



ALTRAN



## PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

**Diplôme d'Ingénieur d'Etat**

Spécialité : **C**onception **M**écanique et **I**nnovation

**ETUDE CONCURRENCE ET BENCHMARKING INTERNE POUR  
LE DEVELOPPEMENT DU BOUCLIER AVANT DE PXXX**

Effectué au sein d'ALTRAN MAROC

Service : CAO

Soutenu le 02 juillet 2015

Réalisé Par :

**M. EDRIOUCH ABDELHAK & MLLE TBATOU NAJOUA**

Jury:

PR A. SEDDOUKI

PR I. MOUTAOUAKKIL

PR A. TOUACHE

Encadré par :

- Pr. Mr. A. SEDDOUKI (FSTF)
- Mr. AZMI YASSIN (ALTRAN)

Année Universitaire : 2014-2015



## *DÉDICACE*

*Nous dédions ce travail  
avec grand amour, sincérité  
et fierté,*

*A nos chers parents, source  
de tendresse, de noblesse  
et d'affection,*

*A nos frères et sœurs, en  
témoignage de fraternité,  
avec nos souhaits de  
bonheur, de santé et de  
succès.*

*Et à tous les membres de  
nos deux familles.*

*A tous nos professeurs et  
nos amis*



## REMERCIEMENTS

*Il nous est agréable de nous acquitter d'une dette de reconnaissance auprès de toutes les personnes, dont le soutien au cours de la réalisation de ce projet a favorisé son aboutissement.*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier M. Yassine AZMI Leader CAO, notre parrain industriel, qui par ses conseils et son aide précieuse nous a guidé tout au long de notre travail pour que ce projet de fin d'études soit fructueux et profitable.*

*Ensuite, nous adressons nos sincères remerciements à M. Ahmed SOULMI pour ses renseignements précieux.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrant académique M. A.SEDDOUKI, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, de nous avoir encadrés et de nous avoir guidés par ses conseils pertinents.*

*Par ailleurs, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tout le cadre administratif et professoral qui ont fait de leurs mieux afin de nous offrir une bonne qualité des études et qui se sont montrés très compréhensifs à notre égard.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes : M. BOUHAFRA Mohammed Achraf, M. RHAZI Fouad, M. BOUGHAYLAN Rida, M. Abdelkarim OUBOUZID, M. Soufiane EL MAMSAOUI, M. Amine OUBANNOU, M. Younes ALIOUI, M. Yassine LAHMAR, M. Khalid HAKMAOUI, M. Rachid EN-NOUR et Mme. Safia AZHAR pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêts qu'ils nous ont fait vivre durant cette période de stage sachant répondre à toutes nos interrogations.*

*Faute de pouvoir remercier chaque personne nommément, que tout le personnel d'ALTRAN Maroc, accepte l'expression de nos reconnaissances les plus cordiales. Et que tous ceux qui nous ont soutenus et ont cru en nos efforts, trouvent ici l'expression de nos profonde gratitude et nos sincères sentiments.*



## *RÉSUMÉ*

L'objectif du présent projet, inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'études, effectué au sein de la société ALTRAN Maroc, est de faire la conception des pièces extérieures d'automobile, dans notre cas : le bouclier avant.

Le secteur de l'automobile demande de constantes innovations technologiques. Investir un nouveau marché requiert une bonne connaissance du produit, ce qui nécessite une analyse de l'existant, en vue d'apporter des améliorations. Ceci explique l'intérêt de l'analyse de la concurrence et la démarche de benchmarking, pour en tirer les techniques nécessaires afin d'entamer notre conception.

Ce rapport est axé sur quatre grandes parties. La première partie définit le contexte général du projet en présentant l'organisme d'accueil et en définissant le périmètre du projet. Dans la deuxième partie, nous présentons les outils de travail CATIA V5, 3DCOM et le métier plasturgie en exposant les différents types des matériaux utilisés dans la conception en plasturgie avant de présenter dans la troisième partie l'analyse de la concurrence et le benchmarking. Quant au dernier chapitre, il présente les différentes étapes de la mise en oeuvre du projet à savoir une étude sur la fixation du bandeau de protection, une étude de répartition des contraintes puis une conception d'un nouveau presseur qui palliera au problème de détachement en tenant compte de sa démoulabilité, sa simplicité et sa robustesse.

A la fin du rapport, nous présentons les différentes annexes traitant les types d'assemblage mécanique et la répartition du poids et des matériaux des automobiles choisies pour l'analyse de la concurrence.



## *ABSTRACT*

The objective of this project, part of our graduation project, carried out within the company ALTRAN Morocco, is to design the exterior parts of automobiles, in our case: the front bumper.

The automotive sector requires constant technological innovations. Investing a new market involves a good knowledge of the product, which needs an analysis of the existing, in order to make improvements. This explains the interest of the competitive analysis and benchmarking process to draw the key techniques to begin our design.

This report focuses on four main parts. The first part defines the overall context of the project with the host organization and defining the project scope. In the second part, we present the CATIA V5 working tools, 3DCOM and plastics by exposing the different types of materials used in plastics technology in the design until presenting in the third part the competitive analysis and benchmarking. As to the last chapter, it shows the different stages of the implementation of the project namely a study on the attachment of the protection panel, a stress distribution study and design of a new presser that will compensate the detachment problem taking into account its molding issues, its simplicity and robustness.

At the end of the report, we present the various annexes covering types of mechanical assembly and the weight distribution and automotive materials chosen for the competition analysis.



## *SOMMAIRE*

<b>I - Introduction Générale .....</b>	<b>15</b>
<b>II - Chapitre 1.....</b>	<b>18</b>
A) ALTRAN une française multinationale : .....	19
a) Un groupe international, un leader mondial :.....	19
i) Activités et métiers :.....	19
ii) Chiffres clés : .....	19
iii) Organigramme simplifié : .....	20
iv) Compétition : .....	21
1) Récompense des projets scientifiques innovants en faveur du bien commun.....	21
2) Altran, leader sur un marché dominé par des acteurs européens.....	22
b) ALTRAN & ingénierie mécanique.....	22
i) Les cinq domaines technologiques du champ de la mécanique .....	23
B) ALTRAN MAROC .....	24
a) Mission : .....	24
b) Faits et chiffres : .....	25
c) Organnigrame : .....	26
i) Département mécanique : .....	27
ii) Département Système : .....	27
iii) Département Simulation : .....	27
iv) Département électrique/électronique : .....	28
v) Département industriel :.....	28
vi) Département carrosserie : .....	28
<b>III - Chapitre 2.....</b>	<b>29</b>
A) L'Outils CATIA V5 .....	30
a) Règles générales de conception :.....	31



i) Les bonnes pratiques : .....	32
ii) Organisation du modèle de départ : .....	34
iii) Spécification de la qualité attendue .....	35
1) Limitation et orientation des surfaces .....	35
2) Ecart entre surfaces .....	35
3) Structure interne des entités.....	36
4) Surfaces interdites.....	37
B) 3DCOM .....	39
C) La plasturgie .....	41
a) Les matières plastiques .....	41
i) Les critères chimiques des thermoplastiques : .....	41
ii) Le polypropylène (PP) .....	42
1) Caractéristiques.....	42
2) Utilisation .....	42
iii) Les polyacrylonitrile-butadiène-styrènes (ABS) .....	42
iv) Le polycarbonate (PC) .....	43
v) Le POM :.....	43
D) Les différentes techniques de la fixation plastique .....	43
a) Le clipsage plastiques .....	43
i) Les types de clips plastiques :.....	44
1) Le clip à crochet en saillie :.....	44
2) Le clip replié :.....	45
3) Les Caractéristiques Mécaniques Des Clips.....	46
b) Le rivetage plastique :.....	48
c) vissage.....	48
d) Le soudage :.....	49
i) Soudure par lame chauffante ou miroir chauffant.....	49
ii) Soudage par ultrasons .....	49
iii) Soudage par rotation .....	50
1) Soudage par Laser .....	50



2)	Soudage par Haute Fréquence .....	51
3)	Autres techniques.....	51
e)	Collage du plastique: Techniques et colles appropriées.....	51
i)	Collage du plastique : méthode d'assemblage populaire .....	51
1)	Choisir la bonne solution de collage pour plastique .....	52
E)	Conceptions et moulabilité des pièces de fixation plastiques.....	52
a)	4.1 Techniques de démoulabilité .....	52
i)	Les tiroirs .....	52
ii)	Les inserts manuels .....	53
iii)	Les zones d'éjection en force.....	54
iv)	Les zones de fermeture oblique .....	54
v)	Dépouilles et contre-dépouilles.....	57
b)	Les règles de métier .....	57
i)	Epaisseur :.....	57
ii)	Rayon et chanfrein : .....	59
iii)	Flow leaders and Flow restrictors: .....	60
iv)	Les Nervures : .....	60
v)	Les Bossages :.....	62
vi)	Goussets : .....	64
vii)	Angle vifs :.....	65
	<b>IV - Chapitre 3.....</b>	<b>66</b>
A)	Introduction : .....	67
B)	Présentation : .....	68
a)	Composants de par choc : .....	70
i)	Vue globale.....	70
ii)	Vue éclatée.....	70
iii)	Composants :.....	71
b)	Analyse de concurrence (benchmarking externe) : .....	72
i)	Définition benchmarking externe : .....	72
ii)	Organnigramme de développement : .....	72





1) Définition SOD .....	72
2) Le SOD véhicule : 6 phases et 9 grandes activités : .....	73
3) L'important à retenir sur le SOD : .....	73
<b>c) ANALYSE CONCURRENCE : .....</b>	<b>74</b>
i) Analyse fixation : .....	74
1) Bouclier nu : .....	74
2) Grille centrale .....	76
3) Pièces de fixation latérales : .....	77
4) Grille inférieure .....	79
ii) Avantages fixations : .....	80
iii) Inconvénients fixation : .....	80
iv) Matériaux : .....	80
1) Elastomères thermoplastiques TPE : .....	80
2) Ultramid : .....	81
v) Performance sécurité selon EURONCAP : .....	81
1) Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium .....	81
2) Citroën C4 1.6 e-HDi Exclusive : .....	82
3) Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic nav. Confort : .....	82
4) Volkswagen Golf VII 1.4 TSi Comfortline : .....	83
<b>d) Le BENCHMARKING interne .....</b>	<b>84</b>
i) Définition .....	84
ii) Analyse .....	84
1) Sécurité : .....	84
2) Qualités & défauts .....	86
3) Fixation .....	87
4) Exemples d'insatisfactions rencontrées : .....	88
iii) Analyse technique .....	89
1) Fiche technique .....	89
2) Bouclier Pxx : .....	92
3) Bouclier Pxxx .....	92
4) Cc .....	93
iv) Interface grille inf / bouclier .....	93



1) pxx .....	93
2) Pxxx.....	94
3) Cc .....	94
v) Interface grille inf /protecteur .....	94
1) pxxx.....	94
vi) Interface bouclier /protecteur .....	95
1) Pxxx :.....	95

## **V - Chapitre 4..... 99**

### **A) Sujet 1 : étude de la fixation du bandeau de protection au-dessous du bouclier avant de Pxxx ..... 100**

a) Présentation :.....	100
b) Etude des Clips .....	100
i) Résultats obtenus : .....	100
ii) Choix du meilleur clip : .....	102
iii) Les cas étudiés théoriquement : .....	103
1) Calcul théorique : .....	103
2) Synthèse : .....	105
iv) La tige de renfort clip :.....	106
v) Conclusion : .....	107
c) Détection de l'ensemble des fixations fortement sollicités lors de l'application d'une charge sur le protecteur : .....	108
1) Synthèse : .....	109

