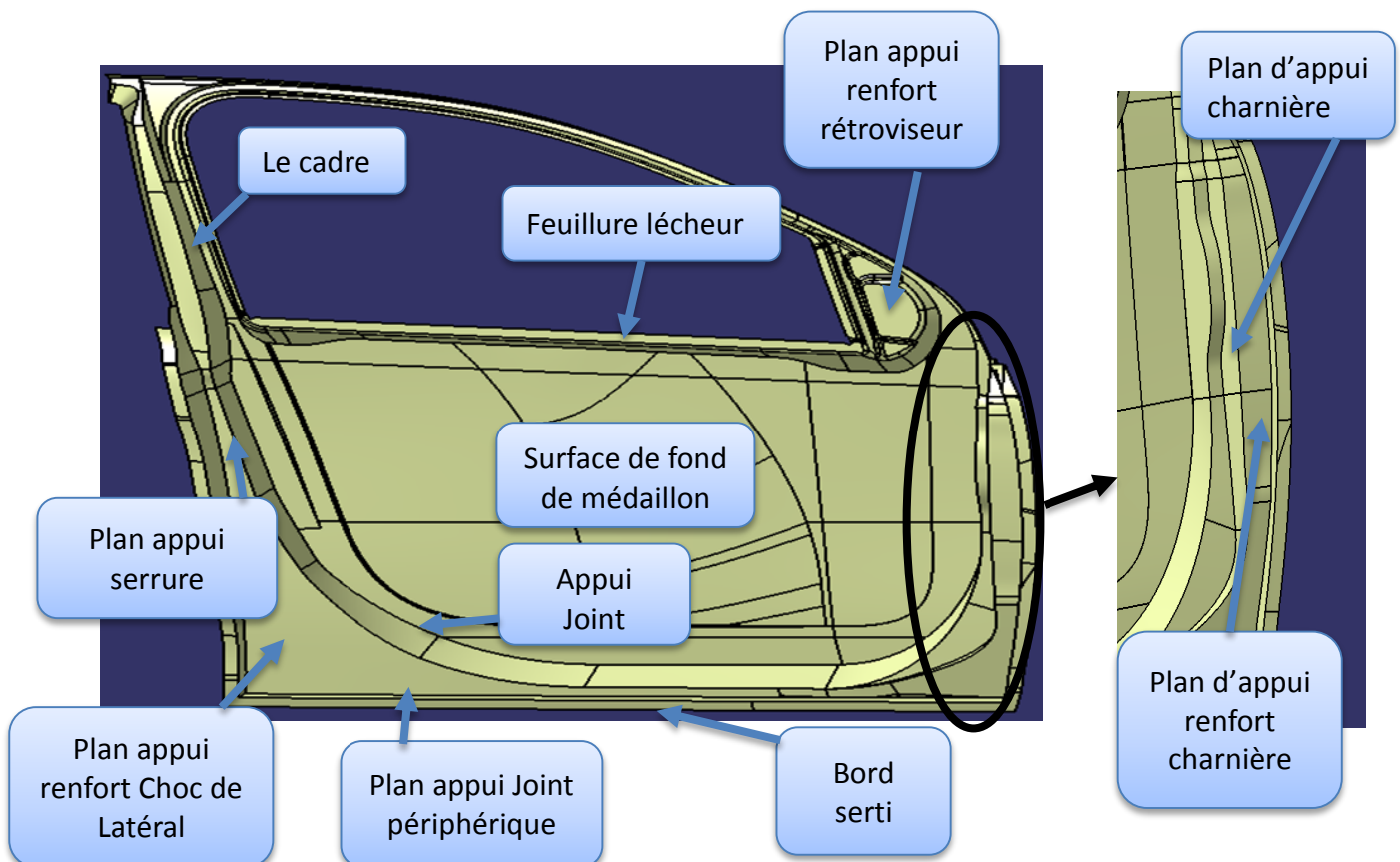


Figure 38 : Les différentes de zones de la doublure

La doublure contient plusieurs zones, parmi les zones principales on trouve :

- Le cadre : c'est la partie supérieure de doublure.
- Feuillure lécheur : c'est la zone de contact avec le joint lécheur.
- Surface de fond de médaillon : c'est la surface de base de médaillon.
- Plan appui renfort rétroviseur : c'est l'interface de contact de renfort rétroviseur avec la doublure.
- Plan appui renfort Choc Latéral : c'est l'interface de contact de côté droite de renfort choc latéral avec la doublure.
- Bord serti : c'est la surface qui permet le sertissage de doublure avec le panneau.
- Plan d'appui charnière : c'est l'interface de contact des charnières avec la doublure.
- Plan d'appui renfort charnière : c'est l'interface de contact de renfort charnière avec la doublure.
- Plan appui serrure : c'est l'interface de contact de renfort serrure avec la doublure.

Préconisation :

Respect de jeu cinématique entre le coté habitacle et le flan de doublure.

Jeu de 8mm

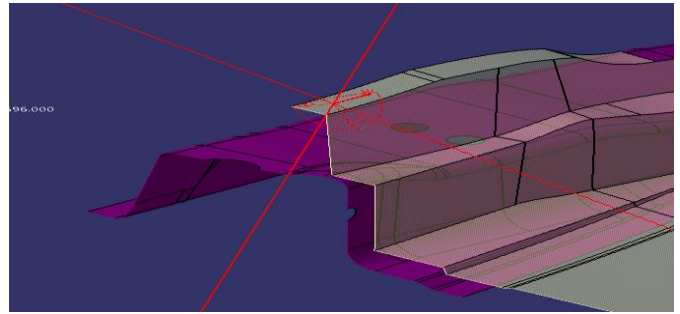


Figure 39 : section montre le jeu cinématique entre la doublure et le coté habitacle

Rayonnage :

Règles de rayonnage :

Zone de pliage : le rayon minimum est 1x Epaisseur.

Zone d'emboutissage : le rayon minimum est 1,5x Epaisseur.

Intégration d'embouti :

L'embouti permet l'appui de renfort de choc latéral sur la doublure, ainsi il permet de rigidifier la zone d'appui.

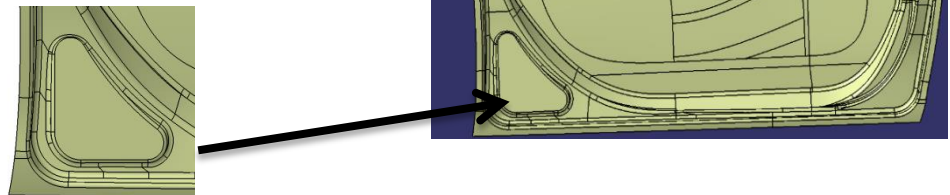


Figure 40 : Position de l'embouti dans la doublure

Intégration des interfaces :

Ces interfaces ce sont les différents trous de fixation, ainsi que les zones de passage et les zones de pilotage.



Figure 41 : interfaces intégrées dans la doublure

Il existe 3 types de fixations de la garniture panneau de porte avant :

- Agrafe maintien bouton.
- Vis.
- Harpon



Figure 42 : Fixation de garniture de panneau de porte

➤ Trou Agrafe :

Le trou agrafe est de diamètre 8,2 mm avec une zone plane tout autour de ce trou afin de garantir l'étalement de la jupe souple d'étanchéité.

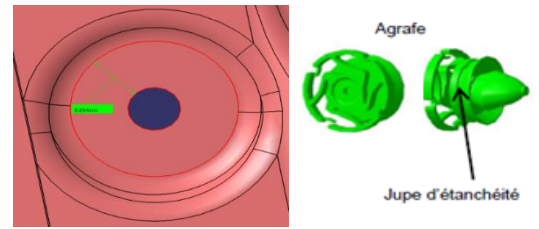


Figure 43 : Trou agrafe

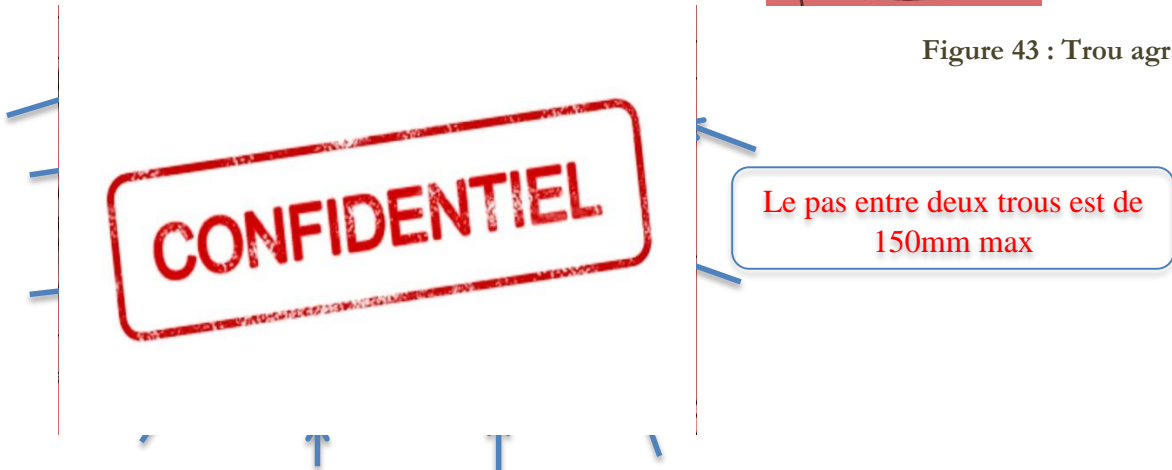


Figure 44 : position des trous agrafe dans la doublure

Le chemin de position des trous est défini par le spécialiste garniture

➤ Trou Agrafe choc :

Afin de garantir la non-éjection de la garniture panneau de porte lors d'un choc latéral, un ou des « harpon(s) » sont utilisés. Ce système permet donc de retenir la garniture panneau de porte.

