

RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Master Sciences et Techniques

Spécialité : Génie Mécanique et Productique

Thème :

Conception et développement des composants du système lavage du pare-brise et la Caméra de recul : tuyau de remplissage et réservoir.

Présenté par :

GHAZZAZ Chaimae & MERTOUS Habiba

Encadré par :

- Mr GARZIAD Mouad, Pr : Département Génie Mécanique, FST Fès
- Mr. ACHKROUN Sami, Encadrant de la société MG2 Engineering
- Mr. SADIK Mohammed, Encadrant de la société MG2 Engineering

Effectué à : MG2 Engineering

Soutenu le : 20 /07/2022

Devant le jury :

• Pr. GARZIAD Mouad	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. ABOUCHITA Jalil	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
• Pr. JABRI Abdelouahhab	Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciements

La réalisation de ce projet de fin d'études a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes à qui on voudrait témoigner toutes nos gratitude.

Tout d'abord, nous adressons toutes nos reconnaissances à notre encadrant académique Monsieur **GARZIAD MOUAD**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribués à alimenter notre réflexion.

Notre remerciement s'adresse aussi à notre team leader madame **CHOROUK BOUBKRI** pour sa confiance qu'elle nous a accordé en nous donnant la chance d'effectuer ce stage au sein de son service.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide des encadrements monsieur **SAMI ACHKROUN** et **SADIK MOUHAMED**, Ingénieurs pilotes études et référents techniques, on les remercie pour la qualité de leur encadrement exceptionnel, pour leur patience, leur rigueur et ses encouragements durant notre préparation de ce projet.

Nous tenons à témoigner toute nos gratitude à madame **FATIMA ABOUAYACH**, Ingénieur chargé développement, pour son soutien inestimable et son aide pratique et avec qui nous avons eu de fructueuses discussions au cours de notre stage.

On désire aussi exprimer nos remerciements pour tous les formateurs de **MG2** engineering qui nous ont fournis les outils nécessaires à la réussite de notre projet.

L'enseignement de qualité dispensé par le master **GMP** a également su nourrir nos attentions et a représenté une profonde satisfaction intellectuelle, merci donc à tous nos professeurs chercheurs.

Dédicace

A ma chère mère,

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice, aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour. Que ce travail soit le fruit de vos efforts. Puisse Dieu vous préserver et vous procurer santé, longue vie et bonheur.

A ma sœur Fatima et mon frère Mounir,

Je ne saurais traduire le profond amour que je vous porte. Spécialement à Fatima, ta bonté, ton précieux soutien et ton encouragement tout au long de mes années d'études, ont été pour moi l'exemple de persévérance.

A mon professeur Driss AIT ALI,

Pour le soutien continu dont tu as toujours fait preuve.

A Monsieur SEBAAOUI Mostapha

Les mots ne suffisent guère pour exprimer mon remerciement pour votre aide, merci beaucoup encore une fois

A Mes chers professeurs

Merci beaucoup pour votre aide

A tous mes amis,

Pour votre aide et votre soutien dans les moments difficiles.

A tous ceux qui me sont chers,

Je vous dédie ce travail

habiba

Aux êtres les plus chers au monde « MES PARENTS » Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma très chère sœur et mon très cher frère,

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

A mes amis, qui m'ont aidé et qui sont toujours présents à mes côtés, avec qui j'ai partagé le bon et le mauvais.

A tous ceux qui m'aiment et tous ceux que j'aime.

Merci.

Chaïmae

Résumé

Le présent document dépeint le fruit du travail que nous avons réalisé lors de notre projet de fin d'études, au sein de la société MG2 Engineering, filiale du groupe Capgemini Engineering et groupe Magna, spécialiste de l'innovation technologique, et leader mondial dans la recherche appliquée et l'ingénierie avancée. MG2 Engineering travaille actuellement en grande partie avec des puissants constructeurs automobiles, et c'est dans le cadre de cette collaboration que s'inscrit ce projet à savoir, la conception et le développement du système lavage « réservoir et tuyau de remplissage ».

En vue d'atteindre cet objectif nous nous sommes inspiré des différents piliers de la conception automobile en combinant à la fois les connaissances acquises lors de notre période d'étude, les préconisations et recommandations du client et tout le savoir-faire que nous avons eu l'occasion d'acquérir lors de notre période de stage.

Pour la réalisation de ce projet nous avons adopté la démarche PDP qui désigne une méthode en cinq étapes : planning, concept development, system level design, detail design, testing and refinement.

A cet effet, une contextualisation générale du projet a été réalisé, afin de bien le cadrer et de bien citer les objectifs attendus par le client, et de définir le cahier des charges ainsi que la méthodologie de travail qui sera adoptée. Ensuite une analyse fonctionnelle et une étude comparative qui nous a permis d'avoir une idée claire sur tous les constituants de notre périmètre, mais aussi de détecter les pistes à suivre lors de notre propre conception.

À la suite de cela, nous nous sommes lancés dans la conception de réservoir et du tuyau de remplissage prenant en considération toutes les règles et les préconisations en vigueur.

Après avoir terminé La conception du réservoir et tuyau de remplissage sous CATIA V5, une simulation numérique et des vérifications ont été faites dans le but de vérifier leurs caractéristiques structurelles et leur aptitude à remplir leur fonction en cas de choc, cette partie de calcul a été réalisée via le logiciel ANSYS.

Mots clés :

Réservoir-tuyau de remplissage-système lavage-PDP-conception – simulation numérique

Abstract

This document depicts the fruit of the work that we carried out during our graduation project, within the company MG2 Engineering, subsidiary of the Capgemini Engineering group and Magna group, specialist in technological innovation, and world leader in applied research and advanced engineering. MG2 Engineering is currently working largely with powerful car manufacturers, and it is within the framework of this collaboration that this project falls, namely, the design and development of the “tank and filler pipe” washing system.

In order to achieve this objective, we were inspired by the different pillars of automotive design by combining the knowledge acquired during our study period, the recommendations and recommendations of the customer and all the know-how that we had. the opportunity to acquire during our internship period.

For the realization of this project, we adopted the PDP approach which designates a five-step method: planning, concept development, system level design, detail design, testing and refinement.

To this end, a general contextualization of the project has been carried out, in order to properly frame it and clearly cite the objectives expected by the client, and to define the specifications as well as the work methodology that will be adopted. Then a functional analysis and a comparative study which allowed us to have a clear idea of all the constituents of our scope, but also to detect the paths to follow during our own design.

Following this, we embarked on the design of the tank and the filling pipe taking into consideration all the rules and recommendations in force.

After completing the design of the tank and filling pipe under CATIA V5, a numerical simulation and verifications were made in order to verify their structural characteristics and their ability to fulfill their function in the event of an impact, this part of the calculation was performed using ANSYS

Software. Key words:

Tank-filling pipe-washing system-PDP-design – numerical simulation

Table des matières

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Abstract.....	IV
Table des matières.....	V
Liste des figures	XI
Liste des tableaux.....	XIII
Liste des abréviations.....	XIV
Introduction générale	1
CHAPITRE I : Présentation de l'organisme d'accueil	2
I. Introduction.....	3
II. Capgemini Engineering :	3
III. Présentation du groupe MAGNA :.....	4
1. Présentation du groupe :.....	4
2. Histoire du groupe Magna :	5
3. Chiffres clés :	5
4. Activités :.....	5
5. Implantation :.....	6
1. Chiffres Clés (ALTRAN MAROC & MG2 ENGINEERING):	7
2. La fiche technique de MG2 Engineering :.....	7
3. L'organisationdeMG2Engineering:	8
4. Mission.....	9
Conclusion :	9
CHAPITRE II : la plasturgie.....	10
I. Plasturgie :	11
1. Définition du plastique :.....	11
2. Domaines d'utilisation de plastique :.....	11
3. Quelques désignations de matériaux :.....	12
4. Techniques d'obtention des pièces plastiques :	12
5. Règles de conception des pièces plastiques	14
5.1 Définir la direction de démoulage principal :	14
5.2 Concevoir des pièces plastiques avec des épaisseurs constantes :.....	14

5.3	Prévoir des dépouilles très importantes :	15
5.4	Les contre-dépouilles :	16
5.5	Eviter les retassures pour les pièces d'aspects (visibles) :	16
5.6	Prévoir des nervures :	17
5.7	Prévoir les rayons :	17
5.8	Définir le plan de joint :	17
	Conclusion	18
	CHAPITRE III : Périmètre et Contexte du projet	19
I.	Introduction :	20
II.	Contexte général du projet :	20
1.	Préambule :	20
2.	Objectif de l'étude :	20
III.	La démarche adoptée et la méthodologie de travail :	20
1.	Démarche PDP :	20
2.	Pourquoi PDP :	21
3.	Les étapes de la méthode PDP :	21
3.1	PLANNING :	21
3.2	CONCEPT DEVELOPMENT :	21
3.3	SYSTEM LEVEL DESIGN :	21
3.4	DETAIL DESIGN	22
3.5	TESTING & REFINEMENT	22
i.	Etape 0 : Initialisation	22
1.	Énoncé de la problématique :	22
2.	Charte de projet :	22
3.	Analyse des risques :	25
ii.	Etape 1 : Planning	29
1.	Présentation du périmètre :	29
1-1	Architecture physique du système :	29
1-2	Système lave vitre :	30
1-3	Composants :	30
2	Mission statement :	34
3	Cahiers des charges :	35
4	Planning projet-Gantt :	38

iii.	Etape 2 : Concept développement.....	40
1.	Démarche de l'analyse fonctionnelle :.....	41
2.	CDCF Cahier des charges fonctionnel NF X 50-150 :	41
2.1	Etude du besoin :	41
2.2	Diagramme bête à cornes :.....	41
3.	Étude des milieux extérieurs (diagramme interacteurs ou pieuvre) :.....	42
3.1	Diagramme de Pieuvre :.....	42
3.2	Caractérisation des fonctions :	43
3.3	Hiérarchisation des fonctions :	44
4.	Analyse fonctionnelle interne : analyse descendante hiérarchique.....	44
4.1	Diagramme FAST.....	44
4.2	Diagramme SADT :.....	46
5.	Analyse Sys ML :.....	46
5.1	Diagramme des exigences :	46
5.2	Diagramme de cas d'utilisation :.....	47
5.3	Diagrammes de séquence :.....	48
5.4	Diagramme de définitions de blocs :.....	49
5.5	Diagramme de blocs internes :.....	49
5.6	Les spécifications du système :.....	50
	Conclusion :	50
	CHAPITRE IV : Étude de concurrence (benchmarking).....	51
I.	Introduction :.....	52
II.	A2MAC1 Automotive Benchmarking :.....	52
III.	Le choix des concurrents :	53
1.	La Méthode des choix des concepts :.....	53
2.	Concept génération :	54
2.1	Réservoir :.....	54
2.2	Tuyau de remplissage :	55
2.3.	Event :.....	56
3.	Concept screening :.....	57
4.	Concept Scoring :.....	58
5.	Analyse concurrentielle :	59
6.	Analyse SWOT :.....	61

iv.	Etape 3 : system level design	62
IV.	Analyse technique :.....	62
1.	Choix du matériau :.....	62
2.	Choix de la fixation :.....	66
3.	Réservoir et Tuyau de remplissage :.....	67
4.	Event :	67
5.	Analyse des procédés de fabrication :	68
	Conclusion :	68
CHAPITRES V : Conception du système lavage		69
I.	Introduction :.....	70
II.	CATIA V5/V6 :	70
III.	L’outil PLM :	71
IV.	Procédure de développement d’un produit :	71
V.	Conception :.....	73
1.	Structuration de l’arbre GSD :	73
2.	Données d’entrées :.....	74
2.1	Le style :.....	74
2.2	Le sens de démoulage :	74
2.3	Les interfaces Techniques :.....	74
v.	Etape 4 : détail design	76
3.	Conception :.....	77
3.1	Réservoir	77
3.1.1	Coquille 1 :.....	77
3.1.2	Coquille 2 :.....	77
3.1.3	Plan de joint :.....	79
3.1.4	Event :	79
3.1.5	Bridage tuyau et faisceaux :	79
3.1.6	Fixation -Isostatisme- :	80
3.1.7	3.1.6 La forme du réservoir :.....	81
3.1.8	Renfort :.....	82
3.2	Tuyau de remplissage :	82
3.2.1	Dimensionnement du tuyau de remplissage :.....	82
3.2.2	Fixation	83

3.2.3	Étanchéité :.....	83
1.1	Tuyau de remplissage final :.....	84
	Conclusion :.....	85
	CHAPITRES VI : Analyse numérique	86
	Introduction :.....	87
vi.	Etape 5 : testing and refinement.....	87
	I. Objectif :.....	87
	II. Méthodologie pour le calcul de structure :.....	87
	IV. Modélisation sous ANSYS	88
1.	Problème à résoudre :.....	88
2.	Données du problème :	88
2.1	Propriétés du matériau :.....	88
2.2	Hypothèses :.....	89
2.3	Résultats anticipés	89
3.	Modélisation du tuyau de remplissage :.....	89
3.1	Modèle géométrique :.....	89
3.2.	Les conditions aux limites :	89
3.3.	Application du chargement :.....	90
3.4.	Maillage de la structure :	90
3.5.	Résultats obtenus :.....	91
4.	. Nouveau concept :.....	91
4.1.	Analyse du nouveau concept :.....	92
4.2.	Interprétation des résultats :.....	93
5.	Analyse numérique du réservoir :.....	93
5.1.	Modèle géométrique :	93
5.2	Propriétés et matériaux :.....	94
5.3	Les conditions aux limites :	94
5.4	Les forces appliquées :.....	94
5.5.	Maillage :.....	95
5.6.	Résultats :.....	95
6.	Amélioration du nouveau concept du réservoir :	95
	Réservoir final :.....	96
7.	Analyse du nouveau concept du réservoir :	97

6.1. Modèle géométrique :	97
6.2 Les conditions aux limites :	98
6.3 La force appliquée :	98
6.4 Maillage :	98
6.5 Résultat obtenu :	99
Conclusion :	99
Conclusion et perspective	100
Références	101
ANNEXE 1 : Guide de conception	102
Coquille 1 :	102
Coquille 2 :	105
Glissière droite :	107
Glissière gauche :	108
Fourchette de fixation :	109
Patte de fixation :	110
ANNEXE 2 : Procédé de fabrication	111
ANNEXE 3 : Caractéristiques des voitures étudiées :	112

Liste des figures

Figure 1: Logo de Capgemini engineering.....	3
Figure 2: Secteurs d'activités et Clients de Capgemini Engineering	3
Figure 3: Logo du groupe MAGNA	4
Figure 4: Sites de production de Magna International dans le monde	6
Figure 5: Creation de MG2 ENGINEERING	6
Figure 6: Domaines d'activité d'ALTRAN MAROC & MG2	7
Figure 7: Organigramme de MG2	8
Figure 8: Les 7 périmètres de la carrosserie automobile.....	9
Figure 9: Composition du plastique	11
Figure 10: Domaines d'utilisation de plastique	11
Figure 11: Direction de moulage d'une pièce à Catia V5	14
Figure 12: Différentes consignes à éviter et à suivre.....	15
Figure 13: Angle de dépouille à prévoir lors de la conception	16
Figure 14: Solutions à prévoir pour éviter les retassures	16
Figure 15: Règles à respecter.....	17
Figure 16: Règle des rayons à respecter	17
Figure 17: Plan de joint d'une pièce à Catia V5	18
Figure 18: démarche PDP.....	20
Figure 19: Matrice de criticité.....	28
Figure 20: architecture du système	29
Figure 21: le système lavage	30
Figure 22 : mission statement.....	34
Figure 23 : diagramme Gant du projet	40
Figure 24 : diagramme bête à cornes	41
Figure 25 : diagramme pieuvre.....	42
Figure 26 : diagramme FAST	45
Figure 27 : diagramme SADT.....	46
Figure 28 : diagramme des exigences.....	47
Figure 29 : diagramme de cas d'utilisations	47
Figure 30 : diagramme de séquence.	48
Figure 31 : diagramme de définition de blocs.	49
Figure 32 : Site de Benchmarking A2MAC1.	52
Figure 33 : les voitures étudiées	53
Figure 34 : la méthode du choix de concept.....	54
Figure 35 : Graphe de sélection en fonction du module de Young, prix et masse volumique	63
Figure 36 : Les différents ateliers de l'outil CATIA	70
Figure 37: Structuration de l'arbre GSD.....	73
Figure 38 : les composants de l'environnement.....	75
Figure 39 : aile avant droit	75
Figure 40 : enjoliveur avant droit.....	76
Figure 41 : gousset pied avant droit	76
Figure 42 : pare-boue.....	76
Figure 43 : demi-coquille 1.....	77

Figure 44 : Analyse de dépouille du volume technique (coquille1).....	77
Figure 45 : demi-coquille 2.....	77
Figure 46 : Analyse de dépouille du volume technique (coquille2).....	78
Figure 47 : assemblage des deux coquilles	78
Figure 48 : mesure de volume	78
Figure 49 : plan de joint.	79
Figure 50 : event	79
Figure 51 : bridage tuyau et faisceau.....	80
Figure 52 : glissières.....	80
Figure 53 : glissières soudées sur le gousset pied avant droit.....	80
Figure 54 : implantation des deux fourchettes.....	81
Figure 55 : patte de fixation.....	81
Figure 56 : réservoir avec fixations simples	82
Figure 57: renforts	82
Figure 58 : partie 1 de tuyau de remplissage.....	82
Figure 59:cylindre	83
Figure 60:fixation	83
Figure 61: joint d'étanchéité	83
Figure 62: tuyau de remplissage final	84
Figure 63: assemblage du réservoir et tuyau de remplissage	84
Figure 64: emplacement du tuyau de remplissage dans l'environnement	85
Figure 65: les étapes de calcul de structure	88
Figure 66: géométrie à simuler	89
Figure 67: charge appliquée	90
Figure 68: maillage.....	91
Figure 69: déformation	91
Figure 70: nouveau concept	92
Figure 71: ajout de nervures.....	92
Figure 72: déplacement	92
Figure 73: VON-MISES.....	93
Figure 74: géométrie à simuler	93
Figure 75: les conditions aux limites.....	94
Figure 76: charge appliquée sur le réservoir	94
Figure 77: maillage du réservoir	95
Figure 78: résultat VON MISES.....	95
Figure 79: patte de fixation.....	96
Figure 80: nervures	96
Figure 81: réservoir final	97
Figure 82: nouveau concept	97
Figure 83: charge appliquée	98
Figure 84: maillage du réservoir	98
Figure 85: résultat VON MISES.....	99

Liste des tableaux

Tableau 1: Fiche technique de Caggemini Engineering.....	4
Tableau 2: Fiche technique de MG2 Engineering.....	7
Tableau 3: designations de matériaux.....	12
Tableau 4: Les cinq techniques d'obtention des pièces techniques chez Stellantis.....	13
Tableau 5: Angle de dépouille minimum pour les thermoplastiques.....	15
Tableau 6: CHARTE DE PROJRT.....	23
Tableau 7: Plan de risque AMDEC.....	26
Tableau 8: Normes d'évaluation du risque	
Tableau 9: matrice de criticité.....	28
Tableau 10: composants du système lavage.....	30
Tableau 11: cahier de charge.....	37
Tableau 12: spécification du système.....	50
Tableau 13: tableau comparatif des réservoirs.....	54
Tableau 14: tableau comparatif des tuyaux de remplissage.....	55
Tableau 15: tableau comparatif des événements.....	56
Tableau 16 : concept screening.....	57
Tableau 17 : concept scoring.....	59
Tableau 18 : étude de concurrence.....	60
Tableau 19 : analyse SWOT du concurrent 4.....	61
Tableau 20 : Caractéristiques du polypropylène.....	63
Tableau 21 : Caractéristiques du polyéthylène.....	64
Tableau 22 : comparaison entre PP et PE.....	64
Tableau 23 : Matrice de décision.....	65
Tableau 24 : Echelle d'évaluation des matériaux.....	65
Tableau 25 : Pondération des critères.....	65
Tableau 26: Comparaison des fixations adoptées en analyse de concurrence.....	66
Tableau 27 : propriété de PP.....	88
Tableau 28 : propriété de PP.....	94

Liste des abréviations

CAO	Conception Assistée par Ordinateur
PLM	Product Life-cycle Management
CATIA	Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée
ANSA	Automatic Net-generation for Structural Analysis
LV	Lave vitre
LCR	Lave camera de recul
GMP	Groupe Moto Propulseur
SOD	Schéma Opérationnel de Développement

Introduction générale

Avoir un pare-brise ou des phares sales est un risque pour tout conducteur. De ce fait la norme et les réglementations européennes imposées sur les constructeurs automobiles se durcissent annuellement en important des solutions modulaires avec des applications intelligentes. Les résultats sont des pare-brise, des phares et des systèmes de caméra propres, offrant une vue claire de la route, augmentant la sécurité du véhicule et celle du trafic venant en sens inverse, donc le système lavage fait l'objet de ce projet, et c'est dans ce contexte que s'est déroulé notre apprentissage chez MG2 Engineering au sein de son département Ouvrant, dans le but de développer un réservoir lave glace et tuyau de remplissage.

Pour se faire, nous avons concentré notre recherche sur six axes différents pour répondre au besoin. En effet le premier chapitre de ce rapport est réservé à la présentation de l'organisme d'accueil, il donne une vision globale sur sa création, ses domaines d'activité.

Ensuite on entamera dans le chapitre qui suit les différents modules du domaine plastique, et qui englobent les connaissances de base en termes de métier plasturgie.

Le troisième chapitre se décompose de trois sections, la première a pour but de définir le cadre général du projet de fin d'étude : ses objectifs, la démarche adoptée tout au long de son élaboration. Dans la deuxième section nous avons donné une définition du périmètre avec une description très claire du cahier des charges élaborées, en se basant sur le besoin du client, Ensuite une analyse fonctionnelle fait l'objet de la troisième section.

Le quatrième chapitre est consacré pour l'analyse concurrentielle, afin de scruter les différentes solutions adoptées par les constructeurs automobiles, et s'en inspirer lors de la conception.

Le cinquième chapitre sera consacré au développement de notre propre solution concrétisant les analyses effectuées, nous détaillerons les différentes étapes du développement et de la conception sur le logiciel Catia.

Vers la fin nous allons effectuer une vérification par calcul, le but de cette partie est de valider la conformité des solutions.

Ce rapport sera clôturé par une conclusion générale dans laquelle on va faire une récapitulation des principaux résultats obtenus suivant les perspectives du projet et la valeur ajoutée de ce projet.

CHAPITRE I : Présentation de l'organisme d'accueil

L'objectif de ce chapitre est de fournir une présentation générale sur
L'organisme d'accueil en précisant son historique, son organigramme,
Ses produits, son capital ainsi que le département carrosserie au sein
Duquel le présent projet a été réalisé.

I. Introduction

Avant de démarrer un projet au sein d'une entreprise, il semble important de comprendre d'abord cette entité et son domaine d'activité. Dans ce chapitre, on présentera brièvement le bureau d'étude MG2 Engineering, dont notre stage de fin d'études a été effectué, où nous allons préciser son savoir-faire, son historique, ses chiffres et son organigramme ainsi que le département au sein duquel mon projet a été réalisé.

Notre projet de fin d'étude a été effectué au sein de MG2 Engineering qui représente une joint-venture entre Capgemini Engineering (Altran précédemment), un promoteur mondial en recherche et développement notamment dans la discipline d'ingénierie aux divers secteurs, et MAGNA International l'un des leaders de la sous-traitance mondiale automobile de 1^{er} rang. Dans ce propos on commencera par présenter brièvement les deux entités parentes ensuite passer à MG2 Engineering.

II. Capgemini Engineering :

Capgemini Engineering est la marque du groupe Capgemini réunissant les services d'ingénierie et de R&D de Capgemini Engineering, leader mondial du secteur dont Capgemini a financé l'acquisition en 2020, et l'expertise de Capgemini dans le domaine du digital manufacturing. Grâce à une connaissance sectorielle approfondie et à la maîtrise des technologies digitales et logicielles de pointe, Capgemini Engineering accompagne la convergence des mondes physique et numérique. Conjuguée avec l'ensemble des capacités du Groupe elle aide les entreprises à accélérer leur transformation vers l'intelligent Industry.



Figure 1: Logo de Capgemini engineering.

En 2018, Capgemini Engineering a réalisé un chiffre d'affaires de 2,9 milliards d'euros. Elle compte désormais aujourd'hui plus de 50 000 ingénieurs et scientifiques présent dans plus de 30 pays. Capgemini Engineering propose ses services depuis plus de 30 ans aux plus grands secteurs de 9 secteurs d'activité :



Figure 2: Secteurs d'activités et Clients de Capgemini Engineering

Depuis sa création, elle s’est imposée comme un partenaire clé pour tous ses clients ; la durée des relations avec les 10 plus gros clients du Groupe est d’au moins 5 ans et de plus de 30 ans pour Airbus. Capgemini Engineering est le partenaire privilégié d’Airbus et de Stellantis en matière d’ingénierie et compte plus de 50 partenaires stratégiques.

➤ Fiche technique :

Tableau 1: Fiche technique de Capgemini Engineering

Activité	Conseil en ingénierie avancée, R&D et technologie
Création	1982
Direction	*****
Forme juridique	SA à conseil administration
Chiffre d’affaires	16milliards€en2020
Effectif	56693en 2020
Siège social	Paris-FRANCE
Société mère	Capgemini
Site Web	www.capgemini-engineering.com

III. Présentation du groupe MAGNA :

1. Présentation du groupe :

Magna International est une entreprise canadienne spécialisée dans l’équipement automobile et sous-traitant pour de nombreux constructeurs. Son siège est situé à Aurora, dans la banlieue nord de Toronto, en Ontario. À la fin du 3 e trimestre 2011, elle compte 107 100 employés et est présente dans 26 pays.



Figure 3: Logo du groupe MAGNA

2. Histoire du groupe Magna :

Les racines de Magna dans l'industrie automobile remontent à 1957, lorsqu'elle a commencé à travailler avec General Motors. Après plus de 60 ans comme l'un des fournisseurs automobiles les plus importants et les plus respectés au monde, Magna aujourd'hui propose une variété de produit automobile entre sièges et groupes motopropulseurs...Et c'est le seul fournisseur d'automobiles à construire des véhicules complets.

Le 30 mai 2009, l'État allemand autorisait la cession d'Opel au constructeur canadien Magna, alors que Fiat était pressenti pour le rachat. Après quelques mois d'incertitudes et de remous politiques, General Motors avait donné des signes, le 11 septembre 2009, d'une cession de sa filiale allemande Opel à Magna et à un groupe d'investisseurs russes. Magna s'était engagé à investir 500 millions d'euros dans les opérations, alors que le gouvernement allemand s'est engagé à financer le plan de redressement en offrant des prêts pouvant atteindre 4,5 milliards d'euros. Finalement, le rachat ne se fera pas, GM se rétractant à la dernière minute.

En avril 2015, Magna vend ses activités d'aménagement intérieur de véhicules, dans le but de se spécialiser, à l'espagnol Groupe Antolin pour 425 millions de dollars. Ses activités regroupent 12 000 employés dans 36 sites.

En juillet 2015, Magna acquiert l'équipementier allemand Getrag, spécialisée dans les systèmes de transmissions et qui possède 13 500 employés, pour 1,75 milliard d'euros.

En juin 2018, Magna acquiert Olsa, un fabricant italien de phare pour voiture, pour 230 millions d'euros.

3. Chiffres clés :

- 32.6B \$ de ventes
- +50 clients représentant 97% des ventes
- +158000 employés entrepreneurs
- +13000 ingénieurs
- + 3 000 ingénieurs logiciels
- +50 des matériaux utilisés et +80 processus
- +800 plaques signalétiques prises en charge annuellement
- 3.7M véhicules complets fabriqués depuis 1957

4. Activités :

Magna est l'un des leaders de la sous-traitance mondiale automobile de 1er rang. Il fournit ainsi ses clients en composants et pièces détachées, et suit les constructeurs dans leurs projets industriels : Magna International a ainsi ouvert une usine à Kalouga à côté de celle construite par son client Volkswagen AG10. Kalouga (au sud de Moscou) une usine de fabrication de pièces pour les plates-formes russes de Volkswagen, Skoda, Renault et PSA Peugeot Citroën. Selon le service de presse de Magna, l'usine de Kalouga produira des pare-chocs, enjoliveurs et grilles de radiateur.

5. Implantation :

Le réseau d'activité de MAGNA International Inc. compte aujourd'hui de 347 usines de fabrication et de 94 centres de développement de produits, d'ingénierie et de vente dans cinq continents et 27 pays.



Figure 4: Sites de production de Magna International dans le monde

MG2 Engineering :

MG2 ENGINEERING est une joint-venture entre **ALTRAN Capgimini** et **MAGNA**. Elle a été créée en novembre 2018. Elle est considérée comme leader du service d'ingénierie au Maroc dans les métiers automobiles les plus complexes, grâce à son niveau d'expertise technique très élevé, sa contribution dans la conception, la fabrication de la nouvelle 208 et l'AMI électrique et sa diversité des clients.



Figure 5: Creation de MG2 ENGINEERING

1. Chiffres Clés (ALTRAN MAROC & MG2 ENGINEERING):

- **+2000** Collaborateurs en 2020.
- **44%** des femmes.
- **2**programmes de reprise des études.
- **+590** recrutements réalisés en 2019.
- **5**secteurs d'activité majeurs.
- Moyenne d'âge de **28** ans.

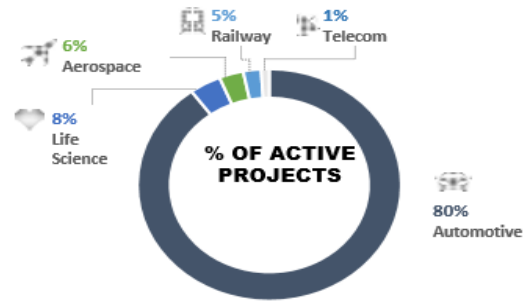


Figure 6: Domaines d'activité d'ALTRAN MAROC & MG2

2. La fiche technique de MG2 Engineering :

Tableau 2: Fiche technique de MG2 Engineering

Activité	Le conseil en ingénierie, technologies, innovation et conception ainsi que la conception et la commercialisation de logiciels et/ou de progiciels.
Date de création	2018
Implantation	Shore12, Plateau002, 1100, BdAlQods –Quartier Sidi Maârouf-Casablanca
Forme juridique	Société Anonyme
Capital social	300000DHS
Nom dirigeant	-----
Effectif	Plusde1800employés avec500Ingénieurs

3. L'organisation de MG2 Engineering:

L'organigramme suit adaptation permanente afin de gérer plus de complexité tout en continuant à croître le nombre employé.

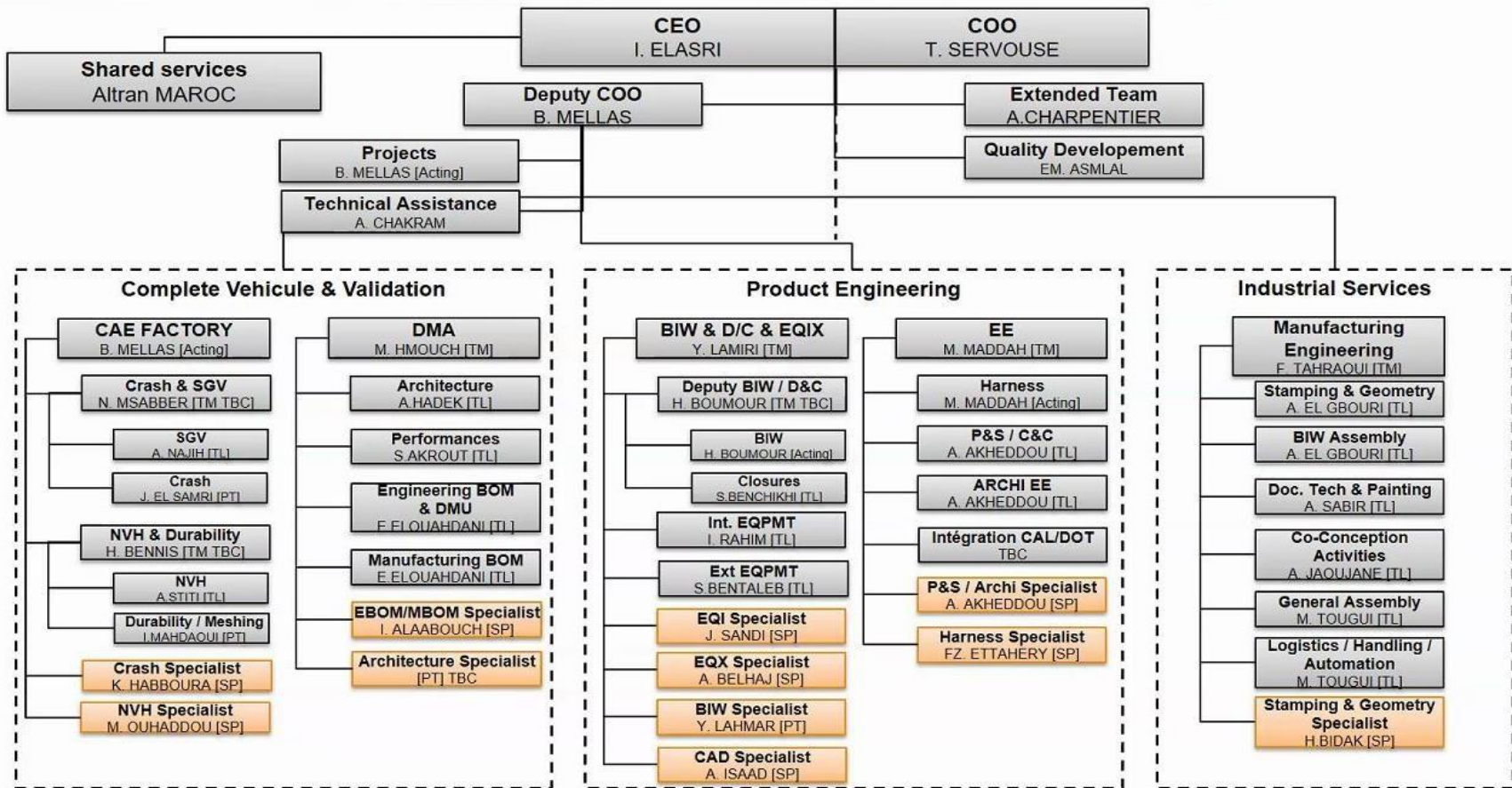


Figure 7: Organigramme de MG2

4. Mission

Concevoir et développer des véhicules (caisse, habitacle et équipements) adaptés conformément aux objectifs de performance du client en termes de qualité, coût, délais d'exécution et valeur des services.