### **B) Sujet 2 : Etude et conception de la pièce de fixation latérale dans l'interface bouclier /aile..... 112**

a) Présentation:.....	112
b) Comparaison des presseur Pxx/ Pxxx:.....	113
c) Synoptique de montage ( Pxxx/interface aile bouclier ) .....	114
i) Pxxx : .....	114
.....	114
ii) Pxx: .....	116



d)	Analyse fonctionnelle :.....	118
i)	BETE A CORNE :.....	118
ii)	PIEUVRE :.....	118
iii)	FAST :.....	120
e)	Choix des matériaux :.....	125
i)	Listes des matériaux utilisés par les différents constructeurs.....	125
ii)	Caractéristique :.....	126
f)	Cahier des charges .....	127
g)	Conception :.....	127
i)	Etapas de conception :.....	127
1)	Extraction de l'environnement :.....	127
2)	Création de la pièce.....	128
3)	Insertion des éléments techniques .....	129
4)	démoulabilité.....	131
5)	La dispersion :.....	133
ii)	Adaptation interface à la technique du presseur :.....	134
1)	Interface bouclier :.....	134
2)	Interface aile :.....	135
h)	Le nouveau Synoptique de montage.....	136
i)	Etape 1 :.....	136
ii)	Etape 2 :.....	137
iii)	Etape 3 :.....	137
	<b>VI - Conclusion.....</b>	<b>139</b>
	<b>VII - Bibliographie.....</b>	<b>140</b>
	<b>VIII - Webographie .....</b>	<b>140</b>
	<b>IX - Annexes : .....</b>	<b>141</b>



## *LISTE DES TABLEAUX*

Tableau 1 : Ateliers CATIA .....	31
Tableau 2 : Préconisations Px .....	33
Tableau 3 : Thermoplastiques usuels .....	42
Tableau 4: Caractéristiques Polymères thermoplastique) dans l'annexe 1 .....	43
Tableau 6 recommandations épaisseur nervure.....	61
Tableau 7 : règles à respecter pour les bossages .....	64
Tableau 8 : types de Benchmarking .....	67
Tableau 9: Synthèse sécurité .....	85
Tableau 10:Qualité défaut .....	87
Tableau 11: position du protecteur en bas.....	100
Tableau 12 : Déplacement et Contrainte Von Mises.....	102
Tableau 13: Caractéristiques Polymères thermoplastique .....	141
Tableau 14:les équations de dimensionnement des clips .....	141
Tableau 15: Classement des plastiques selon leur énergie de surface .....	143
Tableau 16:rivets .....	145
Tableau 17: tolérances de la dispersion du POM .....	147
Tableau 18:Propriétés physiques moyennes du POM renforcé ou non.....	148



## *LISTE DES FIGURES*

Figure 1 : Top C.A Bureaux d'études .....	22
Figure 2 : Domaines technologiques Altran Maroc .....	25
Figure 3 : Préconisations Surfacique.....	38
Figure 4 : Page principale 3DCOM.....	40
Figure 5 : Clip à crochet en saillie à face perpendiculaire (90°) .....	44
Figure 6 : Clip à crochet à face oblique permettant l'ouverture .....	44
Figure 7 : fenêtre pour déblocage clip.....	44
Figure 8:Clip replié augmentant la longueur efficace de la tige flexible dans un espace limité .....	45
Figure 9: Clip présentant un trou à sa base pour permettre l'utilisation d'un moule simple en deux éléments.....	45
Figure 10:Clip à rayon de raccordement .....	46
Figure 11: contre-dépouille .....	47
Figure 12:relation entre la force de déflexion et la force d'accouplement.....	48
Figure 13:tiroirs.....	52
Figure 14:sens du débattement des tiroirs .....	53
Figure 15:: Cette section de la pièce illustre une gorge pour joint torique et un goujon à tête bombée. On les crée à l'aide d'un insert amovible en deux parties. ....	54
Figure 16:Les zones surlignées contiennent les inserts amovibles que l'on insère manuellement dans le moule avant chaque cycle d'injection .....	54
Figure 17:On retire manuellement de la pièce .....	54
Figure 18 Zone de fermeture oblique .....	55
Figure 19 : Zone de fermeture oblique fenêtre.....	56
Figure 20 : zone de fermeture oblique de la figure 19 détaillée.....	56
Figure 21 : clip avec zone de fermeture oblique .....	57
Figure 22 : moulage avec tiroir .....	57
Figure 23 : moulage avec zones de fermeture oblique .....	57
Figure 24: influence de l'épaisseur .....	58
Figure 25 : forme mauvaise gauche / forme bonne droite.....	58
Figure 26 Congé.....	59
Figure 27 : chanfrein .....	59
Figure 28 Flow leaders et Flow restrictors.....	60
Figure 29: retassure .....	61
Figure 30: dépouille requise pour nervure .....	61
Figure 31: solution des problèmes des longues nervures .....	62
Figure 32: bossage.....	63
Figure 33: Solutions pour réduire la longueur des trous .....	64
Figure 34 gousset correct droite/ gousset incorrect gauche .....	65



Figure 35: rapport R/h pour la racine de clip .....	65
Figure 36: Vue éclatée Citroën c4 .....	68
Figure 37: vue éclatée Ford .....	68
Figure 38 : Vue éclatée Toyota .....	69
Figure 39 : Vue éclatée Volkswagen .....	69
Figure 40: déplacement clip Px .....	103
Figure 41 : Critère Von Mises Clip 9 .....	103
Figure 42 : Critère Von Mises clip Px .....	103
Figure 43 : déplacement clip 9 .....	103
Figure 44 Force appliquée pour les cas de figure Y=1.9mm .....	107
Figure 45 Force appliquée pour le cas de Px Y=1.6mm .....	107
Figure 46 Zones fortement sollicitées. ....	108
Figure 47 Concentration de contrainte dans la racine du clip à bascule .....	109
Figure 48 : Comparaison Pxx/ Pxxx .....	113
Figure 49 : diagramme paramètres force de détachement / angle de montage .....	143
Figure 50: Indication générales sur l'aptitude à l'assemblage des plastiques .....	146
Figure 51: assemblage vissé avec écrou à languettes à fixation rapide .....	151
Figure 52: Utilisation d'une vis à tête fraisée .....	151



## *INDEX DES ABRÉVIATIONS*

<b>IBM</b>	<b>:</b>	<b>International Business Machines</b>
<b>OBG</b>	<b>:</b>	<b>Oxford Business Group</b>
<b>ONU</b>	<b>:</b>	<b>Office des Nations Unies</b>
<b>UTAC</b>	<b>:</b>	<b>Union Technique de l'Automobile, du motorcycle et du Cycle</b>
<b>CATIA</b>	<b>:</b>	<b>Computer Aided Three-dimensional Interactive Application</b>
<b>MNU</b>	<b>:</b>	<b>Maquette Numérique</b>
<b>GSD</b>	<b>:</b>	<b>Génératif Shape design</b>
<b>CAO</b>	<b>:</b>	<b>Conception assisté par ordinateur</b>
<b>IAO</b>	<b>:</b>	<b>Ingénierie Assisté par Ordinateur</b>
<b>FAO</b>	<b>:</b>	<b>Fabrication Assisté par Ordinateur</b>
<b>IPAO</b>	<b>:</b>	<b>Ingénierie du Process Assistée par Ordinateur</b>
<b>GPAO</b>	<b>:</b>	<b>Gestion de la Production Assistée par Ordinateur</b>
<b>GMAO</b>	<b>:</b>	<b>Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur</b>
<b>GQAO</b>	<b>:</b>	<b>Gestion de la Qualité Assistée par Ordinateur</b>
<b>VPM</b>	<b>:</b>	<b>Virtual Product Manager</b>
<b>PSE</b>	<b>:</b>	<b>Point de Soudure Electrique</b>
<b>UV</b>	<b>:</b>	<b>UltraViolet</b>
<b>HF</b>	<b>:</b>	<b>Haute Fréquence</b>
<b>SDD</b>	<b>:</b>	<b>Sens De Démoulage</b>
<b>Axe de mvt</b>	<b>:</b>	<b>Axe de mouvement</b>
<b>Dureté ShoreA</b>	<b>:</b>	<b>Mesure de la dureté des élastomères, des matières plastiques, des cuirs et des bois</b>
<b>IOD</b>	<b>:</b>	<b>Issues des Outillages Définitifs</b>
<b>SOD</b>	<b>:</b>	<b>Schéma Opérationnel de Développement</b>
<b>JST</b>	<b>:</b>	<b>Jalon Style Technique</b>
<b>JEP</b>	<b>:</b>	<b>Jalon Engagement Projet</b>
<b>JAP</b>	<b>:</b>	<b>Jalon de fin de l'Avant-Projet</b>
<b>JRO</b>	<b>:</b>	<b>Jalon Réalisation Outillage</b>
<b>JEL</b>	<b>:</b>	<b>Jalon entrée En Ligne</b>
<b>JVCO</b>	<b>:</b>	<b>Jalon Vie Courante</b>
<b>RO</b>	<b>:</b>	<b>Réalisation outillage</b>



# *I - Introduction Générale*

**F**ort de sa position géopolitique et de son savoir-faire, le Royaume s'impose comme un fer de lance de l'automobile sur le continent.

L'industrie automobile marocaine a enregistré une croissance remarquable au cours des dix dernières années. Une progression fulgurante qui n'est pas près de s'arrêter, puisque le Maroc est en train de se hisser parmi les plus grands constructeurs d'automobiles du monde, selon une étude du cabinet d'Oxford Business Group (OBG), qui cite un rapport de Price water house Coopers. Les regards des investisseurs se tournent vers le royaume, plateforme idéalement située pour inonder les marchés africains et européens.

Selon PwCAutofacts, institut d'analyse du marché automobile de PricewaterhouseCoopers, sur les 35 plus importants pays assembleurs, le Maroc figure cette année au 31ème rang mondial avec 184 962 véhicules produits. Et, toujours selon la même source, en 2017, le Royaume en assemblerait 150 083 véhicules supplémentaires, soit une croissance annuelle moyenne de 18,9%, se plaçant de ce fait au 19ème rang mondial, devant des pays comme l'Afrique du sud (22ème) et la Roumanie (41ème).

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

En lien avec les différents bureaux d'études Européens du Groupe Altran, sa filiale marocaine a pour mission de réaliser tout ou parties d'études R&D innovantes dans les domaines de l'aéronautique, de l'automobile, du ferroviaire et de l'énergie.

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

Notre entrée à Altran Maroc a eu lieu au début Mars 2015, et a commencé par une formation dans l'outil CATIA et spécialement dans le module de Surfacing pour avoir la





compétence nécessaire pour mener à bien un projet dans le secteur automobile au sens d'Altran.

Notre équipe fait partie du département CAO spécialisé dans la conception des pièces en plastique et de tôlerie, notre équipe, qui compte dix ingénieurs de différentes écoles marocaine qui offrent des formations en Génie Mécanique, s'est divisée à deux : cinq travailleront sur la plasturgie et les cinq autres sur la tôlerie.

Toujours dans le sens de collaboration et du travail en équipe, les sujets proposés par Altran s'inscrit dans cette perspective et couvrent l'intérieur et l'extérieur du véhicule soit dans le domaine plastique ou de tôlerie, alors les périmètres concernés sont :

En plasturgie :

- Planche de bord
- Bouclier Assembly
- Ebénisterie

En tôlerie :

- Ouvrants (Porte avant, Porte Arrière, Pavillon)

Le sujet pour lequel nous avons opté c'est le bouclier qui consiste à une conception des parties constituantes du bouclier ainsi que de présenter un système de fixation qui remplira un certain nombre de critères et d'exigences.