Le nombre de « harpons » nécessaire est défini lors des simulations chocs.

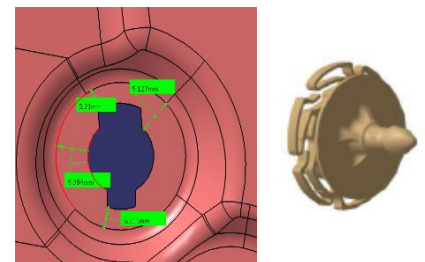


Figure 45 : Trou agrafe choc

➤ Trou serrure

Le trou serrure a pour fonction principale la fixation de guide coulisse de lève vitre.



Figure 46 : Position des trous serrure dans la doublure

- Trou de passage :

Ce trou permet le Passage de fourreau faisceau dans la porte.

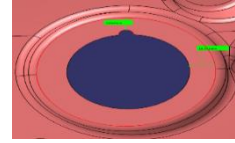


Figure 47 : Trou de passage

- Trou de pilote :

Ce trou a pour Fonction le pilotage de la doublure lors de ferrage.

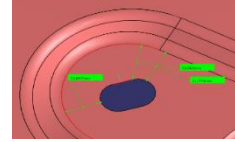


Figure 48 : Trou de Pilote

- Autres interfaces :



Figure 49 : Position d'interface serrure et d'interface arrêt de porte

Zone d'interface serrure : c'est la zone qui permet l'entrée et la sortie de serrure.

Zone d'interface arrêt de porte : c'est la zone d'intégration d'arrêt de porte avec la doublure.

V.1.8.c Le renfort choc Frontal :

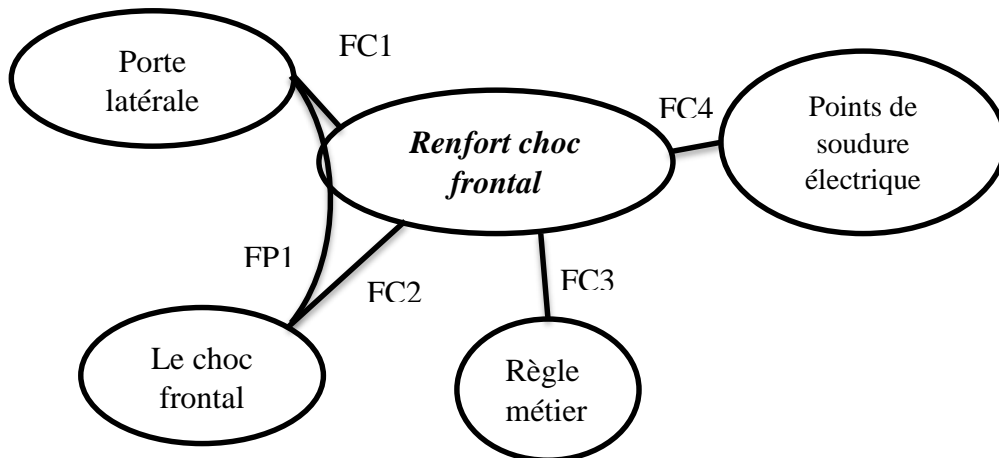


Figure 50 : la pieuvre de renfort choc frontal

Projet de fin d'études

FP1 : permettre la protection de porte latérale contre un choc frontal.

FC1 : Adapter le renfort choc frontal à l'environnement de la porte avant.

FC2 : absorber l'énergie du d'un choc frontal lors d'un accident.

FC3 : Concevoir le renfort choc frontal en respectant les règles de métier.

FC4 : Vérifier la soudabilité de renfort choc frontal avec les autres éléments.

Données d'entrée :

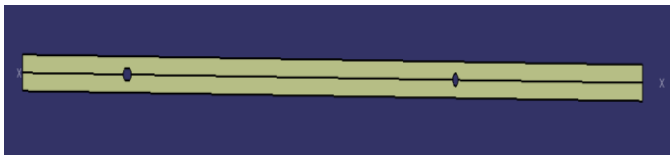


Figure 51 : l'appui de la doublure

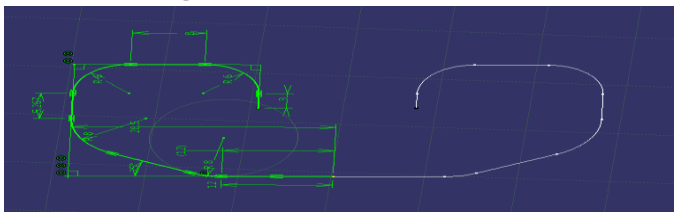


Figure 52 : L'esquisse de conception de renfort

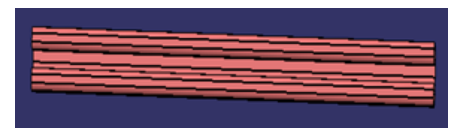


Figure 53 : Forme de renfort choc frontal

Epaisseur : 0.65mm

Matériau : Acier DP 1200

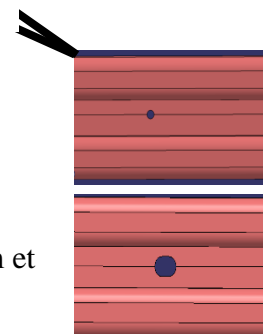
Pour concevoir le renfort de choc frontal je me suis inspirer par la forme de renfort de véhicule 3, le renfort est accosté avec la doublure par des points de soudure électrique, il est positionné entre le renfort serrure et le renfort charnière, toute en gardant un jeu de 0.5mm avec les deux pièces.



Figure 54 : Position de renfort de choc frontal

Le renfort dispose un trou et une boutonnière pour rôle principale le pilotage de la pièce lors de ferrage.

Le trou est de 8,2mm diamètre et la Boutonnière de diamètre de 8,2mm et de la largeur de 12,2mm.



V.1.8.d Renfort serrure :

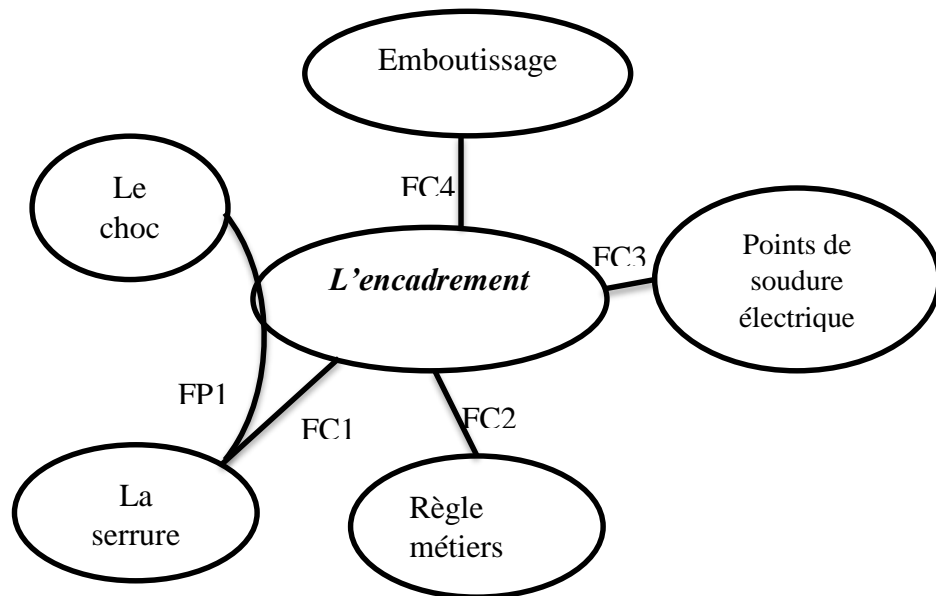


Figure 55 : la pieuvre de renfort serrure

FP1 : permettre de renforcer la tenue de serrure contre le choc.

FC1 : Adapter le renfort serrure au volume de serrure.

FC2 : Concevoir le renfort serrure en respectant les règles de métier.

FC3 : Vérifier l'emplacement des points soudure électrique et la soudabilité de renfort serrure avec les autres éléments.

FC4 : Vérifier l'emboutissabilité de renfort serrure.

Cahier des charges :

Epaisseur : 1.17mm

Matériau : Acier ES

Données entrée

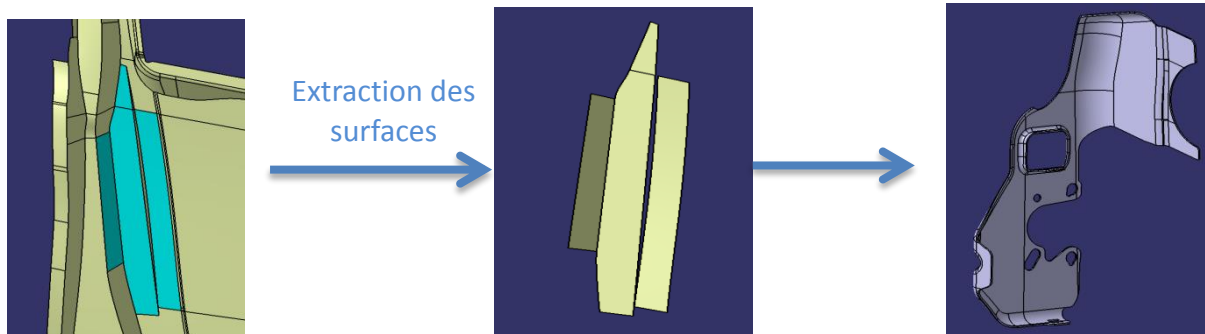


Figure 56 : Démarche de conception de renfort serrure

Pour concevoir le renfort serrure on s'est appuyé sur les surfaces de contact de renfort serrure avec la doublure, puisque le renfort serrure est accosté avec la doublure dans la zone montré sur l'image au dessus.