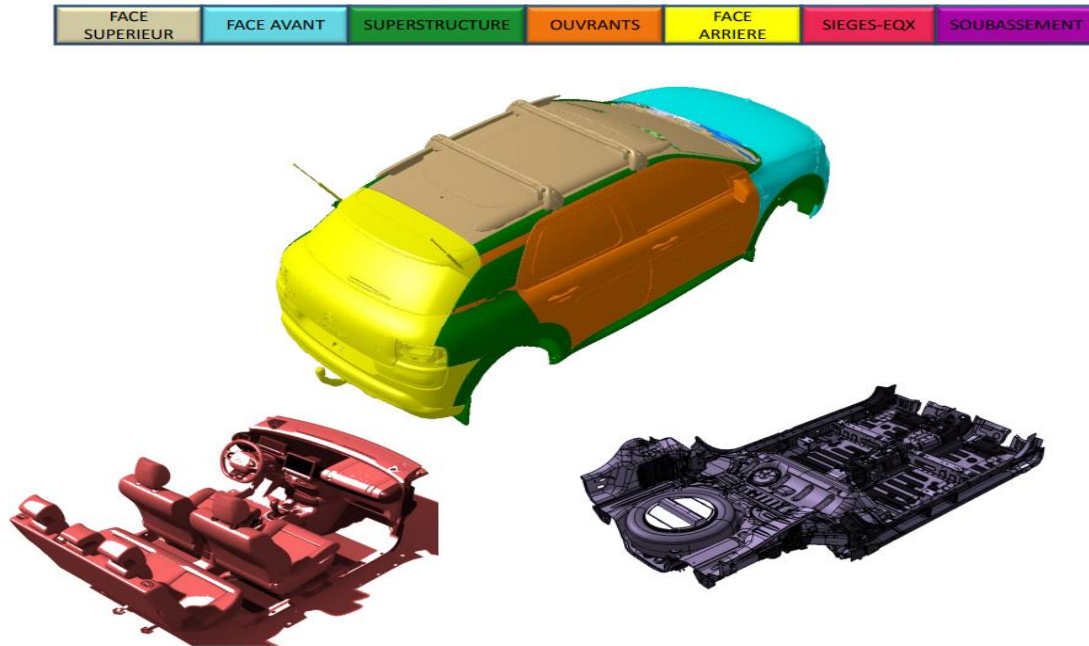


Figure 8: Les 7 périmètres de la carrosserie automobile.

Conclusion :

Le présent chapitre a donné une idée générale sur l'entreprise, sa création, son organisation et ses départements. Dans le chapitre suivant nous allons présenter d'une façon globale l'état de l'art de l'automobile.

CHAPITRE II : la plasturgie

Ce chapitre est se décompose de deux sections suivantes :

Part I : Plasturgie

Part II : Règles de conception des pièces plastiques

I. Plasturgie :

1. Définition du plastique :

Le plastique vient du grec plastic qui signifie apte au moulage. C'est une substance polymère qui contient un grand nombre d'atomes (ou groupes) de carbone, oxygène, hydrogène ou azote. Il est souvent obtenu par la transformation du pétrole ou du gaz naturel

2. Domaines d'utilisation de plastique :

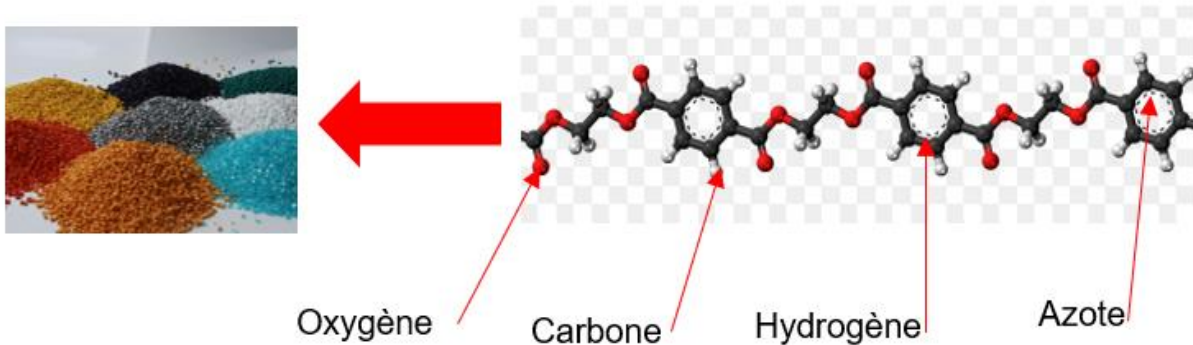


Figure 9: Composition du plastique

Le plastique est devenu un acteur quotidien de notre vie pour sa légèreté ; c'est un matériau recyclable et très léger qui nous permet de proposer des produits de grande taille avec un poids limité, il est utilisé aussi pour son développement ; On peut réaliser toutes sortes de formes souhaitées, chaque plastique possède des propriétés matérielles les spécifiques qu'il faut prendre en compte dans le choix d'une matière plastique. On le retrouve partout, dans tous les secteurs : emballage, automobile, bâtiment... Plus de 22% de la structure d'un véhicule est composée du plastique.

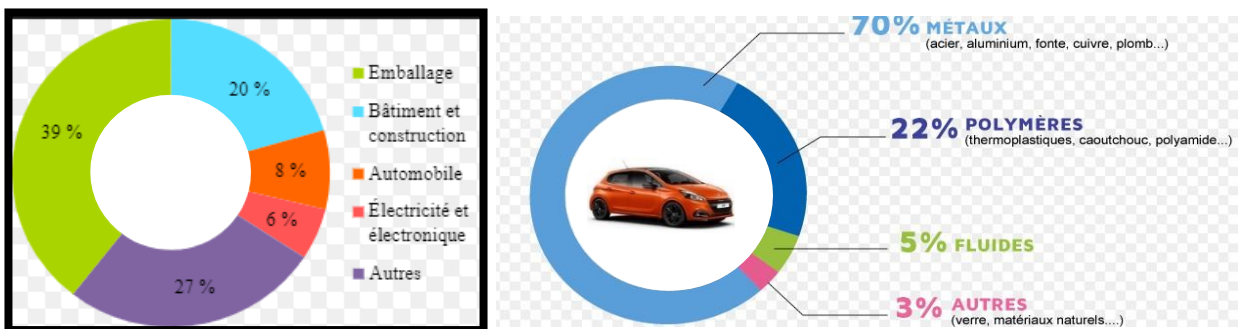


Figure 10: Domaines d'utilisation de plastique

Pourquoi on utilise du plastique ?

→ **Poids** : faible densité par rapport aux autres matériaux tel que les métaux par exemple (Pour un véhicule : *Poids léger* ==> *Faible de consommation*),

Densité Aluminium >2x densité ABS

Matières plastiques, caoutchouc	Masse volumique (kg/m ³)
PP	850 - 920
PEBD	890 - 930
PEHD	940 - 980
ABS	1 040 - 1 060

Solide	Or	Fer	Cuivre	Zinc	Argent	Aluminium
Masse volumique en kg/m ³	19300	7860	8920	7150	10500	2700

- → **Développement** : On peut réaliser toutes sortes de formes souhaitées, et chaque plastique possède des propriétés matérielles spécifiques qu'il faut prendre en compte dans le choix d'une matière plastique (se référer au CDC/ST).
- → **Recyclage**.

3. Quelques désignations de matériaux :

Tableau 3: désignations de matériaux

Noms	Désignations
Acrylobutadiène styrène	ABS
Polyamide	PA 11 ; PA 6 ; PA6,6
Polybutylène téréphtalate	PBT
Polycarbonate	PC
Polychlorure de vinyle	PVC
Polyéthylène	PE
Polyéthylène téréphtalate	PET
Polyméthacrylate de méthyle	PMMA
Polyoxyméthylène	POM
Polypropylène	PP
Polystyrène	PS
Polystyrène choc	SB

4. Techniques d'obtention des pièces plastiques :

Il existe une diversité de techniques d'obtention des pièces plastiques par mieux on récapitule les plus utilisés dans l'industrie automobile. (**Annexe 2**)

Tableau 4: Les cinq techniques d'obtention des pièces techniques chez Stellantis

Techniques	Caractéristiques	Pièces obtenus
L'injection Plastique	<p>-Fabriquer des objets moulés de qualité avec des formes plus complexes</p> <p>-Cout série et délai de production très intéressant</p> <p>□75% des pièces plastiques dans un véhicule sont obtenues grâce à l'injection plastique.</p>	
L'injection Soufflage	<p>-Fabrication de corps creux (flacons, Bouteilles Conduits d'air pour un véhicule...).</p> <p>□15% des pièces plastiques dans un véhicule sont obtenues grâce à l'injection soufflage (conduits D'air, réservoirs,)</p>	
L'injection Assistée par gaz	<p>-Fabrication de corps creux</p> <p>-Gains en termes de matières et éventuellement en temps de cycle.</p> <p>□15% des pièces plastiques dans un véhicule sont obtenues grâce à l'injection par gaz (poignée de maintien...)</p>	
Le thermoformage (par emboutissage et par outils pneumatiques)	<p>- Produire toute sorte d'objets aux formes creuses on cite les garnitures de pavillon pour un véhicule.</p> <p>□10% des pièces plastiques dans un véhicule sont obtenues grâce au thermoformage.</p>	
L'extrusion.	<p>- Fabriquer des pièces de grande longueur comme des tubes des tuyaux ou des produits semi-finis comme des profilés</p>	

5. Règles de conception des pièces plastiques

La conception d'une pièce en plastique injectée ne consiste pas uniquement à définir une forme, un design et une matière. C'est également une étape très importante afin d'optimiser les coûts de fabrication et déterminer la faisabilité de l'injection.

Voici une liste de 7 règles d'or à respecter en injection plastique.

- a) Définir la direction de démoulage principale,
- b) Concevoir les pièces plastiques avec des épaisseurs constantes.
- c) Prévoir des dépouilles très importantes,
- d) Éviter les retassures pour les pièces d'aspects (visibles),
- e) Prévoir des nervures,
- f) Prévoir de mettre les rayons,
- g) Définir les plans de joints.

5.1 Définir la direction de démoulage principal :

On appelle direction de démoulage principale la direction dans laquelle le moule va s'ouvrir. Le concepteur doit tenir compte de la direction de démoulage, notamment pour les pièces complexes car cette direction déterminera la ligne de séparation. Il doit être impérativement indiqué sur le plan 2D.

Dans le cas où dans une pièce il n'est pas possible de démouler une interface avec le sens de

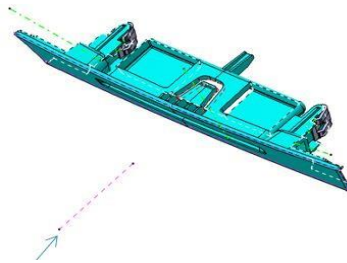


Figure 11: Direction de moulage d'une pièce à Catia V5

démoulage principal, il est nécessaire dans ce cas d'ajouter des tiroirs (câles).

5.2 Concevoir des pièces plastiques avec des épaisseurs constantes :

Plus l'épaisseur est élevée plus long sera le parcours de coulée (Rapport longueur flux/épaisseur faible) donc il est nécessaire de :

- Uniformer les épaisseurs : Une différence d'épaisseur de paroi engendre des déformations dues à la différence de retrait (retassures).
- Procéder d'une façon progressive lors d'une variation d'épaisseur.
- Limiter le changement d'épaisseur à 25% pour les Polymères à faible retrait (TP amorphes ou semi-cristallins chargés) et à 15% pour les Polymères à fort retrait.

- Eviter les surépaisseurs : Toute Surépaisseur est générative de défauts.



Figure 12: Différentes consignes à éviter et à suivre.

5.3 Prévoir des dépouilles très importantes :

La dépouille est une étape de conception importante. Elle interviendra généralement en toute fin de conception. Elle permet un bon démoulage de la pièce évitant ainsi des rayures qui pourraient se produire si l'on éjectait une paroi verticale sur une autre paroi verticale. En fonction de la matière et des états de surface de la pièce l'angle de dépouille est compris entre 0,5 et 7 degrés.

Tableau 5: Angle de dépouille minimum pour les thermoplastiques.

Thermoplastiques	Dépouille minimum en
PS	1.5
SB	1
ABS	0.5
PEHD	0.5
PP/PE	0.5
PET-PBTP	1
POM	0.5
PA	1

Un angle de 0.5 à 2° sur chaque face intérieure et extérieure des parois est généralement suffisant pour les surfaces non texturées.

Pour les surfaces texturées, une dépouille supplémentaire de 0,4° par 0,01 mm de profondeur de texture est nécessaire pour éviter tout arrachement de matière lors du démoulage. Or, pour le cas d'un contact acier-acier, il faut prévoir une pente à 7°.

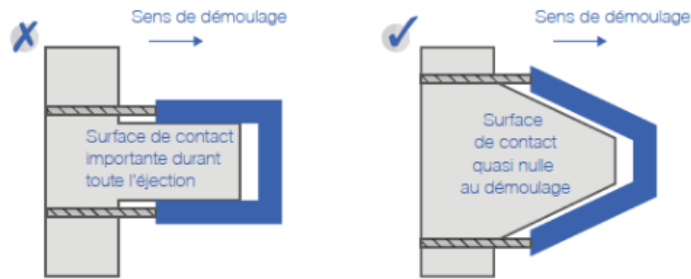


Figure 13: Angle de dépouille à prévoir lors de la conception

5.4 Les contre-dépouilles :

Les contre-dépouilles sont démoulables par des systèmes mécaniques particuliers nommés des câles ou des tiroirs** engendrant un surcoût d'outillage et de maintenance.

En conséquence, on veillera à concevoir des pièces présentant un minimum des parties non démoulables naturellement par rapport à l'ouverture du moule afin de réduire le coût de l'outillage.

5.5 Eviter les retassures pour les pièces d'aspects (visibles) :

Les retassures sont dans leur grosse majorité des défauts de surface caractérisés par un affaissement de la matière lors de la réalisation d'une pièce plastique par injection. Il se produit lorsque l'épaisseur des techniques est bien supérieure au ratio d'épaisseur pièce préconisée. Cependant pour les pièces non visibles il est tolérable d'avoir ce genre de défaut.

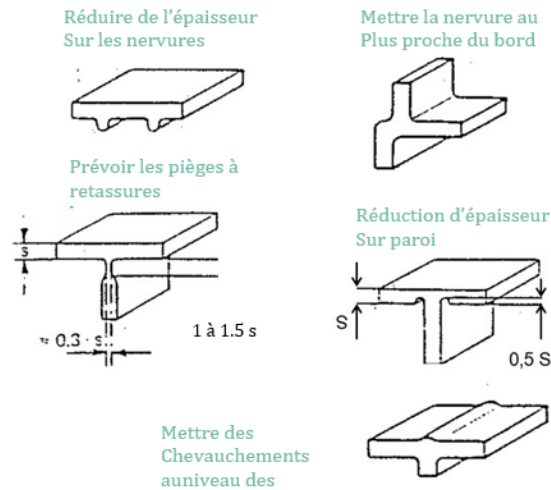


Figure 14: Solutions à prévoir pour éviter les retassures

5.6 Prévoir des nervures :

Les nervures permettent d'augmenter la rigidité d'une pièce sans en accroître l'épaisseur.

- Les nervures permettent d'augmenter la rigidité d'une pièce sans en accroître l'épaisseur.
- L'épaisseur de la nervure en pied ne doit pas dépasser 1/3 de l'épaisseur ou 40% de l'épaisseur pièce.
- La hauteur des nervures ne doit pas dépasser le triple de l'épaisseur de la paroi qu'elle renforce.
- L'espace entre les nervures doit être au moins le double de l'épaisseur nominale de la paroi.

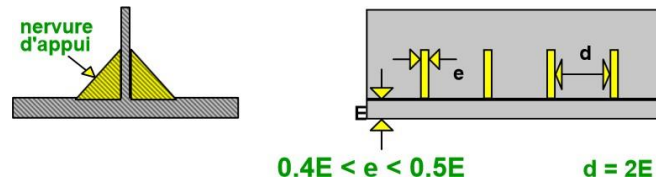


Figure 15: Règles à respecter

5.7 Prévoir les rayons :

Dans les pièces plastiques il est indispensable de mettre des rayons car ils amélioreront à la fois, la répartition du matériau plastique dans le moule et la résistance finale de la pièce tout en évitant les fissures. L'explication est simple ; les angles vifs empêchent un écoulement matière lors de l'injection, en arrondissant les angles les contraintes d'écoulement diminuent. D'un point de vue mécanique, les angles vifs présentent des points fragiles une fois le plastique durci.

NB : En plastique les rayons ne doivent pas être inférieurs à 0,5mm.

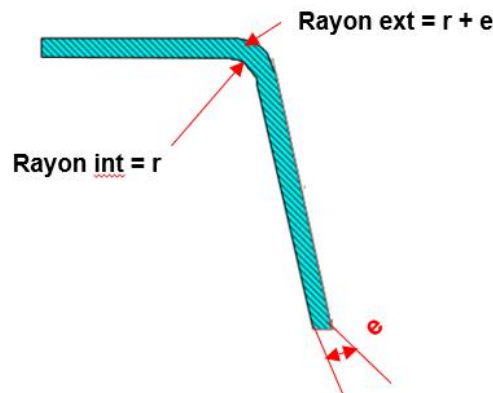


Figure 16: Règle des rayons à respecter

5.8 Définir le plan de joint :

A la fin de la conception d'une pièce plastique il est important de définir les plans de joints qui représentent les lignes de séparation entre les différentes parties du moule (Partie fixe/partie mobile et

tiroirs). A partir du plan de joint le mouliste peut définir la forme du moule et de ces composants puis les circuits de refroidissement en se basant sur le rapport de rhéologie.

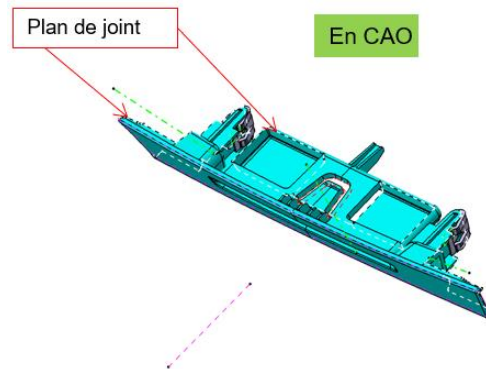


Figure 17: Plan de joint d'une pièce à Catia V5

Conclusion

D'après cet état de l'art dans lequel on a présenté un bref sur l'automobile afin qu'on puisse s'imprégner avec ses termes et ces processus, dans le chapitre qui suit on abordera la formation qu'on avait l'occasion de suivre au sein de MG2 Engineering.

CHAPITRE III : Périmètre et Contexte du projet

Ce chapitre détaille le périmètre, le contexte général du projet et
Présente son cahier de charge

I. Introduction :

Ce chapitre présente une description du cadre général du projet, en premier lieu, il met en évidence la démarche déployée (PDP) durant ce projet.

Pour assurer le bon déroulement du projet, on a élaboré un plan de risque pour analyser les risques qui peuvent nous entraver durant ce projet et aussi planifier un planning de Gantt dans lequel on visualise dans le temps les diverses tâches composant ce projet pour être bien organisé et structuré. Vers la fin de cette phase on définit la problématique d'une façon détaillée en présentant le cahier de charge du client et l'état actuel du système de lavage en analysant son environnement.

II. Contexte général du projet :

1. Préambule :

Le système de lavage des vitres et la caméra de recul d'une voiture, sont des éléments essentiels qui contribuent à assurer une bonne visibilité de la route au conducteur et donc une sécurité maximum lors de l'utilisation de son véhicule. Lors d'un dysfonctionnement de ce système de lavage, on a tendance à se focaliser au premier lieu sur les essuie-glaces et deuxième lieu sur la caméra de recul alors qu'il arrive fréquemment que le problème vienne du lave-glace.

Dans ce projet on s'intéresse sur le système lavage des pare brises et la caméra de recul, et afin de comprendre notre problème et le résoudre par la suite, il est nécessaire de définir son périmètre.

2. Objectif de l'étude :

Conception et développement du réservoir liquide nettoyage + tuyau de remplissage tout en respectant les données d'entrées (Style, environnement (pièces voisines), les interfaces, les règles de métier, et les exigences du choc à la tête, ...)

III. La démarche adoptée et la méthodologie de travail :

1. Démarche PDP :

Pour définir clairement le contenu et les exigences de notre projet, il est primordial de suivre une démarche assez robuste permettant de gérer efficacement le projet, depuis la phase avant-projet et jusqu'à sa clôture, en passant par toutes les phases de son cycle de vie.

Le Processus de Développement d'un Produit (PDP) d'Ulrich & Eppinger est la démarche la plus adéquate pour traiter notre projet vu qu'il s'agit d'une résolution d'un problème bien spécifique. C'est une séquence d'étapes et activités bien détaillées et organisées employées pour concevoir le produit attendu.

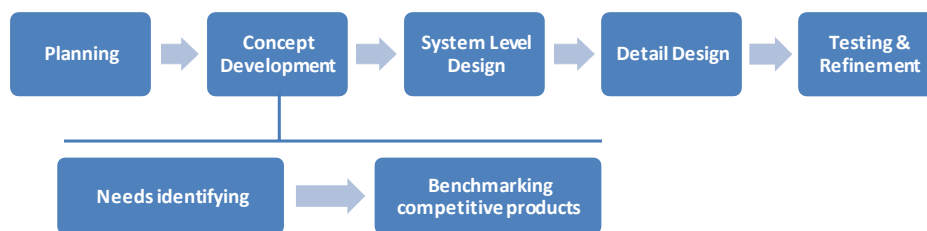


Figure 18: démarche PDP

2. Pourquoi PDP :

Bien que toutes les démarches suivent la même logique plus ou moins, PDP est la meilleure pour ce projet pour les simples raisons :

C'est une méthode de conception qui met l'accent sur les clients, et la création du bon produit ou processus correctement la première fois. Pour chaque phase répond à un objectif précis, et est livrée avec une série d'outils amenant à des livrables qui permettent d'assurer que rien n'a été mis de côté, contrairement aux autres démarches qui contiennent juste le principe à suivre mais pas d'outils livrés avec. En termes de jalons, PDP est le choix optimal, elle s'étale sur cinq phases détaillées.

3. Les étapes de la méthode PDP :

3.1 PLANNING :

Après avoir établi un planning de développement détaillé, en élaborant une stratégie permettant de minimiser le temps de développement et en identifiant les ressources nécessaires pour mener à bien le projet.

- **IDENTIFY CUSTOMER NEEDS :**

Afin de bien comprendre les exigences du projet et de les communiquer efficacement. La sortie de cette étape est un ensemble d'énoncés des fonctions de base et de performance de différents niveaux d'importance aussi élaborées et organisées soigneusement.

3.2 CONCEPT DEVELOPMENT :

- **FUNCTIONAL PERSPECTIVE OF PRODUCTS :**

Il s'agit d'exprimer les exigences du projet sous forme de fonctions qui devra réaliser ou respecter l'environnement pour mieux comprendre les contraintes réelles.

- **PRODUCT SPECIFICATION :**

Cette étape consiste de donner les valeurs et les mesures

- **BENCHMARKING COMPETITIVE PRODUCTS :**

C'est le benchmarking externe, Il s'agit d'une compréhension des produits concurrents pour un positionnement réussi au cœur du marché en découvrant les différentes solutions adoptées par les autres constructeurs automobiles dans le cadre de notre périmètre de travail. Pour ce fait, un benchmarking concurrentiel a été réalisé pour 4 modèles de véhicules (SUV).

3.3 SYSTEM LEVEL DESIGN :

Il s'agit d'une analyse de modèles 3D pour mieux comprendre les données d'entrée nécessaires pour la réalisation du projet ainsi que les éléments de construction et son organisation selon la méthodologie exigée par le client.

3.4 DETAIL DESIGN

C'est l'action de concevoir, c'est-à-dire la conception détaillée du produit et qui respecte les règles tirées à partir des référentiels techniques et les règles de métier en conception tôlerie.

3.5 TESTING & REFINEMENT

C'est l'action de tester la validité de la solution proposée pour pouvoir la juger conforme pour qu'elle se considère solution à la problématique.

i. Etape 0 : Initialisation

Dans cette étape on va définir notre projet :

- ❖ Enoncé du problème.
- ❖ Charte de projet.
- ❖ Analyse des risques.

1. Énoncé de la problématique :

Un pare-brise propre est essentiel à la sécurité de la conduite à tout moment et dans toutes les conditions météorologiques. La plupart des véhicules sont équipés d'un réservoir de liquide de lave-glace qui est relié à une pompe et à une conduite de liquide. Ces composants fonctionnent ensemble pour pulvériser le liquide sur le pare-brise où il est essuyé avec les débris ou les taches qui pourraient limiter la visibilité.

La solidité du réservoir chute radicalement lorsque celui-ci se vide et reste sec pendant de longues périodes. Les parois de plastique ainsi asséchées finissent par se détériorer de l'intérieur jusqu'à se fissurer. De plus, les trous de montage et les boulons de fixation du réservoir peuvent également s'endommager à la suite des nombreuses vibrations que subit nécessairement le véhicule sur le long terme. Ou le problème de fixation insuffisante du réservoir rempli peut causer une déformation permanente ou détérioration mécanique ou électrique.

La conception du réservoir et du tuyau de remplissage doit prendre en considération le diamètre et l'inclinaison de la tubulaire du tuyau de remplissage pour assurer un débit exigé par le client.

En plus, les voitures qui n'ont pas d'évent sur leur réservoir ont toujours risque d'avoir une dépression à l'intérieur du réservoir lors du pompage du liquide.

Pour ce faire, nous allons travailler sur la Conception et développement du réservoir liquide nettoyage + tuyau de remplissage de Peugeot 3008 VERSION 2023 tout en respectant les données d'entrées (Style, environnement (pièces voisines), les interfaces, les règles de métier...ensuite en assurant sa rigidité et son fonctionnement.

2. Charte de projet :

La charte suivante récapitule le contexte général du projet de fin d'étude.

Tableau 6: CHARTE DE PROJRT

Charte de projet					
Nom du projet	Etude et développement des composants du système lavage : tuyau de remplissage et réservoir				
Sponsor	MG2Engineering			Sponsor Groupe	MG2 Engineering
Encadrant	Mouad GARZIAD/Sami ACHKROUN/Mohammed SADIK			Produits touchés	Réservoir lave glace &tuyau de remplissage
Membre de l'équipe	Nom Complet	Rôle	Tâche		
	Chorouk Boubkri	Team Leader	Suivi et supervision		
	Rachid EN-NOUR	Spécialiste	Suivi et Supervision	Expert aidant l'équipe	Rachid EN- NOUR
Date de départ	7-mars-22		Date cible	30-Juin-22	
DESCRIPTION					
1. Description du projet	QUOI ?	C'est quoi la problématique ?	-Réalisation d'une conception adéquate avec l'environnement du réservoir liquide nettoyage + tuyau de remplissage. -Analyse numérique des points de fixation du réservoir plein.		
	QUI ?	Qui est concerné ?	Le constructeur automobile Stellantis		
	OÙ ?	Où cela se produit-il ?	Carrosserie		
	QUAND ?	Quand cela apparait-il ?	Dans la phase avant-projet, au moment de la définition du volume fonctionnel		
	COMMENT ?	Comment il est envisagé de résoudre le problème ?	Par l'utilisation des outils de conception et l'analyse numérique CATIA et ANSA à l'aide de nos encadrants.		
	POURQUOI ?	Pourquoi cela est important ?	-Gagner le temps de remplissage du réservoir -Réaliser un nouveau concept qui respect les exigences et les besoins de clients.		

2. VOC&CTQ	Besoin de client	Le respect des données d'entrée Le respect du QCDP		
	Exigence	Respect d'environnement		
	Objectifs	Satisfaction du client Conception et développement du réservoir liquide nettoyage + tuyau de remplissage Le respect du cahier des charges		
3. Résultats pour L'entreprise	Gain et cout mesurable	Gain et cout non-mesurable		
	Assurer un débit de 9L/min Conception du réservoir et tuyau de remplissage	Résistance des fixations du réservoir Rigidité du tuyau de remplissage à son point de fixation		
4. Hypothèses et facteurs clés de succès	Maîtrise de la démarche PDP Bien définir la problématique Engagement de toute l'équipe			
5. Risques et contrainte	Complexité d'accès aux documents vu la confidentialité Manque des équipements			
6. Calendrier		Prévision phase terminée	Réalité phase terminée	Outils utilisés
Planning : Confirmer le périmètre du projet, les objectifs à atteindre avec le client, collecter le besoin client. Identifier les variables critiques du projet, sélectionner les plus critiques avec l'Analyse AMDEC, planifier le déroulement		1 semaine	2 semaines	CdC Analyse D'environnement
Concept development : Réaliser l'analyse du produit à travers l'analyse des différentes solutions omniprésentes, procéder une étude concurrentielle et collecter les données, analyse technique ensuite		2 semaines	2 semaines	Analyse Benchmarking
System level design : choisir et concevoir des nouvelles solutions pour répondre au besoin client, appliquer des améliorations,		1 semaine	1 semaine	Catia V5/6
Detail design : concevoir la conception détaillée du produit et qui respecte les règles tirées à partir des référentiels techniques et les règles de métier en conception plasturgie.		2 semaines	3 semaines	Catia V5/6
Testing and refinement : tester la validité de la solution proposée pour pouvoir la juger conforme pour qu'elle se considère solution à la problématique.		1 semaine	1 semaine	ANSYS

3. Analyse des risques :

Pour faire face aux risques pouvant entraver le bon déroulement du projet et pour atteindre les objectifs ciblés, la réalisation d'une étude AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticités) s'est avérée nécessaire afin de :

- Identifier les différents risques omniprésents au milieu de travail
- Définir les niveaux des risques, leurs probabilités et leurs fréquences.
- Elaborer des mesures prévention au but d'amélioration du déroulement du stage

La criticité des risques est le produit des valeurs des cotations de la gravité et la fréquence d'apparition.

$$\textbf{Criticité} = \textbf{Gravité} * \textbf{Occurrence}$$

Le tableau suivant représente le plan des risques de notre projet

Tableau 7: Plan de risque AMDEC

N°	Risques	Effets	Causes	Gravité	Occurrence	Criticité	Action préventive
1	Retard de réalisation de conception du réservoir et tuyau de remplissage	Temps insuffisant pour réaliser l'analyse numérique	Manque de formations	8	10	80	+ demander l'aide des spécialistes, des encadrants et toute l'équipe. + recherche des formations sur les outils de conceptions.
2	Non-respect du planning prévisionnel du projet	Chevauchement de travail	Sous-estimation de la durée de tâche Manque d'organisation de temps	8	3	24	+ Fixer des objectifs hebdomadaires. + Avancement structuré
3	Accès limité aux documentations	Blocage au niveau d'avancement Cumul des tâches à réaliser	Confidentialité	8	3	24	+ Réclamer le besoin. + Insister sur l'importance de documentation durant le stage + Demander l'aide aux collègues.
4	Manque des équipements et outils de travail (accès PLM, connexion...)	Report des réunions, des tâches Mal compréhension au cours de formation	Interruption de connexion Rupture de stock des matériels Non-engagement du service IT	3	9	27	Réclamer le besoin le plus tôt possible. + Travailler sur d'autres tâches en attendant. + Recherche d'autres opportunités d'amélioration.
5	Manque d'engagement de l'équipe	Non atteinte des objectifs	Manque de motivation	8	1	8	+ Créer du lien dans l'équipe pour favoriser un sentiment d'appartenance. + Mettre en place de bonnes conditions de travail. + Mettre en place un système de feed-back constructif. + Fixer des objectifs concrets et communs. + S'intégrer et participer aux réunions

6	Manque d'engagement de l'entreprise	Non atteinte des objectifs	Charge de travail	6	1	6	+ Etablir un agenda de réunion. + Etablir un plan de communication
7	Manque d'un suivi régulier de l'encadrant	Dispersion à la fin du projet	Temps chargé	8	1	8	+ Communication régulière de l'état d'avancement du projet.
8	Planification du projet Sujet vague et difficulté de repérer une problématique claire	Désorientation et déstabilisation lors de déroulement de chaque phase du projet	Indifférence lors des réunions Non-maitrise du temps de la problématique	8	7	56	+ Bien définir ses objectifs du projet. + Ne pas hésiter de contacter les encadrants pour tout renseignement. + Rester toujours motivé et actif lors des réunions. + Travailler en équipe. + Planifier et assurer le Suivi du projet. + Être organisé.
9	Difficulté de la mise en place des solutions	Retard au niveau de l'accomplissement du travail	Problématique vague Multitude de points à traiter	6	3	18	+ Etablir un plan de conduite de changement. + Echanger avec ses collaborateurs, écouter et dialoguer et être disponible tout au long du projet.
10	La non-maitrise de la démarche et des outils	Chevauchement entre les phases et désorientation	Confusion entre les outils	6	7	42	+ Assister aux formations des différents outils.
11	Manque d'organisation des tâches entre les membres de groupe	Retard dans le projet	Manque d'esprit d'équipe	8	1	8	+établir un planning des tâches à faire + échange d'idées
12	Insuffisance du temps prévu pour réaliser le travail	Retard dans le déroulement du projet	Mal maîtrise du temps Retard dans la formation métier	3	10	30	+ Mettre en place un calendrier spécifique et le partager avec l'équipe. + Déployer un plan de communication qui contient un diagramme de GANTT et un suivi de chaque phase pour visualiser l'état de projet.