Notre planning sujet se déroulera sous forme de phases qui occuperont des durées bien déterminées de la durée totale du projet :

Phase 1 : 2 mois

Formation Commune métier/outil (Plastique, Structure orientée CAO)

Phase 2 : 1 mois

- Analyse de la concurrence
- Benchmark
- Synthèse métier (référentiel métier, politique métier)

Phase 3 : 1 mois

-Un cas d'étude (section de principes/ Type, démoulabilité, matériaux, isostatisme, chaîne de côtes, type de fixation, revue de grainage, mise en plan)



Sujet concerné :

-Equipement extérieur (cas pratique de bouclier Pxxx).

- ✓ Etude de la fixation du bandeau de protection et résolution des problèmes rencontrés par la clientèle.
- ✓ Conception d'une nouvelle pièce de fixation latérale améliorée.



## II - Chapitre 1

### PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

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



## **A) ALTRAN une française multinationale :**

### **a) Un groupe international, un leader mondial :**

Leader mondial du conseil en innovation et ingénierie avancée, Altran accompagne les entreprises dans leurs processus de création et développement de nouveaux produits et services.

Le Groupe intervient depuis près de 30 ans auprès des plus grands acteurs des secteurs aérospatiaux, automobile, énergie, ferroviaire, finance, santé, télécommunications, etc. Les offres du Groupe, déclinées depuis les phases du plan stratégique en matière de technologies nouvelles jusqu'aux phases d'industrialisation, assurent la capitalisation du savoir au sein de cinq domaines principaux : Intelligent Systems, Innovative Product Development, LifecycleExperience, ingénierie mécanique, et systèmes d'information.

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

Depuis 30 ans, Altran est un partenaire privilégié de l'innovation.

#### **i) Activités et métiers :**

Altran accompagne les entreprises tout au long de leur processus d'innovation, allant de la veille technologique, la recherche fondamentale appliquée, à la préparation de l'industrialisation jusqu'aux procédés de fabrication et ce, dans la plupart des secteurs d'activité : automobile, ferroviaire, aéronautique, spatiale, télécoms...

Le groupe Altran est présent dans plus de 20 pays, répartis en Europe, en Amérique latine, aux États-Unis et en Asie.

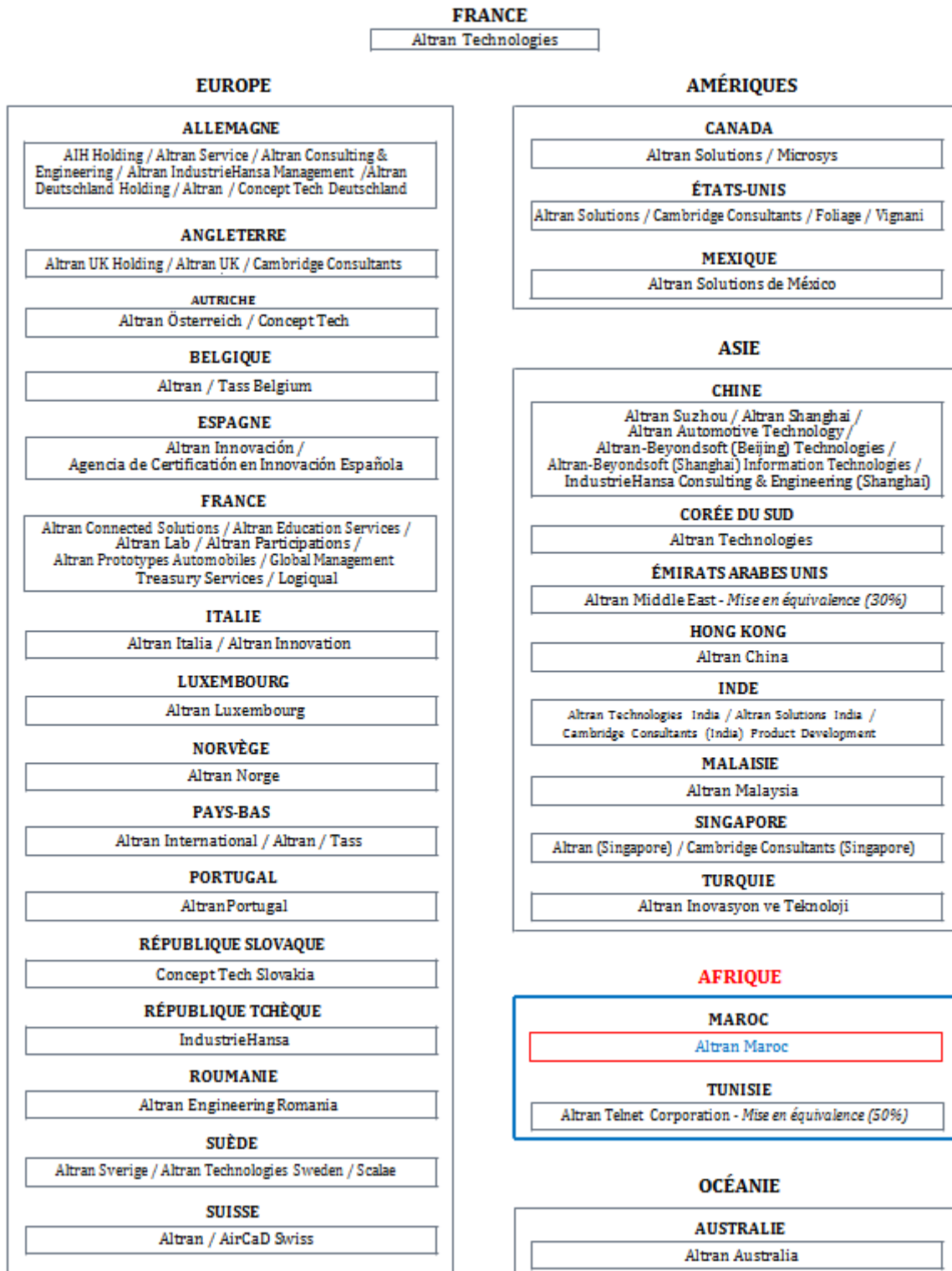
#### **ii) Chiffres clés :**

- 1756 M€ de chiffre d'affaires en 2014
- Près de 23 000 collaborateurs en 2015
- 500 clients majeurs dans le monde entier
- Plus de 20 pays où nous sommes implantés
- Plus de 30 années au service de l'innovation pour nos clients



**LE GROUPE ALTRAN A ETE FONDE EN 1982. IL EST IMPLANTE DANS 26 PAYS DANS LE MONDE.**

**iii) Organigramme simplifié :**





#### **iv) Compétition :**

##### **1) Récompense des projets scientifiques innovants en faveur du bien commun**

Tout d'abord, une compétition sur un thème national est organisée dans chaque pays participant. Les lauréats sont sélectionnés par un jury indépendant composé d'experts de domaines divers.

Ensuite, la finale internationale rassemble les présidents des jurys nationaux afin de choisir le lauréat international parmi les lauréats nationaux. De plus, la communauté Altran et le grand public votent eux pour le prix Innovation Makers.

En 2012, le prix de la fondation a évolué. De 1996 à 2008, la fondation Altran pour l'innovation organisait une compétition internationale annuelle avec un thème différent chaque année.

Les lauréats nationaux sont récompensés par la fondation avec six mois d'accompagnement technologique réalisé par des experts Altran afin de développer leur projet. Le lauréat international reçoit 6 mois d'accompagnement supplémentaires.

#### **Notre stratégie Offshore et Nearshore :**

Créer de la valeur pour nos clients par une analyse approfondie de l'adéquation pays : compétences, proximité, coûts, change



## 2) Altran, leader sur un marché dominé par des acteurs européens

Top 10 - chiffre d'affaires 2014 (en millions d'euro)