Figure 57 : Position de renfort serrure

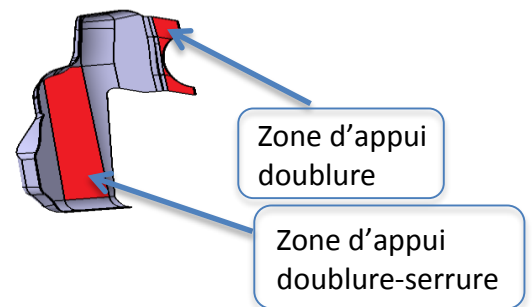


Figure 58 : Les zones d'appui de renfort serrure

V.1.8.e L'encadrement :

L'encadrement est destiné à être positionner sur la partie supérieure de la doublure.

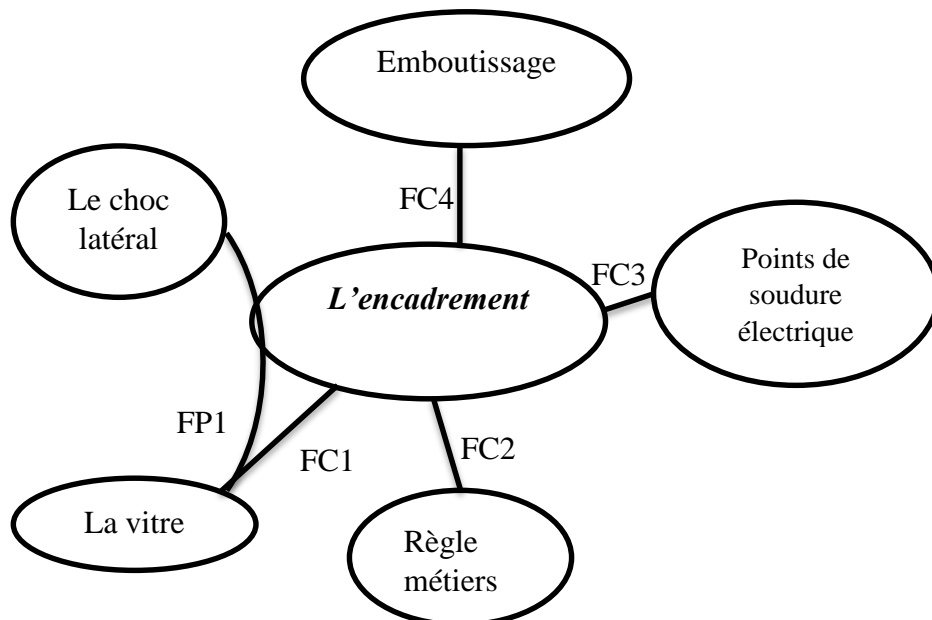


Figure 59 : la pieuvre de l'encadrement

FP1 : permettre de renforcer le panneau de porte contre le choc.

FC1 : Concevoir le raidisseur panneau en vérifiant la position de panneau.

FC2 : Concevoir le raidisseur panneau en respectant les règles de métier.

FC3 : vérifier l'emplacement des pointes de soudures électriques et la soudabilité de raidisseur panneau.

FC5 : Vérifier l'emboutissabilité de raidisseur panneau.

Cahier des charges :

Epaisseur : 0.97mm

Matériau : Acier ES

Pour concevoir l'encadrement on se base sur la partie supérieure de la doublure

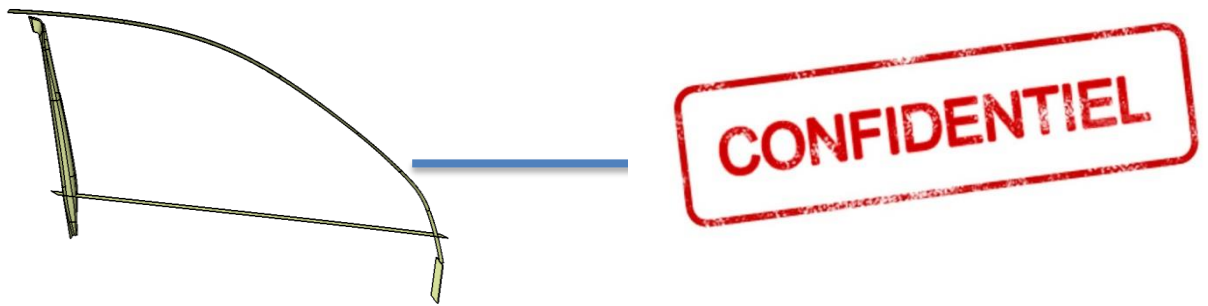


Figure 60 : Les données d'entrée de l'encadrement

V.1.8.f Le Raidisseur panneau :

Le raidisseur est destiné à être interposé entre le panneau et la doublure, son rôle principal est de rigidifier le panneau contre le choc.

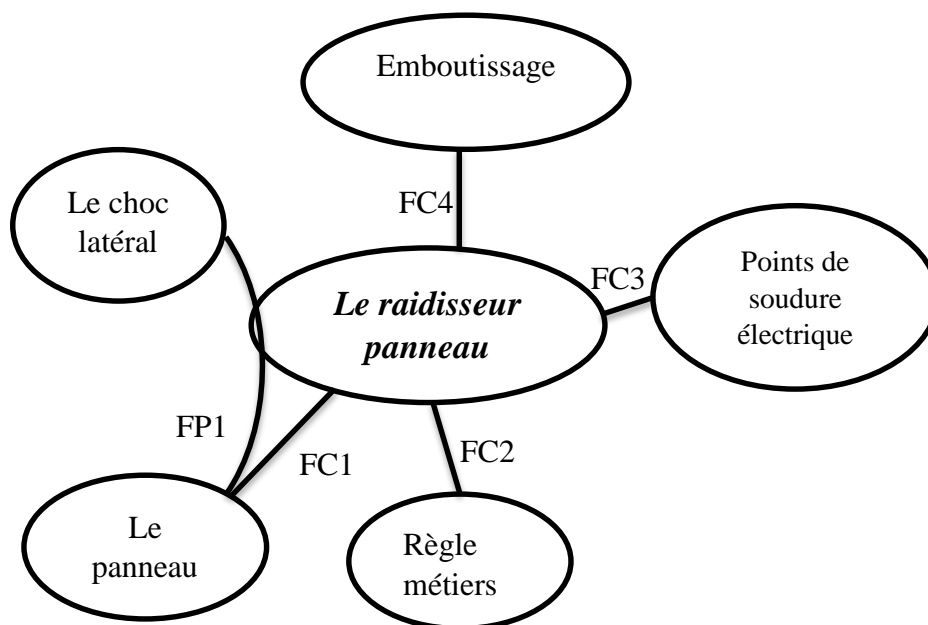


Figure 61 : la pieuvre de raidisseur panneau

FP1 : permettre de renforcer le panneau de porte contre le choc.

FC1 : Concevoir le raidisseur panneau en vérifiant la position de panneau.

FC2 : Concevoir le raidisseur panneau en respectant les règles de métier.

FC3 : vérifier l'emplacement des pointes de soudures électriques et la soudabilité de raidisseur panneau.

FC5 : Vérifier l'emboutissabilité de raidisseur panneau.

Cahier des charges :

Epaisseur : 0.62mm

Matériau : Acier ES

Pour concevoir le raidisseur panneau on se base sur les surfaces d'appui de raidisseur panneau comme le panneau, le renfort charnières.

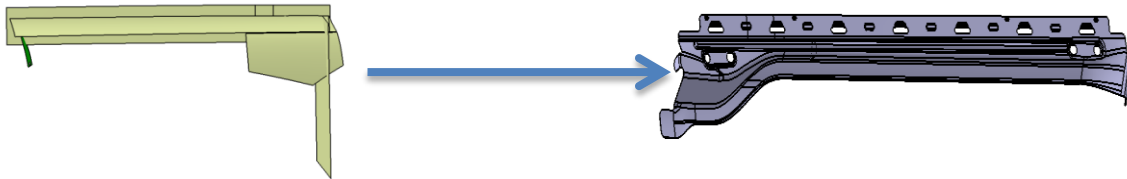


Figure 62 : Les données d'entrée de raidisseur panneau

V.1.8.g Renfort charnière :

Diagramme de pieuvre :

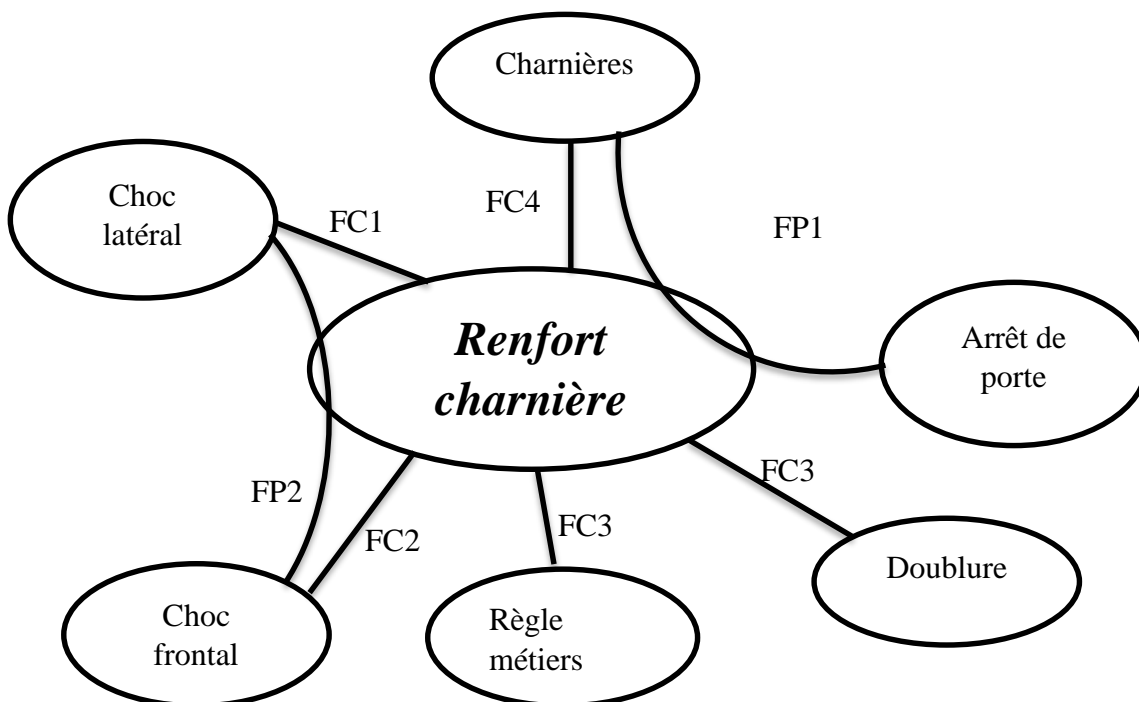


Figure 63 : la pieuvre de renfort charnière

FP1 : Supporter l'assemblage des charnières et de l'arrêt de porte avec la porte latéral