Tableau 8: Normes d'évaluation du risque

EVALUATION TOTALE DURISQUE	
<à 8	Négligeable
De 8 à 21	A améliorer
De 22 à 59	A réduire
>à 60	Inacceptable

Tableau 9: matrice de criticité

		MATRICE DE CRITICITE				
		GRAVITE				
		Insignifiante	Modéré	Majeure	Critique	Catastrophique
OCCURENCE		1	2	3	6	8
Presque certain	10	10	20	30	60	80
Fréquent	9	9	18	27	63	72
Probable	7	7	14	21	42	56
Improbable	3	3	6	9	18	24
Très rare	1	1	2	3	6	8

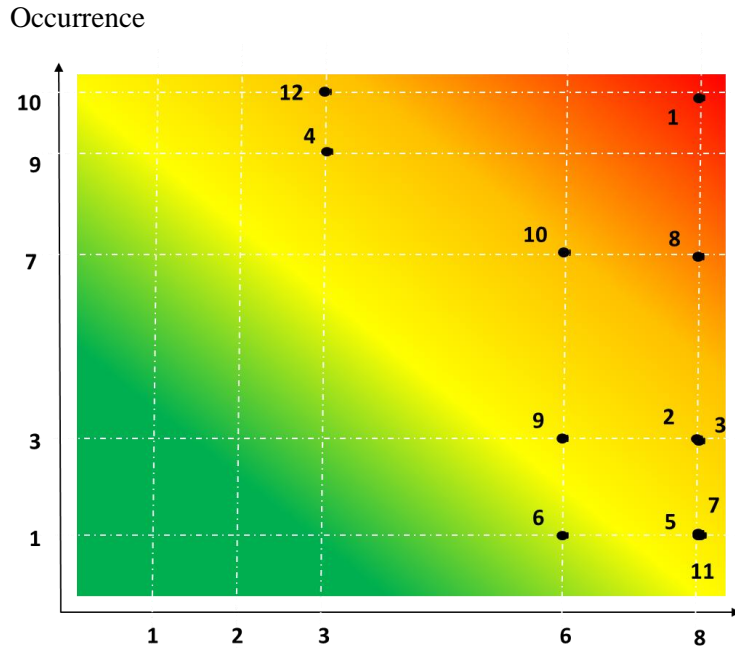


Figure 19: Matrice de criticité

On trace ensuite une matrice de criticité qui récapitule l'ensemble
Des risques pour visualiser lesquels sont les risques les plus menaçants



Gravité

ii. Etape 1 : Planning

Dans cette étape on décide quoi faire et comment :

- ❖ Présentation du périmètre
- ❖ Mission statement
- ❖ Cahier des charges.
- ❖ Planning projet-Gantt.

1. Présentation du périmètre :

1-1 Architecture physique du système :

Le synoptique ci-dessous représente les liens physiques principaux entre les différents organes lorsqu'ils sont présents.

Ce diagramme est donné pour la compréhension du contexte.

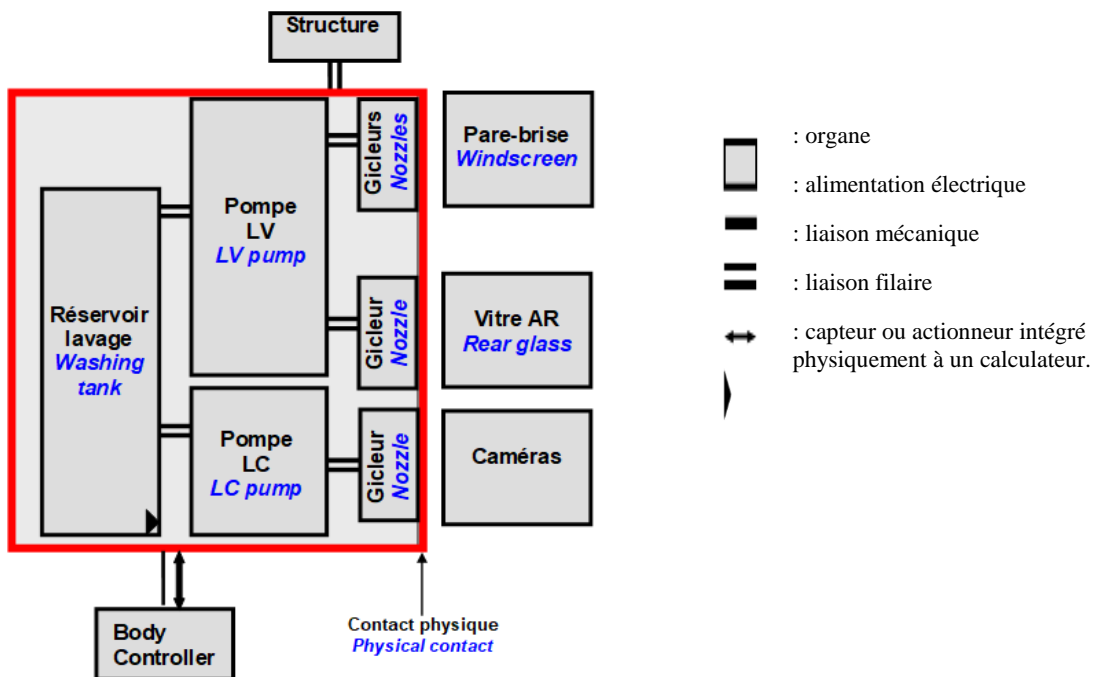


Figure 20: architecture du système

1-2 Système lave vitre :

La fonction principale du système Lave Vitre : **réduire l'adhérence des impuretés sur les surfaces vitrées en projetant un liquide, afin de permettre au système d'essuyage de les évacuer.**

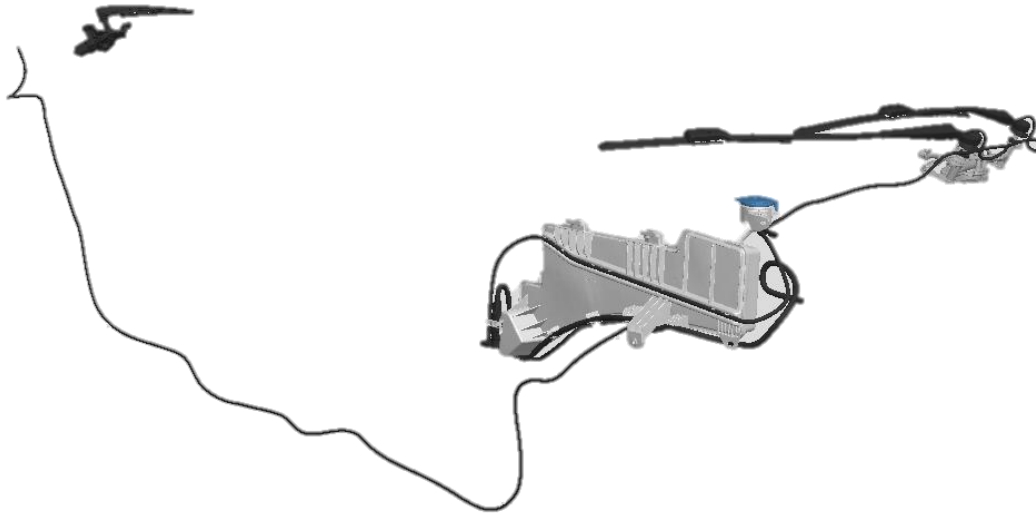
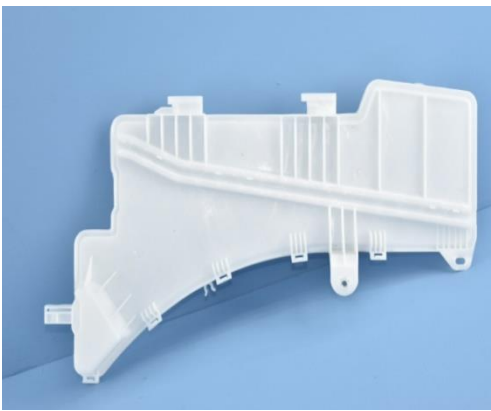



Figure 21: le système lavage

1-3 Composants :

Le système lavage est composé des éléments présentés dans le tableau suivant :

Tableau 10: composants du système lavage

	Face	situation
Réservoir		

-Le réservoir lave vitre est un contenant implanté dans un véhicule étant capable d'accueillir la capacité nécessaire de liquide lave vitre pour laver ce véhicule.

-Il existe plusieurs versions de réservoir en fonction :

- **La silhouette :**

Tricorps-Bicorps

- **La destination :**

Certaines régions de monde ont un réseau routier très dégradé. Cela nécessite l'utilisation du liquide lave vitre de façon intensive. Afin de ne pas avoir à remplir le réservoir trop souvent, il faut développer un réservoir avec une capacité augmentée.

- **La prestation de mandée :**

Les véhicules actuels ont des aides à la conduite tels que les caméras. Lors de l'utilisation de véhicules, les lentilles de cette caméra sont salies. Afin de garder les fonctions de garde de conduite, il faut laver les lentilles de caméra de façon cyclique.

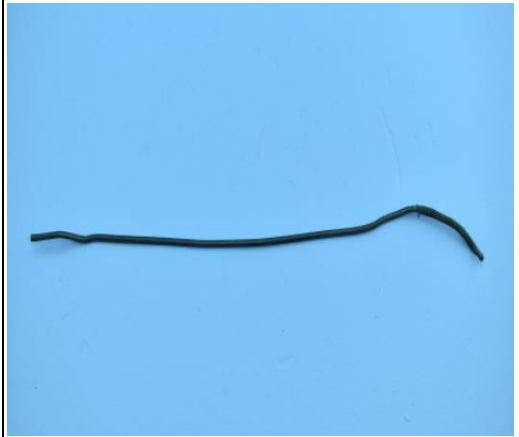

-L'emplacement du réservoir dans l'automobile :




L'emplacement du réservoir dans l'automobile varie d'un modèle à l'autre. Le réservoir assemblé peut être implanté dans :



- Le compartiment moteur
- Le coffre arrière
- Le passage de roue équipé d'un pare-boue


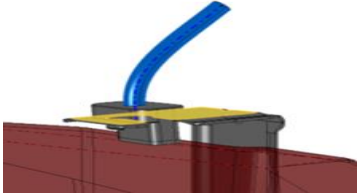

	Face	Situation
Tuyau de remplissage		
<p>Il n'est pas toujours possible de grouper la fonction de remplissage sur le réservoir. Dans ce cas la solution est de faire un apiquage pour y faire accoster le tuyau de remplissage. Cela nécessite de gérer l'étanchéité entre le réservoir et le tuyau de remplissage.</p>		

<p>Pompe lave glace</p>		
<p>Pièce maîtresse du système de nettoyage du pare-brise, et éventuellement de la lunette arrière, la pompe d'eau de nettoyage des vitres fonctionne en complément des essuie-glaces grâce à un petit moteur électrique. Son rôle est de pomper le liquide de nettoyage depuis le réservoir prévu à cet effet, pour l'acheminer sous pression jusqu'aux Gicleurs. Généralement facile d'accès et monobloc, elle est reliée au réservoir et aux gicleurs par un système de tuyaux plastique, et à la commande d'alimentation électrique par un simple connecteur.</p>		

	Face	Situation
<p>Tuyau sur bras</p>		
<p>Le tuyau est cheminé sur les balais et lié à l'extrémité avec le gicleur.</p>		

<p>Bouchon de réservoir</p>		
<p>Le bouchon de réservoir a pour fonction d'obturer le goulot de remplissage du réservoir et d'en assurer l'étanchéité, pour éviter toute fuite ou déversement de liquide lave vitre.</p>		
<p>Enjoliveurs de gicleurs</p>		
<p>Enjoliveurs de gicleurs est un objet métallique placé sur l'extérieur des balais.</p>		

	Face	Situation
<p>Faisceau lave glace</p>		
<p>Il sert à alimenter la pompe</p>		

<p>Capteur de niveau</p>		<p>Le capteur de niveau sert à indiquer au client que le réservoir est presque vide, il donne le signal de niveau faible en tout ou rien.</p>
<p>Event</p>		<p>L'évent permet à l'air et aux vapeurs de circuler correctement, minimisant ainsi la pression excessive ou le vide dans le réservoir. La conception exclusive permet un mouvement d'air adéquat en tout temps, même lorsque l'écran de protection est givré ou bloqué par un insecte.</p>
<p>Gicleur</p>		<p>Gicleur d'eau de nettoyage des vitres, le gicleur de lave-glace est une pièce très importante du système de lave-glace. En effet, il est responsable de la pulvérisation du liquide de lave glace sur le pare-brise. Cela permet au chauffeur et autres aux occupants de la voiture d'avoir une excellente visibilité. Cette pièce est méconnue de nombreuses personnes pourtant il joue un rôle primordial dans l'efficacité de l'essuie-glace.</p>

Donc notre objectif est d'assurer le lavage de caméra de recul pour garantir une vision Clear pour le conducteur.

2 Mission statement :

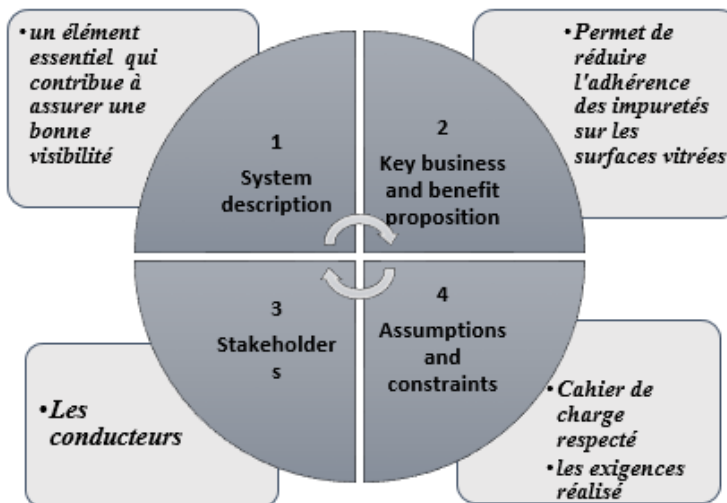
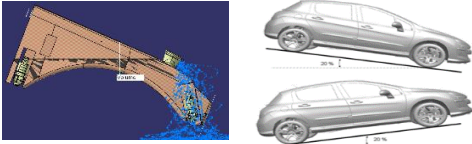
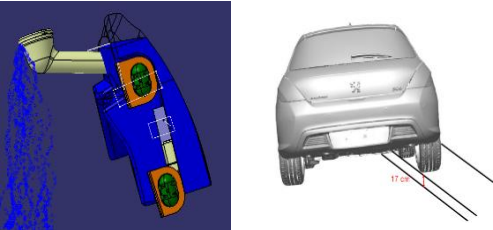


Figure 22 : mission statement

3 Cahiers des charges :

L'objectif de cette étude est de concevoir et d'améliorer Conception et développement du réservoir liquide nettoyage + tuyau de remplissage tout en respectant les données d'entrées (Style, environnement (pièces voisines), les interfaces, les règles de métier...), d'un véhicule STELLANTIS.

Le cahier des charges est l'ensemble de données imposé par le client pour la réalisation du projet, il est présenté dans le tableau ci-dessous :

	Exigence	Dimensionnement	Contraints avec l'environnement
Réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - Respect du volume utile exigé par le cahier des charges - Optimisation de la masse - Respect de l'épaisseur minimum de la paroi exigé par <p>La stellantis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le réservoir ne doit pas se percer et il ne doit pas y avoir <p>D'écoulement de liquide à l'issue du choc</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le capteur de niveau doit être déclenché lorsqu'on a un <p>Réserve d'1L dans le réservoir.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les fixations de la tuyauterie sur le réservoir doivent <p>Être définies chaque 200mm.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Respect de la position et la hauteur de l'évent afin de <p>Ne pas avoir ni fuite, ni perte de liquide lave glace pour le système de lavage complet sur un véhicule à l'arrêt dans toutes les situations de pente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La tenue des fixations est satisfaisante, aucune Altération des caractéristiques techniques (absence de déformation permanente, ni détérioration mécanique ou électrique). - Appliquer sur chacune des fixations du réservoir un Effort égal à 3 fois le poids du système (réservoir rempli) par la fixation en question (calcule de résistance en élément finis). 	<p>V= 4.1 l</p> <p>M= 1200g</p> <p>E= 1.6 mm</p> <p>➤ Pente +/- 20 %</p>  <p>➤ Dévers +/- 17 cm (montée de trottoir)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Le réservoir doit <p>Avoir un jeu de 10 mm mini avec toutes les pièces environnantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Définition <p>D'isostatisme suivant les contraintes de l'environnement</p>

<p>Tuyau de remplissage</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Garantir l'étanchéité entre le réservoir et le tuyau de remplissage s'ils ne sont pas une même pièce par un joint. - Le diamètre et l'inclinaison de la tubulaire du tuyau de remplissage doivent assurer un débit de remplissage du tuyau de remplissage d'au moins 9 L/mn, sans refoulement - Le tuyau de Remplissage ne doit pas avoir de Restriction, ni de rayon trop réduit afin d'éviter des phénomènes de refoulements lors du remplissage. - Rigidité du tuyau de Remplissage à son point de fixation : pas de fléchissement de plus de 6mm du réceptacle sous une force de 10 DaN en vertical (calcul de résistance en élément finis). 	<p>Débit : $Q = 9L/mn$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune pièce ne Doit être présente dans un cylindre de diamètre 80 mm sur une hauteur de 150 mm centré sur l'axe de l'orifice de remplissage, de manière à ne pas entraver la connexion de l'adaptateur de remplissage sur l'orifice de remplissage. - Le tuyau de Remplissage doit être implanté en dessous des sphères du choc à la tête.
-----------------------------	--	---------------------------------------	--

Tableau 11: cahier de charge

4 Planning projet-Gantt :

Pour mener à bien le projet, nous avons choisi de construire un diagramme de Gantt, un outil très efficace pour représenter visuellement l'état d'avancement de l'ensemble de tâches qui constituent un projet, et qui permet de visualiser clairement :

- Les différentes tâches à envisager ;
- La date de début et la date de fin de chaque tâche ;
- La durée escomptée de chaque tâche ;
- Le chevauchement éventuel des tâches, et la durée de ce chevauchement ;
- La date de début et la date de fin du projet dans son ensemble.

La figure suivante illustre le diagramme de Gant de notre projet réalisé sur le logiciel MS Project, un logiciel de gestion de projet édité par Microsoft, qui permet la planification et le pilotage des projets.

Etape	Nom de la tache	Date début	Date fin	Durée (jours)	Précédant
A	Intégration, présentation du département	07/03/2022	07/03/2022	1	-
B	Prise de matériels	08/03/2022	13/03/2022	6	A
C	Présentation du sujet de stage	14/03/2021	14/03/2021	1	A-B
D	Auto-formation Catia V5 & V6 surfacique & volumique	15/03/2022	25/03/2022	10	A-B-C
E	Présentation de l'organisme d'accueil	28/03/2022	30/03/2022	2	A-B-C-D
F	Auto-formation sur l'automobile	31/03/2022	01/04/2022	2	A-B-C-D-E
G	Définition du périmètre étudié, de la problématique et des objectifs du projet	04/04/2022	14/04/2022	10	A-B-C-D-E-F
H	Analyse fonctionnelle	15/04/2022	20/04/2022	5	A-B-C-D-E-F-G
I	Formation plasturgie	21/04/2022	21/04/2022	1	A-B-C-D-E-F-G-H
J	Analyse de l'environnement	22/04/2022	26/04/2022	4	A-B-C-D-E-F-G-H-I
K	Recherche des documentations	27/04/2022	29/04/2022	3	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J
L	Conception du réservoir	09/05/2022	20 /06/2022	41	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K
M	Formation SOD	13/05/2022	13/05/2022	1	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L
N	Formation PLM	14/05/2022	21/05/2022	6	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M
O	Etude Benchmarking	21/05/2022	05/06/2022	15	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N
P	Analyse et recherche des solutions	06/06/2022	10/06/2022	5	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O

Q	Conception du tuyau de remplissage et application de l'amélioration proposée	11/06/2022	19/06/2022	8	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P
R	Calcul et vérification numérique de la conception	21/06/2022	27/06/2022	7	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q
S	Finalisation du rapport et de la présentation	28/06/2021	30/06/2021	3	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R

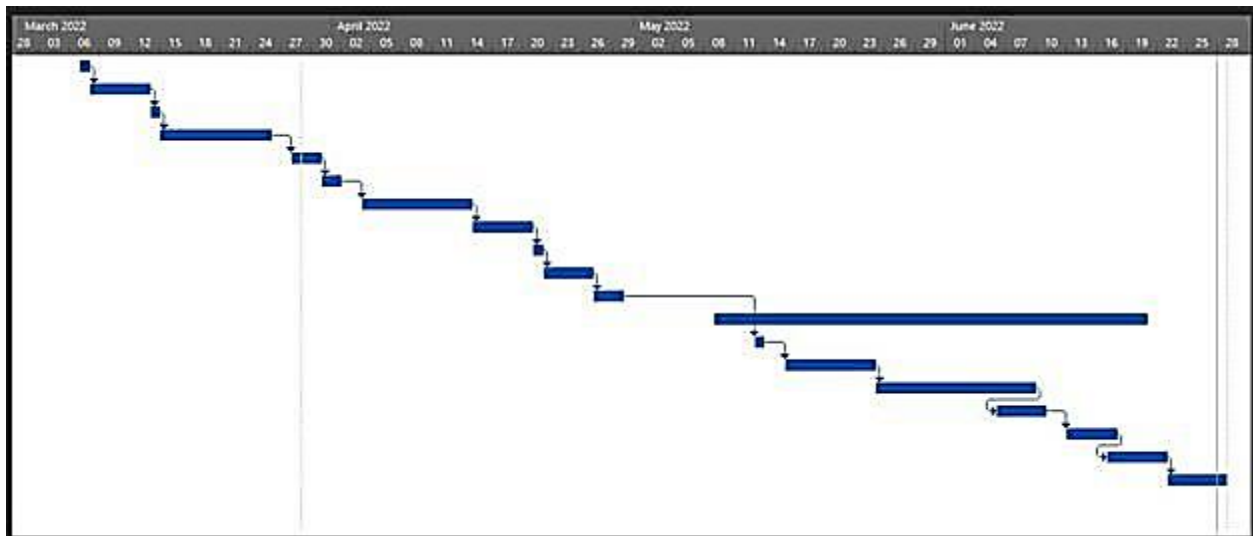


Figure 23 : diagramme Gant du projet

iii. Etape 2 : Concept développement

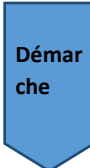
Cette analyse représente l'étape « Needs Identifying » de la phase « Concept Development » dans le PDP. Elle est primordiale pour bien comprendre les besoins et attentes des futurs clients du produit, elle consiste à transformer ces besoins en fonctions. Cette façon de faire permet de mieux cerner le besoin réel et, ensuite, de trouver une solution optimale répondant à celui-ci.

1. Démarche de l'analyse fonctionnelle :

L'objectif de cette partie, est de faire une analyse fonctionnelle du système lave vitre en utilisant les différents outils d'analyse (Diagramme Pieuvre, Bête à corne...) et élaborer un cahier de charge fonctionnel tout en respectant les spécifications techniques du client.

D'après l'AFNOR NF X 50-151 : « L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions du produit attendu par l'utilisateur ». Autrement dit, c'est la vérification de l'existence du besoin, sa validation et son expression fonctionnelle.

On distingue 4 étapes :

- 
- Identification des fonctions
 - Expression des fonctions
 - Caractérisation des fonctions
 - Quantification des caractéristiques des fonctions

2. CDCF Cahier des charges fonctionnel NF X 50-150 :

2.1 Etude du besoin :

But : Définir si un projet technique est viable et définir les fonctions qu'il doit satisfaire pour être utile.

2.2 Diagramme bête à cornes :

En matière d'innovation, il est tout d'abord nécessaire de formuler le besoin sous forme des fonctions simples (dans le sens de « fonctions de bases ») que devra remplir le produit ou le service innovant. Cet outil a pour objectif de représenter graphiquement l'expression du besoin de l'utilisateur à travers 3 questions simples autour du sujet étudié.

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

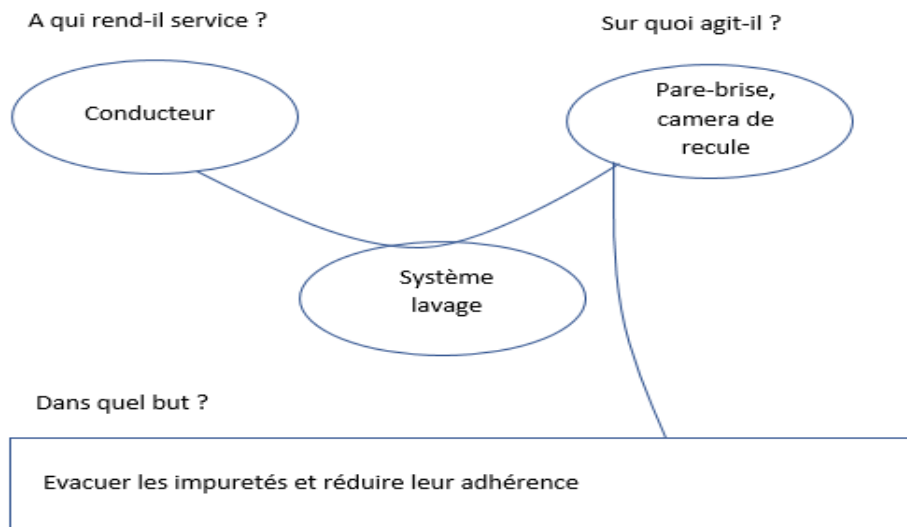


Figure 24 : diagramme bête à cornes

- **Validité du besoin :**

La validation du besoin est une action indispensable pour donner une suite à l'initiation du projet d'étude qui répandrais à ce besoin ensuite, et la validation de ce dernier se réalise à travers la réponse aux questions suivantes :

Pour cela, on se pose les questions suivantes :

- Pourquoi ce besoin ?**

Le conducteur doit conduire avec une bonne visibilité sur les pare brise.

- Qu'est ce qui peut faire disparaître ou évoluer ce besoin ?**

L'utilisation de l'automobile.

- Probabilité pour que cela se produise ?**

Toujours.

- **Synthèse :**

Le besoin est validé, donc il peut donner lieu à l'étude de notre système destiné à le satisfaire.

3. Étude des milieux extérieurs (diagramme interacteurs ou pieuvre) :

Après avoir vérifié que le besoin était réel, on cherche à définir plus précisément les fonctions, répondant au besoin, que devra réaliser le système. C'est ce que l'on appelle un cahier des charges. Pour cela on recense les milieux extérieurs au système en relations (physique ou non) avec le système répondant au besoin et les relations fonctionnelles entre le système et les milieux extérieurs.

3.1 Diagramme de Pieuvre :

Le diagramme pieuvre ou graphe des interactions est un schéma qui représente la relation entre un produit et son environnement.

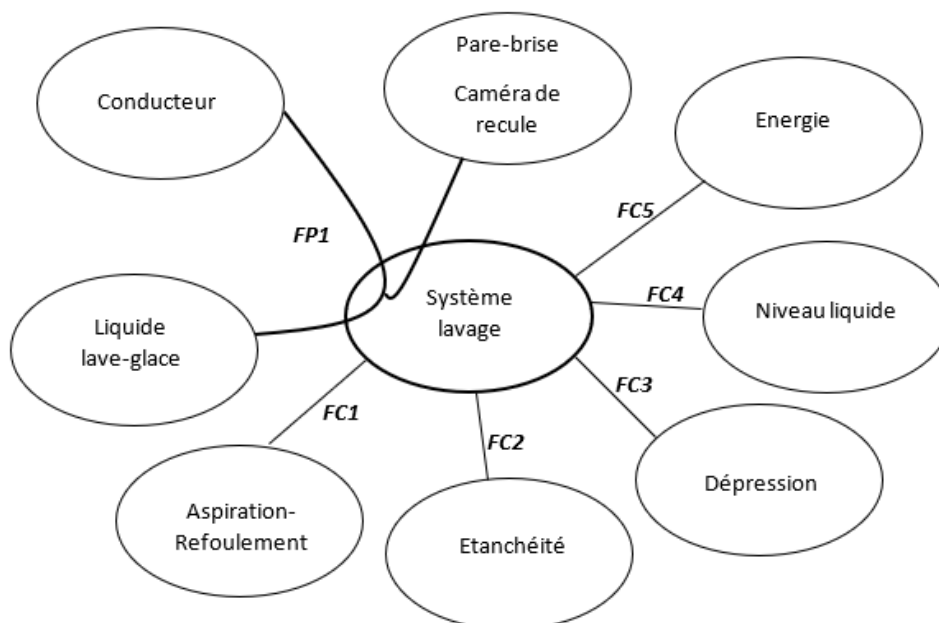


Figure 25 : diagramme pieuvre

Les fonctions	L'expression des fonctions de services
FP1	Laver le pare-brise et la caméra de recul pour assurer la bonne visibilité au conducteur.
FC1	Aspirer et refouler le liquide lave-glace à l'aide d'une pompe.
FC2	Dimensionner la position et la hauteur de l'évent pour éviter la fuite de liquide lave glace.
FC3	Pomper le liquide lave vitre sans créer de dépression à l'intérieur du réservoir à l'aide d'un évent.
FC4	Détecter le niveau du liquide à l'aide d'un capteur.
FC5	Alimenter la pompe utilisant l'énergie.

3.2 Caractérisation des fonctions :

Ensuite, pour achever le travail, on définit clairement ce que l'on attend de chaque fonction. On appelle cela caractériser la fonction (à l'aide d'un ou de plusieurs critères de valeur). Afin de vérifier si la fonction rend bien service

Tableau11 : caractérisation des fonctions

fonction	Critère d'appréciation	Niveau d'exigence	flexibilité
FP	-la mise en œuvre doit être rapide -Longévité -Adaptabilité	75% de la zone balayée par l'essuie vitre doit être nettoyée en 10 cycles de balayage 10s/balayage	F2
FC1	Pompe Bidirectionnelle	-pression 20psi - débit 200ml/mn -Le débit du lavage est compris entre 5 et 11 mL/s. - La pression de sortie de la tuyauterie lavage est le plus proche de 0 possible. -Les faisceaux de pompes devront être maintenus sur le réservoir par des points d'attaches distants d'au plus 200 mm	F1
FC2	-Pente -Dévers	+/- 20 % +/- 17 cm	F3
FC3	-l'étanchéité	–	F3
FC4	-La lecture doit être instantanée	–	F1

FC5	-Tension	-alimentation du système de lavage comprise entre 10 et 16V.	F1
-----	----------	--	----

F0	Non flexible
F1	Peu flexible
F2	Flexible
F3	Très flexible

3.3 Hiérarchisation des fonctions :

La hiérarchisation des fonctions de service et des contraintes reste indispensable pour la classification des fonctions selon leurs poids et importances. On a adopté la méthode des tris croisés, qui permet de comparer systématiquement toutes les fonctions deux par deux, L'intersection des deux fonctions indique une comparaison, dont on cite la plus valorisée en indiquant le poids d'importance juste à côté :

- 1: égale ou légèrement supérieur
- 2: Supérieur
- 3: Très supérieur

Tableau12 : Hiérarchisation des fonctions

	FP1	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	Poids	Pourcentage %
FP1		FP1 1	FP1 3	FP1 2	FP1 3	FP1 1	10	34%
FC1			FC1 2	FC1 3	FC1 2	FC5 1	7	23%
FC2				FC3 1	FC2 1	FC5 3	1	3%
FC3					FC3 2	FC5 3	2	7%
FC4						FC5 3	0	0%
FC5							10	33%
						Total	30	100%

4. Analyse fonctionnelle interne : analyse descendante hiérarchique

4.1 Diagramme FAST

C'est un outil de description qui permet de visualiser l'articulation des fonctions partant de la fonction globale ou d'une fonction de service (principale ou de contrainte).

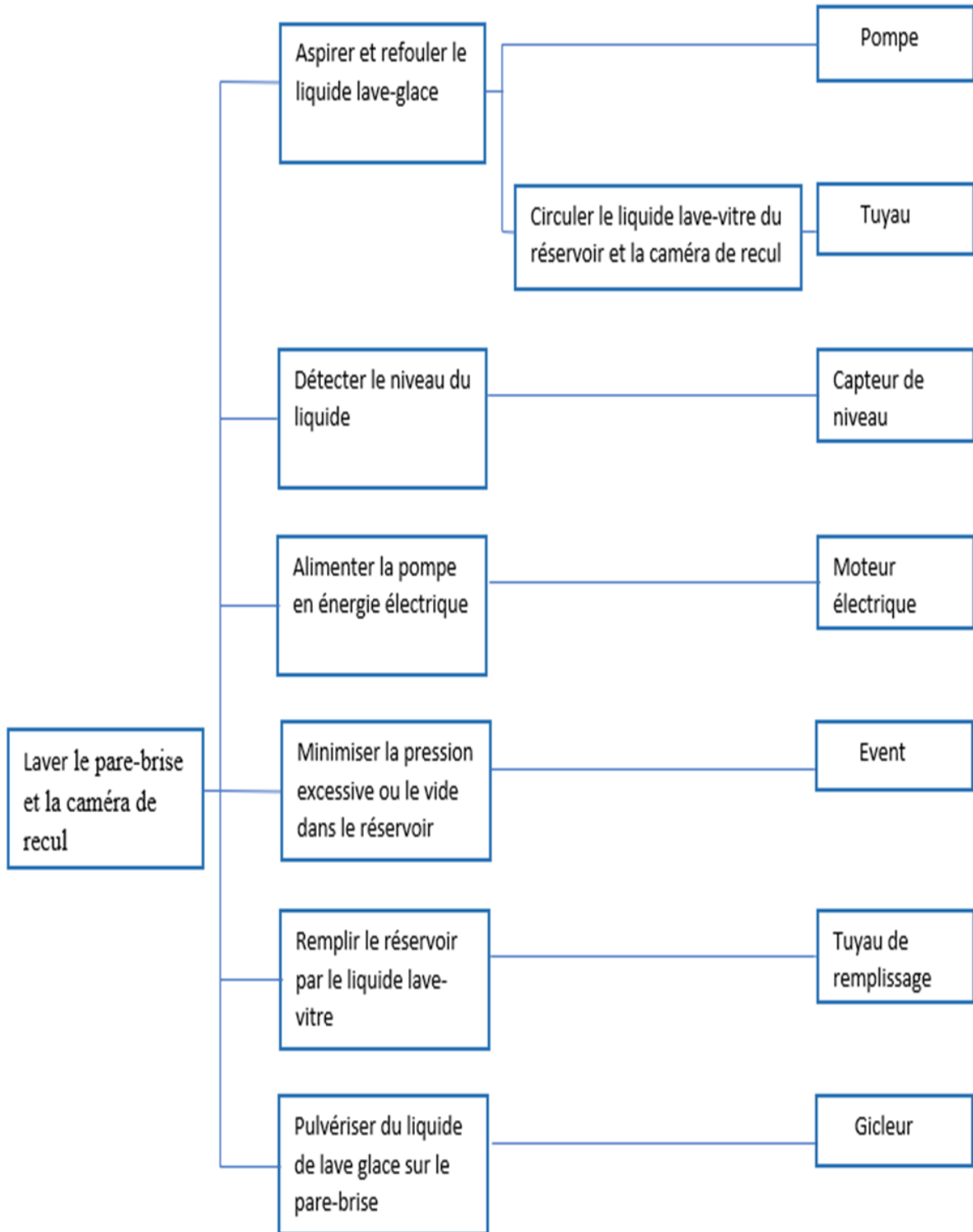


Figure 26 : diagramme FAST

4.2 Diagramme SADT :

Méthode générale d'analyse descendante qui permet de présenter les fonctions sous forme de boîtes noires qui s'enchevêtrent.