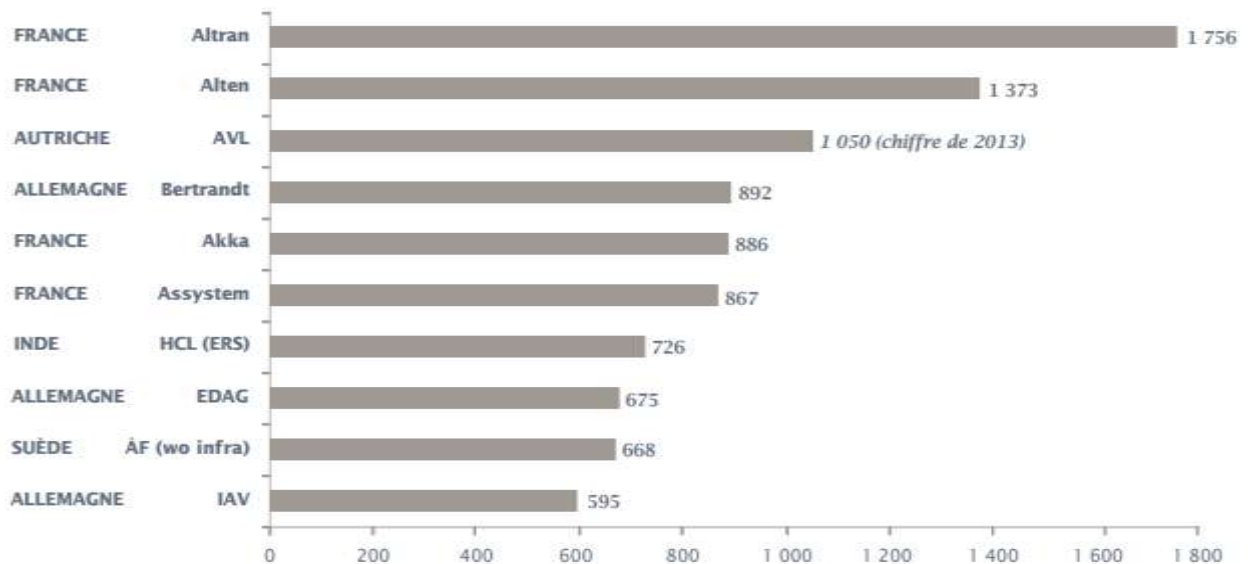


Figure 1 : Top C.A Bureaux d'études

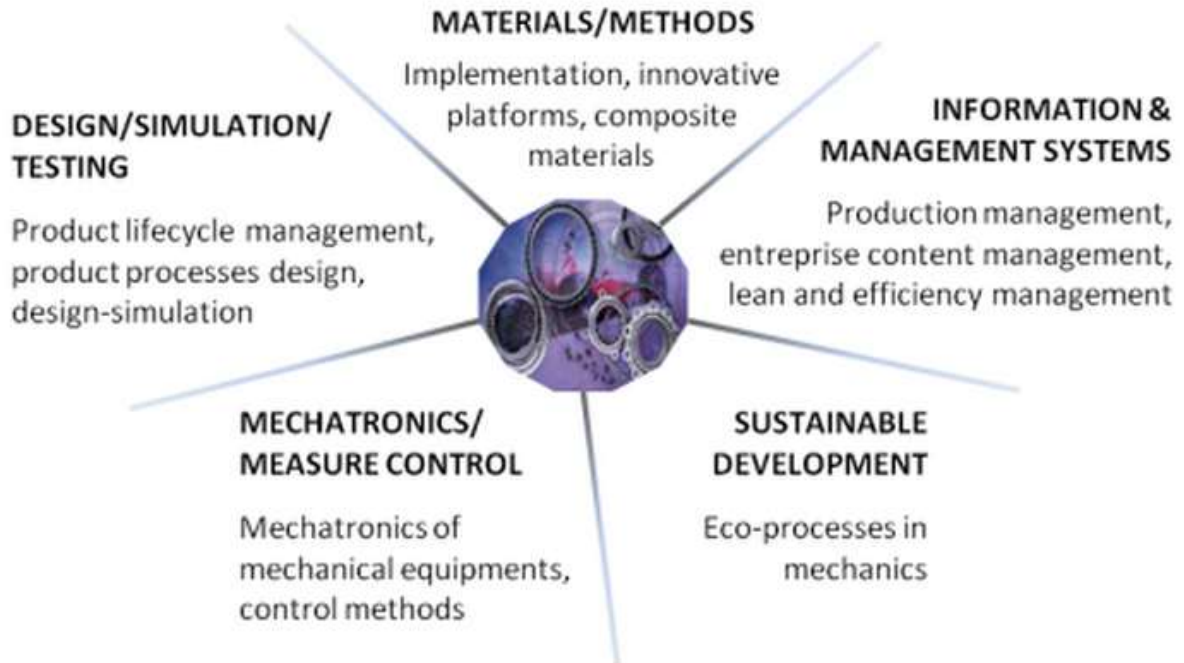
### b) ALTRAN & ingénierie mécanique

L'ingénierie mécanique comprend l'analyse, la conception, la fabrication et la maintenance de systèmes différents. Cette solution nécessite une solide compréhension des concepts de base y compris la mécanique, thermodynamique, mécanique des fluides, sciences des matériaux et l'énergie.

La mission d'Altran consiste non seulement à créer de nouvelles activités d'ingénierie mécanique et de nouveaux services pour les entreprises, mais aussi à améliorer et optimiser l'existant. Nous disposons de compétences et d'expertises reconnues, nous proposons une offre globale de services et notre périmètre d'intervention en matière de solution de systèmes mécaniques concerne autant les véhicules, la construction, les systèmes de production d'énergie, la machinerie complexe en général, tous les systèmes de transport – les avions, les structures aériennes, les systèmes spatiaux, les automobiles, les trains, etc. -, sans oublier les systèmes de production énergétique – le développement de systèmes d'énergies renouvelables et le secteur nucléaire.



**i) Les cinq domaines technologiques du champ de la mécanique**







## B) ALTRAN MAROC

### a) Mission :

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

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

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

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

### **Choix d'investissement au Maroc :**

- **Gain projet** Mise en place d'un bureau d'études pour Peugeot Citroën
- **Une population très qualifiée** 98% des recrutements sont des ingénieurs et techniciens.

#### Altran Maroc

- **Date de création** : 2013
- **N° d'affiliation CNSS** : 9895874
- **Implantation** : Casablanca
- **Nombre de collaborateurs** : plus 350
- **Industries principales** : Automobile, Infrastructure et Transports, Aéronautique
- **Client principal** : ...



## b) Faits et chiffres :

- **Date de création** : 2013
- **Implantation** : Casablanca
- **Effectif** : près de 350 collaborateurs (fort développement en cours)
- **Industries principales** : Automobile, Infrastructure, Transports, Aéronautique et Énergie
- **Solutions principales** : nos solutions couvrent cinq domaines technologiques principaux :



INNOVATIVE  
PRODUCT  
DEVELOPMENT



INTELLIGENT  
SYSTEMS



LIFECYCLE  
EXPERIENCE

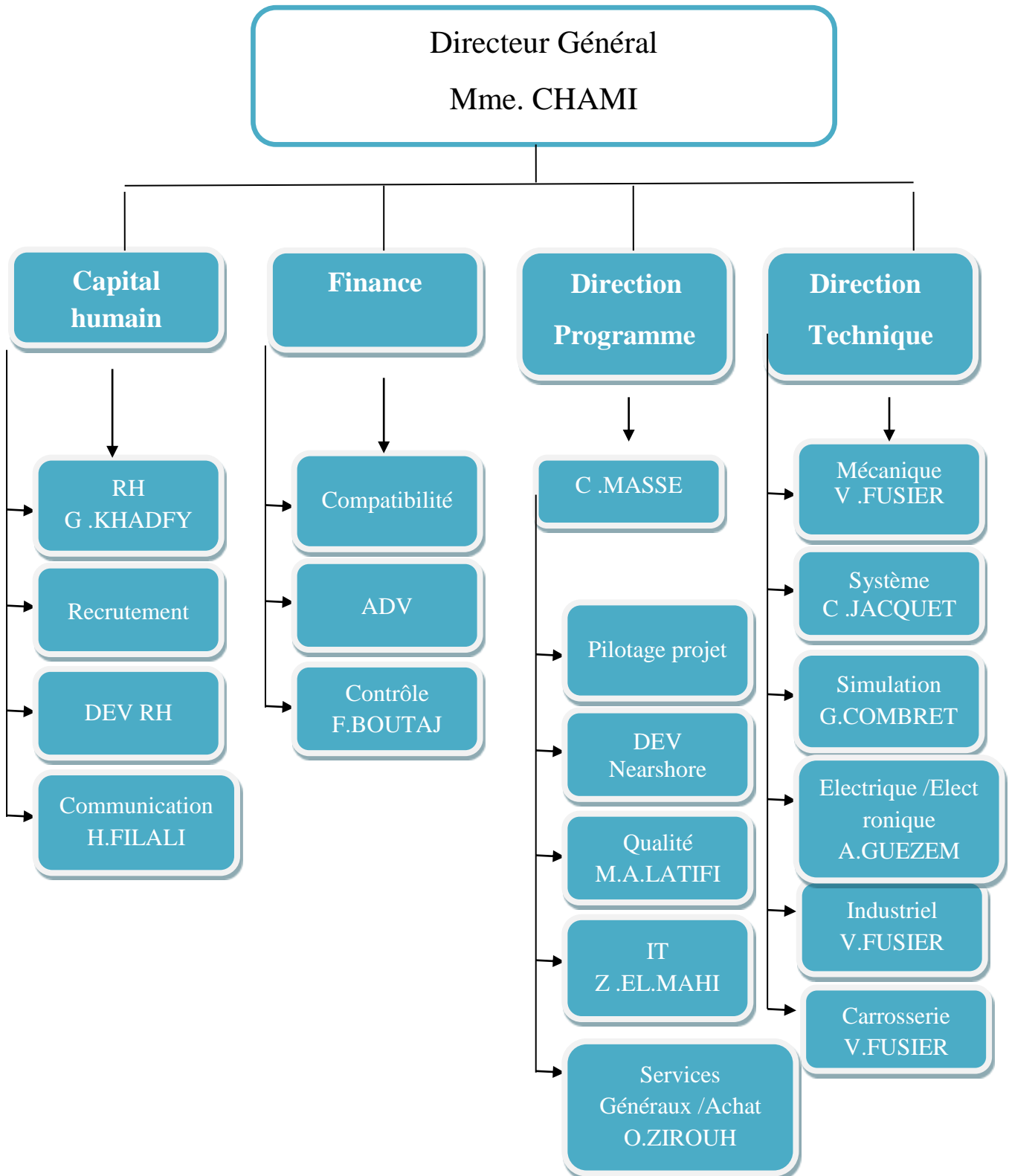


INGÉNIERIE  
MÉCANIQUE

Figure 2 : Domaines technologiques Altran Maroc

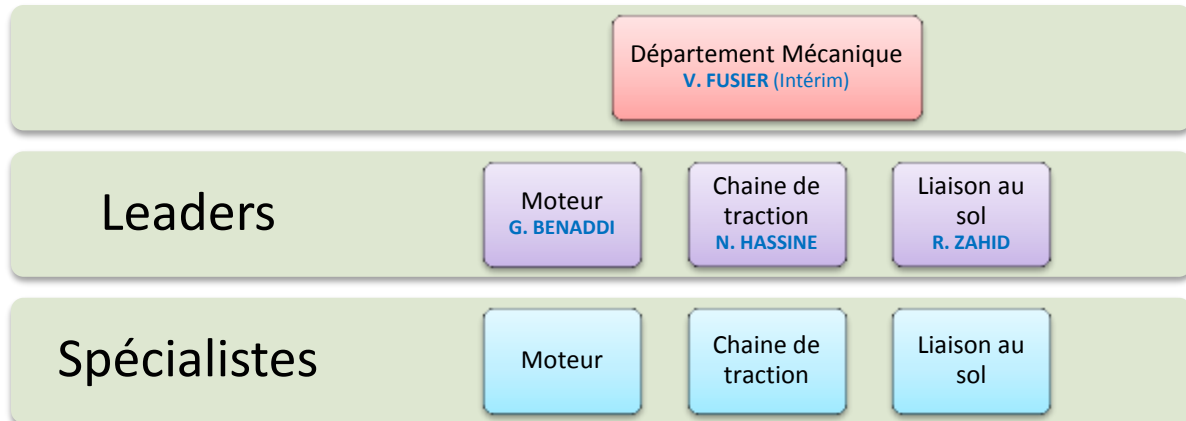


c) Organnigrame :