FP2 : Renforcer plus efficacement la tenue des charnières au choc latéral et frontal

FC3 : Respecter les règles métier de proximité et de pilotage CAO

FC4 : Assurer une meilleure stabilité et une bonne rigidité

FC3 : Vérifier la soudabilité de la pièce avec l'environnement en accostage

FC5 : Vérifier l'emboutissabilité du renfort charnière

Cahier des charges :

Epaisseur : 1.75mm matériau : Acier ES

Données entrée

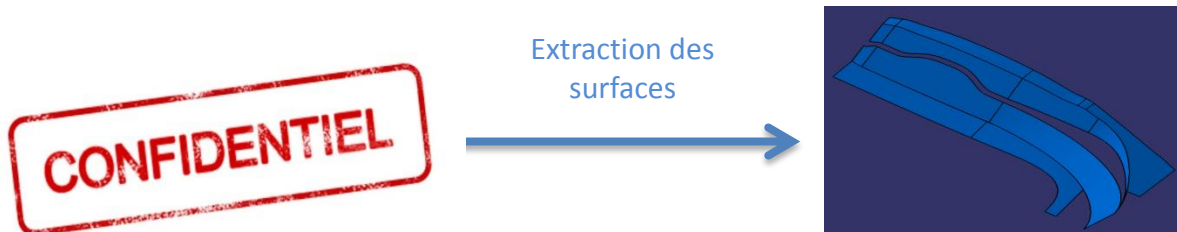


Figure 64 : les données d'entrée de renfort charnière

Les interfaces en accostage avec le renfort charnière représentent les données d'entrée pour la conception de cette pièce. La première phase de la conception est la construction du volume à partir de la doublure sur laquelle le renfort charnière sera assemblé par des points de soudage électriques.

L'extraction des données d'entrée est donc la première étape, comme montré sur la figure précédente, on obtient les surfaces d'entrée pour faire la construction des zones fonctionnel du renfort en respectant les règles métiers de proximité de 3mm minimum de jeu minimal entrée les faces prévues sans liaison pour privilégier tout glissement lors des opérations de ferrage.

La construction de deux embouties pour créer les surface en accostage avec les charnières supérieure et inférieure, et l'intégration de ces embouties dans l'assemblage de la zone fonctionnel du renfort.

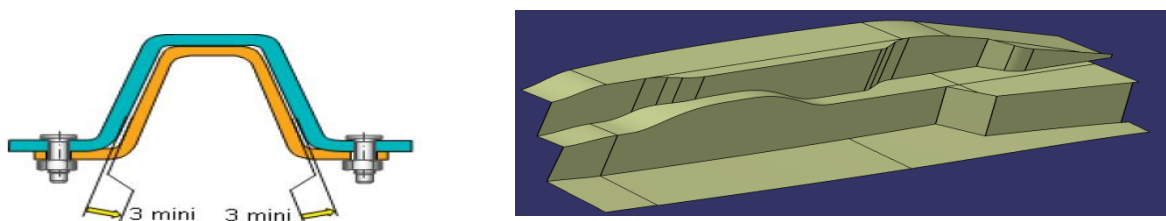
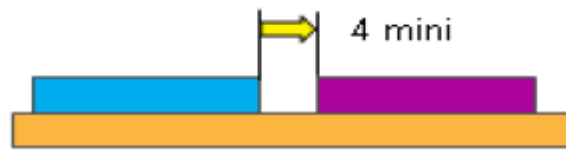


Figure 65 : Construction du volume du renfort charnière



Avant intégration des interfaces, je vais faire l'opération de détourage de la pièce dans le but de délimiter toutes les zones fonctionnelles en respectant la règle de proximité d'un jeu de 4 mm entre deux bord de découpe des tôles (doublure et renfort charnière).

Lors du détourage, je vais me baser sur la construction des plans pour assurer une conception paramétrée par la suite. Dans le cadre d'améliorer la conception de la pièce, un allègement de la matière au strict minimum s'impose dans les faces en accostage avec la doublure, tout en respectant la règle métier de soudage et garder une longueur minimale entre les extrémités de 14 mm pour assurer le point de soudure de la pince.

L'intégration des interfaces et la deuxième phase de conception du renfort charnière, les charnières supérieure et inférieure, l'arrêt de porte ainsi que les poinçons pour la construction des trous pilote et de passage pour assurer le montage du renfort avec l'environnement lors du ferrage.

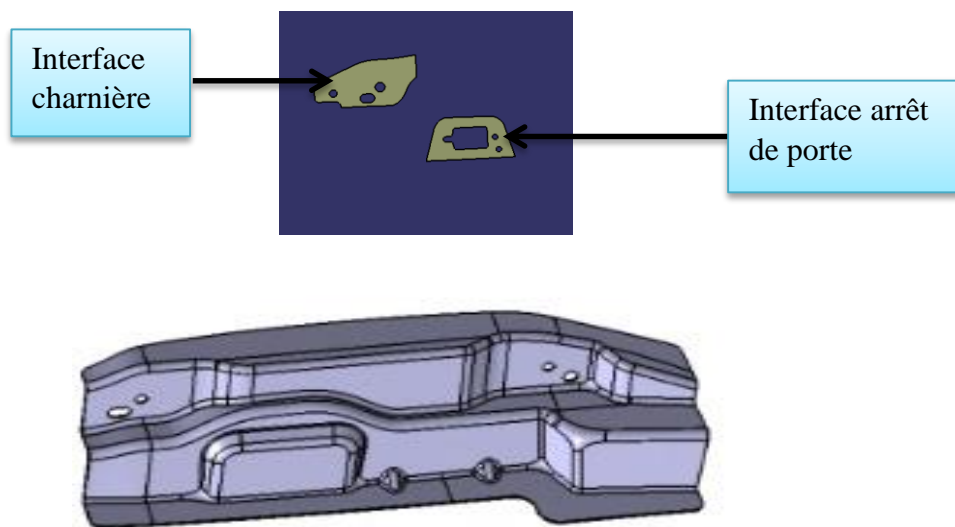


Figure 66 : Forme finale de renfort charnière

Après l'intégration des interfaces, je vais procéder à des opérations booléennes qui consistent en retrait et assemblage pour obtenir la forme du volume final du renfort charnière comme indiqué sur la figure 66.

Renfort choc latéral :

Diagramme de pieuvre :

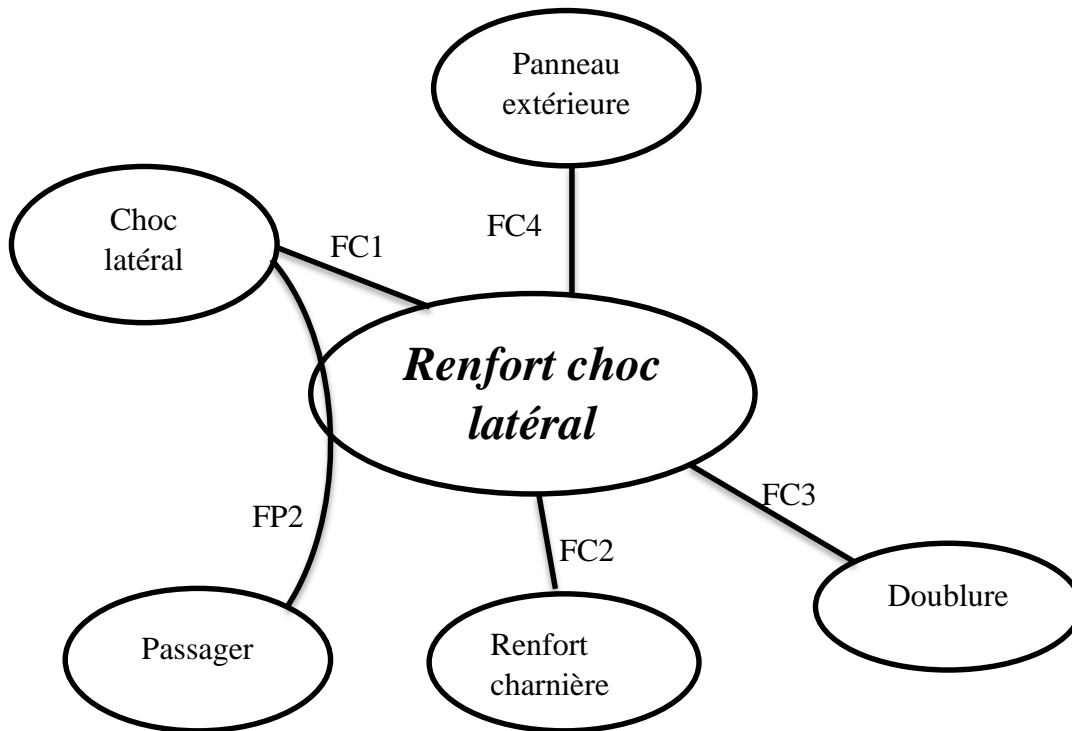


Figure 67 : la pieuvre de renfort choc latéral

FP1 : Protéger les passagers du véhicule contre tout choc latéral

FC1 : Assurer une bonne rigidité pour absorber le choc

FC2 : Assurer un accostage de surfaces avec le renfort charnière

FC3 : Respecter les règles de proximité avec la doublure

FC4 : Garder un jeu minimum pour le collage avec le panneau.