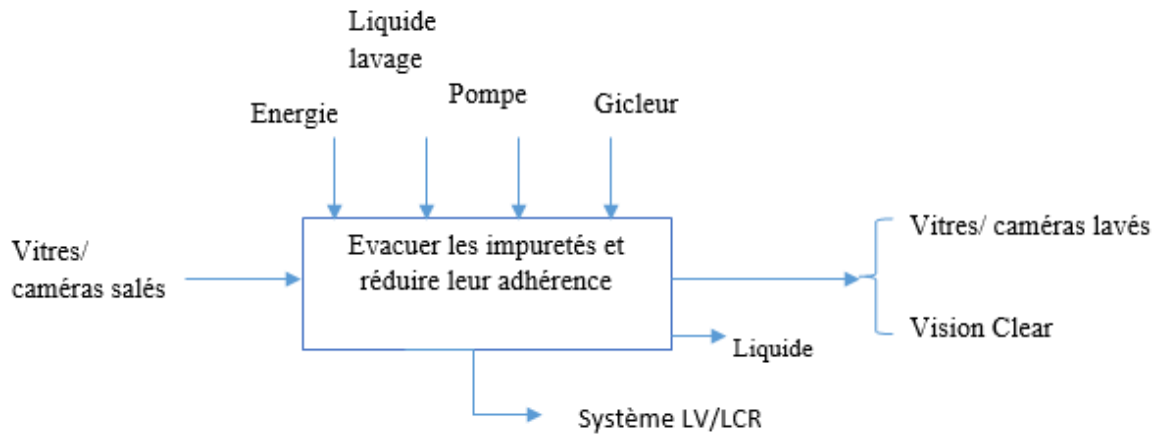


Figure 27 : diagramme SADT

5. Analyse Sys ML :

Le langage SYSML propose 9 types de diagrammes destinés à représenter les aspects fonctionnel, structurel et comportemental d'un système.

De plus il existe le diagramme de contexte qui complète éventuellement la description fonctionnelle en présentant tous les éléments externes qui influencent le système étudié et le système lui-même. Ce dernier diagramme est formalisé par un diagramme de définition des blocks (BDD) ou un diagramme de block interne (IBD).

On s'intéresse seulement sur six diagrammes, plus le diagramme de contexte.

1. Pour modéliser l'**aspect fonctionnel** on a :
 - Le diagramme des cas d'utilisation (UCD) - Use Case Diagram ;
 - Le diagramme des exigences (RD) - Requirements Diagram.
 - Le diagramme de contexte est une adaptation des diagrammes IBD ou un BD
2. Pour représenter l'**aspect structurel**, on dispose :
 - Du diagramme de définition de blocks (BDD) - Block Definition Diagram ;
 - Du diagramme de block interne (IBD) - Internal Block Diagram.
3. Pour modéliser l'**aspect comportemental**, on a :
 - Le diagramme de séquence (SD) - Sequence Diagram ;
 - Le diagramme d'état (STM) - State Machine Diagram.

5.1 Diagramme des exigences :

Le diagramme d'exigence permet de répertorier et d'analyser les contraintes et les performances du système. Il permet de structurer les besoins. Ce diagramme est un outil de représentation des fonctionnalités du système.

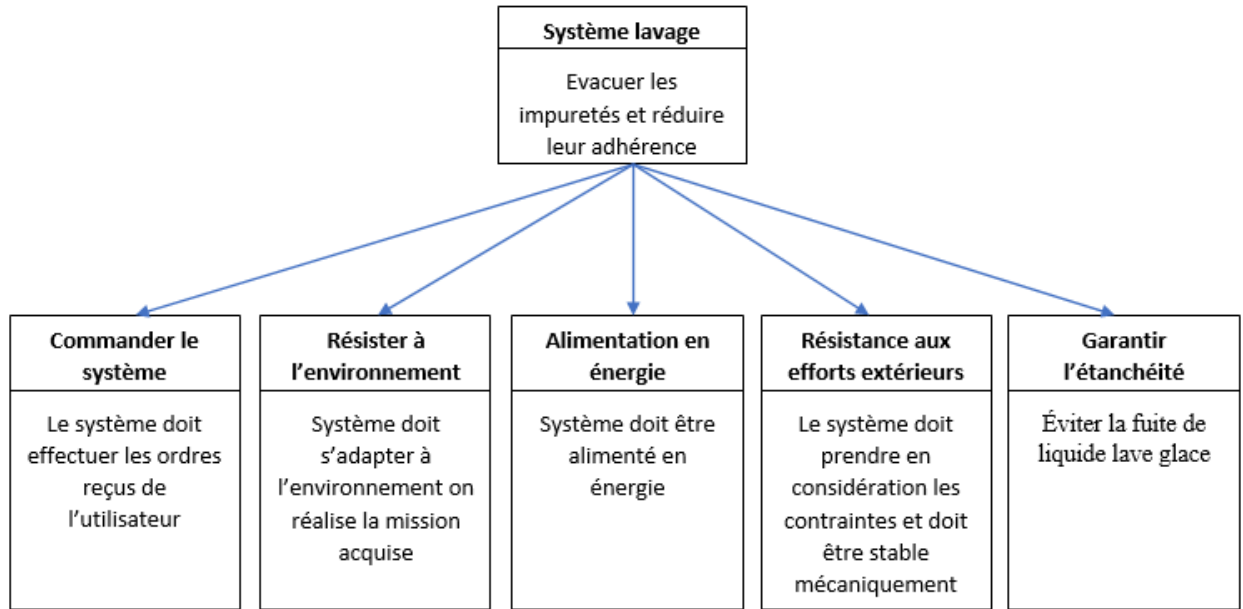


Figure 28 : diagramme des exigences

5.2 Diagramme de cas d'utilisation :

Ce diagramme permet de déterminer les frontières du système et de le placer dans son contexte. Les cas d'utilisation représentent les services ou les fonctionnalités rendues par le système du point de vue d'un point de vue extérieur.

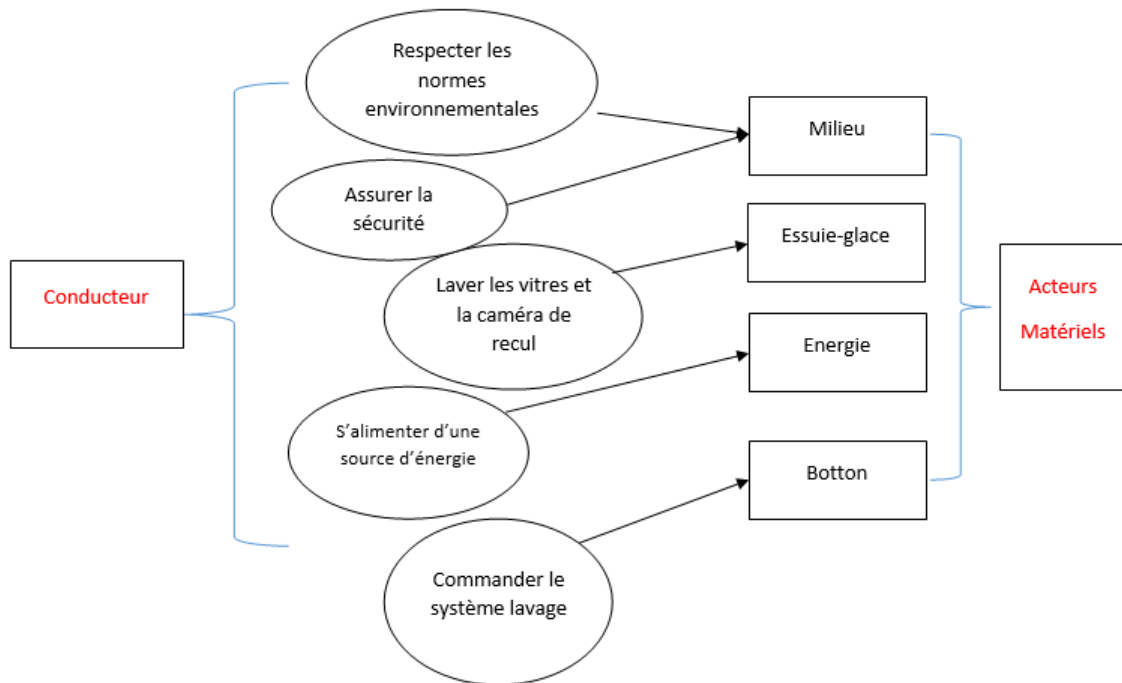


Figure 29 : diagramme de cas d'utilisations

5.3 Diagrammes de séquence :

Un diagramme de séquence est un type de **diagramme d'interaction**, car il décrit comment et dans quel ordre plusieurs objets fonctionnent ensemble.

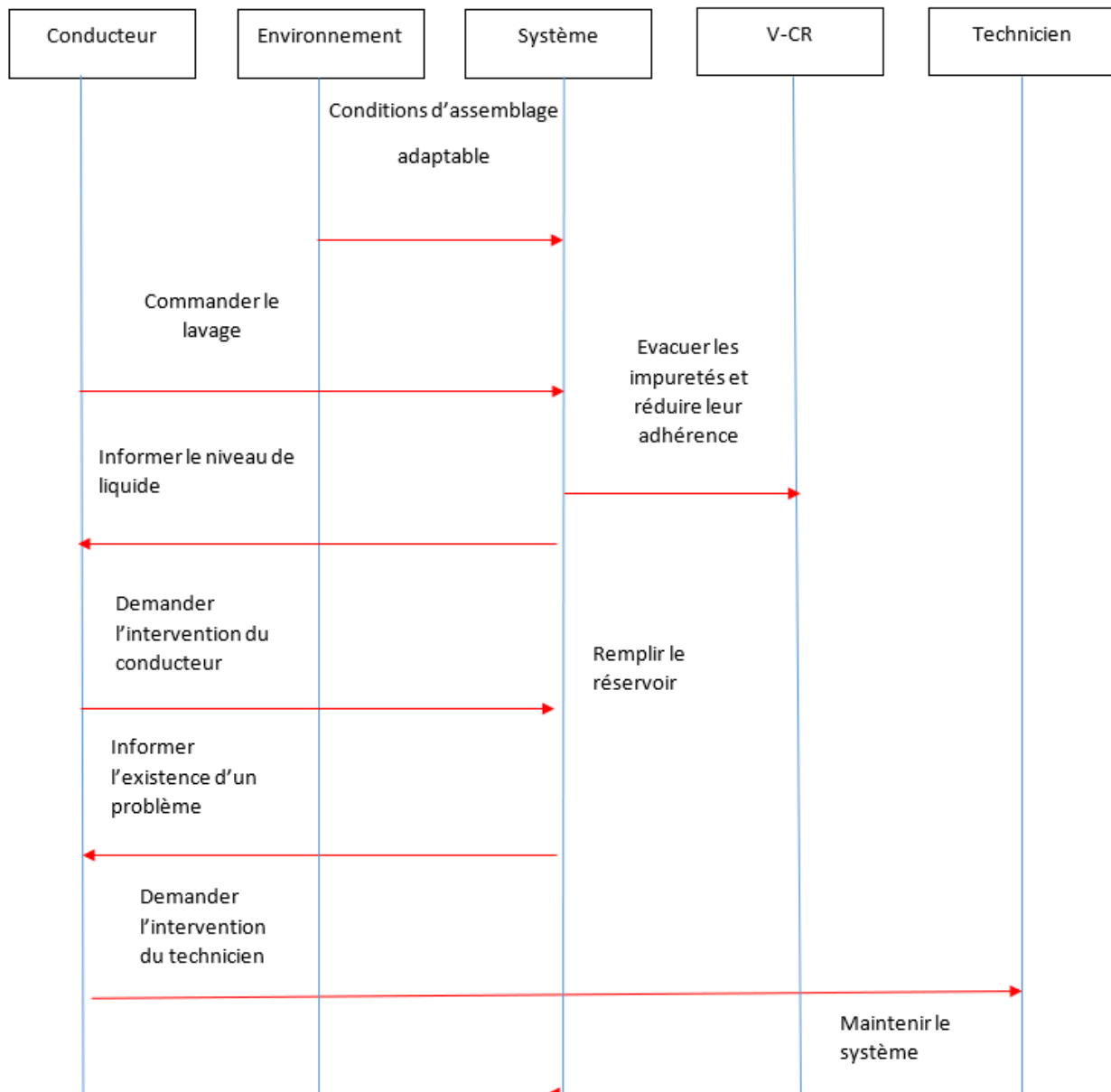


Figure 30 : diagramme de séquence.

5.4 Diagramme de définitions de blocs :

Est un diagramme qui décrit la structure d'un système. Il est, avec le diagramme de bloc interne, un diagramme architectural. Le diagramme de définition de blocs est composé de blocs de fonction et de liaisons.

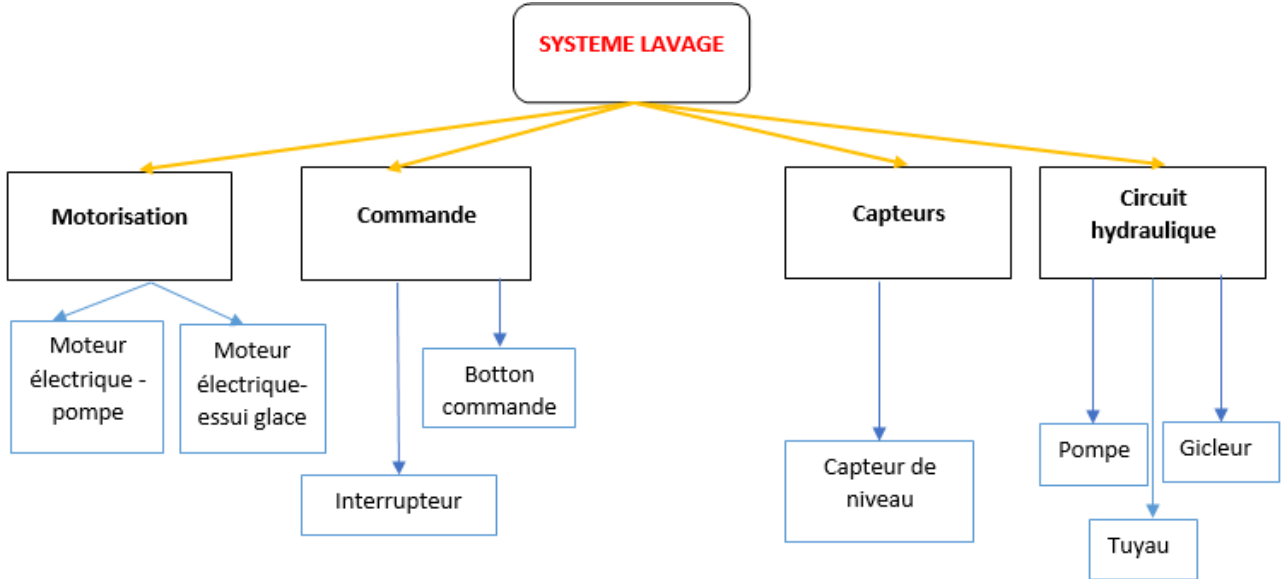


Figure 31 : diagramme de définition de blocs.

5.5 Diagramme de blocs internes :

Le diagramme de bloc interne modélise la structure interne d'un bloc. Il décrit les flux et interactions entre des blocs qui caractérisent les fonctions.

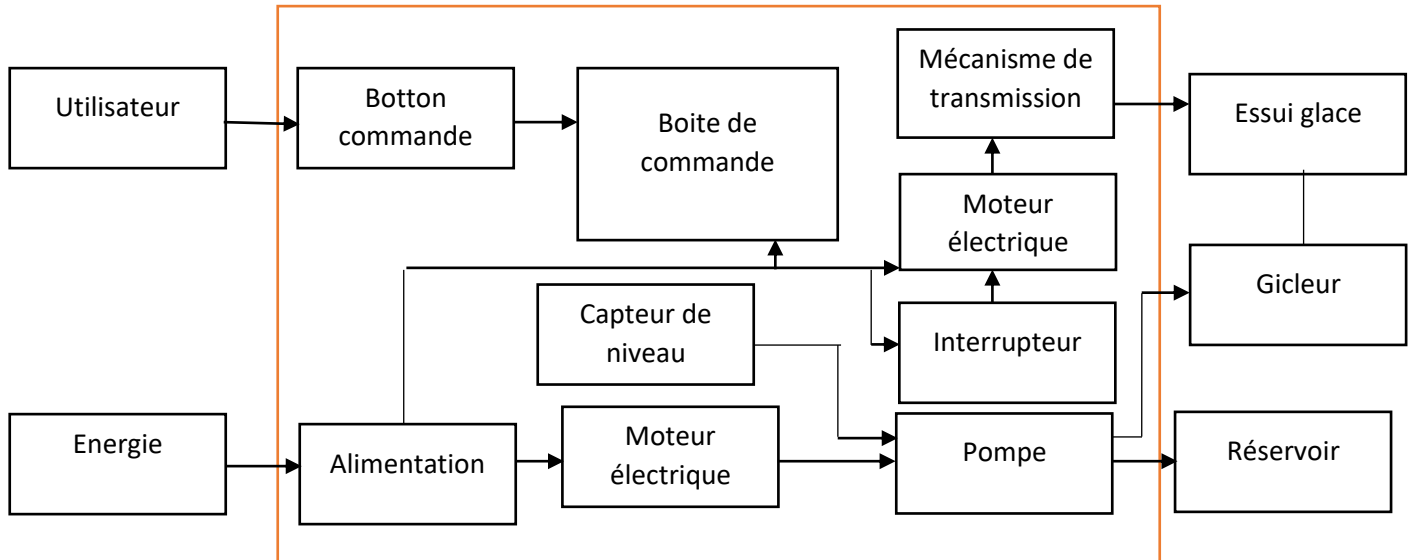


Figure32 : diagramme de blocs internes.

5.6 Les spécifications du système :


Tableau 12: spécification du système

Fonctions	Spécifications
Laver le pare-brise et la caméra de recul pour assurer la bonne visibilité au conducteur.	Le mouvement du balai essuyeur doit recouvrir la zone nécessaire du pare-brise
Aspirer et refouler le liquide lave-glace à l'aide d'une pompe.	Débit de pompe nécessaire
Dimensionner la position et la hauteur de l'évent pour éviter la fuite de liquide lave glace.	La hauteur de l'évent
Pomper le liquide lave vitre sans créer de dépression à l'intérieur du réservoir à l'aide d'un évent.	La pression diminue
Détecter le niveau du liquide à l'aide d'un capteur.	Niveau liquide
Assurer un remplissage du réservoir rapide	Temps de remplissage court

Conclusion :

Dans ce chapitre on a pu définir le contexte, et cerner la problématique du projet afin de déterminer des objectifs atteignables durant la période du stage, de décomposer le projet dans des tâches à accomplir et enfin de dresser un plan de travail. Et à la lumière des résultats de l'analyse de l'état actuel, on pourra passer à l'étape suivante consiste à définir le projet d'une manière mesurable et à chercher les meilleures façons pour obtenir de meilleurs résultats.

CHAPITRE IV : Étude de concurrence (benchmarking)



Ce chapitre est dédié à la deuxième étape de la démarche
PDP (concept Development) qui contient l'analyse
de concurrence qui comprend le Benchmarking.

I. Introduction :

L'analyse de concurrence, correspondant à l'étape « **Benchmarking Competitive Products** » de la phase « **Concept Development** » dans le PDP, permet de se comparer aux meilleures marques, celles qui possèdent les performances les plus remarquables dans leur domaine.

L'analyse de concurrence ou benchmarking est un outil d'évaluation de la compétitive des entreprises sur un secteur d'activité ou sur un domaine d'activités spécifiques. Dans le domaine automobile, ces analyses consistant en une étude détaillée des conceptions des véhicules existant sur le marché pour que le concepteur de nouveaux systèmes puisse bénéficier d'un référentiel permettant de déceler les différences majeures, et d'en tirer des pistes d'améliorations. Il permet aussi d'identifier les points intéressants et innovants pouvant servir de référence pour de nouveaux concepts, ou encore les points négatifs à ne pas reprendre dans les projets futurs.

L'objectif de cette analyse des solutions existantes, est d'analyser les composants de système lavage, en vue d'avoir des idées sur les solutions proposées par les différents constructeurs dans chaque véhicule et de les évaluer selon quelques critères afin d'en extraire les clés d'inspiration menant à une conception robuste par la suite.

II. A2MAC1 Automotive Benchmarking :

L'entreprise généralement démonte puis photographie chaque année des milliers de pièces, avant de compiler ses observations sous forme de base de données. L'outil professionnel de benchmarking approvisionnée par les constructeurs est A2MAC1, grâce à ce gigantesque carte mémoire de l'industrie automobile, les grands groupes mondiaux scrutent les réalisations de la concurrence et s'en inspirent pour leurs futures créations.

Dans notre cas, nous allons appliquer une démarche d'analyse d'un produit de référence en se basant sur une étude Benchmarking (Analyse de concurrence) sur des différents véhicules références de différentes marques de segment SUV.

Nous nous proposons donc dans cette partie d'effectuer une étude comparative regroupant plusieurs modèles de constructeurs différents. Le but de cette étude n'est pas de comparer les solutions entre elles, mais d'avoir une idée sur ce qui est généralement utilisé dans un domaine précis, pour notre projet l'étude se limitera bien évidemment sur le périmètre lavage d'un véhicule automobile. Les données recueillies, pourront alors être prises en considération lors de notre propre conception.

De ce fait, on est basé sur le site de **BENCHMARKING** « **A2mac1.com** **AUTOMOTIVEBENCHMARKING** ».



Figure 32 : Site de Benchmarking A2MAC1.

III. Le choix des concurrents :

Comme nous l'avons précédemment expliqué, le but de notre Benchmarking est de sortir avec des idées qui pourraient nous servir lors de notre propre conception. Dans notre projet actuel, nous avons la mission de développer pour notre client un ou quelques éléments du périmètre du système lavage, le modèle sur lequel nous travaillons est une voiture de type SUV, c'est-à-dire que c'est une automobile de taille moyenne correspondant au segment C. Ce type de voiture correspond généralement à des compactes qui cherchent un compromis en matière de dimension pour être adaptées, dans la mesure du possible, à tous les types de circulation.

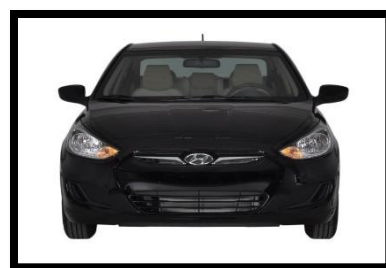
Nous avons choisi cinq modèles d'automobile de différentes gammes afin de comparer les différentes techniques utilisées par chaque constructeur et d'en tirer les meilleures solutions (Annexe



Peugeot 2008 1.2 VTi Allure 201



Peugeot 3008 1.6 GT Hybrid 4 300 (2020)



Hyundai Accent 1.6 GLS 2013



BMW X5 XDrive30d (F15) 2014



Audi A4 1.4 TF Si

Figure 33 : les voitures étudiées

Dans notre étude benchmarking nous avons travaillé sur les voitures citées ci-dessus en se basant sur quelques critères de comparaison des composants du système lavage.

1. La Méthode des choix des concepts :

Les méthodes de sélection et de notation des concepts aident l'équipe à affiner et à améliorer les concepts menant à un ou plusieurs concepts de promotion sur lesquels d'autres activités de test et de développement seront concentrées.

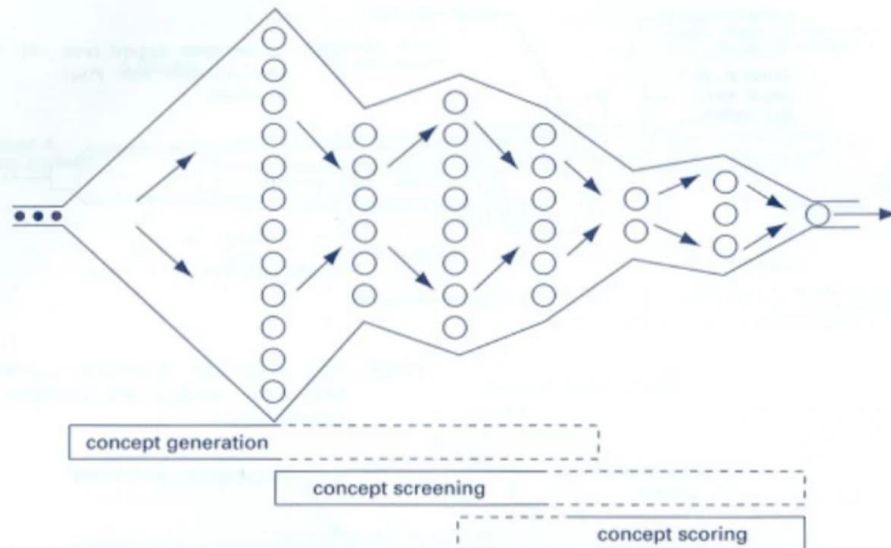







Figure 34 : la méthode du choix de concept

2. Concept génération :

Dans cette partie nous allons comparer chaque élément du système lavage des voitures choisies.

2.1 Réservoir :

Tableau 13: tableau comparatif des réservoirs

Véhicule	BMW X5	Peugeot 2008	Hyundai	Peugeot 3008	Audi A4
Réservoir (Forme)					
Processus	Injection plastique	Soufflage	Injection plastique	Injection plastique	Injection plastique
Profondeur (mm)	160	215	280	95	168
Matériau	Plastique PP	Plastique PE	Plastique PP	Plastique PP	Plastique PP
Poids (Kg)	0.718	0.326	0.5	0.468	0.617

Largeur	565	225	267	108	418
Hauteur	515	320	440	74	493
L'emplacement dans la voiture	Le passage de roue équipé d'un pare-boue	Le compartiment moteur	Le compartiment moteur	Le passage de roue équipé d'un pare-boue	Le passage de roue équipé d'un pare-boue

→ **Synthèse:**





Il est clairement sur le tableau qu'il existe plusieurs types de réservoir, et cela dépend de l'environnement qui diffère d'un véhicule à l'autre. Cet environnement lui-même oblige la forme du réservoir en tenant compte de son emplacement dans chaque voiture qui se varie d'un modèle à l'autre. Le réservoir assemblé peut être implanté soit dans Le compartiment moteur soit dans le passage de roue équipé d'un pare-boue.

Pour le processus de fabrication utilisé pour l'obtention du réservoir, nous avons remarqué que le fournisseur utilise soit l'injection plastique soit le soufflage cela dépend du coût fourni pour le projet, par exemple l'injection plastique nécessite plusieurs outils pour seulement fabriquer une seule pièce cependant le soufflage nécessite qu'un seul outil, en revanche injection plastique présente plusieurs avantages maîtrise de l'épaisseur, points de fixation, angle de démoulage, permet aussi de donner un bon aspect et rugosité des surfaces...ce qui mènent les fournisseurs à l'utiliser.

Pour le matériau utilisé pour les cinq voitures, nous avons constaté que les fournisseurs choisissent entre PP et PE, bien que le polypropylène et le polyéthylène partagent certaines propriétés physiques, ils sont totalement différents par leur nature et la façon dont ils sont utilisés. Le PP est plus souple et le PE est plus robuste. Le PP est également élastique par nature, mais le PE est stable, sans oublier que, Le PP est très peu coûteux et le PE est très cher. Ils sont également fabriqués à partir de la polymérisation de différents monomères comme le propylène et l'éthylène. Mais les deux sont des produits en plastique tout aussi importants dans le monde.

2.2 Tuyau de remplissage :

Tableau 14: tableau comparatif des tuyaux de remplissage.

Véhicule	BMW X5	Peugeot 2008	Hyundai	Peugeot 3008	Audi A4
Tuyau de remplissage (forme)					
Diamètre	28.5	30	31	42	35

(mm)					
Poids (Kg)	0.024	0.164	*****	0.052	*****
Matériau	Plastique	Plastique	Plastique	Plastique	Plastique
Type de contact avec le réservoir	Séparé avec le réservoir	Séparé avec le réservoir	Intégré (Même pièce)	Séparé avec le réservoir	Intégré (Même pièce)
Hauteur (mm)	239	320	*****	74	*****

→ Synthèse:

D'après l'analyse de la forme de tuyau de remplissage des cinq voitures nous avons constaté bien que leur forme est totalement différente et nous avons remarqué que le tuyau de remplissage et le réservoir représente la même pièce si le réservoir est souple ou séparé pour un réservoir rigide, dans ce dernier cas il faut garantir l'étanchéité entre les deux pièces par un joint.

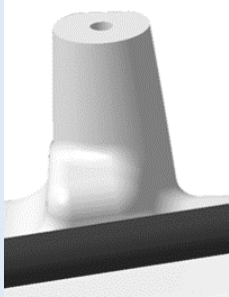



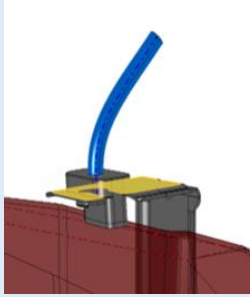
Quant au matériau utilisé pour les cinq voitures, il s'agit d'un plastique vu à sa légèreté car cela permet de minimiser le poids de voitures et donc de gagner en puissance.

Revenant toujours au prix et au poids, notre objectif étant de minimiser le poids et le coût, il fallait évidemment choisir un tuyau de remplissage léger et de petite taille qui prenait en compte l'environnement exigé par le fournisseur.

Le diamètre du tuyau de remplissage est très important pour aider l'utilisateur à remplir le réservoir lave vitre, il est donc important de dimensionner un tuyau de remplissage avec un diamètre d'une façon à éviter la perte du liquide, garantir l'étanchéité et assurer le débit désirer.

2.3. Event :

Tableau 15: tableau comparatif des évents.

Véhicule	BMW X5	Peugeot 2008	Hyundai	Peugeot 3008	Audi A4
Event (forme)					
Matériau	Plastique	Plastique	Plastique	Plastique	Plastique

Poids (Kg)	Négligeable	0	0	0	0.009
Prix \$	0	0	0	0	Tuyau + montage
Description	Event sorti du moule d'injection ou de soufflage	Event fait dans le bouchon	Event fait dans le bouchon	Event fait dans le bouchon	Tuyau souple ou rigide chaussé sur le réservoir et cheminé dans la structure

→ **Synthèse:**

Il est clair dans le tableau comparatif qu'il existe plusieurs solutions d'évent qui permettent de pouvoir pomper le liquide lave-vitre sans créer de dépression à l'intérieur du réservoir.

Les types d'événements utilisés dans l'ordre du moins cher au plus cher :

- Event (trou) fait dans le bouchon
- Event sorti du moule d'injection ou de soufflage
- Tuyau souple ou rigide chaussé sur le réservoir et cheminé dans la structure

L'implantation d'évent est primordiale pour respecter l'exigence sur les pentes et dévers, il faut donc implanter l'évent de façon que le liquide lave glace ne s'écoule pas par celui-ci soit dans le cas où la voiture est en montée ou en descente, soit le cas où la voiture est montée sur trottoir.

Le matériau est le plastique avec un poids et prix très faible ou négligeable.

3. Concept screening :

Tableau 16 : concept screening

	Les concepts "Réservoir"				
Les critères de sélection	1 BMW X5	2 Peugeot 2008	3 Hyundai	4 Peugeot 3008	5 Audi A4
-Adaptation à l'environnement	+	-	-	+	0
-Résistance	+	0	-	+	+
- Cadence de production	+	-	+	+	+
Sum "+"	3	0	1	3	2
Sum "0"	0	1	0	0	1
Sum "-"	0	2	2	0	0
Net Score	3	-2	-1	3	2
Rank	1	6	5	1	2
Continue ?	OUI	NON	NON	OUI	NON

	Les concepts "tuyau de remplissage"				
Les critères de sélection	1 BMW X5	2 Peugeot 2008	3 Hyundai	4 Peugeot 3008	5 Audi A4
-Adaptation	-	-	-	+	0
-Diamètre	-	-	-	+	0
- Rigidité	+	0	-	+	+
Sum "+"	1	0	1	3	1
Sum "0"	0	1	0	0	2
Sum "-"	2	2	3	0	0
Net Score	-1	-2	-2	3	1
Rank	5	6	6	1	3
Continue ?	NON	NON	NON	OUI	NON

	Les concepts "Event"				
Les critères de sélection	1 BMW X5	2 Peugeot 2008	3 Hyundai	4 Peugeot 3008	5 Audi A4
-Cout	+	+	+	+	-
Sum "+"	1	1	1	1	0
Sum "0"	0	0	0	0	0
Sum "-"	0	0	0	0	1
Net Score	1	1	1	1	0
Rank	1	1	1	1	2
Continue ?	OUI	OUI	OUI	OUI	NON

Sum "+"	Better than
Sum "0"	Same as
Sum "-"	Worse than

4. Concept Scoring :

Tableau 17 : concept scoring

		Concept' 'Réservoir''			
		1		4	
Les critères de sélection	poids	Rating	Score poids	Rating	Score poids
-Adaptation à l'environnement	60 %	2	1.2	3	1.8
-Résistance	30 %	3	0.9	3	1.8
- Cadence de production	10 %	3	0.3	3	1.8
	Total Score	2.4		5.4	
	Rank	2		1	
	Continue	NON		DEVELOP	

		Concept' 'Event''							
		1		2		3		4	
Les critères de sélection	Poids	Rating	Score poids	Rating	Score poids	Rating	Score poids	Rating	Score poids
-Cout	100 %	5	5	2	2	2	2	2	2
	Total Score	5		2		2		2	
	Rank	1		2		2		2	
	Continue	OUI		NON		NON		NON	

5. Analyse concurrentielle :

Après avoir étudié les concepts du système lavage utilisé dans chaque automobile, et d'après les méthodes de sélection et de notation des concepts, nous avons maintenant faire une comparaison entre ces concepts en utilisant le tableau d'analyse de concurrence, ce dernier va nous aider à énumérer des détails sur les cinq concurrents, ainsi d'évaluer les indicateurs de performance et les éléments de la structure, de plus ce tableau généralise les tableaux précédents.

Tableau 18 : étude de concurrence.

	Dimensions	Concurrent 1	Concurrent 2	Concurrent 3	Concurrent 4	Concurrent 5
Réservoir	Adaptation (la forme) Est-ce que la forme de réservoir est adaptée à l'environnement ?	OUI	NON	NON	OUI	OUI
	Cadence de production (procédé de fabrication) Est-ce qu'il est possible d'obtenir les cadences de fabrication plus rapide ?	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
	Surface d'aspect (procédé de fabrication) Est-ce qu'il est possible d'avoir une grande finesse pour les surfaces d'aspect	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
	L'environnement (Matériaux) Est-ce qu'il est respectueux de l'environnement ?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
	Résistance Est-ce qu'il est résisté à la chaleur et au froid ?	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
	Fréquence de OUI	100%	40%	80%	100%	100%
Tuyau de remplissage	Adaptation (la forme) Est-ce que la forme est adaptée à l'environnement ?	NON	NON	NON	OUI	OUI
	Diamètre Est-ce qu'il peut assurer le débit exigé ?	NON	NON	NON	OUI	OUI
	Rigidité (contact avec réservoir) Est-ce qu'il est rigide ?	OUI	OUI	NON	OUI	OUI
	Fréquence de OUI	33.3%	33.3%	0%	100%	100%
Event	Prix Est-ce qu'il n'est pas couteux ?	OUI	OUI	OUI	OUI	NON
	Fréquence de OUI	100%	100%	100%	100%	0%

➔ Dans ce tableau, nous avons pu comparer d'une façon plus claire entre les cinq concepts selon les Critères de performance, afin de pouvoir d'en extraire les clés d'inspiration menant à un modèle de conception amélioré, d'un point de vue matériau, dimensions, la forme...