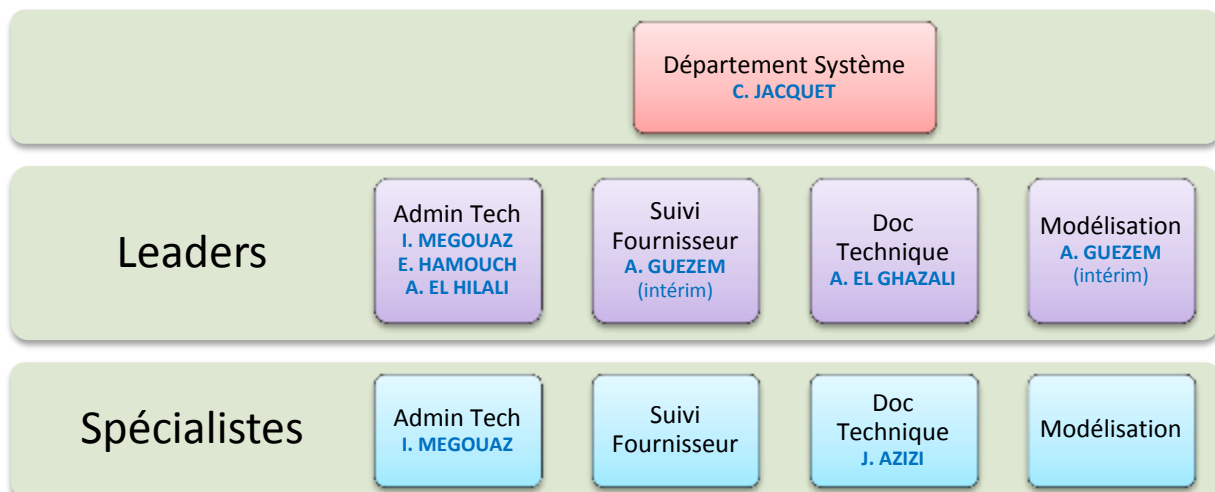




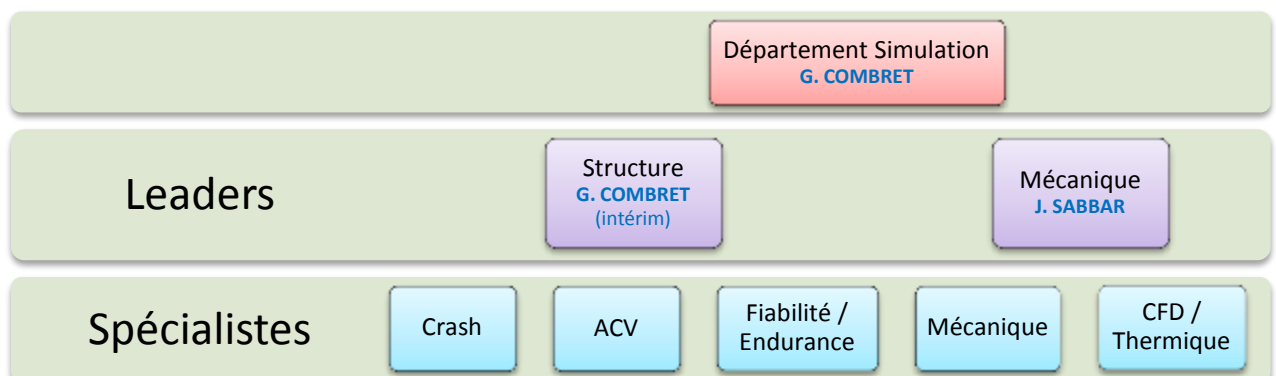
**i) Département mécanique :**



**ii) Département Système :**

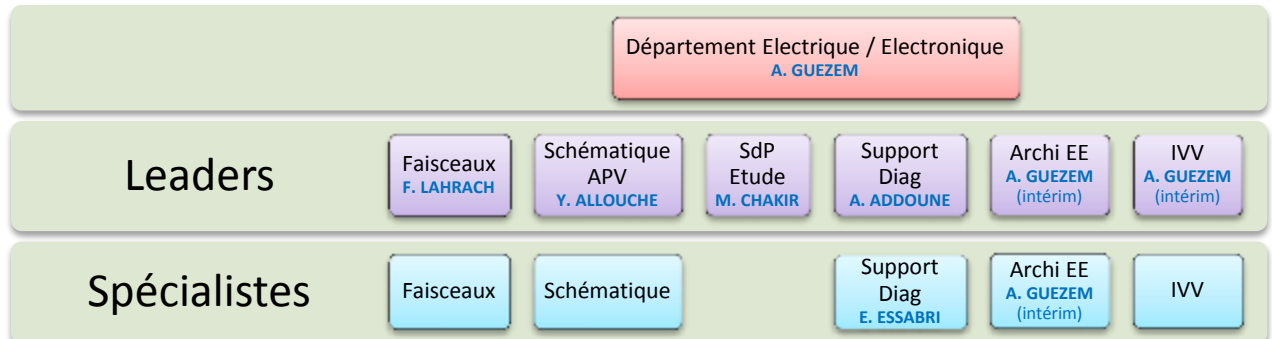


**iii) Département Simulation :**

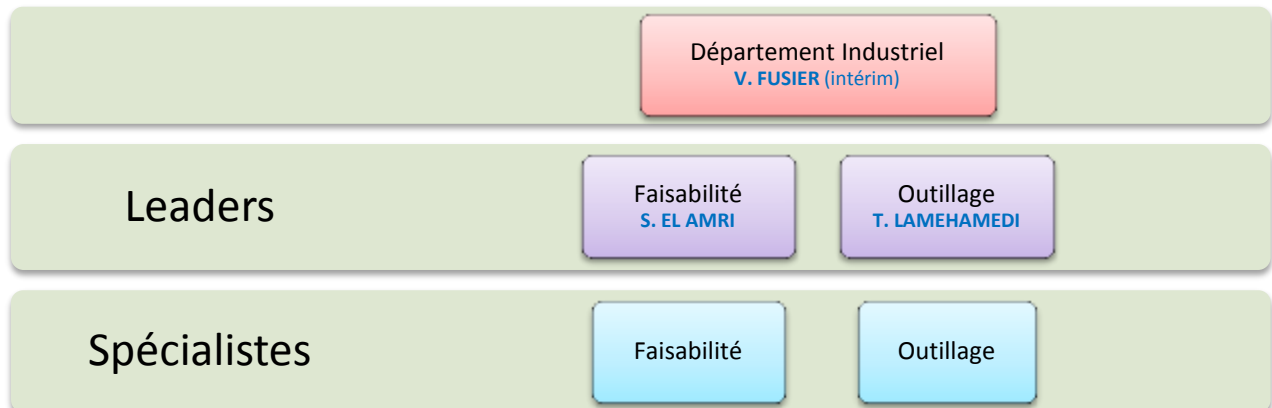




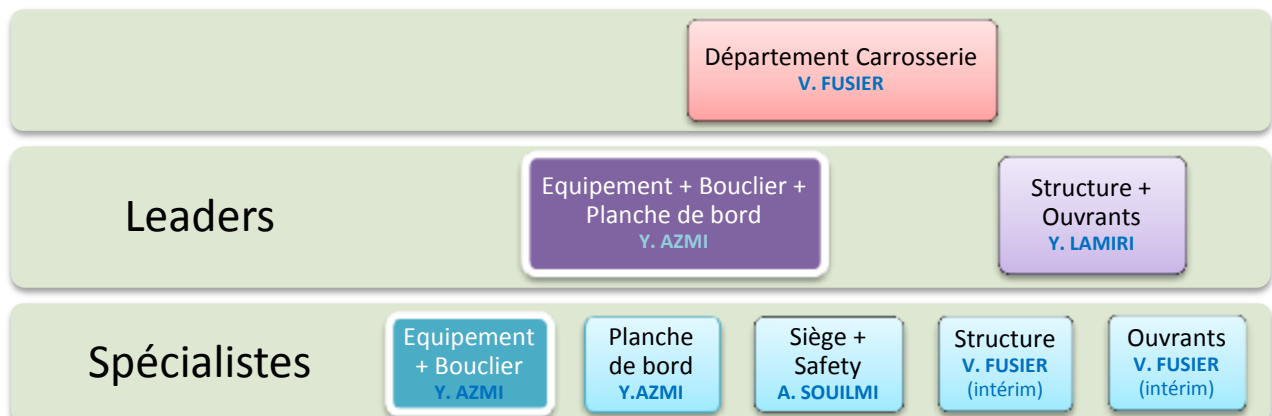
**iv) Département électrique/électronique :**



**v) Département industriel :**



**vi) Département carrosserie :**





## III - Chapitre 2

### Outils & métier

*Résumé :*

*Dans ce chapitre, plusieurs disciplines seront mises en exergue :*

*Tout d'abord, une présentation générale de la méthode du travail dans CATIA ainsi qu'une brève introduction du logiciel 3DCOM.*

*Ensuite, un rappel des différentes matières plastiques largement utilisées par les constructeurs automobiles qui mettent l'accent sur leurs caractéristiques chimio-mécaniques, puis une introduction générale des types de fixation utilisés en plasturgie comme le clipage, le rivetage, le soudage.*

*Vers la fin du chapitre, une énonciation des règles du métier plastique et les principales techniques de démoulabilité.*



## A) L'Outils CATIA V5

Catia [Computer Aided Three-dimensional Interactive Application] est un logiciel développé par la société Dassault Systemes et commercialisé par IBM. Il regroupe un nombre important de modules totalement intégrés dans un seul et même environnement de travail. Ces modules permettent de modéliser une géométrie (CAO), de réaliser des analyses et des simulations (IAO), de mener une étude d'industrialisation (conception des outillages), de générer les programmes de commande numérique pour les machines-outils (FAO), d'établir les plans d'usines etc.

Catia V5 regroupe plus de 80 ateliers « métier » autour du noyau de modélisation solide & surfacique, à titre d'exemples :

		<b>Infrastructure</b> Création d'une famille de pièces à partir d'un jeu de paramètres – Définir ses propres matériaux
		<b>Conception Mécanique [Mechanical]</b> Modélisation volumique de pièces mécaniques et d'assemblages, tolérancement, tôlerie ... C'est le module par lequel on commence le travail de modélisation d'une pièce.
		<b>Forme [Shape Design &amp; Styling]</b> Modélisation surfacique avancée : travail de design sur des formes extérieures d'un carter, carénage, traitement d'un nuage de points issus d'une numérisation 3D
		<b>Analyse &amp; Simulation [Analysis]</b> Maillage – Calculs de structure – Analyses modales
		<b>Equipements &amp; Systèmes [Equipment &amp; Systems Engineering]</b>



		<b>Construction d'usine [Plant]</b> Maillage – Calculs de structure – Analyses modales
		<b>Fabrication par CN [NC Manufacturing]</b> Génération automatique d'un programme pour machines à commande numérique
		<b>Maquette numérique [Digital Mock-Up : DMU]</b> Coupe par section, collision – Simulation de la cinématique d'un assemblage – Montage d'un assemblage

Tableau 1 : Ateliers CATIA

L'ensemble de ces fonctionnalités permettent de mettre en œuvre la « maquette numérique » et de définir de façon conjointe le produit et certains processus qui lui sont liés (on parle alors d'ingénierie concourante produit/process).

### a) Règles générales de conception :

Les préconisations ci-dessous sont données pour éviter des erreurs à l'officialisation des pièces



**i) Les bonnes pratiques :**

Etape	Règles	Raison / Doc. de Réf.
1	<b>Organisation de l'arbre de spécification</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Créer plusieurs Set Géométriques non ordonnées. (Données d'entrées, Conception, Pièce finie).</li><li>▪ Pour améliorer la lisibilité de l'arbre et aider à la compréhension :<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Renommer explicitement les éléments</li><li>✓ Créer des groupes d'éléments</li></ul></li></ul>	Analyse plus facile de la conception et des modifications.  ⇒ Fiche set géométrique (à créer)  ⇒ Principe de conception surfacique
2	<b>Préparation des données d'entrées (données de référence)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Analyse géométrique,</li><li>▪ Mise en conformité : lissage / corrections / organisation (placer dans des « sets » les données d'entrées préparées).</li></ul>	Assure un paramétrage plus robuste.  ⇒ Préparation, pièce de peau  ⇒ Analyse des données surfaciques  ⇒ Lissage des données surfaciques
3	<b>Recommandation pour la conception surfacique</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Respecter l'ordre (degré) maximum et les tolérances de conception des surfaces.</li><li>▪ Créer des surfaces avec historique (procédural) pour garantir la traçabilité des modifications.</li><li>▪ Commencer la numérisation par les surfaces les plus grande, et les moins galbées</li><li>▪ Créer et vérifier les continuités de tangence (C1) et de courbure (C2).</li><li>▪ Utiliser des esquisses positionnées afin de pouvoir définir l'origine et l'orientation de son dièdre.</li><li>▪ Réaliser les dépouilles et les rayons avec les caractéristiques appropriées et non au sein de</li></ul>	  ⇒ Analyse des données surfaciques  ⇒ Outil d'analyse de l'atelier GSD  ⇒ Fiche création d'esquisse positionnée