Données entrée

La conception du renfort choc latéral commence par l'extraction des surfaces de construction, qui seront considérées comme données d'entrée. Afin d'assurer une bonne absorption du choc, le panneau extérieure doit être en proximité avec le renfort choc latéral, la règle métier de proximité impose un jeu minimal de 3mm de décalage du style, de plus il faut prendre en considération l'épaisseur du panneau imposé par le cahier de charge de 0,65mm.

La doublure et le renfort charnière représentent des surfaces d'appuis pour le renfort choc latéral, il faut prévoir des surfaces sur lesquelles des points de soudure seront appliqués.



Figure 68 : données d'entrée renfort choc latéral

Construction volumique :

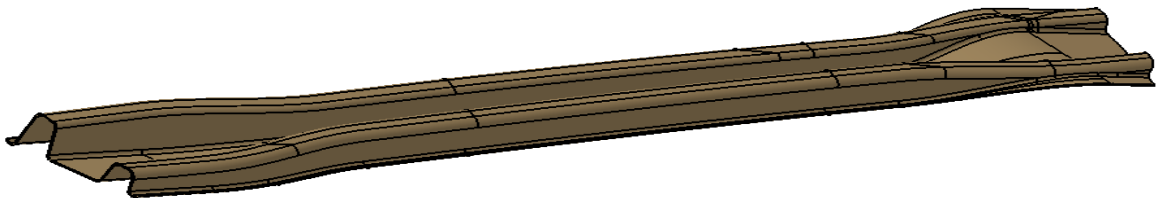


Figure 69 : Renfort choc latéral



Figure 70 : Pièces tôlerie finales de porte latérale avant

Conclusion :

Dans cette phase on a réussi à concevoir les différentes pièces de tôlerie de porte latérale avant, la prochaine phase consiste à vérifier le bon fonctionnement de périmètre en effectuant des analyses à savoir l'analyse d'interférence, l'analyse de choc...

V.2 Phase Contrôler :

Le but de cette phase est d'évaluer les différentes pièces, on effectuant des calculs de vérification.

- ECE 26
- Vérification des PSE
- Analyse d'interférence
- Analyse de choc

V.2.1 Réglementation Européenne ECE26 :

V.2.1.a Définition de l'ECE26 :

Réglementation Européenne ECE26 Aménagement extérieure (ONU/Genève), sur le thème de la sécurité secondaire, donnant les prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules concernant leur aménagement extérieur.

L'objectif est de réduire ou limiter les risques de blessure résultant d'un impact des piétons avec la structure extérieur du véhicule. Toutes silhouettes (berline, break, coupé, monospace,...), sont soumis à cette réglementation.

- Zones concernées :

Ce sont toutes les zones en contact avec les piétons et qui présentent un danger pour eux.

V.2.1.b Processus ECE26 :

Les concepteurs s'assurent de la conformité des rayons en courbure. Une pré-analyse des valeurs des rayons en courbure peut être effectuée, par les concepteurs, et permettre d'identifier les zones potentiellement non conformes.

Cette pré-analyse ne permet pas, en aucun cas, de déterminer les rayons contactables par la sphère de \varnothing 165mm.

La prochaine étape s'agit d'effectuer l'analyse ECE 26 pour déterminer les zones impactables par la sphère de diamètre 165mm.

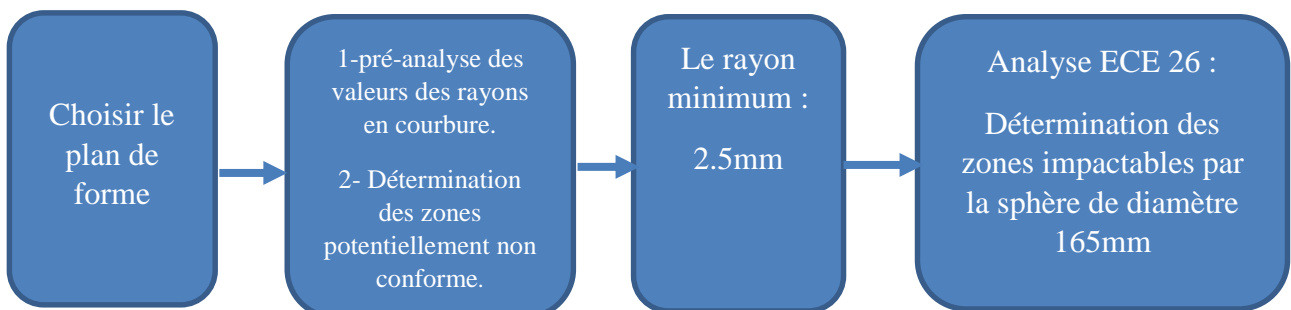


Figure 71 : Processus d'analyse ECE 26

V.2.1.c Application de la réglementation ECE26 sur le panneau de la porte :

La première étape dans notre analyse s'agit d'appliquer une pré-analyse des valeurs des rayons en courbure et déterminer les zones potentiellement non conformes.

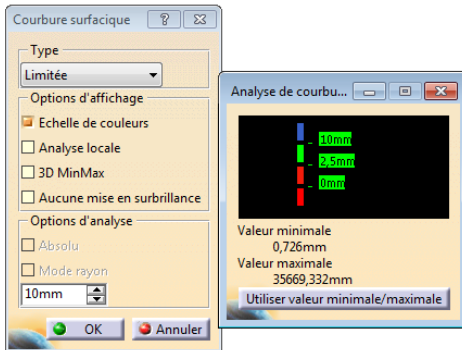


Figure 72 : Pré-analyse des valeurs des rayons en courbure

La figure présente les zones potentiellement non conformes.



Figure 73 : les zones potentiellement non conformes

La 2^{ème} étape est l'analyse ECE26, on va donc définir le pas de maillage (2 mm), la déviation angulaire (20°) et le rayon minimal qui égale 2.5 mm

Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure, on voit que les rayons critiques sont situés au niveau de sertissage de la porte.



Figure 74 : Résultats d'analyse ECE 26

La dernière étape est l'analyse de contact, dont laquelle on peut caractériser les points critiques et contactables par le piéton et qui représentent un danger pour lui. Les résultats de l'analyse sont représentés sur la figure, on voit clairement que les points critiques et contactables se situent dans la zone de sertissage de panneau avec la doublure ce qui implique l'augmentation de rayon de sertissage dans ces zones.



Figure 75 : Les zones des points critiques et contactables

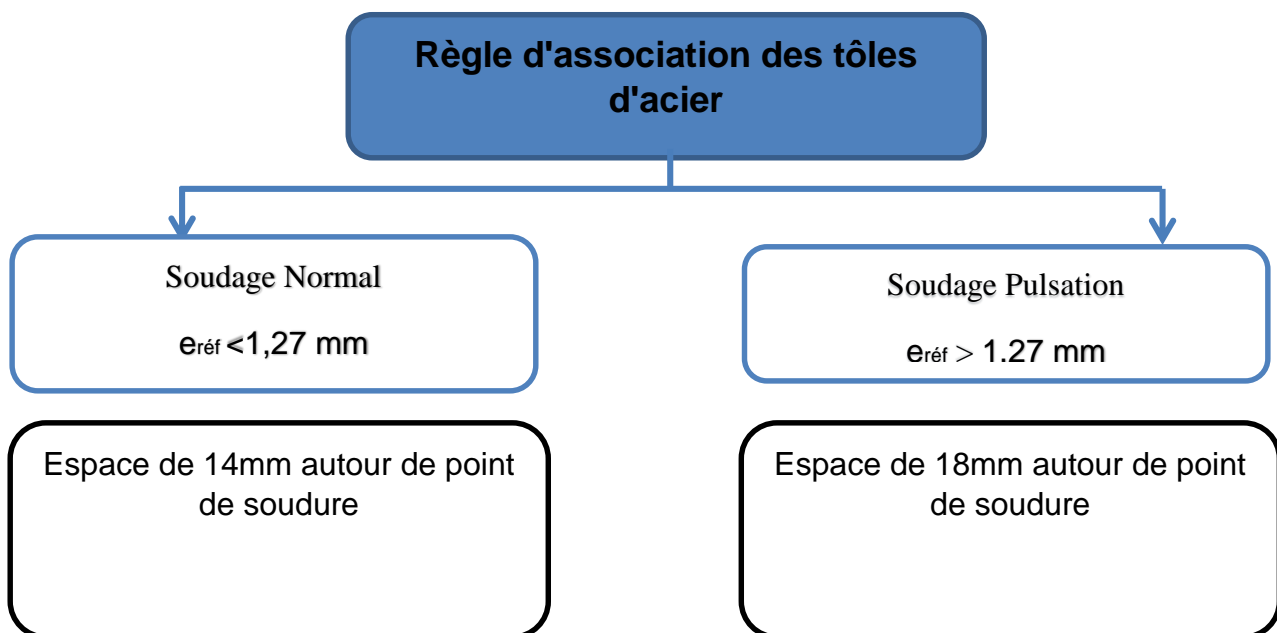
V.2.2 Vérification des Points de soudure électrique :

V.2.2.a Le soudage par points électrique :

Le soudage par points sert à assembler localement deux tôles, en utilisant l'effet Joule. A cet effet, on comprime ces tôles à l'aide d'une paire d'électrodes, généralement en alliage de cuivre, et l'on fait passer par ces mêmes électrodes un courant électrique de forte intensité. La chaleur engendrée par ce courant à l'interface tôle-tôle fait fondre localement le métal, ce qui crée, après solidification, un point de soudure. [12]

Les quatre phases de soudage, tout au long d'un cycle, sont représentées en annexe.