Donc après l'analyse approfondie de concurrence nous avons trouvé que le concurrent 4 répond bien à notre besoin, alors on peut s'inspirer de ce modèle pour créer notre propre conception.

6. Analyse SWOT :

Une analyse SWOT est un outil structuré de réflexion et d'évaluation permettant d'identifier des facteurs internes : les forces et faiblesses, ainsi que des facteurs externes : les opportunités et menaces.

Tableau 19 : analyse SWOT du concurrent 4.

Interne	S	Forces (STRENGTHS)	W	Faiblesses (WEAKNESSES)
	1	Réservoir rigide	1	N'assure pas un débit de 9l/mn
	2	N'est pas couteux	2	Faible volume
	3	Garantir l'étanchéité	3	Ne résiste pas aux vibrations
	4	Légère	4	Création de dépression
	5	Pas d'écoulement du liquide à l'issue de choc	5	Grande L'inclinaison de la tubulaire du tuyau de remplissage
	6	Rigidité du tuyau de remplissage à son point de fixation	6	Phénomène de refoulement lors du remplissage à cause de la restriction du diamètre
Externe	O	Opportunités (OPPORTUNITIES)	T	Menaces (THREATS)
	1	La tenue des fixations est satisfaisante	1	Concurrence
	2	Le volume du réservoir doit être 4.1 L	2	Coût
	3	Respect de la position et La hauteur de l'évent afin de ne pas avoir ni fuite, ni perte de liquide lave glace	3	Démoulable
	4	Avoir un diamètre qui permet d'éviter le phénomène de refoulement	4	
	5	Le diamètre et l'inclinaison de la tubulaire du tuyau de remplissage doivent assurer un débit de remplissage du tuyau de remplissage d'au moins 9 L/mn, sans refoulement	5	

→ Grâce à l'analyse SWOT, nous sommes en mesure de comprendre ce que nous allons développer dans notre système, nous allons exploiter les faiblesses du concurrent 4 et travailler sur pour développer notre système

iv. Etape 3 : system level design

IV. Analyse technique :

Après avoir travaillé sur les cinq voitures SUV, et d'après l'analyse concurrentielle nous avons pu retirer les points forts de chaque conception afin de proposer un nouveau concept du réservoir liquide nettoyage et tuyau de remplissage et ceci sans avoir un poids important ni un coût élevé tout en respectant les données d'entrée (style, environnement (pièces voisins), les interfaces, les règles de métier, ...) et le cahier des charges.

1. Choix du matériau :

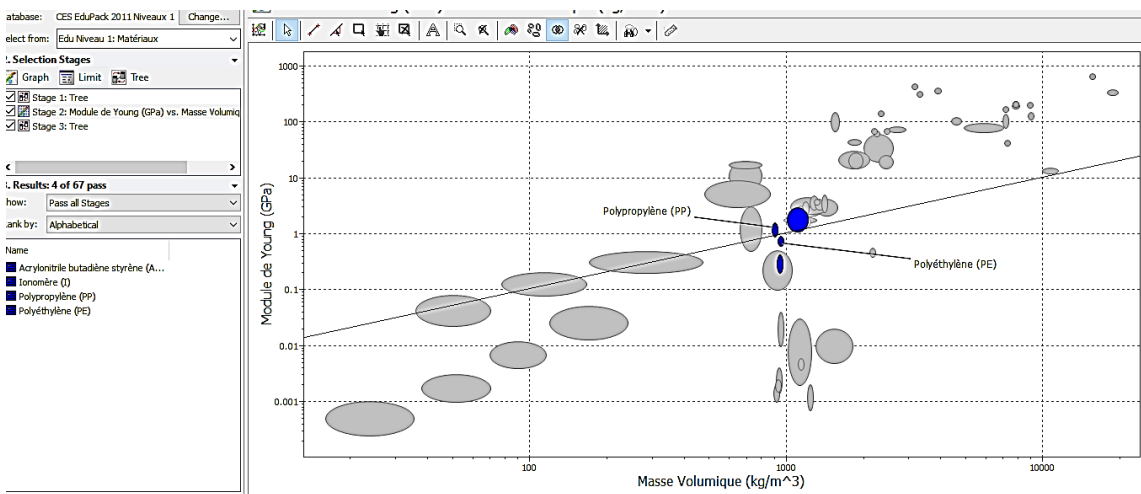
Le choix des matériaux est une tâche fondamentale et très complexe. En effet, dans un nombre important de cas, il ne concerne pas seulement un aspect purement technique répondant à des exigences fonctionnelles, mais aussi à des attentes relevant des préférences des utilisateurs dans le cadre d'un marché spécifique.

Ainsi, le choix des matériaux doit être analysé sous l'angle de l'ingénierie de matériaux mais aussi sur celle du design industriel, et tenir compte de toutes les informations qui lui seront associées.

Le composant principal de notre système qu'il faut déterminer son matériau, c'est le réservoir, il faut choisir le matériau **plastique** en respectant les critères suivants :

- **La rigidité :** Le réservoir doit être d'abord rigide pour supporter le poids.
- **La légèreté :** Afin de minimiser le poids de la voiture.
- **Prix :** pour diminuer le cout global du système.
- **Bon isolant :** pour éviter les circuits

Afin de respecter ces critères principaux, on a utilisé la méthode d'indice de performance, en employant la base des données du logiciel CES EDUPACK, et on a obtenu le résultat suivant :



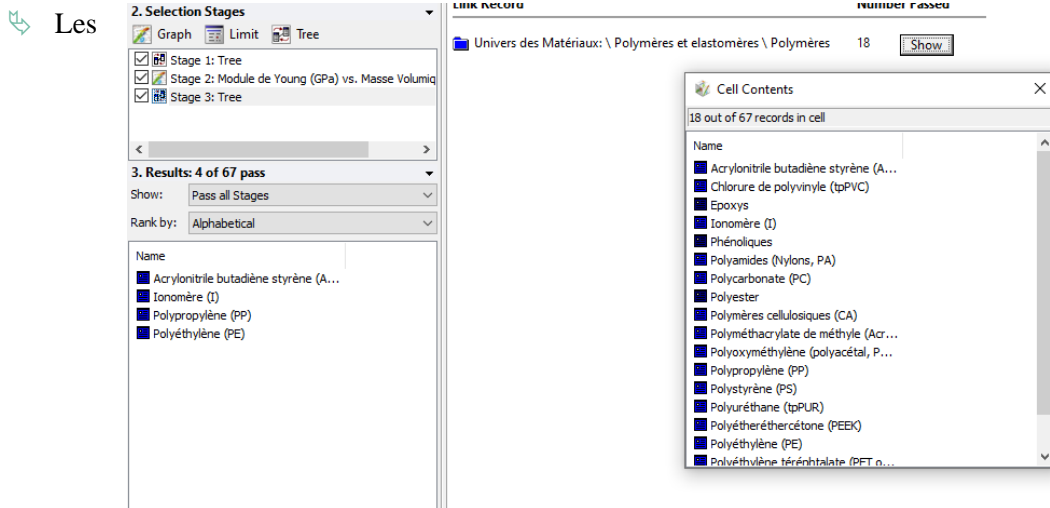


Figure 35 : Graphe de sélection en fonction du module de Young, prix et masse volumique

matériaux les plus performants que nous avons trouvé, c'est Le polypropylène PP, et PE.

- **Le polypropylène PP:**

C'est un polymère thermoplastique semi-cristallin de grande consommation, c'est un matériau recyclable, beaucoup plus rigide donc beaucoup plus résistant aux différentes forces auxquelles il est soumis (la fatigue, la flexion...) et dont les propriétés physiques sont supérieures. En revanche, il est fragile à basse température et moins résistant à l'oxydation. Le tableau ci-dessous montre les propriétés du matériau :

Tableau 20 : Caractéristiques du polypropylène.

Propriété générale	Spécification
Masse volumique	890-910(kg/m ³)
Module de Young	0.89-1.55(GPa)
Module de cisaillement	0.316-0.548(GPa)
Allongement	1-6%
Limite de fatigue	0.01-0.016(GPa)
Limite élastique	0.02-0.037(GPa)
Prix	1.89-2.07USD/Kg

- **Le Polyethylene PE:**

Le polyéthylène ou polythène, désigne les polymères d'éthylène. C'est un polymère thermoplastique, translucide, chimiquement inerte (plus résistant aux oxydants forts que le polypropylène), facile à manier et résistant aux variations de température. Simples et peu chers à fabriquer.

Tableau 21 : Caractéristiques du polyéthylène

Propriété générale	Spécification
Masse volumique	939-960 (kg/m ³)
Module de Young	0.62-0.89 (GPa)
Module de cisaillement	0.21-0.31 (GPa)
Allongement	2-8 %
Limite de fatigue	0.021-0.023 (GPa)
Limite élastique	0.017-0.029 (GPa)
Prix	1.72-1.89 USD/Kg

- **Comparison:**

Tableau 22 : comparaison entre PP et PE

Polypropylène PP	Polyéthylène PE
Propriétés chimiques	
Semi-cristallin	Inerte, translucide
Propriétés électriques	
Charge statique élevée	Faible charge statique
Mauvais isolant	Bon isolant
Point de fusion	
130 à 171 °C (266 à 340 °F ; 403 à 444 K)	115–135 °C (239–275 °F ; 388–408 K)
Densité	
0,855 g/cm ³ amorphe, 0,946 g/cm ³ cristallin	0,88–0,96 g/cm ³
Coût	
Bon marché	Cher

Poids	
Souple	Robuste
Utilité	
Utilisé dans les industries de l' automobile et de l'emballage, les charnières, les appareils ménagers et les jouets, les tapis, les fibres, les bouchons, les papiers synthétiques, etc.,	Utilisé dans les sacs en plastique, les contenants alimentaires et les bouteilles, les films, les caisses alimentaires et les palettes, etc.

Notre objectif est de choisir un matériau qui offre un compromis entre le coût, la durée de vie et la qualité en termes de rigidité, flexibilité et de masse volumique. Pour se faire on a fait appel à la matrice de décision qui va nous permettre d'évaluer chaque matériau à partir des critères prédéfinis et pondérés selon leur importance dans le choix final.

Tableau 23 : Matrice de décision

Critères	Qualité			Coût	Durée de vie	Total pondéré			
	Rigidité	Flexibilité	Masse volumique						
Pondération	3			2	1				
PP	4	5	4	39	4	8	4	4	51
PE	5	2	3	30	3	6	4	4	40

Tableau 24 : Echelle d'évaluation des matériaux

Echelle de notation	Appréciation
1	Médiocre
2	Moyen
3	Assez Bien
4	Bien
5	Pertinente

Tableau 25 : Pondération des critères

Pondération	Signification
1	Moins importante
2	Importante
3	Très importante

↪ D'après les résultats qu'on a eu en se basant sur la base de données du logiciel CES Edupack 2011 et la matrice de décision, le PP semble le meilleur choix pour notre système vu sa qualité en termes de rigidité et de flexibilité ainsi que son coût qui est moins chère par rapport aux autres

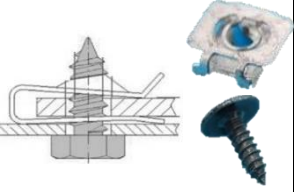



2. Choix de la fixation :


Afin de garantir la montabilité des différents organes d'un véhicule, il est indispensable de définir les process de montage et de prendre en compte toutes ces exigences ; les types de fixations, le temps et les conditions de montage. Généralement, les types de fixations qui sont principalement utilisées pour l'assemblage dans l'automobile sont : le soudage, le rivetage et les fixations mécaniques (telles que les écrous mécaniques, clinchage, clipsage...).

■ Comparaison entre les différents types de fixation :

Pour optimiser alors notre choix, nous allons éclairer sur les avantages, les inconvénients en se basant sur les caractéristiques techniques de chaque type de fixation, puis nous allons les comparer afin d'affecter les fixations les plus adéquates à nos interfaces. D'après cette étude, on peut clarifier notre choix de fixation pour chaque zone, du point de vue de la qualité en fixation (anti-vibration), la simplicité de montage, la légèreté ainsi que le coût.

Tableau 26: Comparaison des fixations adoptées en analyse de concurrence.

Type de fixation	Fixation	Avantages	Inconvénients
Vis à empreinte Torx + Ecrou à pincer		-Taux de serrage élevé -Disponibilité D'outillage de fixation	-Difficulté démontage -Durée de montage
Goujon soudé en caisse+ Quickies		-Facilité de montage -Courte durée démontage -Pré-maintien de la pièce	-Prix d'outillage (nécessité des macarons)
Goujon soudé encaisse +Ecrou à pincer en plastique		-Facilité de montage -Courte durée démontage -Pré-maintien de la pièce	-Prix d'outillage - Complexité de mise en place des écrous plastique
Vis hexagonale +rondelle		-Taux desserrage élevé	-Difficulté de montage -long durée de montage

<p>Goujon à filet vissé+ Ecrou</p> <p>Hexagonal à embase</p>		<p>-Taux de serrage élevé</p>	<p>-Difficulté de montage</p> <p>-longue durée de montage</p>
--	---	-------------------------------	---

Selon l'étude comparative que nous avons faite, presque tous les constructeurs utilisent le vissage, comme type de fixation pour garantir une fixation rigide et avoir un assemblage irréversible (démontable), la différence entre eux réside dans l'emplacement de ces fixations et les types des vis adoptés. Ce qui engendre cette différence c'est l'environnement de chaque véhicule ainsi que le respect de cahier des charges.

L'assemblage par vis-écrou est souvent utilisé pour réaliser des assemblages démontables des Pièces moulées en matière plastique. On obtient ainsi un assemblage très résistant susceptible de subir des sollicitations permanentes, même à des températures de service élevées. De plus l'usage de vissage nous permet la montabilité et la démontabilité du système lavage, ce qui répond aux exigences du cahier de charge.

➤ **Affectation des fixations :**

D'après l'analyse d'environnement on s'en tire principalement que l'assemblage de notre réservoir s'effectue au niveau de deux zones :

➤ **Mise en position :**

- Assemblage entre le réservoir et le gousset pied avant :

Dans lequel on essaye de mise en position notre réservoir par deux fourchettes qui sont assemblées avec le réservoir puis avec les glissières qui sont soudées sur le gousset pied avant droit,

➤ **Maintien en position :**

- Assemblage entre réservoir et l'aile :

Où on adoptera comme fixations une vis sur matière tendre, dont la vis essayera de serrer le réservoir toute en creusant dans la matière plastique de l'aile pour maintenir sa position.

- Assemblage entre le tuyau de remplissage et le support supérieur aile avant droite :

en utilisant comme fixation un vis, qui permet de serrer le tuyau de remplissage avec le support supérieur aile avant droit pour maintenir sa position.

3. Réservoir et Tuyau de remplissage :

D'après l'analyse du réservoir des cinq véhicules, nous avons choisis un modèle de réservoir et tuyau de remplissage qui respectent les exigences du cahier des charges. Pour leur modélisation, nous les montrerons dans le chapitre conception.

4. Event :

Selon notre besoin et notre analyse SWOT, nous avons suggéré d'utiliser le type d'évent sorti du moule d'injection' en raison de ses performances au niveau de pompage du liquide pour éviter la dépression du réservoir, ainsi que son prix moins cher. Mais on va veiller lors de la conception pour que le sommet de cet événement soit le plus haut.

5. Analyse des procédés de fabrication :

	Moulage par injection plastique	Soufflage
Matériaux	PP	PE
Forme	Liberté de conception modérée à grande	Liberté de conception réduite : formes creuses à parois minces uniquement, pas de formes géométriques complexes
Durée de cycle	Quelque secondes	Quelque secondes
Volume de production	Grand volume (5000 pièces et plus)	Moyenne série
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Grandes séries -Procédé fortement simulable en phase de conception -Haut niveau d'automatisation -Précision de fabrication -Grande finesse possible pour les surfaces d'aspect -Épaisseurs contrôlées précisément -Faible coût des pièces 	<ul style="list-style-type: none"> -Moyennes et grandes séries -Détails complexes réalisables -Pas de soudure des flux matière, pouvant générer des faiblesses mécaniques -Résistance mécanique des pièces
Points faibles	<ul style="list-style-type: none"> -Coût de l'outillage -Présence de dépouilles -Temps de développement plus long 	<ul style="list-style-type: none"> Types de pièces limitées, corps creux uniquement Mise au point délicate

D'après la comparaison que nous avons faite, le moulage par injection plastique semble le meilleur choix pour notre réservoir.

Conclusion :

Après avoir validé le besoin et établi le cahier des charges fonctionnel, ainsi qu'élaborer une analyse de concurrence pour s'en sortir avec les différents matériaux et fixations qu'on va adoptés. La phase suivante repose sur la conception d'un nouveau module qui satisfait les exigences du CdCF et répond mieux aux attentes du client.

CHAPITRES V : Conception du système lavage

*Dans ce chapitre, on va détailler les différentes
Étapes liées de conception.*

I. Introduction :

L'étude benchmarking dans le chapitre précédant a mené à un ensemble de synthèses, de remarques, et de solutions. Nous allons s'intéresser dans ce chapitre à appliquer ces solutions en utilisant l'outil de conception Catia V6 et en respectant les règles de métier, afin d'obtenir un nouveau modèle de réservoir et de tuyau de remplissage.

II. CATIA V5/V6 :

CATIA (Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée) est un logiciel de modélisation et simulation de systèmes intégrés et complexes destinés à être utilisés par les sociétés les plus importantes dans les secteurs de l'automobile, l'aéronautique, la robotique, les processus et avec d'autres applications. En outre, c'est un logiciel dense et complet qui rassemble la forme, la fonction, l'ingénierie et les caractéristiques architecturales d'une définition produit pour permettre à l'ensemble des participants du projet d'intégrer une expérience numérique du produit.

Dans cette optique, j'ai eu la chance de bénéficier d'une formation de deux mois en CATIA V5/V6, j'ai surtout déployé l'atelier « Generative Shape Design » dédié à la construction des éléments filaires et surfaciques puisque.

Le but de cette formation est d'être capable de définir une méthode de conception claire et précise pour obtenir une pièce correctement paramétrée, satisfaisant aux critères de qualité, et permettant des évolutions et des mises à jour faciles à traiter.

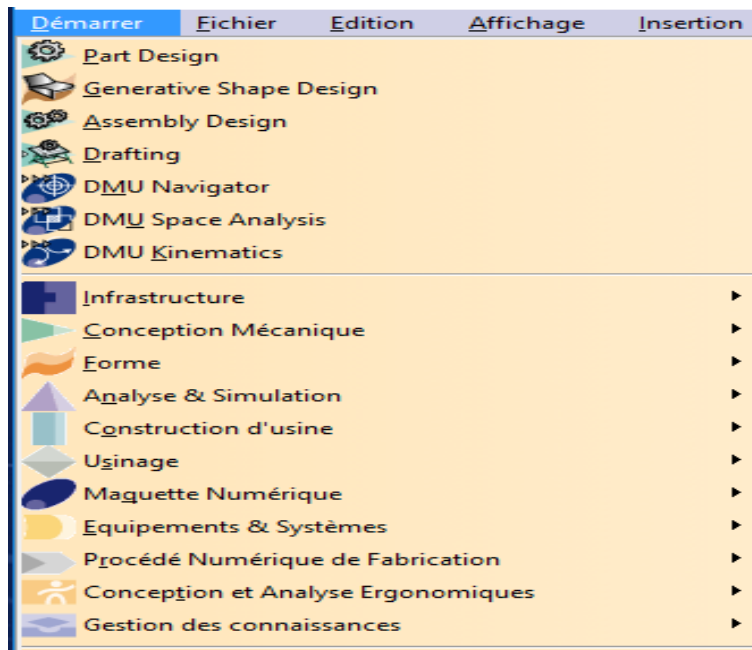


Figure 36 : Les différents ateliers de l'outil CATIA

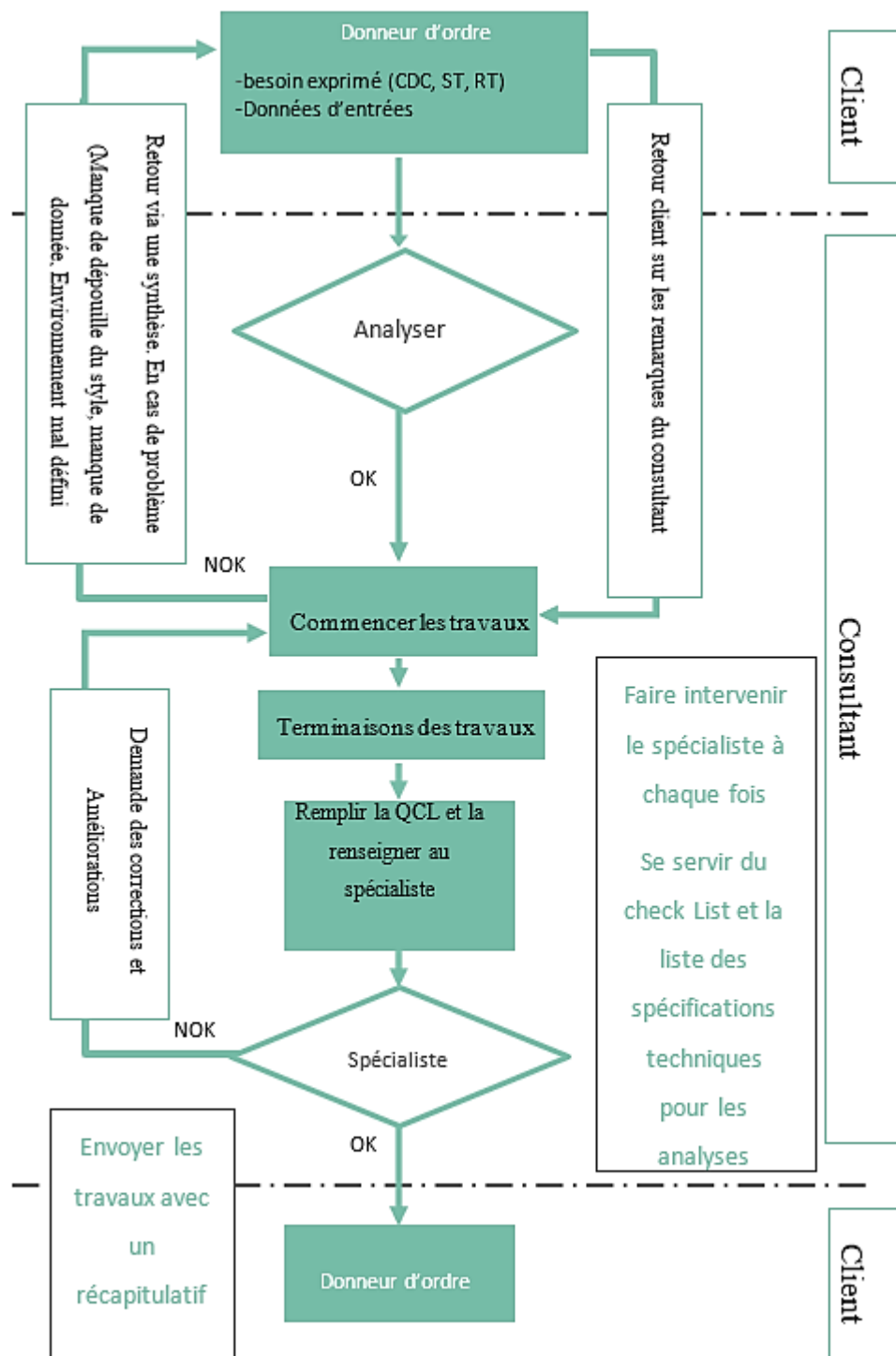
III. L'outil PLM :

Le Product Life cycle Management (PLM) est un système qui permet un traitement transversal de l'ensemble des informations qui s'y rapporte à chaque étape du cycle de vie d'un produit. Du cahier des charges au retrait du marché, tous les processus sont concernés (conception, développement, commercialisation). Il propose une toute nouvelle manière de traiter les informations. L'un de ses grands avantages est de réduire les frontières entre les métiers, dans un souci de lisibilité constante. Pour cela, les données techniques sont partagées plus facilement, les nomenclatures communes aux divers métiers demeurent accessibles et un effort d'harmonisation des langages, entre les disciplines, est effectué.

L'approche PLM est une excellente solution pour favoriser le travail en collaboration. Il s'agit d'un atout majeur pour améliorer la communication entre les équipes, mais aussi pour faciliter les échanges à tous les niveaux (sites de production, prestataires, sous-traitants et clients). Il permet de stocker l'information pour une réutilisation ultérieure, en cas de projet similaire notamment. Les données conservées forment ainsi une base de connaissances constituant le patrimoine intellectuel de l'entreprise. Outre ses fonctions de partage et de centralisation, le PLM garantit un accès sécurisé aux données pour les employés. Des systèmes de protection (procédure d'authentification, gestion des autorisations d'écriture et de lecture) sont mis en place dans ce but. Pour éviter les risques de piratage, aucun document ne nécessite l'envoi par e-mail.

IV. Procédure de développement d'un produit :

Pour réussir une demande de travail il faut partir sur la logique suivante en favorisant plus l'aspect de communication :



V. Conception :

1. Structuration de l'arbre GSD :

L'outil de conception mécanique (CATIA v5 ou v6) reste un outil, le fait de savoir cliquer sur des icônes ne veut pas toujours dire que nous sommes des bons concepteurs, pour cela, les clients proposent des méthodes de conception à suivre lors de la réalisation des demandes de travail.

Avant de commencer la conception, nous devons préparer l'arbre GSD d'une façon organisée, en définissant dans un premier temps les données d'entrées (**style, interfaces provenant des autres métiers, environnement, process**). Puis, nous déterminons les différentes zones fonctionnelles de notre pièce (La pièce est découpée en plusieurs zones, regroupées dans des sets géométriques), et nous assemblons les zones fonctionnelles créées précédemment. Par la suite, nous devons faire un détournement de l'assemblé obtenu pour définir le contour de la pièce et découper les bords afin d'arriver à la pièce surfacique finale. Enfin, en utilisant l'atelier « Part design », nous affectons à notre pièce surfacique une épaisseur paramétrée au départ.

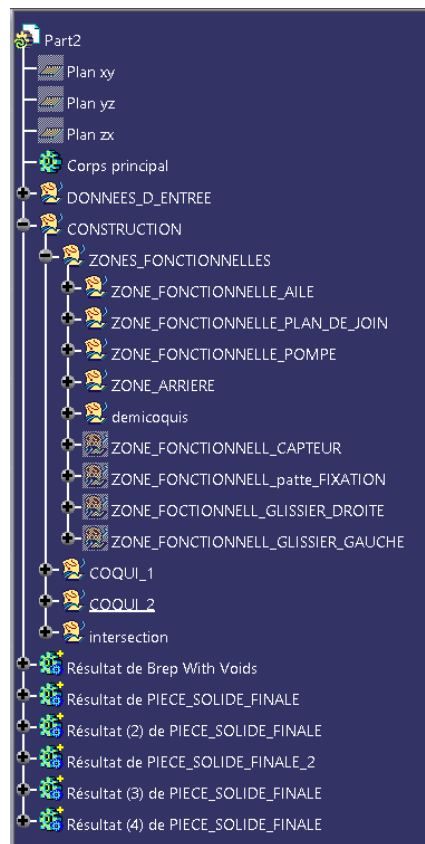


Figure 37: Structuration de l'arbre GSD.

2. Données d'entrées :

Les données d'entrée pour la conception d'un réservoir sont des éléments de structure et de liaison qui permettront la bonne conception du réservoir. Pour se faire, on se base généralement dans chaque projet sur les données d'entrées suivantes fournies par le client :

2.1 Le style :

C'est la surface définie par le styliste, Cette surface est l'élément sacré dans la conception. Il faut respecter ses extrémités et sa forme initiale, mais parfois on peut ajouter des modifications au style, en communiquant avec le client dans le cas d'interférence avec l'environnement ou du non démoulabilité de cette dernière. Et ensuite suivant les contraintes géométriques du véhicule, les pièces seront créées petit à petit, suivant chaque périmètre.

Dans notre cas, il n'y a pas de style pour cette pièce. C'est à moi de créer le style ou le plan de forme et de définir son sens de démoulage. Cependant, l'environnement, les interfaces techniques sur lesquelles nous allons se baser durant la conception sont données par le client.

2.2 Le sens de démoulage :

On appelle sens de démoulage le sens dans lequel le moule va s'ouvrir et entraîner la pièce sur la partie mobile du moule (dit côté éjection, axe de la machine). En général, l'éjection de la pièce a lieu par des éjecteurs, dont le mouvement est dans le sens de démoulage. Le concepteur doit tenir compte du sens de démoulage, surtout pour les pièces complexes car ce sens va déterminer les plans de joint du moule et la position de la pièce dans le moule. Il doit être indiqué impérativement sur le style.

L'épaisseur : Mise en une épaisseur de 2,5mm pour les zones fortement impactées par les gravillons en respectant les exigences du client.

2.3 Les interfaces Techniques :

Pour bien comprendre et réussir la conception de notre réservoir, il est nécessaire d'analyser notre environnement et de prendre en compte ses composants en tenant compte de l'espace disponible, des pièces en liaison directe, ainsi que l'emplacement de chaque fixation afin de les respecter durant notre conception. Pour se faire, nous allons faire appel à la plateforme PLM qui va nous aider à ouvrir et visualiser notre environnement en le cherchant par une référence prédéfinie. Généralement, il se décompose des éléments suivants :

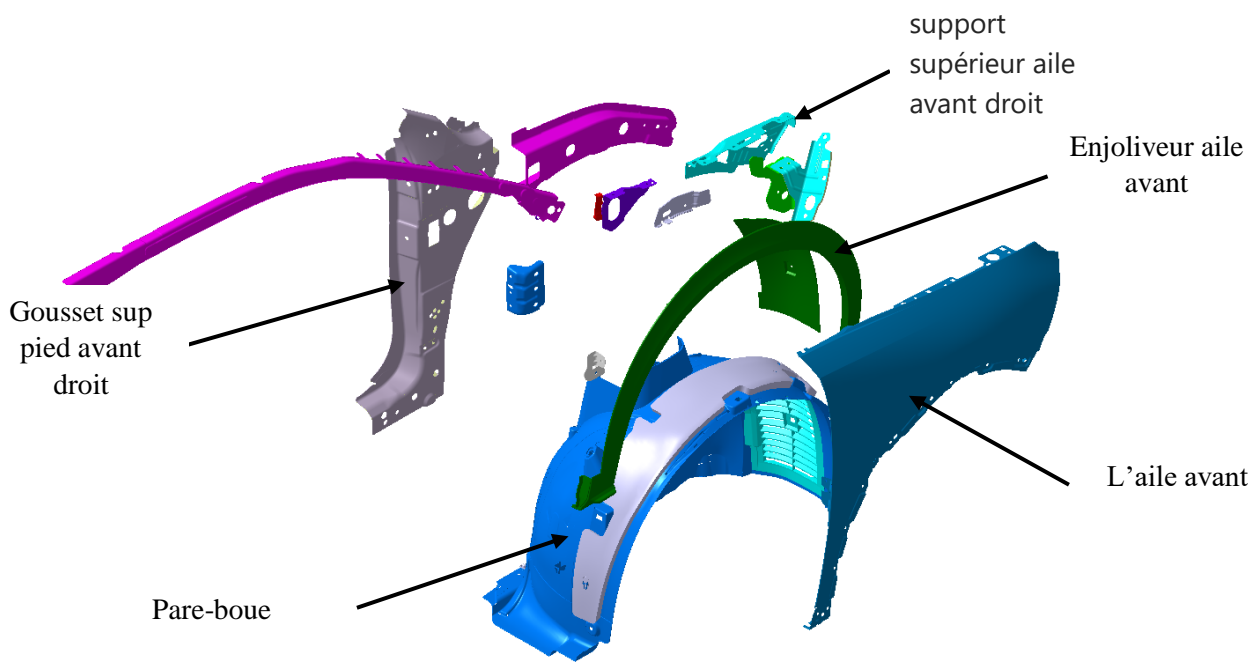
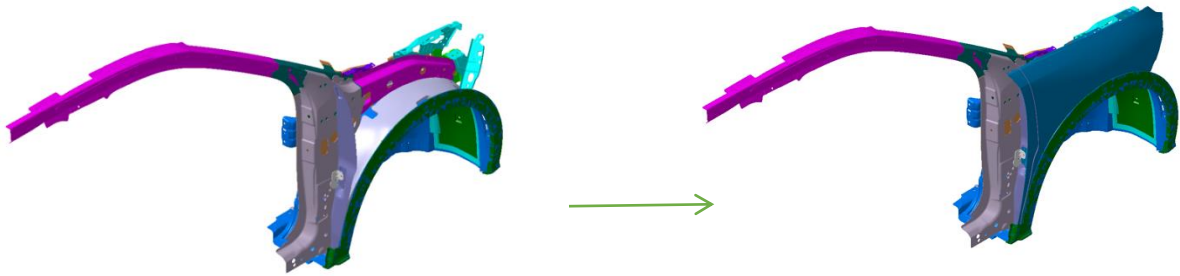


Figure 38 : les composants de l'environnement



➔ La surface de l'aile avant :

Les ailes avant sont des éléments de carrosserie fixés à la droite et à la gauche d'un véhicule. Elles permettent de couvrir une portion des roues avant et ainsi de protéger le véhicule des éclaboussures. Notre réservoir est en contact avec l'aile.