	<p><b>l'esquisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Eviter la sélection des BReps [Représentation par les Bords] pour améliorer l'aide à l'update d'une pièce.</b></li></ul>	
4	<p><b>Contrôle de la qualité de la géométrie pendant la conception</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Utiliser les outils d'analyses de surfaces (Analyse de connexion de surface, Analyse de connexion de courbe, Analyse de dépouilles, Analyse de courbure, Analyse de courbure de courbe).</b></li><li>▪ <b>Finaliser par la création d'une surface épaisse.</b></li></ul>	<p>Analyses sur la qualité des surfaces.</p> <p>⇒ <i>Analyse des données surfaciques</i></p> <p>⇒ <i>Outil d'analyse de l'atelier GSD</i></p> <p>⇒ <i>Lissage des données surfaciques</i></p>
5	<p><b>Nettoyage du modèle</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Réordonner automatiquement les éléments des « Sets » pour la lisibilité et la compréhension</b></li><li>▪ <b>Supprimer les éléments inutiles dans la « CATPart ».</b></li><li>▪ <b>Lancer le CATDUA sur le modèle.</b></li></ul>	<p>Permet de stocker un modèle propre dans la maquette numérique.</p> <p>⇒ <i>Nettoyer une CATPart</i></p>

Tableau 2 : Préconisations Px



ii) Organisation du modèle de départ :





### iii) Spécification de la qualité attendue

#### 1) Limitation et orientation des surfaces

Sujets	Schémas	Utilisation	Conséquences
<b>Limitation des surfaces</b>		Les surfaces visibles doivent représenter la géométrie exacte de la pièce par limitation en FACES	Usinage Sectionnement Lecture pièce
<b>Orientation des surfaces</b>		Les surfaces et les skins doivent être orientés du côté épaisseur matière	Démoulage Courbure PSE MTAO

#### 2) Ecart entre surfaces

Sujets	Schémas	Valeurs limites *		Conséquences
<b>Jeu entre 2 surfaces</b>		<u>STRUCTURE*</u> * <= 0.05 mm	<u>STYLE***</u> <= 0.05 mm	Usinage Défaut sur pièce Problème conversion vers d'autres formats
<b>Escalier entre 2 surfaces</b>		<u>STRUCTURE*</u> * <= 0.05 mm	<u>STYLE***</u> <= 0.05 mm	Usinage Défaut sur pièce Problème conversion vers d'autres formats



<p><b>Angle entre 2 surfaces</b></p>		<p><u>STRUCTURE</u>*</p> <p>*</p> <p><math>\leq 0,5</math> degré</p>	<p><u>STYLE</u>***</p> <p><math>\leq 30</math> minutes</p>	<p>Usinage</p> <p>Défaut sur pièce</p>
<p><b>Saut de courbure entre 2 surfaces de style</b></p>		<p><u>STYLE</u>***</p> <p>Si 2 rayons de courbure <math>&gt; 100</math> mm</p> <p><math>((r_{\max} - r_{\min}) / r_{\min}) &lt; 30 \%</math></p>		<p>Défaut sur pièce</p>

\*Réflexions complémentaires pour les valeurs pièces de style. (Nota : les DFNs STYLE CATIAV5 ne doivent pas être dégradées lors d'échanges ICEM ↔ CATIAV5).

\*\*STRUCTURE =surfaces visibles non traitées par le style ou non visibles.

\*\*\*STYLE= surfaces traitées par le style ou servant à construire les surfaces style.

### 3) Structure interne des entités

Sujets	Schémas	Valeurs limites		Conséquence
<p><b>Degré des courbes et des surfaces</b></p>		<p>Degré maxi 10</p>		<p>Problème de manipulation des entités et d'exploitation des définitions</p>
<p><b>Nombre de Segments par courbe ou surface</b></p>		<p>COURBE-SURFACE</p> <p>le plus petit approprié à la forme (en cours d'études)</p>		
<p><b>Densité des segments au cm ou cm<sup>2</sup></b></p>		<p>COURBE</p> <p>maxi 3 segments/cm</p>	<p>SURFACE</p> <p>Maxi 10 segments/cm<sup>2</sup></p>	<p>notamment lors des échanges avec conversion</p>
<p><b>Taille mini courbe ou bord d'une surface</b></p>		<p>COURBE</p> <p>0.1 mm</p> <p>par segment</p>	<p>SURFACE</p> <p>0.1 mm</p> <p>par segment</p>	



<b>Distance entre Pôles</b>		Mini 0.02 mm	
<b>Défaut de fermeture</b>		Maxi 0.1 mm	

#### 4) Surfaces interdites

Sujets	Schémas	Motifs	Conséquence
<b>Surfaces triangulaires</b>		Difficultés de mise au point des lignes de lumières	Usinage Métrologie Construction géométrique Calcul : maillage
<b>Surfaces aux côtés adjacents non tangents</b>		Défauts d'usinage	
<b>Surfaces repliées sur elles-mêmes</b>		Impossibilité de mesure	
<b>Surfaces isolées</b>		Défauts d'usinage possibles	Usinage Défaut sur pièce
<b>Surfaces identiques</b>		Entités inutiles	Manipulation d'entités
<b>Surfaces en recouvrement</b>			Exploitation des DFN



**Exemples :**

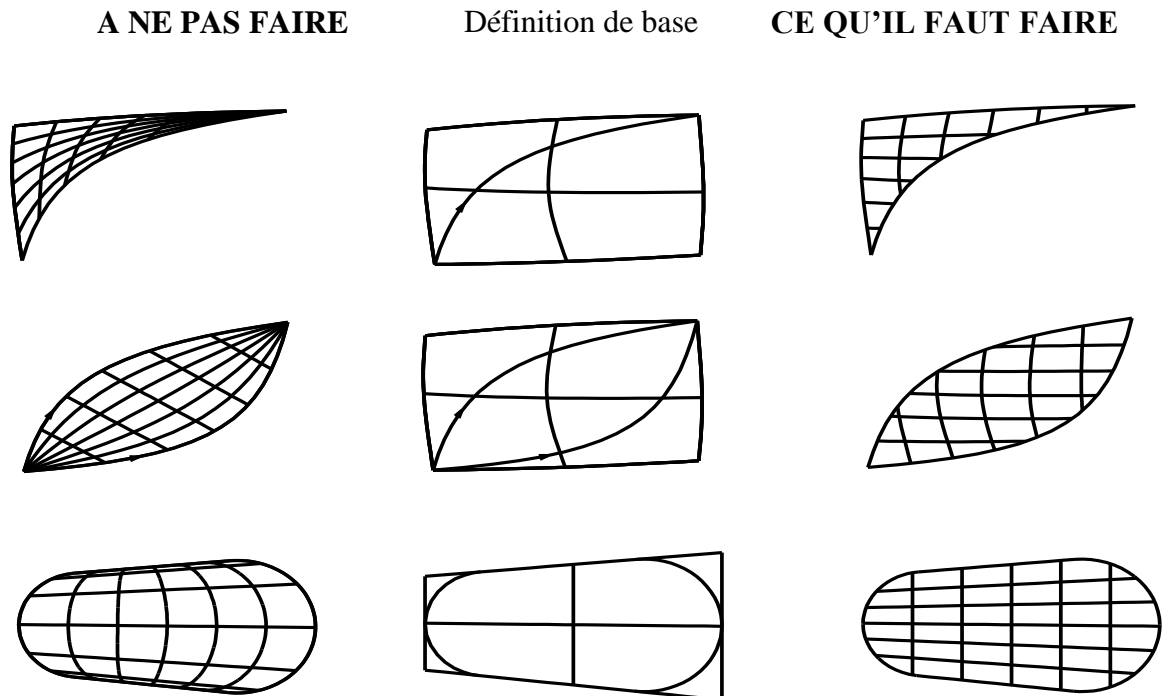


Figure 3 : Préconisations Surfaccique

On s'attachera à concevoir les surfaces de manière à ne pas obtenir de points nuls, ni de côtés adjacents et tangentiels.



## B) 3DCOM

---

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

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

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

Elle permet:

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

Pour la dernière livraison (R17), notre client a fait la demande d'une iso fonctionnalité entre VPM et 3DCOM, ce qui implique que l'ensemble des fonctions et actions disponibles dans VPM ont été reproduites dans 3DCOM.





La page principale de 3DCOM se décompose de la manière suivante :

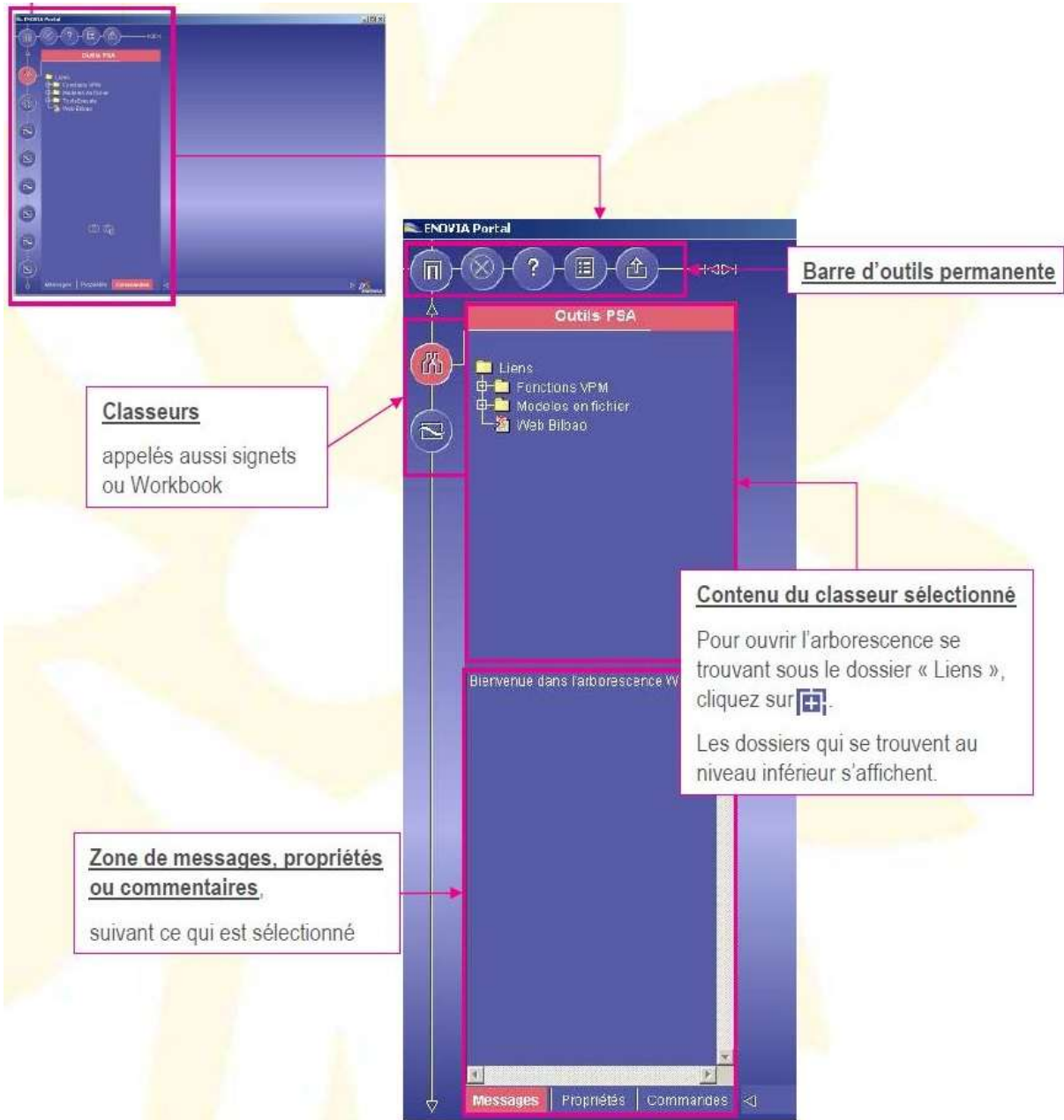


Figure 4 : Page principale 3DCOM



## C) La plasturgie

---

La découverte des matériaux plastiques et leurs possibilités de mise au point de produits originaux ont provoqué l'éclosion de techniques spécifiques de transformation.