V.2.2.b Règles de soudage :



Définition de l'épaisseur de référence :

- Pour 2 tôles : c'est la tôle la plus fine.
- Pour 3 tôles : c'est la tôle moyenne.

V.2.2.c Intégration des points de soudure électrique :

La figure 76 montre l'intégration des points de soudure électrique sur les différentes pièces dans lesquelles sont assemblés, les sphères en vert présentent les points de soudure, ces sphères sont de 14mm de diamètres qui présentent le soudage.

On choisit toujours d'intégrer les Pointes de soudure à l'extrémité des pièces, pour assurer la bonne fixation de ces pièces.



Figure 76 : intégration des points de soudure électrique

- ✓ La position des points de soudure électrique et le respect de règles de soudage est approuvé par le spécialiste métier soudage.

V.2.3 Analyse d'interférence :

Après avoir concevoir les pièces de tôlerie de porte latérale droite on doit vérifier la non interférence des pièces en utilisant l'outil analyse interférence.

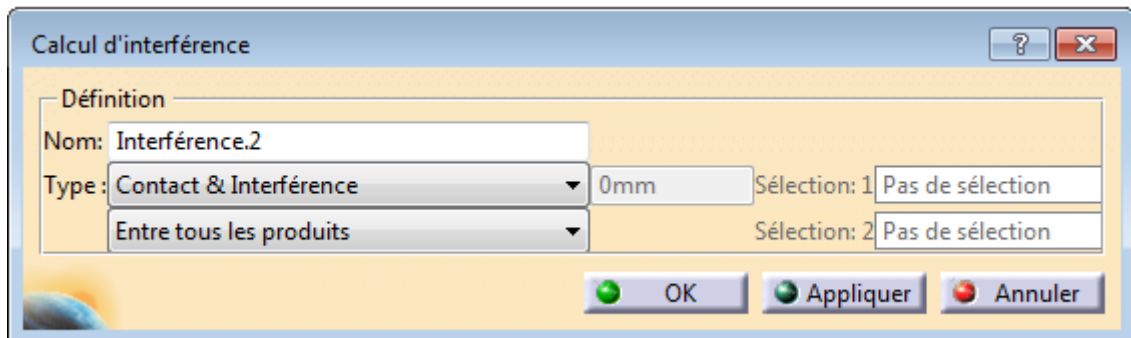


Figure 78 : Calcul d'interférence

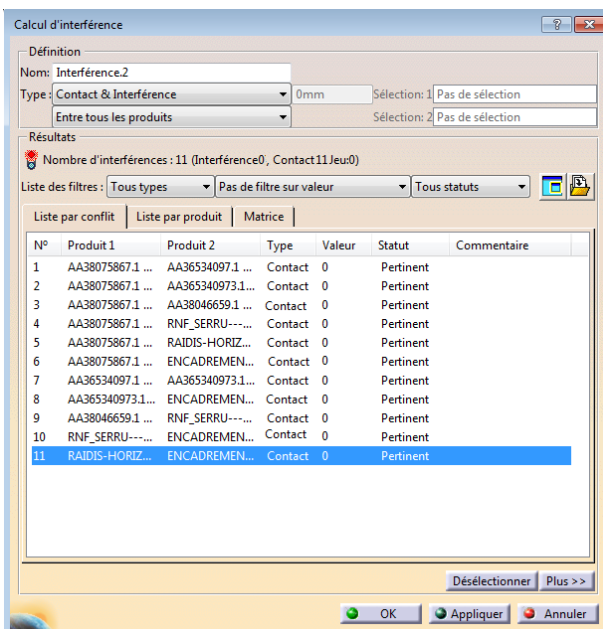


Figure 79 : Résultats de calculs d'interférence

Les résultats montrent qu'il y a aucune interférence entre les différentes pièces tôlerie de porte latérale.

V.2.4 Analyse de choc :

Les comportements statiques ou vibratoires des structures sont bien approximes avec des lois de comportement qui restent dans le domaine élastique des matériaux. Mais le crash sollicite les structures dans leur domaine plastique. Les équations du mouvement ne sont alors plus linéaires, ce qui se traduit par des réponses complexes. Ces comportements fortement non linéaires compliquent la recherche de solution à moindre cout.

Pour vérifier la capacité de notre porte à supporter le choc latéral et frontal, on doit procéder à une analyse de choc, vue l'accès limité de l'utilisation des logiciel de calcul de choc chez Altran Maroc, donc je me suis trouvé dans l'impossibilité d'effectuer une analyse dynamique pour simuler le choc de notre porte latérale, alors je me suis référé a Catia V5 pour effectuer une analyse statique qui reflète approximativement l'analyse de choc latéral et frontal lors d'un accident.

Cahier des charges :

-La taille de maillage : 5mm

- Cas de choc frontal :
 - ✓ Contrainte maximale : 650 MPa
 - ✓ Déplacement maximum : 55mm
- Cas de choc latéral :
 - ✓ Contrainte maximale : 900 MPa
 - ✓ Déplacement maximum : 80mm

V.2.4.a Application de maillage :

Taille de maille : 5mm

Flèche : 2mm

Le choix de maillage :

Le choix de maillage est imposé par le cahier de charge, d'après le spécialiste analyse de choc la taille de maillage de 5mm est la plus représentative pour simuler le choc latéral et frontal.



Figure 80 : maillage de porte latérale

V.2.4.b Choc frontal :

Les conditions au limites :

La porte est encadrée au niveau des charniere supérieure et inférieure, ainsi qu'au niveau de serrure de la porte.

La position d'application de l'effort lors de choc frontal est montrée dans la figure

L'effort appliqué est de l'ordre de 40000N, pour le choix de la grandeur de charge, je me suis référé au spécialiste de calcul de choc.



Figure 81 : Les conditions aux limites

V.2.4.c Résultats de choc frontal :

Contraintes de Von Mises (N/m²)

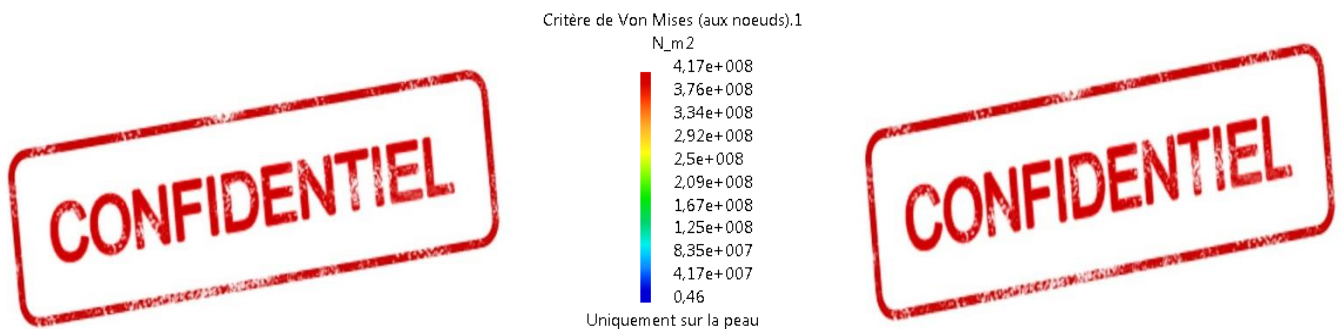


Figure 82 : Résultats Des contraintes de Von Mises

Les résultats des calculs montrent les zones les plus sollicités lors de choc frontal, en générale ces zones sont : la zone de fixation des charnières, la zone milieu de médaillon de doublure, ainsi que la zone de fixation de renfort serrure.

La valeur de contrainte maximale est de l'ordre de 417 MPa.

Cette valeur est inférieure à celle de la valeur de contrainte maximale imposée par le cahier des charges. (417MPa < 650MPa)

Le déplacement :

Pour le déplacement les zones les plus sollicités sont la partie supérieure de doublure et l'encadrement, ainsi que la partie avant de renfort de choc frontal.

La valeur maximale de déplacement est de l'ordre de 14.8mm < 55mm (Valeur de déplacement maximum imposée par le cahier des charges)

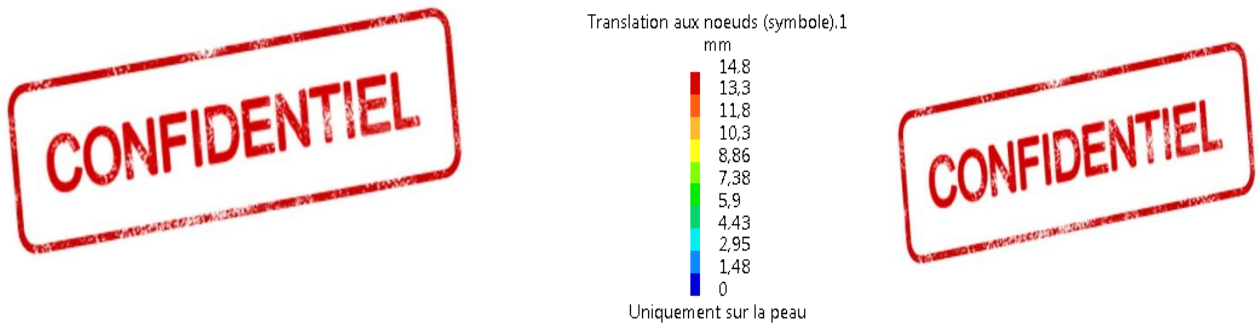


Figure 83 : Résultats de déplacement de choc frontal

V.2.4.d Choc latéral :

Les conditions au limites :

La porte est encastrée au niveau des charniere supérieure et inférieur, ainsi qu'au niveau de serrure de la porte.