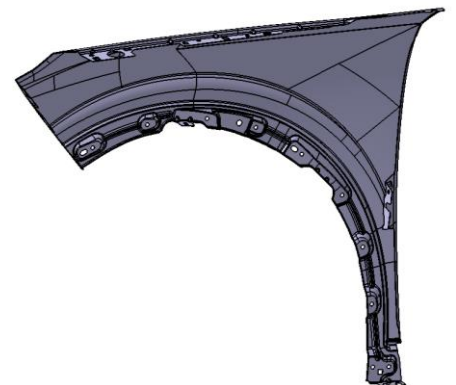


Figure 39 : aile avant droit

→ Enjoliveur aile avant:

Les enjoliveurs d'aile permettent d'agrémenter l'aile droite et gauche de voiture, et ainsi de la rendre encore plus esthétique

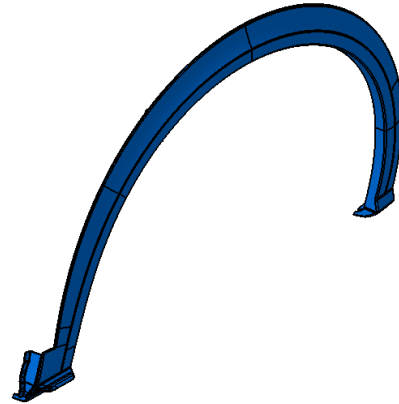


Figure 40 : enjoliveur avant droit

→ Gousset sup pied avant droit :

C'est le montant situé à l'avant du côté de caisse, et qui supporte les charnières de la porte avant. Il est prolongé par le montant latéral de pare-brise.

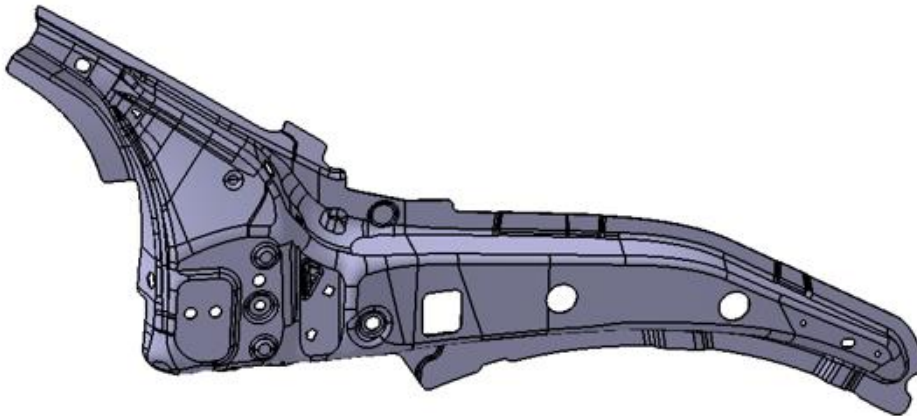


Figure 41 : gousset pied avant droit

→ Pare-boue:

Dispositif fixé aux ailes des véhicules pour éviter toute projection de boue lors de la circulation sur les routes boueuses.

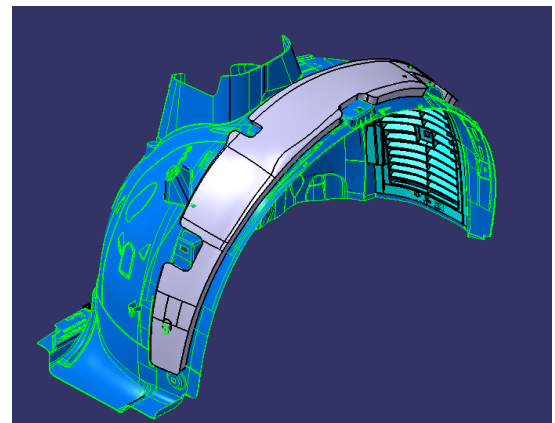


Figure 42 : pare-boue

v. Etape 4 : détail design

Cette partie vise à concevoir les concepts sélectionnés que nous allons après innover.

Tout au long du projet, le nombre de concepts a été réduit de 5 à 1, le réservoir, le tuyau de remplissage et l'évent. Les derniers concepts ont évolué tout au long de la phase de sélection du concept, passant à des modèles CAO adapté avec l'environnement.

3. Conception :

3.1 Réservoir

3.1.1 Coquille 1 :

Après avoir suivi les étapes de conception, on a pu concevoir la première coquille de notre réservoir.

(Les étapes de construction sont en **annexe 1**).

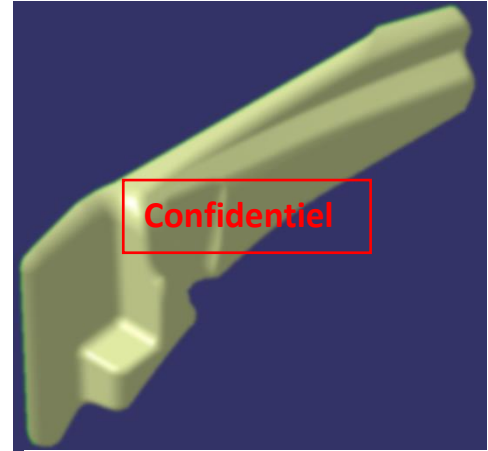


Figure 43 : demi-coquille 1

On effectue une analyse de dépouille de 3° selon le sens de démoulage, afin de s'assurer du démoulage du volume technique (coquille 1).

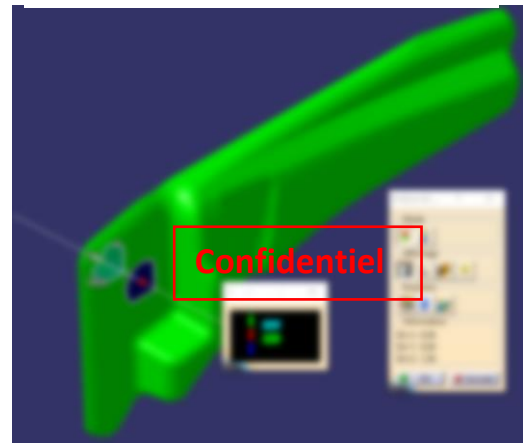


Figure 44 : Analyse de dépouille du volume technique (coquille1).

3.1.2 Coquille 2 :

Après avoir suivi les étapes de conception, on a pu concevoir la deuxième coquille démoulable de notre réservoir.

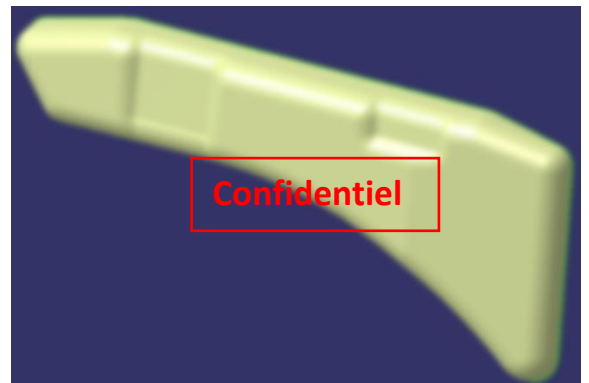


Figure 45 : demi-coquille 2

On effectue une analyse de dépouille de 3° selon le sens de démoulage, afin de s'assurer du démoulage du volume technique (coquille 2).

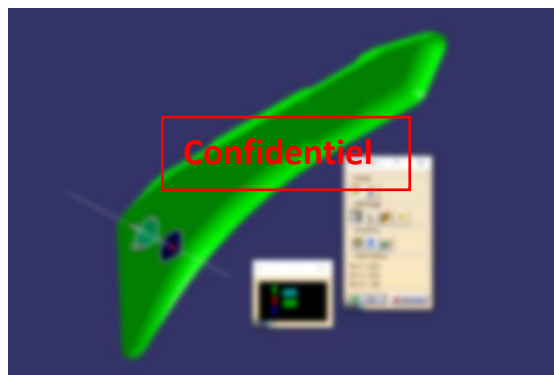


Figure 46 : Analyse de dépouille du volume technique (coquille2).

Pour vérifier si le volume de notre réservoir est 4.1L on assemble les deux coquilles.

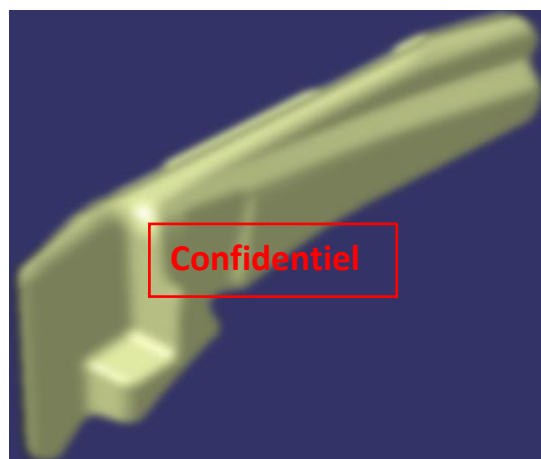


Figure 47 : assemblage des deux coquilles

On mesure et on trouve 4.1L



Figure 48 : mesure de volume

3.1.3 Plan de joint :



Figure 49 : plan de joint.

3.1.4 Event :

Event représente une partie indispensable du réservoir sans lui il n’y aura pas de refoulement du réservoir. Après avoir étudié les solutions proposées dans le chapitre de Benchmarking, on a choisi Event sorti du moule d’injection.

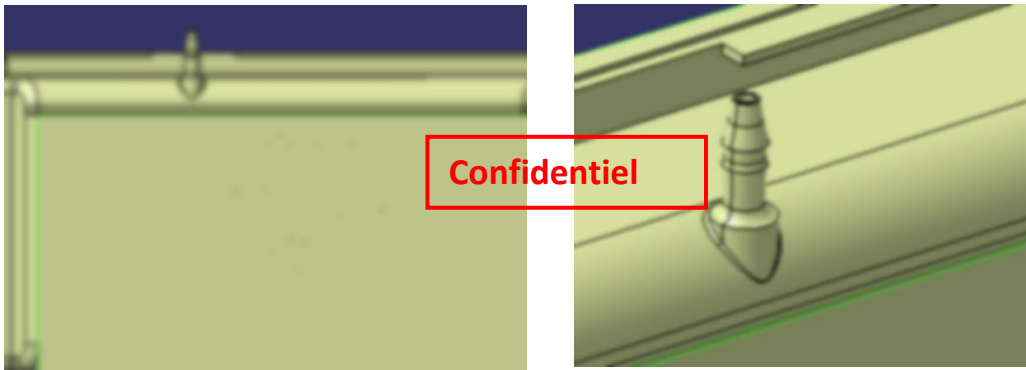


Figure 50 : event

Cet événement représente la partie la plus haute du réservoir, pour ne pas avoir ni fuite, ni perte de liquide lave glace pour le système de lavage complet sur un véhicule à l'arrêt (monté sur trottoir), en descente et en montée.

3.1.5 Bridage tuyau et faisceaux :

Le bridage permet de maintenir les tuyaux et faisceaux sur le réservoir. Le but de ce bridage est un montage plus aisé au réservoir assemblé sur le véhicule. Nous avons intégré des clips de fixation sur la coquille du réservoir.

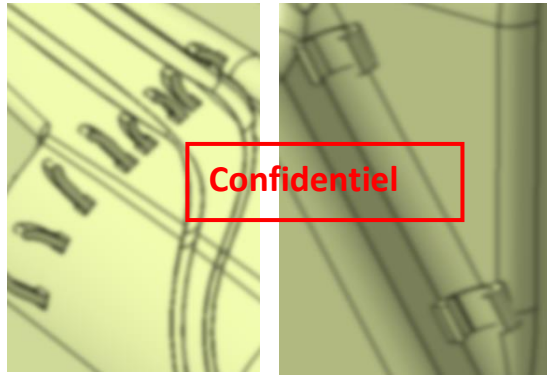


Figure 51 : bridage tuyau et faisceau

3.1.6 Fixation -Isostatisme- :

Pour assurer une fixation rigide au réservoir nous avons choisi de concevoir deux outils de fixation :

→ Mise en position: MIP

Afin de mis en position le réservoir nous avons conçu deux glissières dans lesquelles on va implanter les deux fourchettes du réservoir.

(Étape de conception, voir annexe)

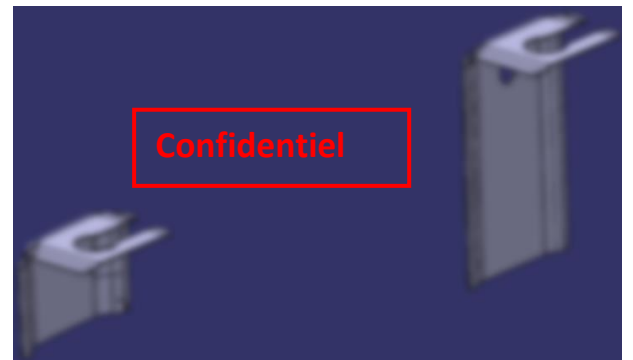


Figure 52 : glissières

Ces deux glissières vont être soudées sur le gousset pied avant droit

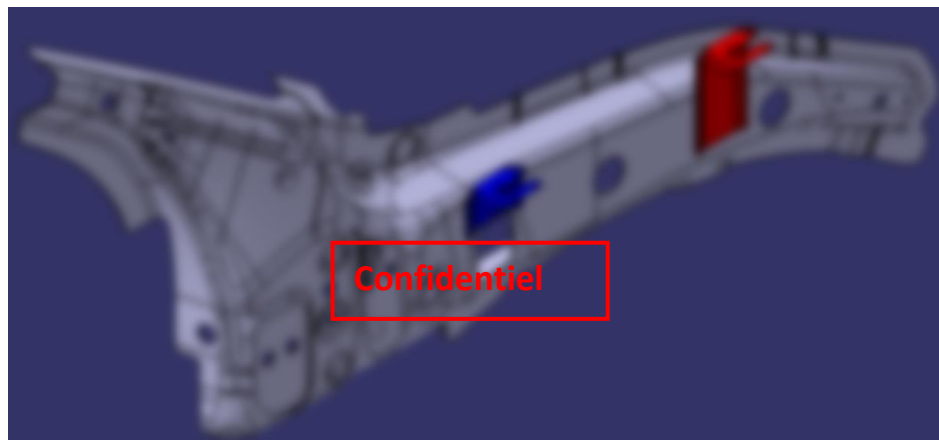


Figure 53 : glissières soudées sur le gousset pied avant droit

Après avoir assemblé le réservoir avec les deux glissières nous avons obtenu le résultat suivant :

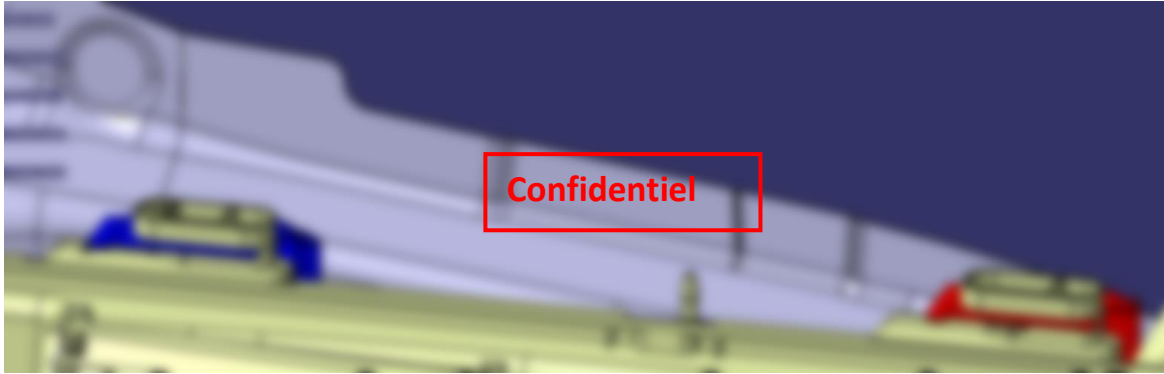


Figure 54 : implantation des deux fourchettes

Cette fixation va assurer une stabilité au réservoir lors de la circulation de l'automobile au lors de son arrêt. Mais pour augmenter la sécurité on va maintenir en position le réservoir par vissage sur l'aile.

→ **Maintain en position MAP:**

Patte de fixation :

Afin d'assurer une fixation correcte nous allons dimensionner une patte de fixation, pour que l'implantation du réservoir sur l'aile avant droit soit bonne.

Au premier lieu nous avons proposé la forme suivante de la patte.

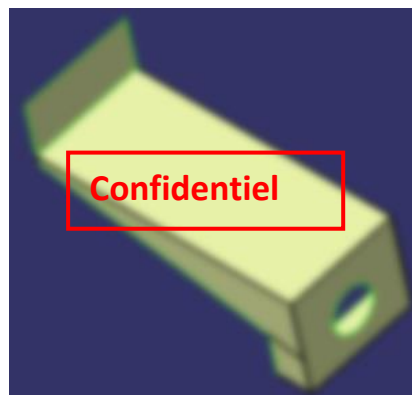


Figure 55 : patte de fixation

3.1.7 3.1.6 La forme du réservoir :

La forme du réservoir ci-dessous est celle avec la patte de fixation simple, et des fourchettes simples sans l'ajout des nervures

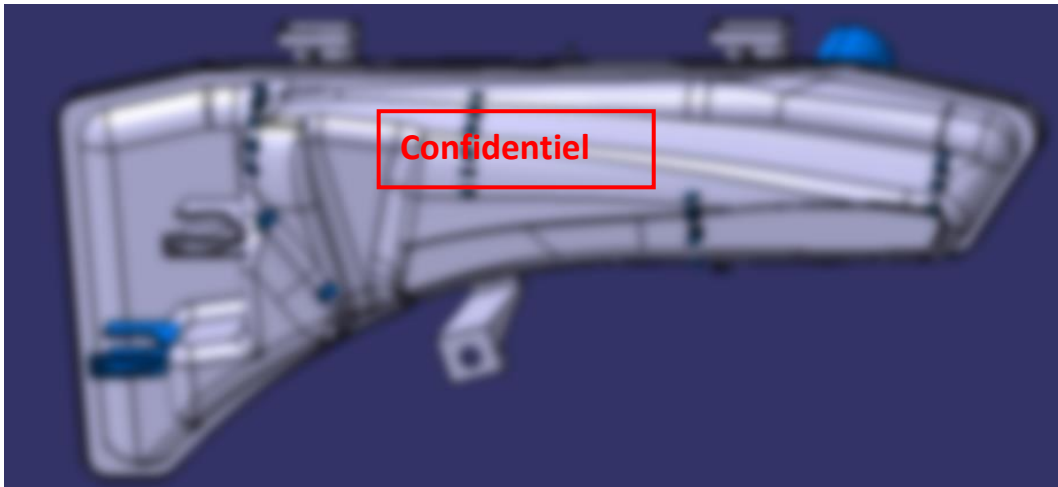


Figure 56 : réservoir avec fixations simples

3.1.8 Renfort :

Afin de renforcer le réservoir nous avons décidé de réaliser des renforts au niveau de la face du réservoir



Figure 57: renforts

3.2 Tuyau de remplissage :

3.2.1 Dimensionnement du tuyau de remplissage :

Le tuyau de remplissage est composé de deux parties. L'une est l'endroit où le liquide de lave-glace est versé et l'autre est l'endroit où le liquide circule, ce dernier est en contact direct avec le réservoir.

- **Partie 1 :**

Dans cette zone le conducteur verse le liquide lave glace



Figure 58 : partie 1 de tuyau de remplissage

- **Partie 2 :**

Cette zone où le liquide va circuler vers le réservoir.
La figure ci-dessus montre le cylindre qui va assurer le débit de 9L/min.



Figure 59:cylindre

3.2.2 Fixation

La fixation du tuyau de remplissage sera en vissage mais au premier temps il faut prévoir l'emplacement de vis. Nous avons proposé ce type de fixation vue son performance et sa rigidité.



Figure 60:fixation

3.2.3 Étanchéité :

Vu que le tuyau de remplissage et le réservoir ne sont pas une seule et même pièce, nous devons garantir l'étanchéité entre eux par un joint. Ce joint ne doit pas pouvoir sortir de son logement au moment du montage du tuyau de remplissage dans le réservoir.

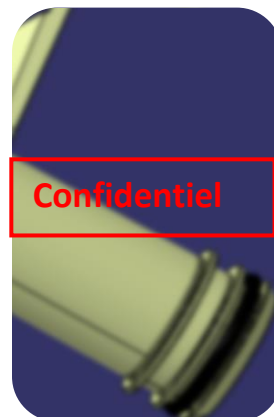


Figure 61: joint d'étanchéité

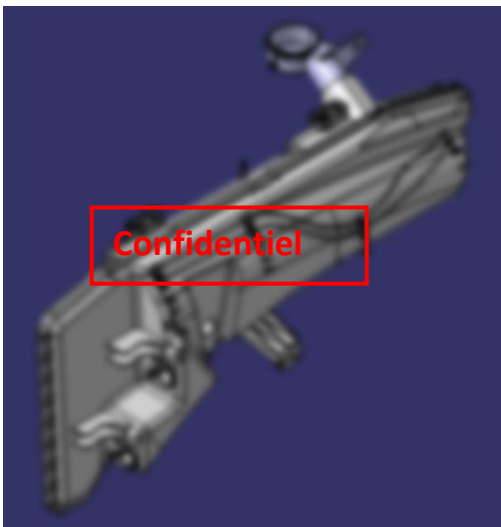
1.1 Tuyau de remplissage final :

Finalement notre tuyau de remplissage sera de cette forme.



Figure 62: tuyau de remplissage final

3.4 Assemblage entre le réservoir et le tuyau de remplissage :



Après avoir effectué l'assemblage entre le réservoir et le tuyau de remplissage, on fait insérer notre système dans l'environnement pour vérifier qu'il existe un jeu de 10 mm entre le réservoir et les pièces environnantes.

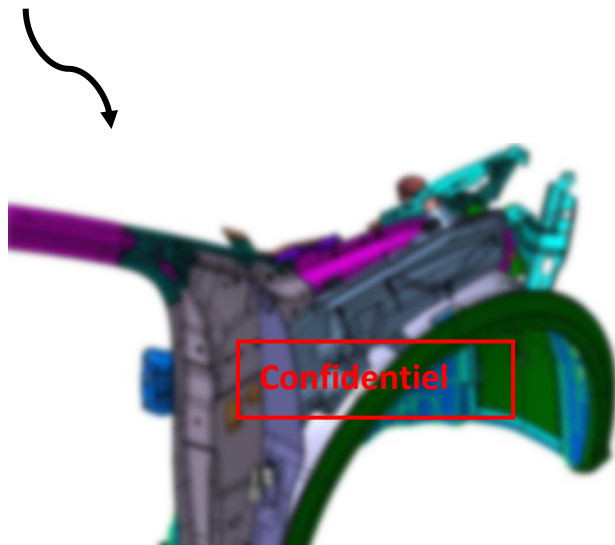


Figure 63: assemblage du réservoir et tuyau de remplissage

Pour le tuyau de remplissage, aucune pièce ne doit être présente dans un cylindre de diamètre 80 mm sur une hauteur de 150 mm de manière à ne pas entraver la connexion de l'adaptateur de remplissage sur l'orifice de remplissage.

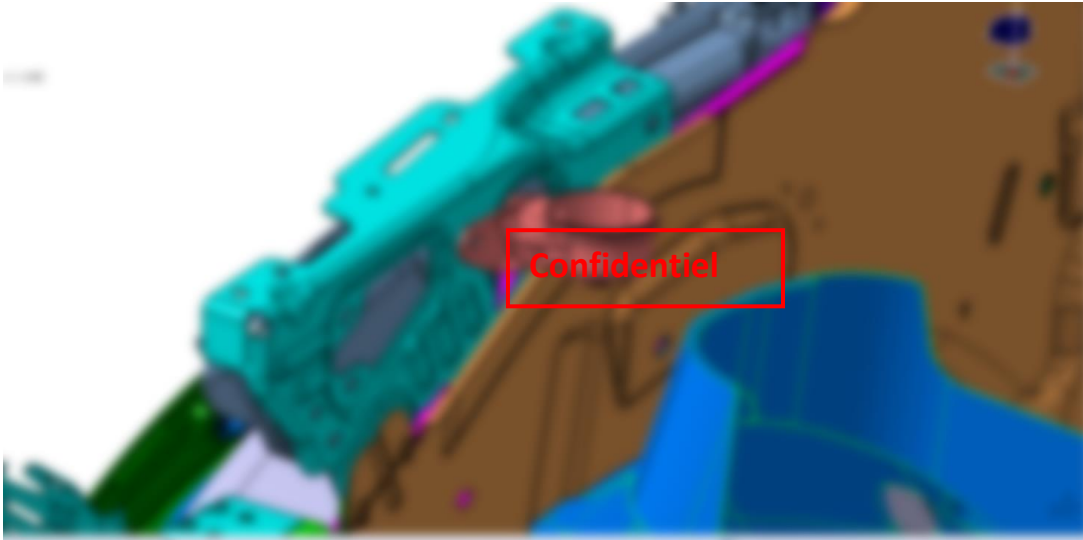


Figure 64: emplacement du tuyau de remplissage dans l'environnement

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons entamé la conception du réservoir et tuyau de remplissage. Tout d'abord, nous avons commencé par la définition du besoin et l'analyse fonctionnelle afin de diriger notre conception vers les exigences du client. Ensuite, l'étude Benchmarking nous a permis de nous inspirer des solutions déjà existantes dans le but d'avoir des idées pouvant nous aider au développement et l'amélioration des pièces que nous désirons concevoir. En se basant sur ces données, nous avons pu rassembler des solutions, afin d'en choisir les meilleures.

Dans le chapitre suivant, nous allons effectuer une simulation de tuyau de remplissage, par la méthode des éléments finis, afin de vérifier sa résistance aux petits chocs (choc piéton).

CHAPITRES VI : Analyse numérique



**Ce chapitre est consacré à la dernière phase de
la démarche PDP (TESTING AND REFINEMENT).**

Introduction :

Pour simuler le choc piéton, nous avons choisi d'utiliser le logiciel ANSYS comme outil de calcul. Ce dernier permet de réaliser des calculs de structure sur les modèles géométriques CATIA en vue de leur dimensionnement.

Ansyp permet de réaliser des analyses par éléments finis sur une pièce ou un assemblage. Le type d'analyses que nous avons fait :

Analyse statique : il s'agit de dimensionner une pièce mécanique en fonction des efforts appliqués.

En analyse numérique, la méthode des éléments finis (MÉF, ou FEM pour finite element method en anglais) est utilisée pour résoudre numériquement des équations aux dérivées partielles. Celles-ci peuvent par exemple représenter analytiquement le comportement statique ou dynamique de certains systèmes physiques (mécaniques, thermodynamiques, acoustiques, etc.).

Concrètement, cela permet par exemple de calculer numériquement le comportement d'objets même très complexes, à condition qu'ils soient continus et décrits par une équation aux dérivées partielles linéaire : mouvement d'une corde secouée par l'un de ses bouts, comportement d'un fluide arrivant à grande vitesse sur un obstacle, déformation d'une structure métallique, etc.

vi. Etape 5 : testing and refinement

I. Objectif :

L'objectif de cette étude consiste à simuler les contraintes et les déformations de notre tuyau de remplissage et de réservoir, conçu sous le logiciel CATIA V5, sous sollicitations d'un choc piéton. Nous voulons aussi par cette simulation vérifier si cette géométrie pourra supporter ce choc et qu'elle est sa déformation maximale. Ensuite nous allons vérifier la conformité de la conception et la valider processus de contrôle exigé par MG2 ENGINEERING.

II. Méthodologie pour le calcul de structure :

Les différentes étapes à suivre pour réaliser un calcul de structure sur une pièce est le suivant :

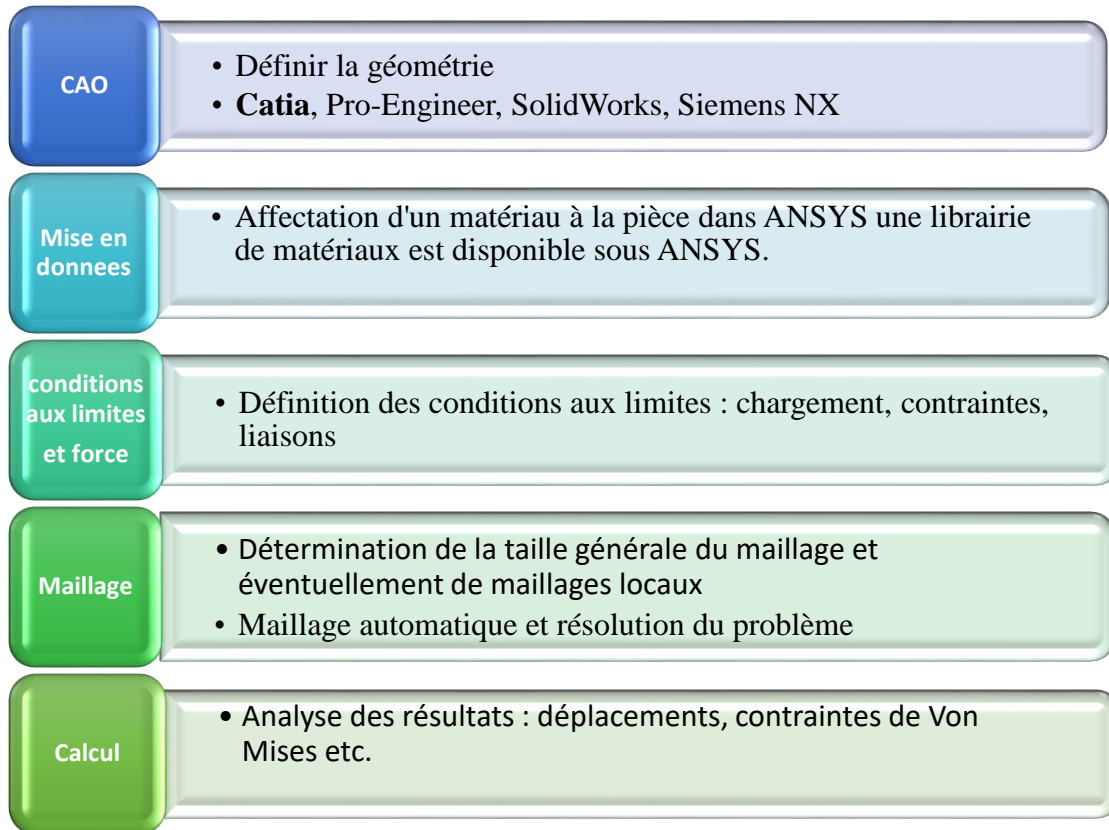


Figure 65: les étapes de calcul de structure

IV. Modélisation sous ANSYS

1. Problème à résoudre :

Nous voulons faire une étude pour vérifier la validité de notre conception du réservoir et tuyau de remplissage, notre objectif est de :

- Simuler notre concept.
- Déterminer les points critiques du réservoir et tuyau de remplissage.
- Améliorer le périmètre lavage.
- Optimiser la masse/coût du périmètre lavage

2. Données du problème :

2.1 Propriétés du matériau :

Le matériau du support est le PP (Polypropylène) qui possède les caractéristiques suivantes :

Tableau 27 : propriété de PP

Module d'Young	$2.2 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Coefficient de poisson	0.38
Densité	1660 Kg/m^3

2.2 Hypothèses :

- Nous allons travailler sur le cas où le véhicule est en repos.
- Les dimensions en mm
- Les pièces sont dessinées sous CATIA V6.
- Le maillage va être généré sous ANSYS

2.3 Résultats anticipés

- Le tuyau de remplissage est soumis à un effort de 10 daN.
- Il y aura la contrainte élevée au niveau du point de fixation du tuyau de remplissage et le réservoir.
- Appliquer sur chacune des fixations du réservoir un effort égal à 3 fois le poids du système (réservoir rempli) par la fixation en question.
- Au niveau des points de fixation du réservoir, il y aura concentration de contraintes.

3. Modélisation du tuyau de remplissage :

3.1 Modèle géométrique :

La figure Présente le modèle géométrique du tuyau de remplissage en 3D.

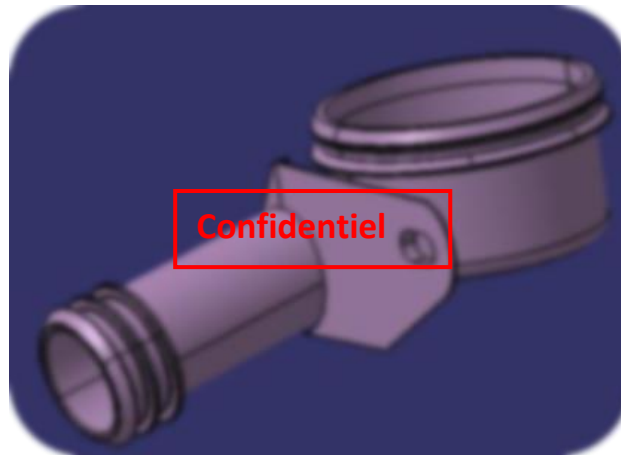


Figure 66: géométrie à simuler

3.2. Les conditions aux limites :

Les conditions aux limites sont données par les éléments qui assurent l'isostatisme de notre tuyau de remplissage. Les vis, fixent le tuyau de remplissage sur la surface supérieure du support, elles présentent un encastrement à cet endroit. La figure ci-dessous nous montre l'emplacement des conditions aux limites sur la géométrie étudiée.

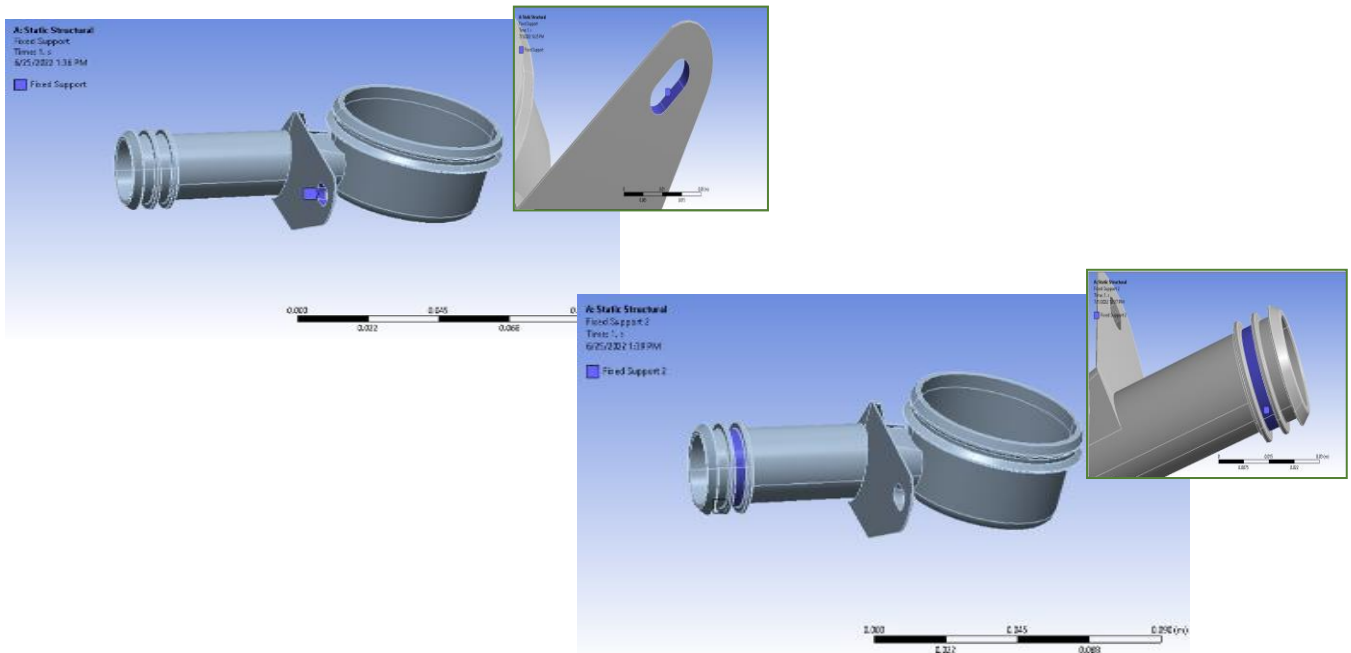


Figure68 : fixation de tuyau de remplissage

3.3. Application du chargement :

Lorsque le parechoc reçoit un choc piéton (petit choc), toutes les pièces environnantes sont influencées par ce choc. C'est-à-dire, que la force engendrée par ce choc passe directement vers le tuyau de remplissage de la même valeur. La force appliquée est de 10 daN.