Aujourd'hui les polymères sont des produits de haute technologie capables de prouesses inégalées dans tous les domaines de santé, bâtiment, automobile, aérospatiale, emballage, décoration, bureautique, sport... Plus économiques, performants et malléables, l'imagination est leur seule limite.

### a) Les matières plastiques

Un matériau est dit « plastique » s'il peut être déformé à une température relativement basse pour prendre une forme désirée. Contrairement à l'acier, chauffé à 1 500 °C pour être mis en forme, la plupart des matières plastiques sont ainsi malléables au-dessous de 200 °C. En les moulant ou en les effilant, elles peuvent prendre presque toutes les formes possibles. Cette propriété est à l'origine de leur succès dans le domaine des emballages ou de l'industrie automobile.

#### i) **Les critères chimiques des thermoplastiques :**

Les thermoplastiques sont également décrits comme étant des polymères amorphes ou des polymères semi-cristallins. Les polymères amorphes n'ont pas d'ordre établi dans leur structure moléculaire et n'ont pas de point de fusion particulier. Au contraire, les matériaux amorphes ramollissent progressivement par élévation de température. Ils sont plus sensibles à la fatigue en raison de la présence d'hydrocarbures. L'ABS et le PVC sont des thermoplastiques connus. Les polymères semi-cristallins présentent une structure moléculaire hautement organisée. Ils n'ont pas de point de fusion graduel au fur et à mesure que la température augmente mais ont un point de fusion défini et précis. Ce point de fusion est en général à température plus élevée que pour les thermoplastiques amorphes. Les thermoplastiques semi-cristallins comprennent le polyéthylène téréphtalate (PET) et le polyétheréthercétone (PEEK).



---

## Thermoplastiques

---

Polymères amorphes	Polymères semi-cristallins
<ul style="list-style-type: none"><li>• Polyméthacrylate de méthyle (PMMA), Acrylique</li><li>• Polystyrène (PS)</li><li>• Polycarbonate (PC)</li><li>• Polysulfone (PS)</li><li>• PVC</li><li>• ABS</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Polyéthylène (PE)</li><li>• Polypropylène (PP)</li><li>• Polybutylène Téréphtalate (PBT)</li><li>• Polyéthylène téréphtalate (PET)</li><li>• Polyétheréthercétone (PEEK)</li><li>• Polyamide (Nylon)</li></ul>

---

Tableau 3 : Thermoplastiques usuels

### ii) Le polypropylène (PP)

#### 1) Caractéristiques

Polymère très polyvalent, le PP est utilisé à la fois comme thermoplastique et comme fibres: à sous forme de thermoplastique, il permet des applications résistant à des températures élevées, car il ne fond qu'à 160 °C. Il est également rigide et résiste aux chocs.

Sous forme de fibres, il est utilisé pour fabriquer des revêtements de sol intérieurs et extérieurs, tels ceux que l'on trouve autour des piscines et des golfs miniatures.

Le PP se colore très facilement.

#### 2) Utilisation

- >Le secteur automobile (tableaux de bord, pare-chocs, etc.)
- >L'électroménager
- >Les ustensiles ménagers (vaisselle pour four à micro-ondes, boîtes pouvant aller dans le lave-vaisselle, etc.)
- >Les jouets
- >Les bagages

### iii) Les polyacrylonitrile-butadiène-styrènes (ABS)

Aboutissement des polymères styréniques, ils sont constitués d'une matrice SAN renforcée par des granules d'élastomère à base de polybutadiène. Il en existe de très nombreuses espèces, correspondant aux différents modes de mise en oeuvre (injection,



extrusion, etc.) et aux exigences spécifiques de chaque application (tenue à chaud ou à froid, rigidité, résistance élevée aux chocs, brillant de surface, comportement au feu amélioré, etc.).

#### iv) Le polycarbonate (PC)

Le polycarbonate, obtenu par condensation de chlorure de carbonyle ( $\text{COCl}_2$ ) et d'un diphénol complexe (bisphénol A), est un thermoplastique très transparent, utilisable de  $-100$  à  $+140$  °C; il est doté d'une résistance au choc exceptionnelle.

#### v) Le POM :

- une haute rigidité
- une faible usure
- une bonne élasticité
- une faible absorption d'eau

Les POM sont très cristallins. Ils sont opaques et absorbent peu l'humidité. Leur intervalle de fusion est étroit. Le coefficient de dilatation à température ambiante est 8 fois celui des métaux.

Par rapport aux polyamides, ils sont plus rigides entre  $50$  et  $120$  °C. La tenue au fluage est bonne.

Tableau 4: Caractéristiques Polymères thermoplastique) dans l'annexe 1

## D) Les différentes techniques de la fixation plastique

---

### a) Le clipsage plastiques

L'un des nombreux avantages de la matière plastique est la facilité avec laquelle on peut la mouler en des formes complexes. Elle permet souvent de remplacer par une seule pièce plusieurs pièces réalisées en d'autres matériaux. Parmi les formes complexes pouvant être réalisées sur une pièce en plastique, on peut citer diverses formes de clips qui permettent aussi d'éliminer le recours à des éléments supplémentaires comme les vis, ou à des processus secondaires comme le collage.

Pour créer un clip, la première considération de conception est le matériau. Pour qu'un clip fonctionne, il doit comporter une zone flexible. C'est pourquoi on peut réaliser ces clips en plastique (certains plastiques seulement) mais pas dans un matériau rigide comme le verre ou la céramique. Les matières particulièrement adaptées aux pièces comportant des clips sont



l'ABS, le polycarbonate, le nylon non chargé, le polypropylène, ainsi que d'autres matières ayant des propriétés similaires.

### i) Les types de clips plastiques :

Les types de clips plastiques étudiés dans notre cas :

- Le clip à crochet en saillie
- Clip replié

#### 1) Le clip à crochet en saillie :



Figure 5 : Clip à crochet en saillie à face perpendiculaire (90°)

Le type le plus courant d'attaches intégrées est le clip à crochet en saillie (Figure 5)

Les clips à crochet en saillie sont utilisés dans diverses applications (ex. : panneaux d'accès d'appareils électriques) et se déclinent sous de nombreuses formes. En créant ces clips, il faut se poser deux questions :

- Voulons-nous que le point d'attache se bloque ou se débloque en tirant ?
- Voulons-nous que la fixation puisse s'ouvrir ou voulons-nous qu'elle soit permanente ?

Si la face inférieure du crochet forme un angle de 90° avec la direction d'attache, le clip sera bloqué et ne pourra pas être détaché simplement en tirant (sauf si vous tirez suffisamment fort pour le casser). Si toutefois cette face du crochet est oblique (Figure 6), il sera possible de débloquer le clip simplement en tirant.



Figure 6 : Clip à crochet à face oblique permettant l'ouverture



Figure 7 : fenêtre pour déblocage clip

Si vous recherchez une attache bloquante mais non permanente (pour un panneau d'accès, par exemple) vous pouvez avoir un crochet perpendiculaire que l'on poussera manuellement hors de son encoche pour débloquer le clip. Cette solution est simple si le crochet se trouve sur l'extérieur de la pièce. S'il se



trouvé placé derrière une paroi, le concepteur peut prévoir une « fenêtre » à travers laquelle le crochet sera accessible (Figure 7)

## 2) Le clip replié :

La conception d'un clip à crochet en saillie détermine son efficacité et sa durabilité. La tige du clip doit être suffisamment flexible pour permettre le blocage et le déblocage sans qu'il se casse ou se déforme. Sa flexibilité dépend de plusieurs facteurs dont le module de Young (ou module d'élasticité longitudinale) du matériau, l'angle de flexion du clip (déterminé par la profondeur du crochet), ainsi que la forme et la longueur de sa tige flexible.

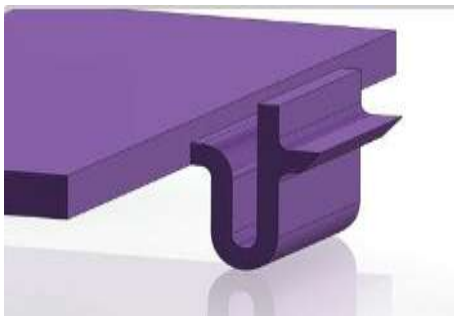


Figure 8: Clip replié augmentant la longueur efficace de la tige flexible dans un espace limité

Étant donné que la longueur de la tige flexible d'un clip est d'une importance cruciale et que certaines configurations n'offrent qu'un espace limité, il existe plusieurs solutions pour augmenter la longueur efficace de la tige.

- La tige du clip peut être repliée en forme de « U » comme on le voit souvent dans les caches de compartiment

batterie (Figure 8).

- On peut aussi faire une encoche dans la paroi dont la tige est solidaire, pour que ce segment de paroi prolonge la

tige du clip.

- On peut rendre flexible la paroi dont la tige est solidaire afin de réduire le degré de flexion de la tige.

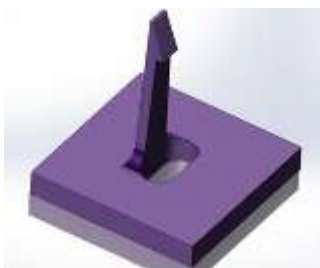


Figure 9: Clip présentant un trou à sa base pour permettre l'utilisation d'un moule simple en deux éléments

Un clip étant par définition conçu pour accrocher, il pourra parfois, en fonction de son orientation, créer une contre-dépouille dans un moule en deux éléments. Il existe plusieurs manières de traiter ce problème.

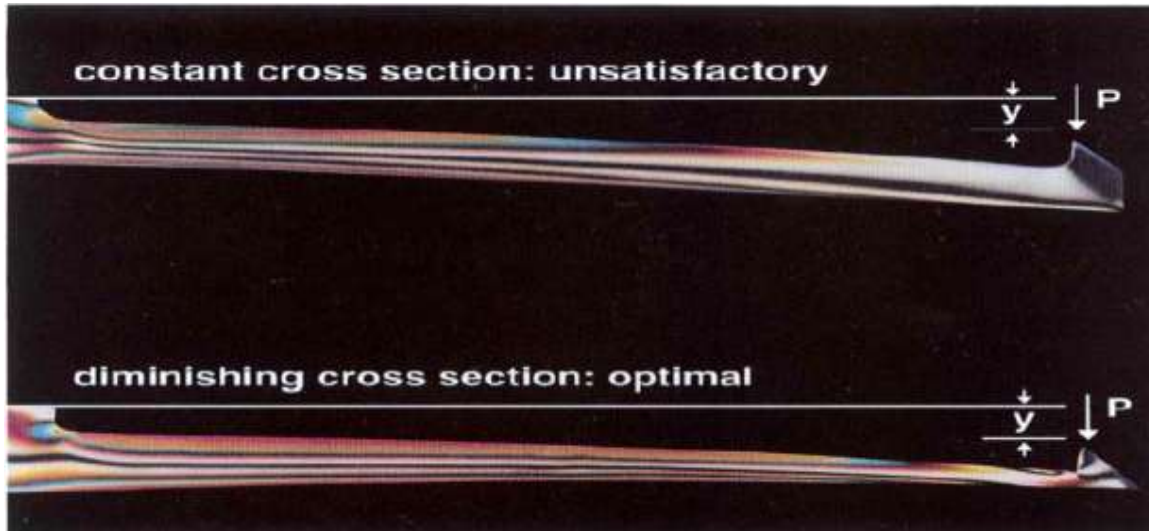
- La plus simple consiste à prévoir un trou à la base du clip permettant le passage d'un élément de moule pour former le dessous du crochet et une des faces de la tige flexible (Figure 9). On peut alors utiliser un moule simple en deux éléments.