La position d'application de l'effort lors de choc latéral est montré dans la figure

L'effort appliqué est de l'ordre de 80000N, pour le choix de la grandeur de charge, je me suis référé au spécialiste de calcul de choc.



Figure 84 : Les conditions aux limites de choc latéral

V.2.4.e Résultats de choc latéral :

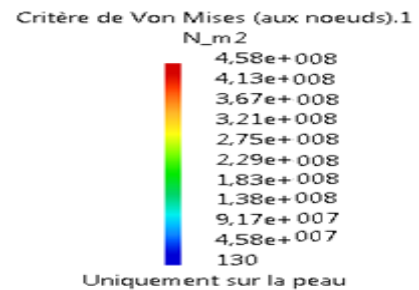


Figure 85 : Résultats des contraintes de Von Mises

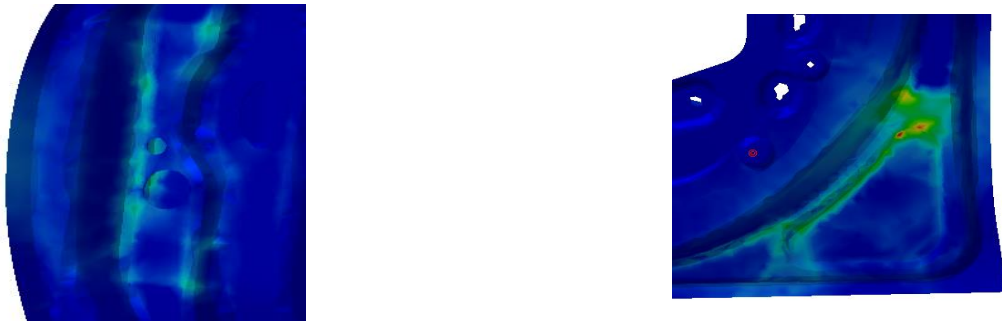


Figure 86 : Position des contraintes les plus sollicitées

Les résultats des calculs montrent les zones les plus sollicitées lors de choc latéral, en générale ces zones sont : le renfort de choc latéral, la zone de contact de renfort choc latéral avec la doublure et avec le renfort charnière.

La valeur de contrainte maximale est de l'ordre de 458 MPa.

Cette valeur est inférieure à celle de la valeur de contrainte maximale imposée par le cahier des charges. ($458\text{MPa} < 900\text{MPa}$)

Déplacement :

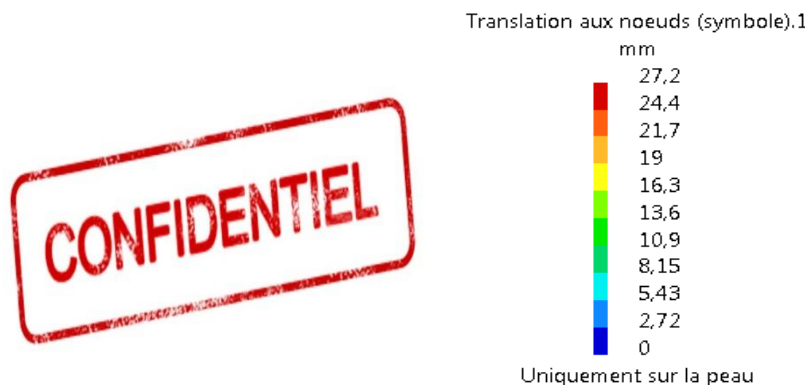


Figure 87 : Résultats de déplacement de choc latéral

Pour le déplacement la zone la plus sollicitée c'est la zone de milieu de renfort de choc latéral,

La valeur maximale de déplacement est de l'ordre de 27.2mm.

$27.2\text{mm} < 80\text{mm}$ (Valeur de déplacement maximum imposée par le cahier des charges)

Conclusion :

Les résultats de l'analyse de choc montrent que les valeurs de contrainte et de déplacement développés après le choc latéral est frontal respectent les normes imposées par le cahier des charges.

VI Conclusion et Perspective :

Dans la lumière du mon projet de fin d'étude effectuée au sein d'Altran Maroc sous le titre «Conception et développement de porte latérale avant droite» et qui s'inscrit sous le titre de la formation professionnelle pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieurs d'état de la faculté des sciences et techniques, j'ai pu profiter d'une expérience très riche dans le domaine automobile et de découvrir dans le détail le secteur du structure automobile, ses acteurs, contraintes... et il m'a donné l'opportunité de participer concrètement à ses enjeux au travers de ma mission qui consiste à concevoir les pièces de tôlerie de porte latéral avant.

Dans une perspective d'innovation continue qu'est l'objectif principale du groupe Altran, on a commencé par une formation dans l'outil CATIA et spécialement dans le module de Surfâcique, ainsi qu'une formation métier pour avoir la compétence nécessaire pour mener à bien un projet dans le secteur automobile. Un bref récapitulatif de mon projet de fin d'études, permet de dresser le bilan du travail effectué pour la conception des pièces de tôlerie de porte latérale.

En effet, après avoir définir l'organisme d'accueil, le deuxième chapitre de ce rapport consiste à définir le contexte du projet et le cahier des charges imposées, le troisième chapitre est consacrée à la définition des différents composants tôleries de porte latérale et à la réalisation d'une analyse de concurrence a fin d'avoir une idée sur les solutions choisies par les autres constructeurs.

Quant à le quatrième chapitre consiste à réaliser un « Benchmarking interne », dans lequel on a réalisé une comparaison générale sur les solutions techniques adaptées par notre client. Et on a réalisé une étude détaillée sur les renforts de choc vue que ce sont les éléments principaux responsable de la sécurité lors d'un accident.

Dans le cinquième chapitre, ayant bien assimilé les solutions faites par les concurrents et par le retour d'expérience du client, ma tâche a été principalement de les adapter afin de choisir les solutions techniques pour concevoir les pièces tôlerie de porte latéral avant droite. Après avoir conçu notre périmètre, on a pu réaliser les calculs de la tenue mécanique et vérifications des points de soudure électrique, l'analyse d'interférence, ainsi que l'application de la réglementation ECE26...

Vu l'accès limité aux logiciels de calcul de choc chez Altran Maroc, le calcul statique sur Catia V5 était le seul remède pour vérifier la tenue aux chocs des pièces conçus, en espérant de ce fait, qu'on aura une prochaine opportunité de réaliser une analyse de choc pour notre porte latéral par un logiciel de calcul plus puissant que Catia V5 afin d'avoir des résultats plus fiable.

A cet effet, j'espère que ce travail a pu satisfaire dans une large mesure les exigences du cahier des charges imposées par le client.

VII Bibliographie :

[1] ma.altran.com

[2] bibli.ec-lyon.fr/exl-doc/TH_T2092_glavaud.pdf

[3] ESSAI PROFESSIONNEL D'ACCES A LA HCA OUVRIERS D'ETAT – SESSION 2015

[4] apres-vente-auto.com/

[5] Recherche technique acier/ L'EMBOUTISSAGE DES ACIERS EN TOLES MINCES A TRES HAUTE RESISTANCE LES TOLES INSONORES SOUDABLES

[6] Fiches-auto.fr/articles-auto/crash-test

[7] fr.wikipedia.org/wiki/EuroNcap

[8] tel.archives-ouvertes.fr/tel-00453616/

[9] wenku.baidu.com/view/ed1b3ee09b89680203

[10] www.acome.fr/fr/Auto-Embarque2/Auto-Embarque/Paroles-d-expert-Automobile-et-Solutions-embarquees/L-allegement-des-vehicules-automobiles

[11] automotive.arcelormittal.com/Europe/products/AHSS/DP/FR

[12] collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs1948873

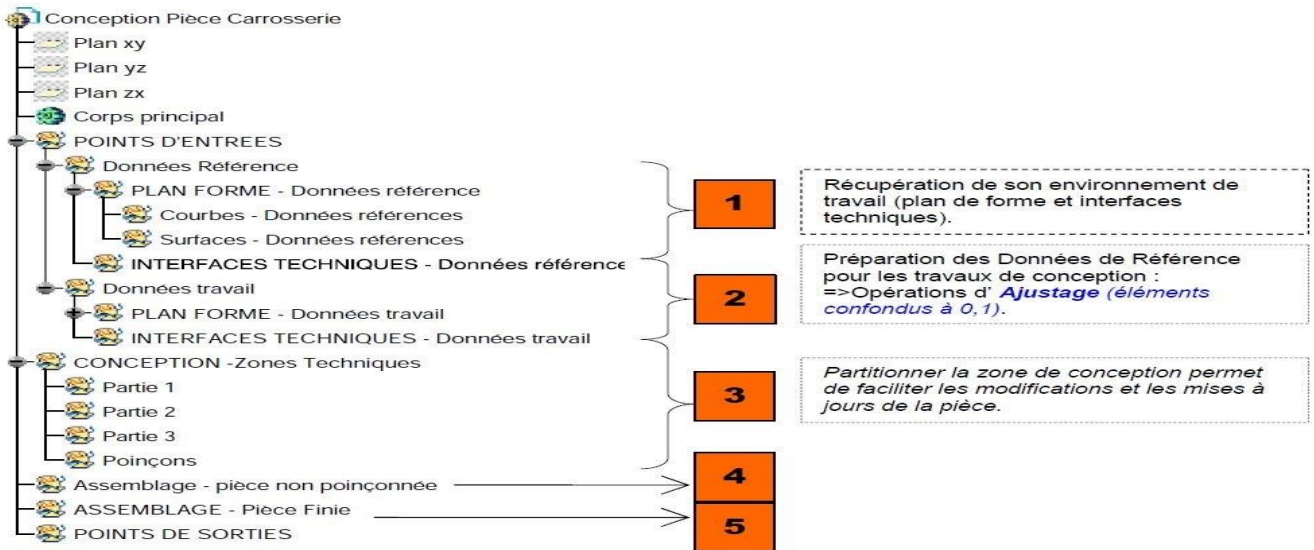
[13] neurones.espci.fr/ INTRODUCTION AU SOUDAGE PAR POINTS

Analyse de concurrence est basée sur le Site de comparaison concurrence de client.