Figure 67: charge appliquée

3.4. Maillage de la structure :

Le choix du maillage dépend essentiellement de la géométrie, des sollicitations extérieures, des conditions aux limites à imposer, mais aussi des informations recherchées : locales ou globales. Sans oublier, bien entendu le type d'outils dont on dispose pour réaliser le maillage.

Sous ANSYS, nous avons opté à une stratégie de maillage qui consiste à mailler parfaitement les surfaces de la pièce par éléments triangulaire. Nous avons utilisé ce maillage parce qu'il présente une bonne stabilité lors de calcul et converge rapidement vers la solution.



Figure 68: maillage

3.5. Résultats obtenus :

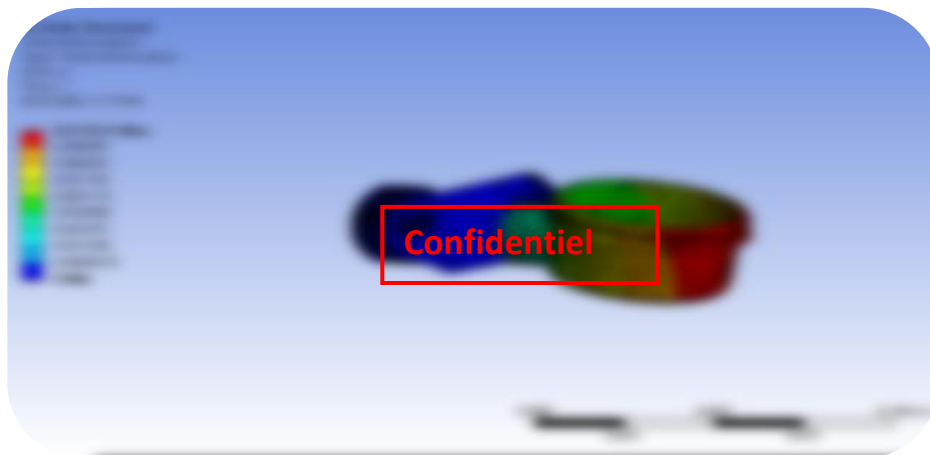


Figure 69: déformation

La figure montre les résultats obtenus pour les déplacements. Le déplacement maximal vaut : **70mm**. Cette valeur est très grande, donc il faut proposer une autre conception plus rigide.

4. . Nouveau concept :

Afin d'améliorer la rigidité du tuyau de remplissage nous allons ajouter une nervure au niveau de la fixation.

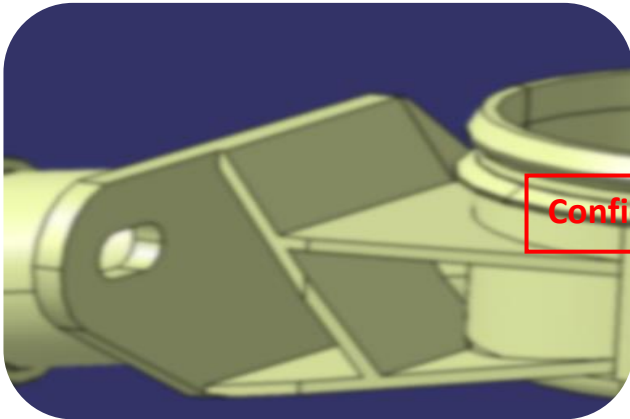


Figure 71: ajout de nervures

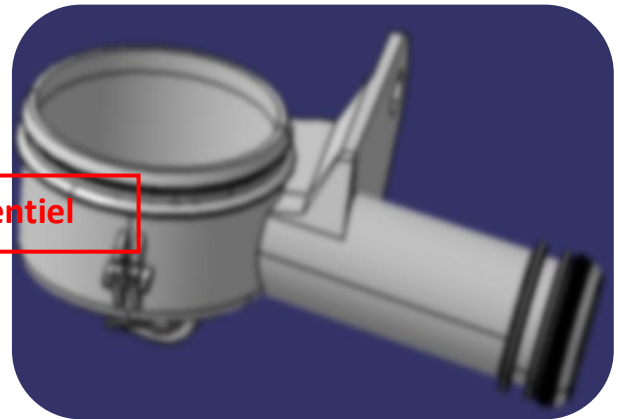


Figure 70: nouveau concept

4.1. Analyse du nouveau concept :

Après avoir appliqué les mêmes conditions aux limites nous avons trouvé le résultat suivant :

La figure ci-dessous montre les résultats obtenus pour les déplacements. Le déplacement maximal vaut :

3mm.

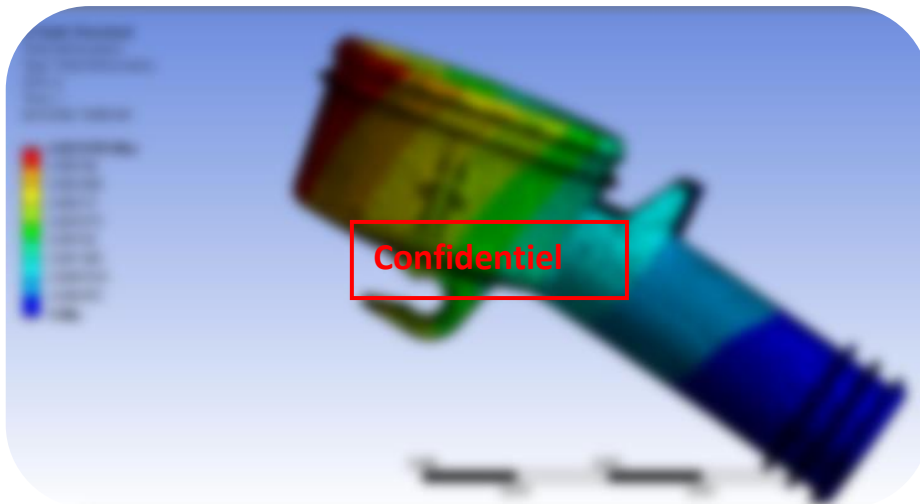


Figure 72: déplacement

La figure ci-dessous nous montre que la contrainte maximale de VON MISES est $3.25E7$ PA qui est 0.0325 GPA

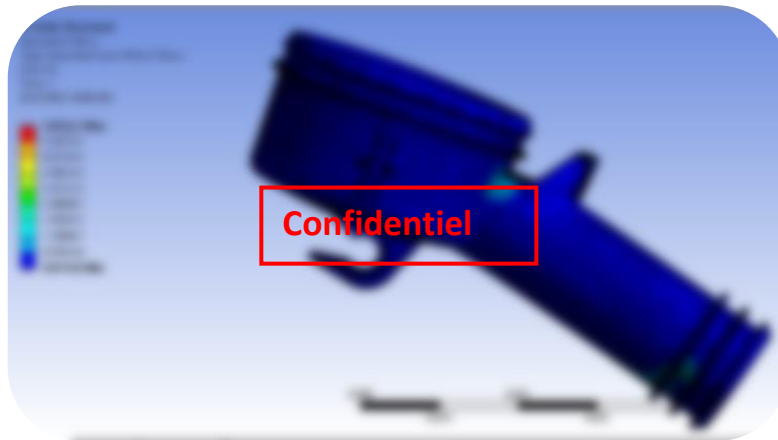


Figure 73: VON-MISES

4.2. Interprétation des résultats :

Après avoir obtenu les résultats de la simulation, nous remarquons :

- ✓ La contrainte maximale de VON MISES est : 0.0325 GPA reste encore inférieure 0.037 (GPa) la limite élastique du PP.
 - ✓ Le fléchissement maximal est de 3mm reste encore inférieure à 6 mm imposé par le cahier de charge.
- Donc la conception du tuyau de remplissage est validée.

5. Analyse numérique du réservoir :

Nous allons suivre la même démarche utilisée pour l'étude du tuyau de remplissage, pour tester la conception du réservoir.

5.1. Modèle géométrique :

La figure Présente le modèle géométrique du tuyau de remplissage en 3D.

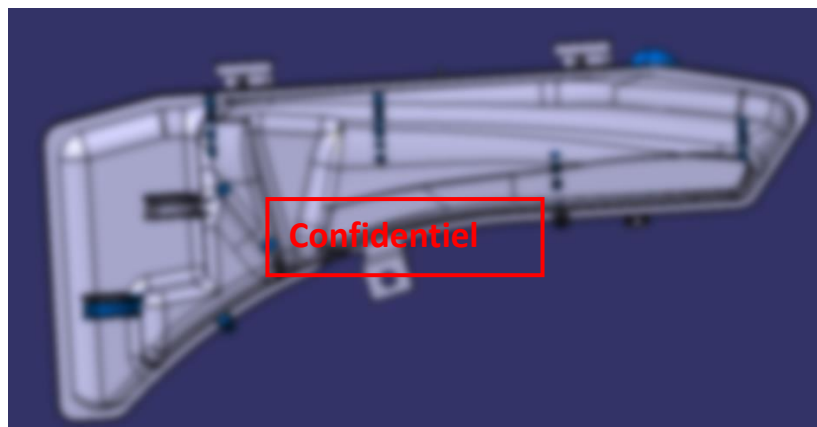


Figure 74: géométrie à simuler

5.2 Propriétés et matériaux :

Le matériau du support est le PP (Polypropylène) qui possède les caractéristiques suivantes :

Tableau 28 : propriété de PP

Module d'Young	2.2×10^9 N/m²
Coefficient de poisson	0.38
Densité	1660 Kg/m³

5.3 Les conditions aux limites :

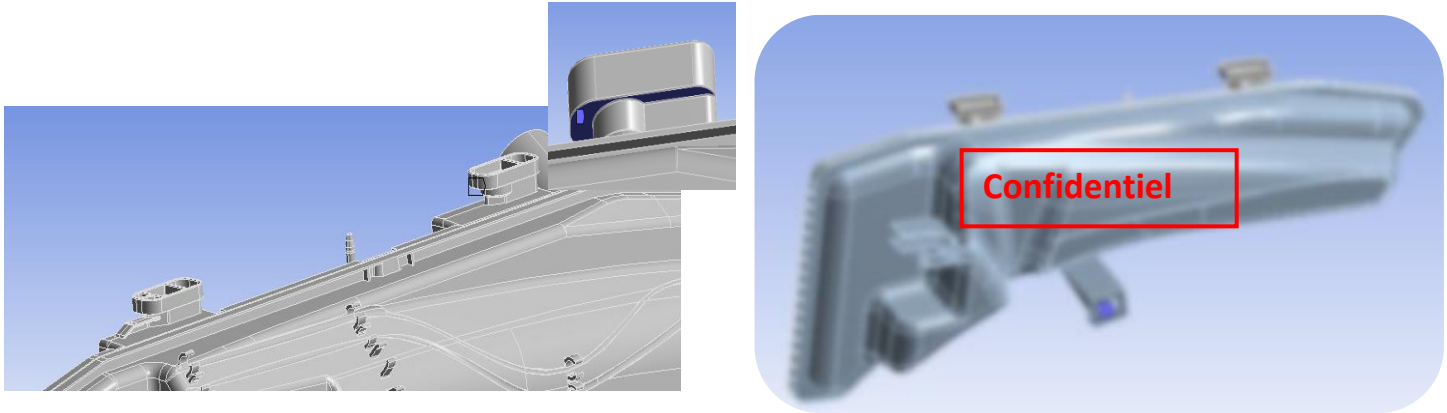


Figure 75: les conditions aux limites

5.4 Les forces appliquées :

Le réservoir était chargé d'un poids de 200 N.

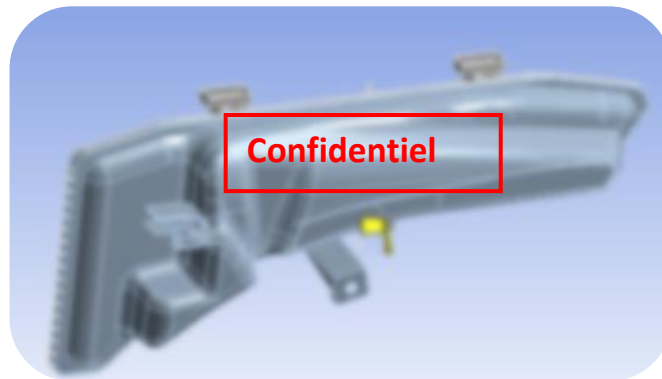


Figure 76: charge appliquée sur le réservoir

5.5. Maillage :



Figure 77: maillage du réservoir

5.6. Résultats :

Après avoir appliqué les forces sur les zones de fixations nous avons obtenu le résultat suivant :

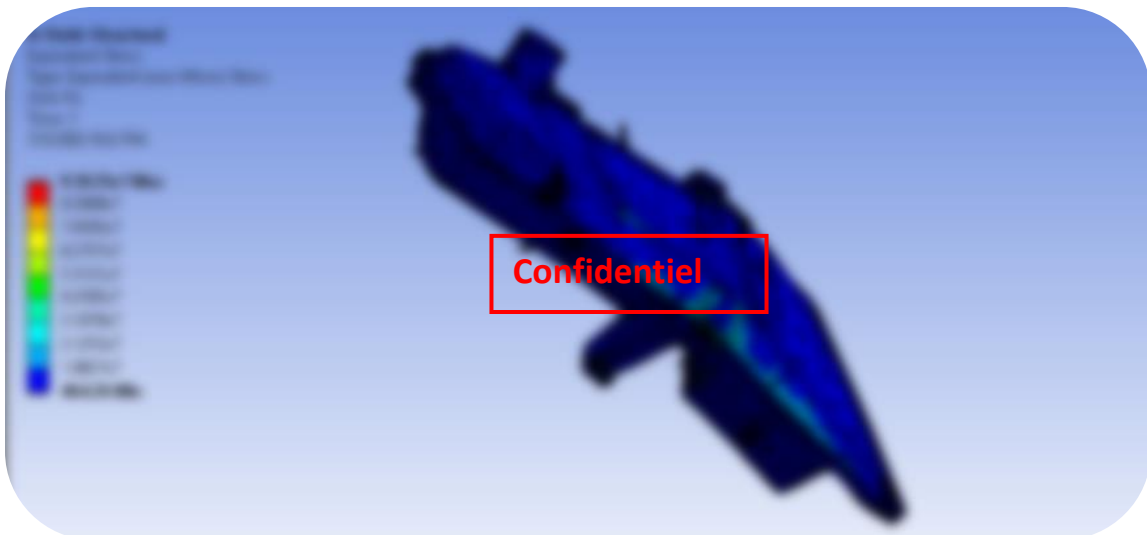


Figure 78: résultat VON MISES

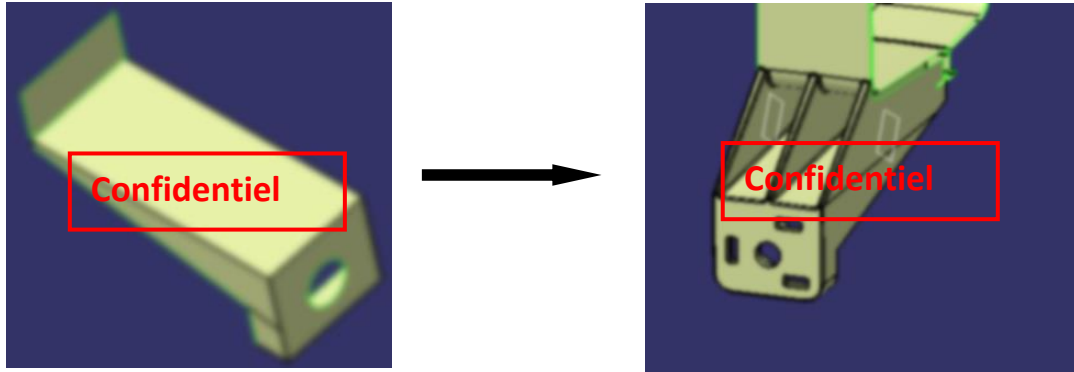
D'après la figure suivante, on a la contrainte de Von Mises maximal est égal à 0.0425 GPA elle dépasse la limite d'élasticité qui est 0.037GPA. Donc la condition de résistance n'est pas vérifiée, et par conséquent, il y aura risque de rupture de la structure.

Donc nous avons proposé un concept amélioré :

6. Amélioration du nouveau concept du réservoir :

Les types de fixations utilisées avant sont moins rigide c'est pour cela nous avons décidé de renforcer cette patte en ajoutant de nervure de rigidité.

A la fin nous avons obtenu la forma suivante :



Pour rigidifier la zone de vissage nous avons ajouté des nervures au niveau de la zone près du trou.



Figure 79: patte de fixation

En ajoutant aussi les nervures sur les fourchettes.

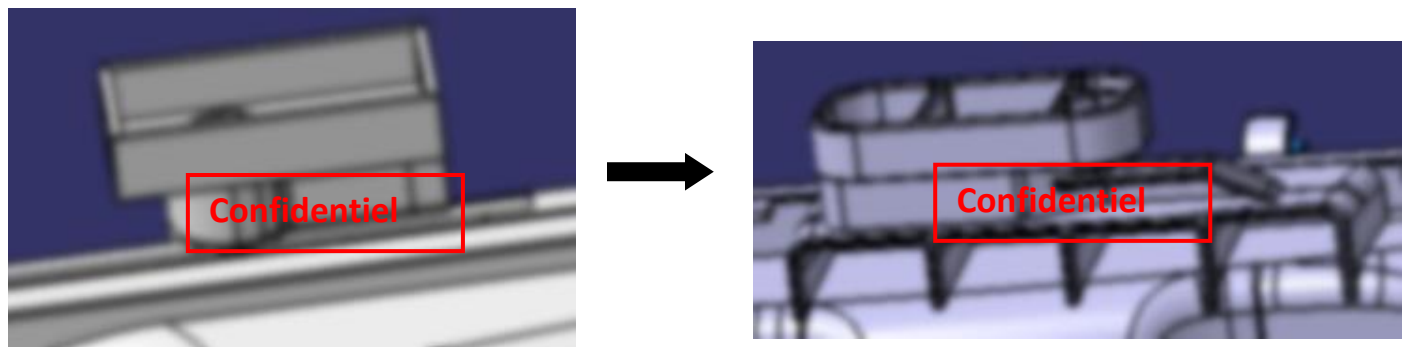


Figure 80: nervures

Réservoir final :

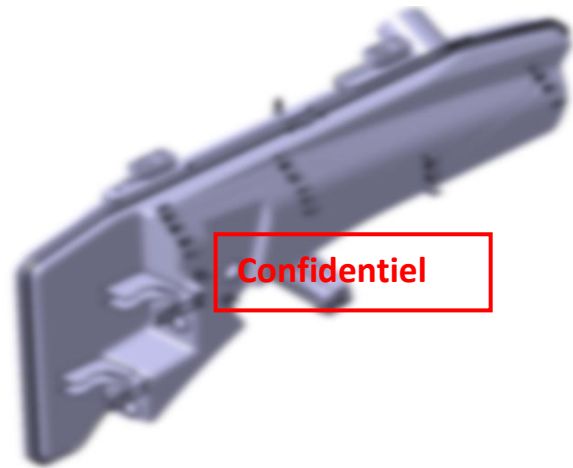


Figure 81: réservoir final

7. Analyse du nouveau concept du réservoir :

6.1. Modèle géométrique :

Pour le nouveau concept, nous avons travaillé sur le réservoir dont la patte de fixation et les fourchettes sont avec des nervures pour bien renforcer notre réservoir



Figure 82: nouveau concept

6.2 Les conditions aux limites :

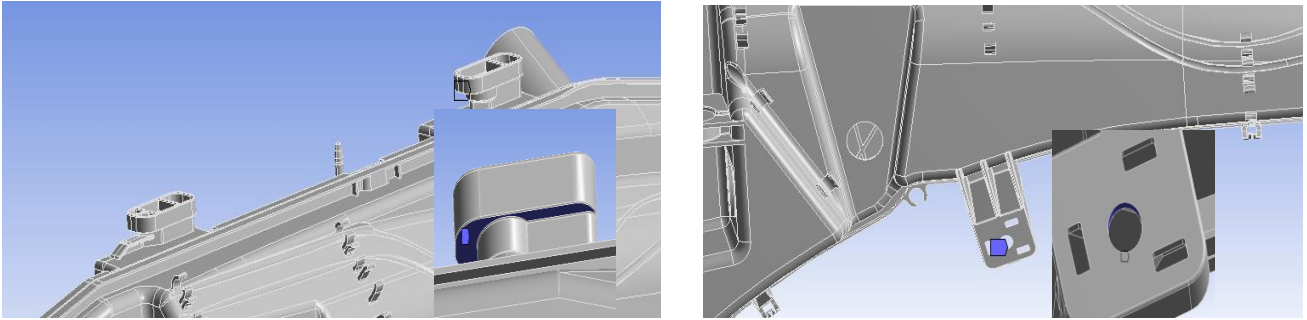


Figure84 : fixation de tuyau du réservoir

6.3 La force appliquée :

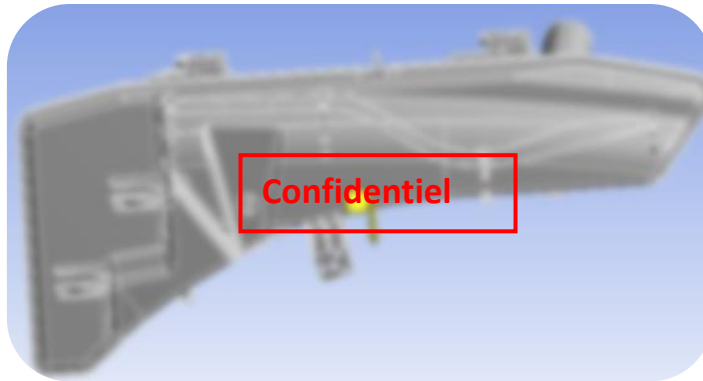


Figure 83: charge appliquée

6.4 Maillage :

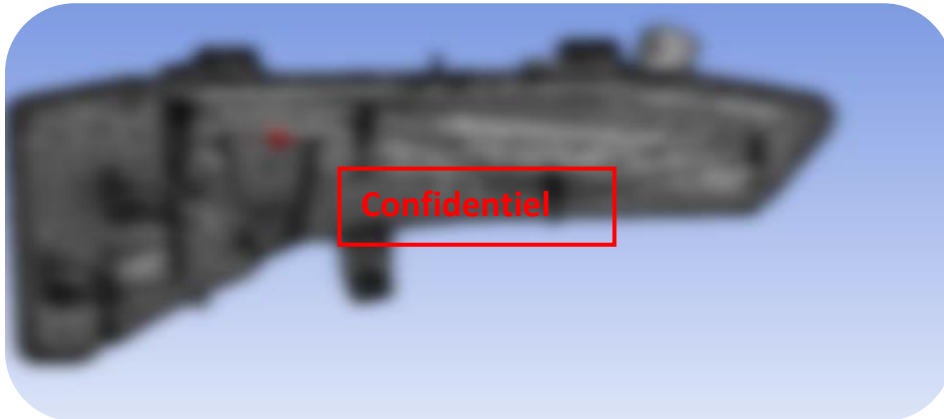


Figure 84: maillage du réservoir

6.5 Résultat obtenu :

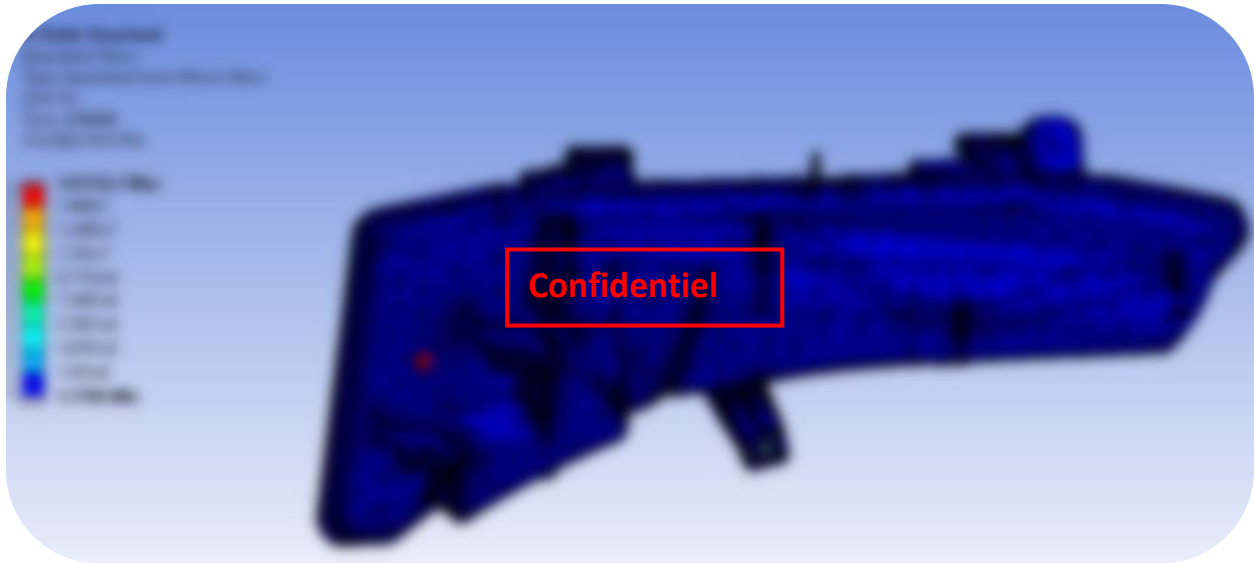


Figure 85: résultat VON MISES

D'après la figure suivante, on a la contrainte de Von Mises maximal est égal à 0.00734 GPA est très inférieure à la limite d'élasticité qui est 0.037GPA. Donc la condition de résistance est vérifiée, et par conséquent, il n'y a aucun risque de rupture de la structure.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu simuler notre conception, Ces résultats restent approximatifs. Pour les valider, il faut encore effectuer des essais expérimentaux.

Conclusion et perspective

Effectuer le stage du projet de fin d'études au sein de Capgemini Engineering & MG2 Engineering nous a permis de découvrir de près le secteur automobile et d'adapter pleinement nos compétences dans ce domaine. Cette expérience nous a donné la chance de nous retrouver avec un staff dynamique et serviable, ce qui nous a motivées pour mener à bien notre projet.

Nous avons pu alors organiser notre travail sous forme de six chapitres.

Pour remédier au problème de conception du système lave glace, nous avons pu bien analyser l'environnement du réservoir et tuyau de remplissage à l'aide de la plateforme PLM, puis nous avons collecté le maximum d'information utile en utilisant l'analyse fonctionnelle. Ensuite en assimilant le réservoir et tuyau de remplissage de différents constructeurs concurrents en termes de forme, matières et fixations et en éclaircissant le besoin demandé par le client qui est la conception d'un réservoir souple rigide ainsi qu'un tuyau de remplissage qui assure un débit de 9L/min, nous avons pu développer des différentes solutions techniques. Après, nous avons terminé la partie de conception du système lavage en mettant en place la meilleure solution choisie en termes de qualité, coût et facilité de fabrication, clôturée par une validation de qualité de la conception.

Tous ces travaux nous ont fait grandir et nous ont permis d'accroître notre autonomie dans le travail à effectuer, car le fait de travailler en équipe implique inexorablement la nécessité d'une bonne organisation personnelle afin de comprendre et d'être compris correctement par l'ensemble de l'équipe, mais également une grande ouverture vers les autres afin d'avoir une force de proposition reconnue.

Cependant, vu l'ampleur du projet. Les quatre mois n'ont pas été suffisants pour le finaliser. C'est dans cette perspective de clôturer notre projet de fin d'étude, que je compte continuer la vérification de la conception du réservoir à travers les essais de simulation. Cependant, étant des stagiaires, nous n'avons pas eu l'accès aux logiciels de simulation disponibles dans l'entreprise. Le bureau de simulation se chargera alors de cette phase et nous envoie par la suite les résultats.

Références

Etude-industrie-automobile.pdf (finances.gov.ma)

Construction automobile : l'Afrique du sud et le Maroc comme locomotives | Le360 Afrique

Industrie automobile au Maroc : un secteur prometteur en plein essor | Maroc.ma

À propos de Capgemini Engineering, leader mondial en solution d'ingénierie, conseil et innovation (capgemini-engineering.com)

The History of the Automobile (titlemax.com)

About A2mac1 - A2Mac1 - Automotive Benchmarking

Doc Info

<https://ignition.altran.com/wp-content/uploads/2018/03/altran-technologies-document-de-reference-2017.pdf?msclkid=49456801af7711ecb0a209bbd41c7595>

<https://capgemini-engineering.com/ma/fr/carrieres/postulez-maintenant/>

<https://academy.sinnek.com/fr/types-plastiques-carrosserie/>

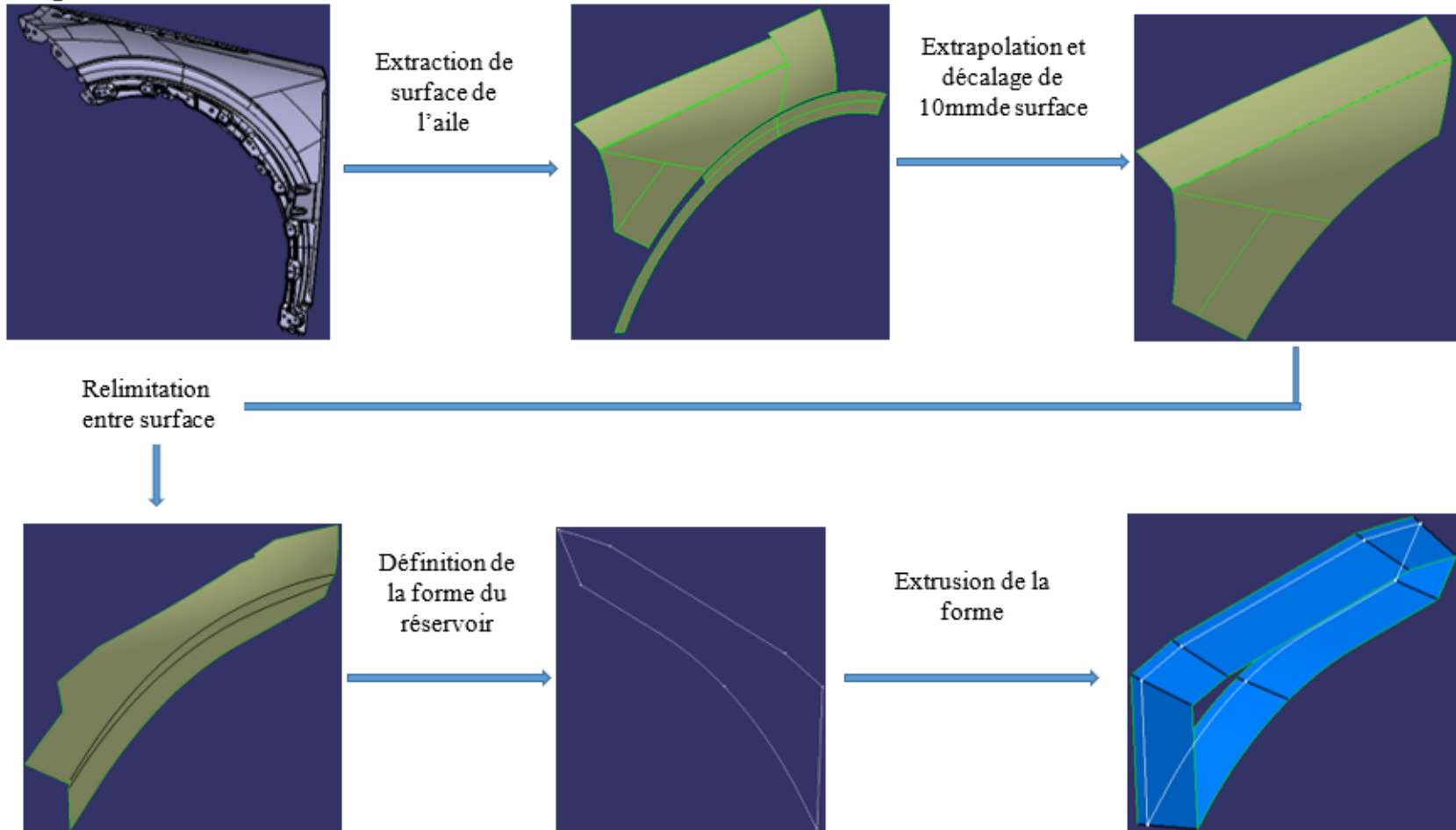
<https://blog-gestion-de-projet.com/matrice-gestion-des-risques/>

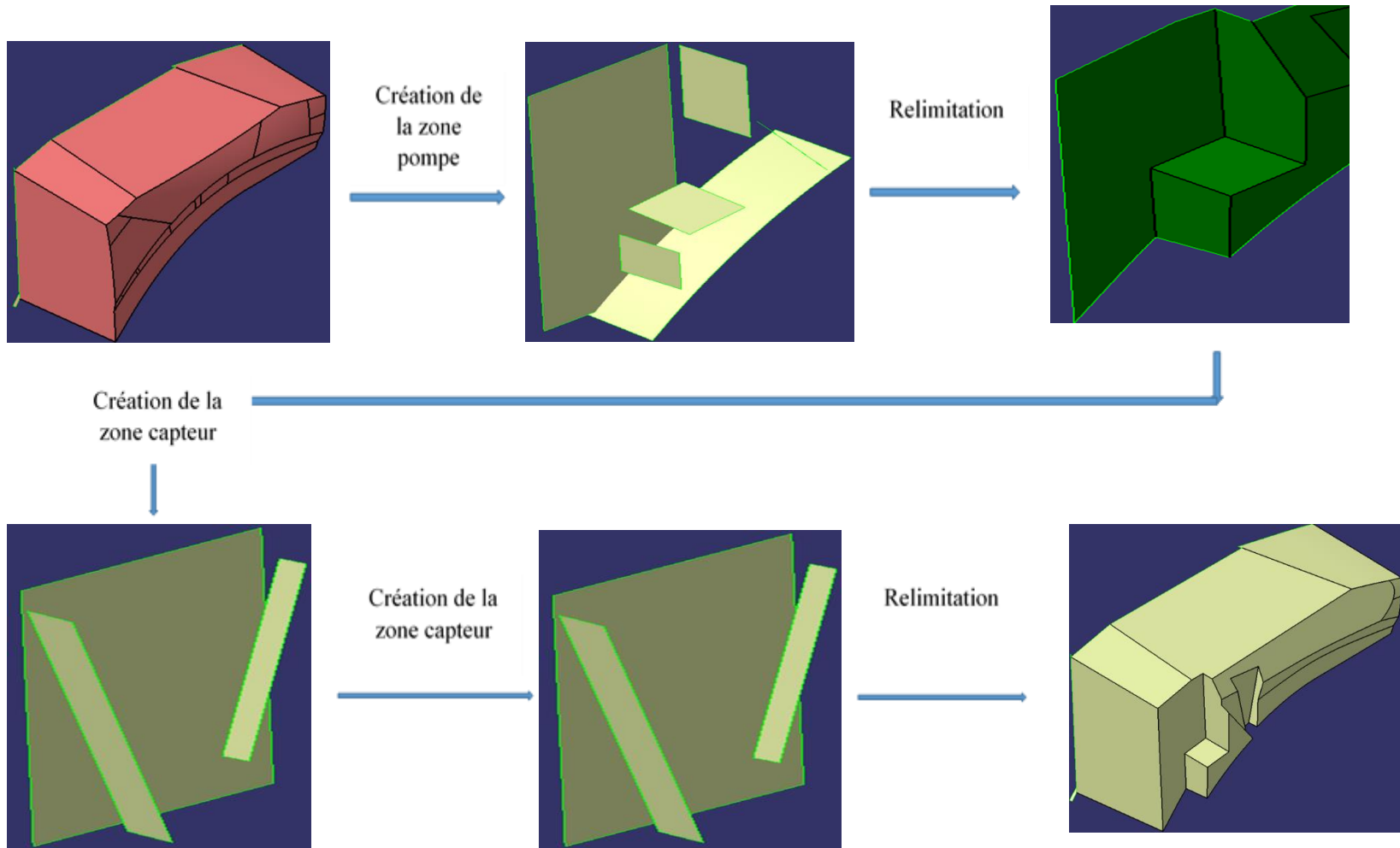
<https://www.altran.fr>

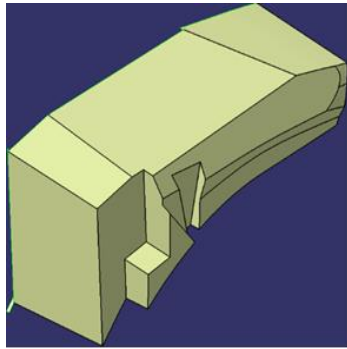
https://flats2i.fr/DC1_D%C3%A9crire%20et%20communiquer%20sur%20un%20syst%C3%A8me/Cours/DC1-E2-%20Analyse%20par%20m%C3%A9thode%20SYSML.pdf

ANNEXE 1 : Guide de conception

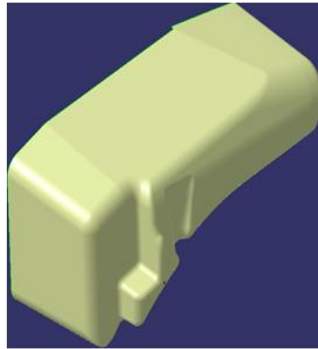
Coquille 1 :



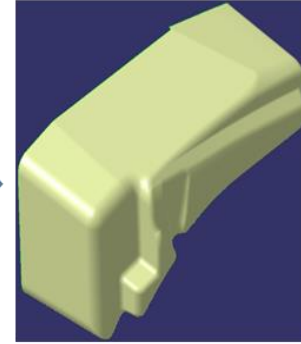




On réalise le congé



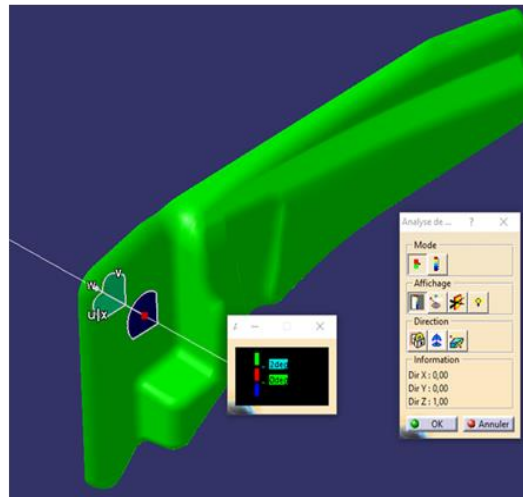
On diminue le volume de la coquille



Découpe de la coquille par le plan milieu

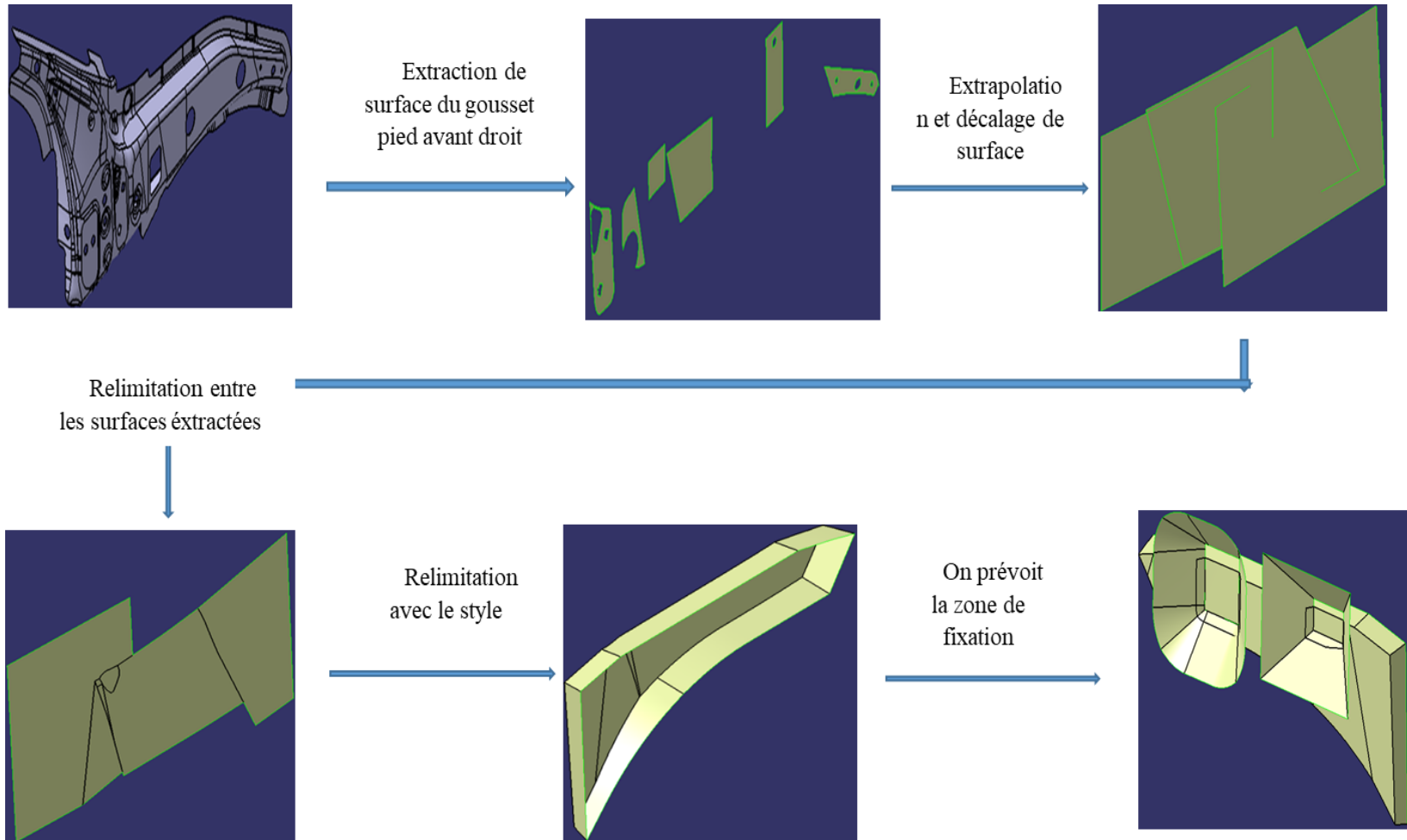


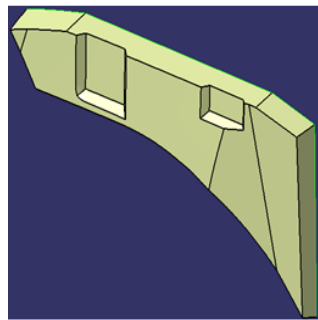
On vérifie la demoulabilité de 3° degré de la coquille



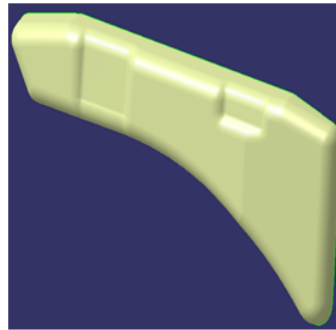
Notre demi-coquille vérifie donc l'éjection naturel du moule.

Coquille 2 :

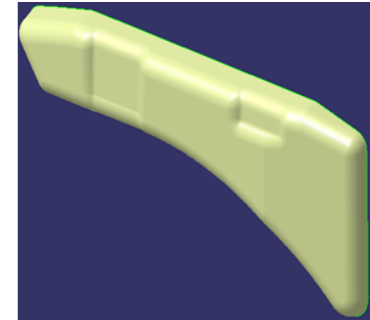




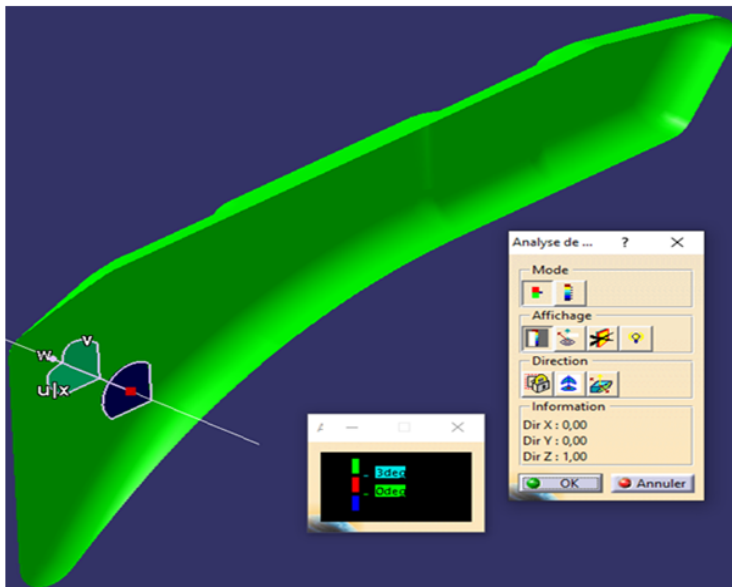
On applique la
dépouille et le congé à
cette coquille



On découpe
la coquille par
le plan

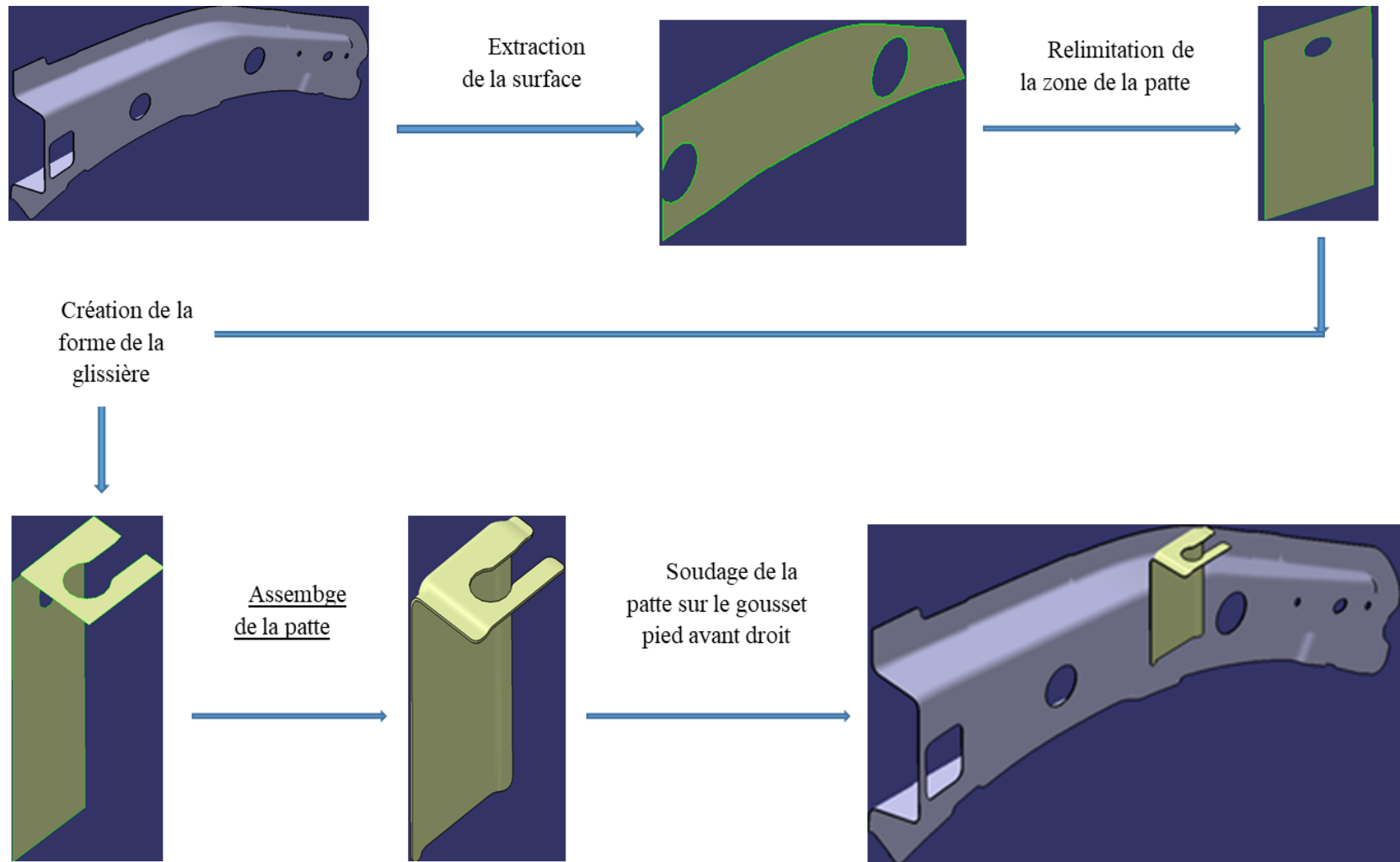


Une analyse de dépouille de 3
° selon le sens de démoulage

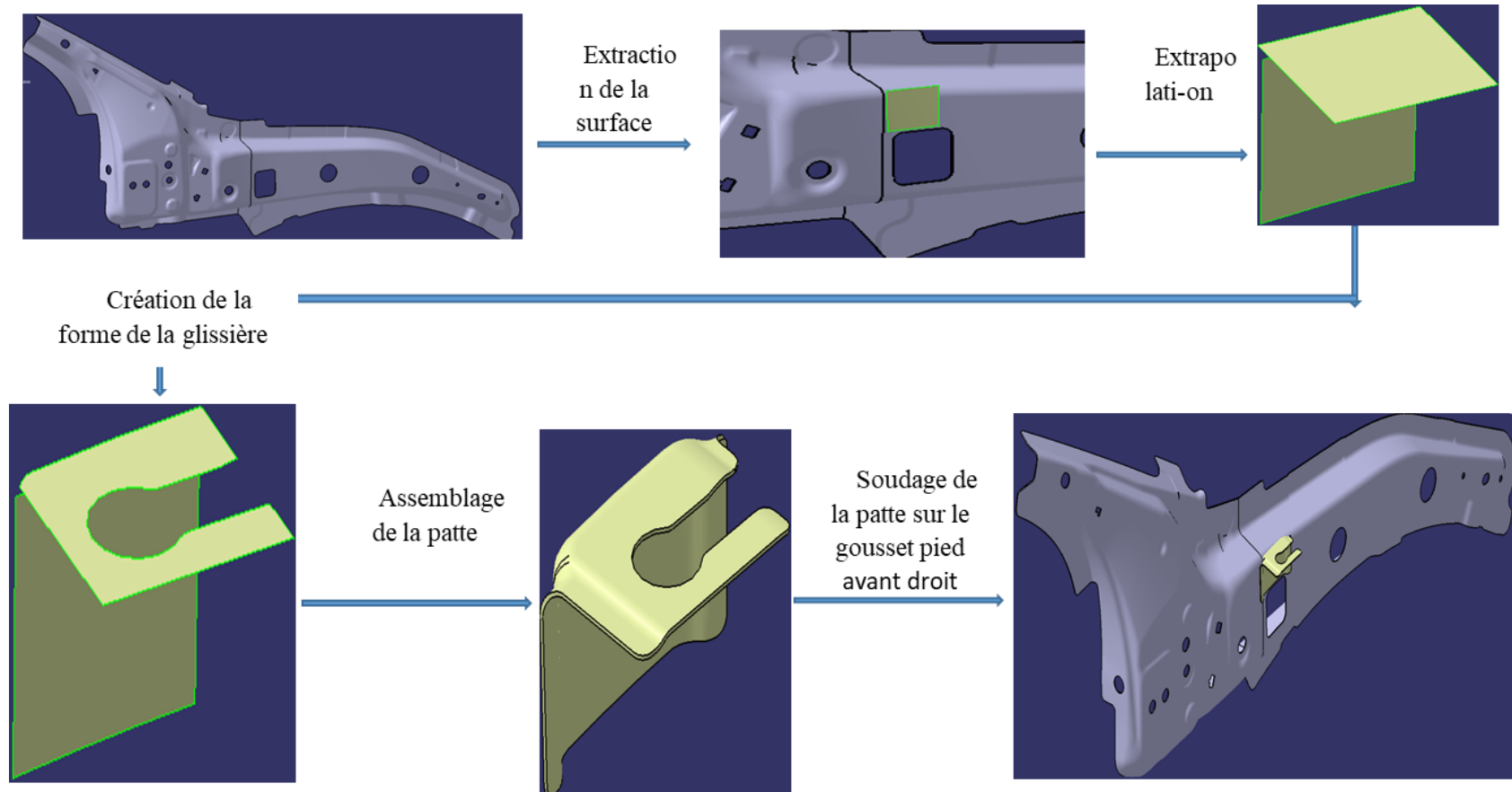


Notre demi-coquille vérifie donc
l'éjection naturelle du moule.

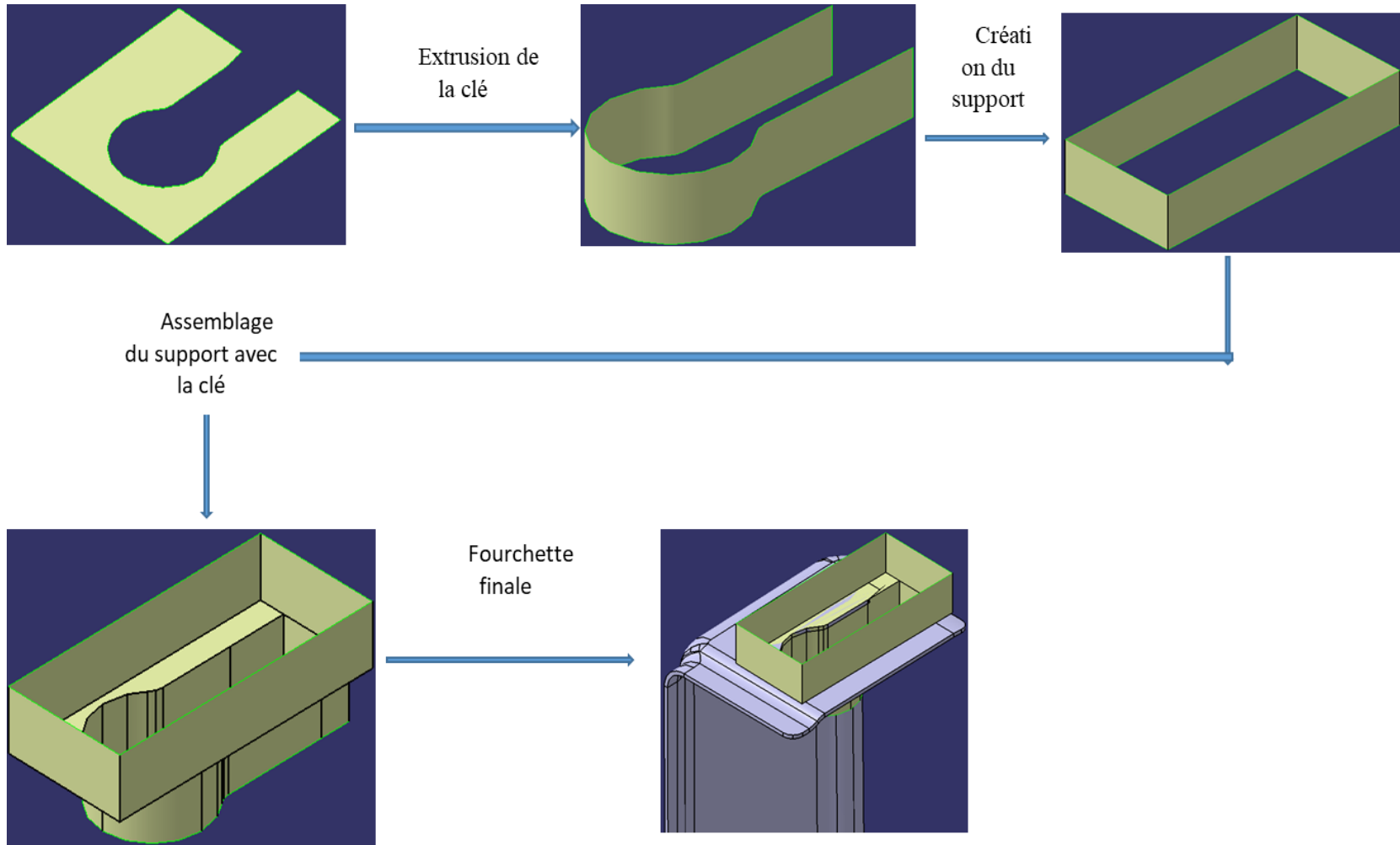
Glissière droite :



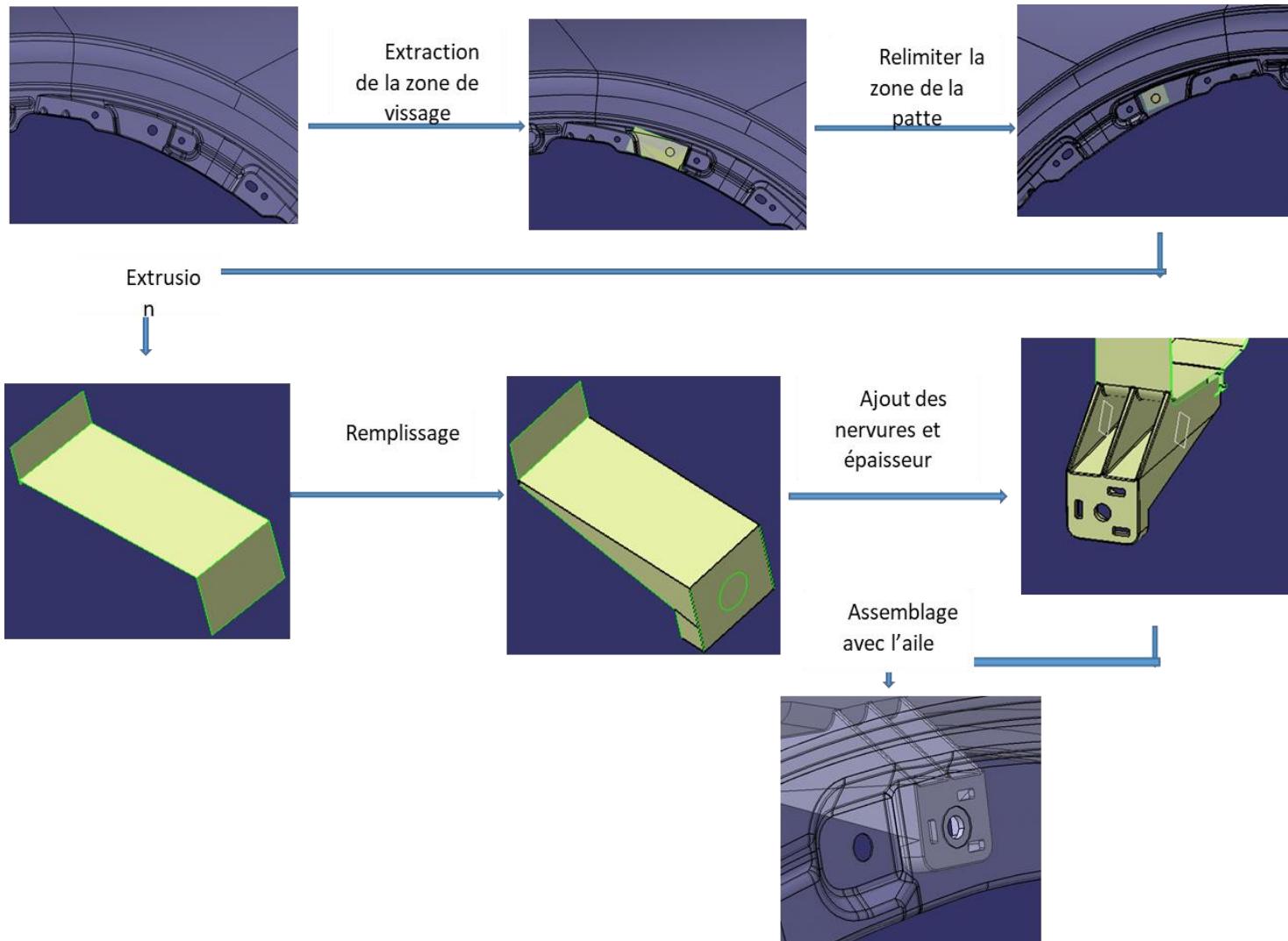
Glissière gauche :



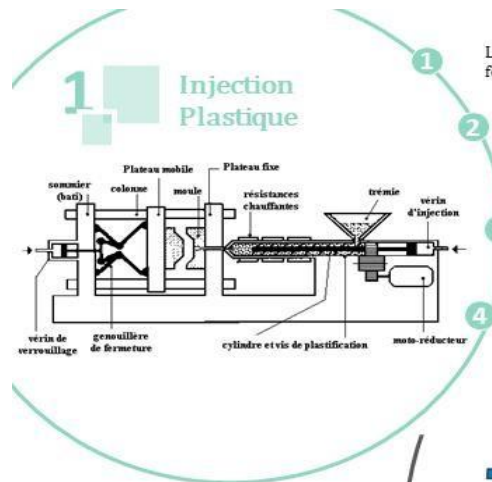
Fourchette de fixation :



Patte de fixation :



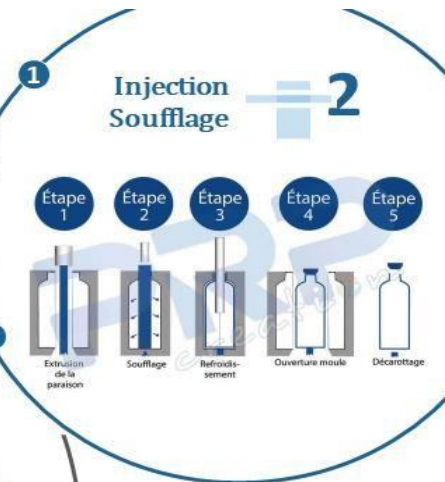
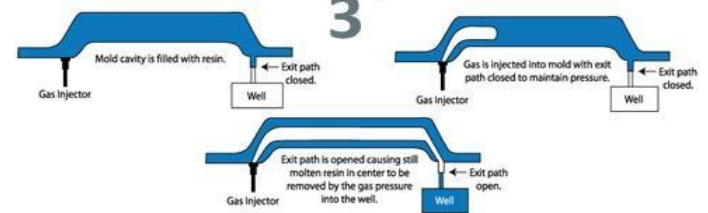
ANNEXE 2 : Procédé de fabrication



1 Injection Plastique

- 1 La matière plastique arrive sous forme de granulés.
- 2 Elle est versée dans la trémie pour alimenter la vis de plastification, qui est dans un fourreau (tube) chauffé grâce à des résistances.
- 3 La matière plastique est ramollie, mélangée et poussée par la vis piston dans un moule refroidi complètement fermé.
- 4 Quand la matière plastique arrive au contact du moule froid, elle prend la forme du moule et se solidifie.

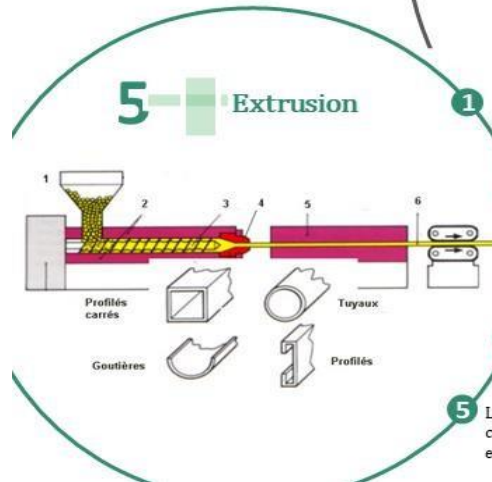
L'empreinte du moule est remplie par le polymère



2 Injection Soufflage

- 1 Dans une première étape, on fabrique une préforme par injection, c'est ainsi que le goulot de la bouteille est déjà formé.
- 2 Dans une deuxième étape, on chauffe le corps de la préforme. Avec une tige, on étire la préforme jusqu'au fond du moule.
- 3 On envoie dans cette préforme un jet d'air très puissant qui va plaquer le corps de la préforme contre les parois d'un moule.
- 4 La préforme va donc parfaitement prendre la forme du moule.

injection du gaz qui va forcer la matière plastique à s'évacuer vers une masselotte de purge qui sera séparée après démoulage.



5 Extrusion

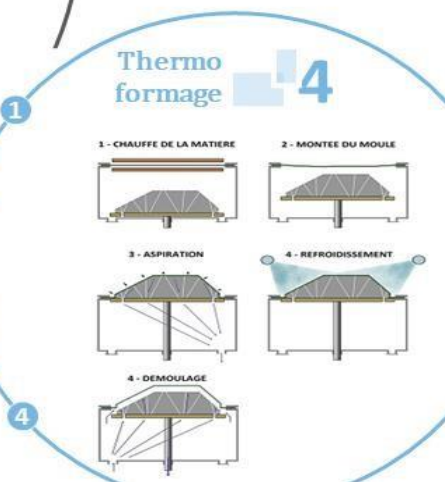
- 1 La matière plastique arrive à l'entrée de l'extrudeuse sous forme de granules et est versée dans la trémie pour alimenter la vis de l'extrudeuse.
- 2 Dans l'extrudeuse, elle est chauffée et ramollie, grâce à une vis sans fin qui se trouve dans un fourreau (tube) chauffé pour rendre le plastique malléable.
- 3 La vis entraîne le plastique vers la sortie.
- 4 La tête de sortie de l'extrudeuse donne sa forme à ce qui en sort.
- 5 Le tube, ou le profilé sort en continu, il est refroidi pour être ensuite coupé à la longueur voulue.

On place une plaque en plastique dans un cadre qui la maintient au-dessus du moule.

On chauffe la plaque de plastique pour la rendre malléable.

Le moule s'approche de la plaque plastique qui s'est ramollie, puis on fait le vide entre le moule et la plaque pour que la plaque de plastique colle parfaitement au moule.

Après refroidissement du moule, la plaque ainsi formée est démoulée



4 Thermoformage

ANNEXE 3 : Caractéristiques des voitures étudiées :

Peugeot 2008 1.2 VTi Allure 201			
	Caractéristiques	Valeurs	
	Puissance	82 ch à 5750 tr/min	
	Couple	118 Nm à 2 750 trs/min	
	Transmission	Traction	
	Vitesse max	169 km/h	
	Consommation	4,90 l / 100 km	
	Rejet au co2	114 g/km	
	Poids	1 045 kg	
	Prix	19 250 €	
	Longueur	4,15 m	
Peugeot 3008 1.6 GT Hybrid 4 300 (2020)			
	Caractéristiques	Valeurs	
	Puissance	130 ch	
	Couple	230 Nm à 1 750 trs/min	
	Transmission	Traction	
	Vitesse max	188 km/h	
	Consommation	NC	
	Rejet au co2	140 g/km	
	Poids	1 320 kg	
	Prix	32 550 €	
	Longueur	4,44 m	
Hyundai Accent 1.6 GLS 2013			
	Caractéristiques	Valeurs	
	Puissance	115 ch	
	Couple	200 Nm	
	Transmission	Traction	
	Vitesse max	193 km/h	
	Consommation	4,9 l/100km	
	Rejet au co2	112 g/km	
	Poids	1285,385 kg	
	Prix	23 490 Euro	

	Longueur	4106 mm	
BAMW X5 XDrive 30d (F15) 2014			
	Caractéristiques	Valeurs	
	Puissance	258 ch	
	Couple	560 Nm	
	Transmission	4x4	
	Vitesse max	230 km/h	
	Consommation	7,4 l/100km	
	Rejet au co2	162 g/km	
	Poids	2124,185 kg	
	Prix	58 970 Euro	
	Longueur	4886 mm	
Audi A4 1.4 TF Si			
	Caractéristiques	Valeurs	
	Puissance	150 ch/ 110 Km	
	Couple	250 Nm	
	Transmission	Traction	
	Vitesse max	210 Km / h	
	Consommation	8.1 lt/100 Km	
	Rejet au co2	123 g/Km	
	Poids	1395 Kg	
	Prix	35 199 \$	
	Longueur	4726 mm	