VIII Annexe :

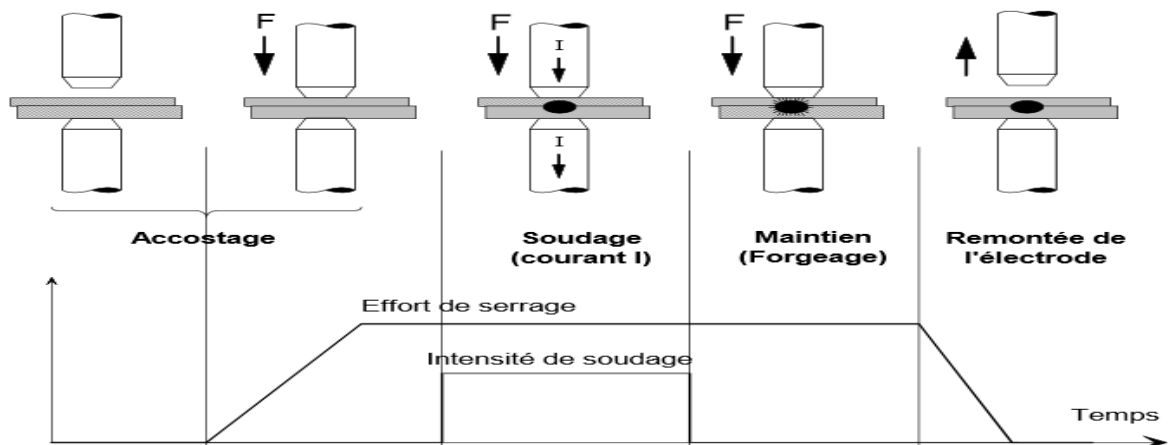
Annexe 1: Modèle de départ de l'arborescence de conception

Modèle de départ



Annexe 2: Les différentes phases d'un cycle de soudage

Déroulement du cycle de soudage :



Un cycle de soudage se décompose en quatre phases :

L'accostage : les électrodes se rapprochent et viennent comprimer les pièces à souder, à l'endroit prévu et sous un effort donné. Dans le cas des machines du CRDM, seule l'électrode supérieure se rapproche, l'autre étant fixe. Cette phase se termine quand la valeur d'effort nominale est atteinte,


Projet de fin d'études

Le soudage : le courant passe, déclenché par la fermeture du contacteur du circuit de puissance, et doit, par effet Joule, produire assez de chaleur à l'interface tôle-tôle pour qu'une zone fondue apparaisse,

Le forgeage : effectué avec maintien de l'effort mais sans passage de courant, il permet au noyau fondu de se refroidir et de se solidifier en restant confiné,

La remontée de l'électrode : l'ensemble des deux tôles peut alors être translaté afin de procéder à la soudure d'un nouveau point.

Annexe 3: l'atelier utilisé pour la conception des pièces

	GENERATIVE SHAPE DESIGN (GSD)
Création de surfaces à partir d'esquisses ou de géométrie filaire.	
Les surfaces peuvent être utilisées comme telles ou pour générer des volumes	
Fichiers générés :	
*.CATPart	

Annexe 4: Règles métier 3P

Règles métier :

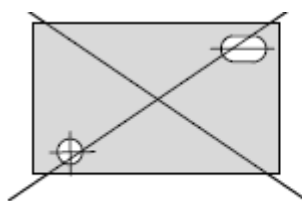
Parmi les règles métier les plus utilisés en tôlerie on trouve les règles de 3P (Pilote, Passage, Proximité)

Pilote :

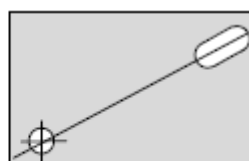
Règle d'isostatisme :

Pour piloter une pièce on privilège l'utilisation d'un trou rond et d'une boutonnière.

Respecter le principe de Lord Kelvin ; la boutonnière ne sert que d'arrêt en rotation son axe doit donc passer par le centre du trou.



Hypostatique



Isostatique

Axes de poinçonnage emboutissage pour trou de pilotage

Projet de fin d'études

O NORMAL TÔLE est la référence

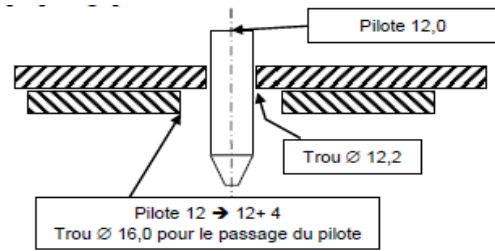
O Autorisés si indispensable

Passage :

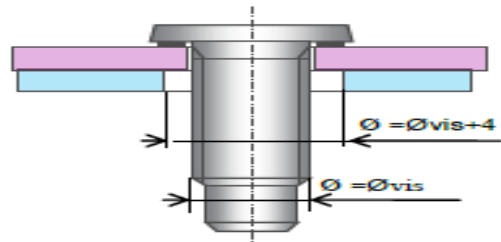
Règle standard des empilements :

Dtrou passage = Délément rapporté + 4 mm

Exemple passage pilote :

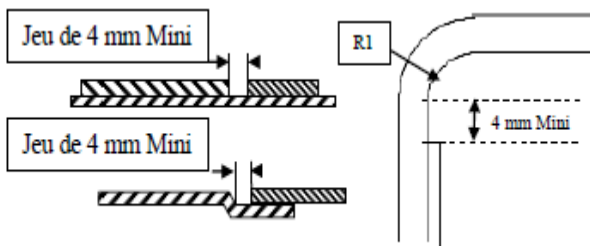


Exemple vis soudée : \square trou passage = \square vis + 4



Proximité :

Règle pour les bords :



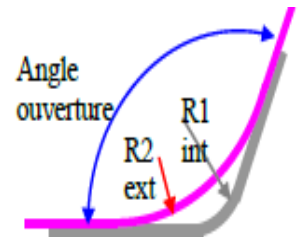
Règle pour les rayons :

$$R2_{ext} = R1_{int} + X$$

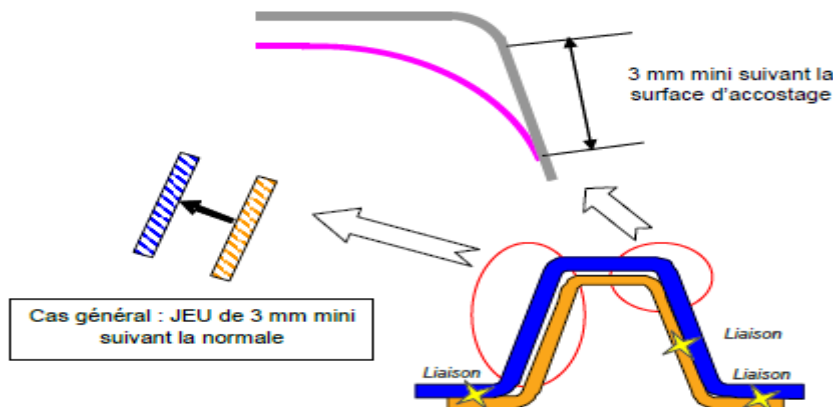
Avec : $X = 3$ si l'angle $< 110^\circ$

$X = 4$ si l'angle $> 110^\circ$

Valeurs mini (sans interférence)



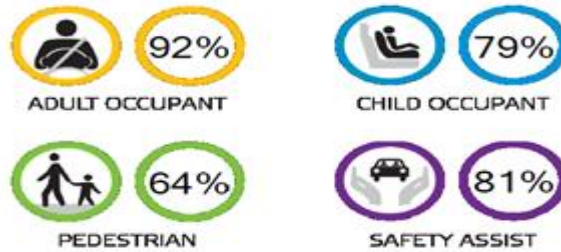
Règle pour les assemblages en U prévu sans liaison



Annexe 5 : résultats test Crash des 3 véhicules

Résultats test Crash EuroNcap :

Véhicule 1 :



FRONTAL IMPACT

14 pts



Driver



Passenger

SIDE IMPACT CAR

8.5 pts

SIDE IMPACT POLE

7,1 pts

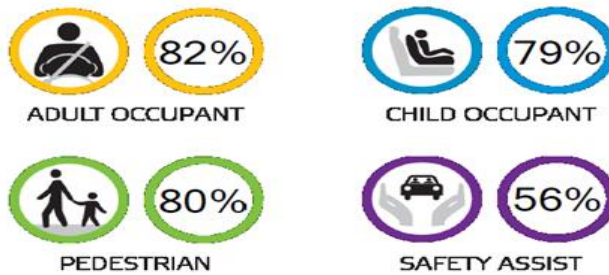


Car



Pole

Véhicule 2 :



ADULT OCCUPANT

CRASH TEST PERFORMANCE

FRONT OFFSET

14,4 pts



Driver



Passenger

SIDE CAR

7,4 pts

SIDE POLE

6,8 pts



Side car



Side pole

Véhicule 3 :



FRONTAL IMPACT

14.5 pts



Driver



Passenger

SIDE IMPACT CAR
SIDE IMPACT POLE

8 pts

6,5 pts



Car



Pole