- On peut former le crochet à l'aide d'un tiroir qui se rétracte avant l'ouverture du moule. Cette méthode est efficace mais plus complexe.



- On peut placer manuellement un insert amovible dans le moule pour former le clip, puis le retirer manuellement de la pièce finie et le réinsérer dans le moule pour le cycle suivant.

### 3) Les Caractéristiques Mécaniques Des Clips



La figure ci-dessus montre une photo de deux clips prise avec lumière polarisée, les deux ont le même déplacement ( $y$ ) et la même force de déflexion ( $p$ )

**Le premier clip** : avec une section constante, la distribution non-uniforme des lignes montre que la contrainte au niveau de fibre extérieure est non-uniforme. Ce modèle de clips consomme plus de 17% de matière et subit une contrainte plus grande de 46% par rapport au model optimale.

**Le deuxième clip** : l'épaisseur du clip optimal se diminue de 30% par rapport à la section originale, la contrainte dans la fibre extérieure est uniforme toute au long du clip.

Fig. 10 représente graphiquement l'effet du rayon de raccordement sur la concentration de contrainte. Il paraît qu'une réduction optimale de la concentration de contrainte a été obtenue on utilisant le rapport  $R/h$  égale à 0.6, et seulement une toute petite réduction se produit après ce point. Ce rapport (0.6) donnera une partie épaisse au niveau du pied de clip ce qui résulte en une retassure donc des contraintes résiduelles. Donc nous devons avoir un

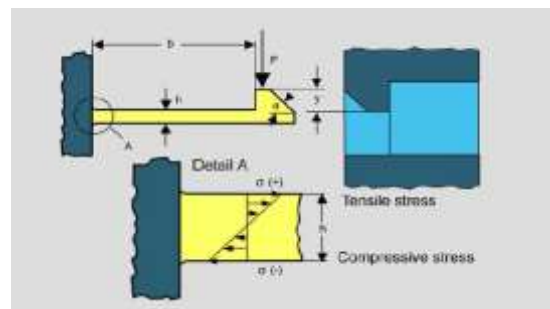
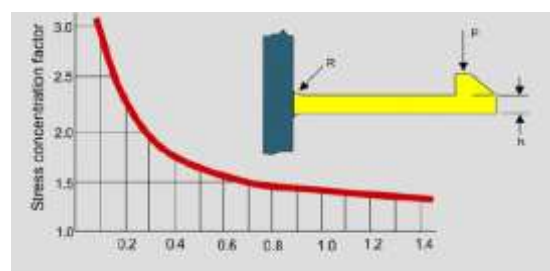


Figure 10: Clip à rayon de raccordement





compromis entre une grande valeur de rayon pour diminuer la concentration de contrainte et une petite valeur pour diminuer la contrainte résiduelle due au raccordement entre une partie épaisse et une autre mince.

Des tests exécutés au niveau de centre de recherche Bayer ont montré que le rayon ne doit pas dépassé 0.381mm

Des bons résultats ont été obtenus en diminuant linéairement l'épaisseur ( $h$ ) de la poutre de telle façon que sa valeur au bout du crochet soit égale la moitié de la valeur de base de clip. D'autre coté la largeur ( $b$ ) peut être diminué par un-quart par rapport à la valeur de base (voir tableau 14 type 1 et 2 annexe).

le cas montré dans le (tableau 14) montre que la section vulnérable est toujours située au bas du clip. Donc pour éviter la concentration de contrainte dans cette zone il doit être traité avec prudence.

La plupart des clips peuvent se traiter comme une poutre porte-à-faux, sa section est de forme rectangulaire ou bien de géométrie plus complexe (voir tableau 14 annexe 2).

(voir Fig. 14)

### La contre-dépouille admissible

La flèche ( $y$ ) nécessaire Durant l'opération d'assemblage c'est la valeur de la contre-dépouille

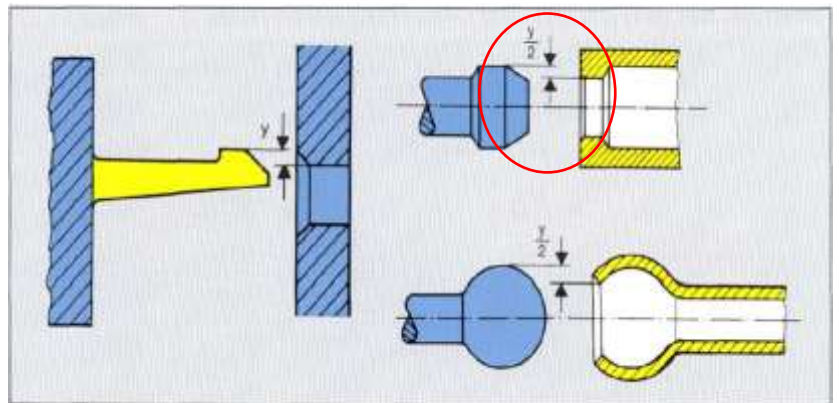


Figure 11: contre-dépouille

La flèche admissible ( $y$ ) (ou contre-dépouille admissible) ne répond pas seulement de la forme mais aussi du module de Young  $E$  et de matériau utilisé.

### Force de déflexion

On utilisant l'équation donnée dans le tableau 14, la flèche admissible ( $y$ ) peut être déterminée facilement même pour les sections de forme complexe.

En particulier la forme des clips (type 2 tableau 14), avec une épaisseur qui diminue linéairement jusqu'à la moitié de sa valeur initiale. Cette version augmente la flèche admissible de plus de 60% par rapport aux clips avec section constante

La force de déflexion  $P$  nécessaire pour incliner le clip, peut être calculé on utilisant les équations données à la dernière ligne du tableau 12.

### Force d'accouplement

Durant l'opération d'assemblage la force de déflexion  $P$  et de friction  $F$  doivent être surmontée



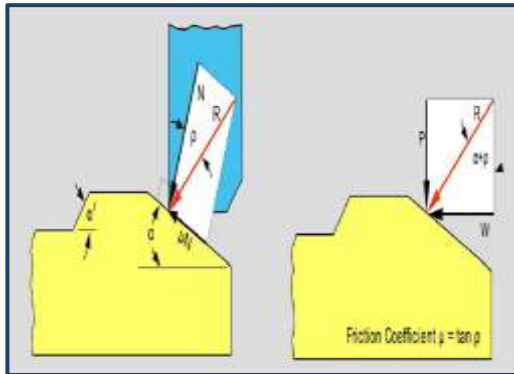


Figure 12: relation entre la force de déflexion et la force d'accouplement

La force d'accouplement est donnée par :

$$W = P \cdot \tan(\alpha + p) = P \cdot \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$$

La valeur  $\frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$  est donnée dans la

(Fig 18) annexe 3

Dans le cas de séparation, la force de séparation peut être déterminée de la même façon que la force d'accouplement. Sauf l'angle d'inclinaison utilisé sera  $\alpha'$  d'accouplement. Sauf l'angle d'inclinaison utilisé sera  $\alpha'$

## b) Le rivetage plastique :

Le rivet est fixé en poussant ou en vissant la broche à travers le centre du rivet.

Une autre méthode de fixation offerte par certains produits est réalisée par un ensemble en deux parties qui enclenche ou cliquet entre eux. La plupart de ces conceptions sont facilement démontables et réutilisables.

Typiquement, les attaches de panneau en plastique sont utilisées dans des applications légères dans les industries automobiles, industriels ...

Voir tableau 16 annexe

## c) vissage

L'assemblage par vis métallique est souvent utilisé pour réaliser des assemblages démontables de 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'emploi d'éléments d'étanchéité (par ex. de joints toriques).

Le vissage peut utiliser des vis autotaraudeuses ou des inserts. Dans les deux cas, des règles de conception sont à respecter pour le type de vis et d'insert, l'alésage, l'emplacement dans la pièce et les couples de serrage. Le vissage sur inserts permet les vissages/dévisages, des couples de serrage plus élevés et limite les risques d'éclatement. Les dévisages et revissages répétés sont déconseillés pour les vis autotaraudeuses.

Sous réserve d'un calcul correct des diamètres à adopter, les emmanchements

métal/plastique donnent de bons résultats. La longévité est conditionnée par la tenue au fluage du thermoplastique considéré. Les éléments métalliques doivent être ronds, lisses,



propres et le métal doit être compatible avec le plastique choisi. Le bossage doit être éloigné des lignes de soudure et le moulage doit être particulièrement soigné pour limiter les contraintes résiduelles.

Pour plus d'information sur le vissage voir l'annexe.

#### d) Le soudage :

La soudure plastique est un ensemble de techniques utilisées pour souder deux pièces en matière plastique. Le choix d'une technique particulière est lié au type de plastique utilisé, la géométrie des pièces à assembler, le temps de cycle de soudure requis ainsi que le coût des moyens à mettre en œuvre. Ces techniques de soudure sont basées sur un échauffement local des matériaux à souder. L'échauffement des matériaux se fait, selon la technique utilisée, soit par un apport extérieur de chaleur soit par création de chaleur provoquée par le processus lui-même.

Seuls les thermoplastiques sont de ce fait soudables par ces techniques.

##### **i) Soudure par lame chauffante ou miroir chauffant**

Le soudage par lame chauffante consiste à positionner deux pièces plastiques l'une au-dessus de l'autre en laissant un espace d'environ 1 cm entre celles-ci. Dans cet espace est introduit un miroir qui chauffe des deux côtés. Les deux pièces plastiques viennent ensuite en contact du miroir jusqu'à ce que la température de la matière ait atteint sa température de fusion en surface. Lorsque les températures de fusion sont atteintes, il suffit de retirer les miroirs chauffants et de mettre en contact les deux pièces plastiques l'une avec l'autre pendant quelques secondes. Après quelques secondes de refroidissement la soudure est réalisée.

##### **ii) Soudage par ultrasons**

Le soudage par Ultrason est une technique d'assemblage rapide et économique pour les matériaux thermo-fusibles comme le plastique. Ce procédé s'applique facilement aux polymères organiques à point de fusion bas  $<200^{\circ}$  (polyéthylène, PA6, PA11, fibres mélangées avec +60% de synthétiques...). Et pour les polymères à point de fusion plus haut  $>200^{\circ}$  (Acrylique, PE, fibres thermostables...) l'assemblage des pièces demande plus de paramètres techniques (temps de soudure plus long, Profil et type de sonotrode, puissance et gamme de fréquence d'utilisation).

Des vibrations de haute fréquence sont envoyées aux deux pièces par le biais d'un outil vibrant appelé sonotrode ou tête de soudure. La soudure se fait grâce à la chaleur engendrée à l'interface des deux pièces.

L'équipement nécessaire comporte



- Un dispositif de fixation pour maintenir les pièces à souder
- Un transducteur électromagnétique ou convertisseur qui va générer les ondes haute fréquence
- Une sonotrode pour transmettre les ultrasons aux pièces à souder

Les fréquences typiquement utilisées sont 20, 30, 35, 40 et 70 kHz et les amplitudes des vibrations varient entre 10 et 120 micromètres, en fonction du type de matériel et de la forme des pièces à assembler.

### **iii) Soudage par rotation**

Le soudage par rotation, est la méthode idéale pour réaliser des soudures solides et étanches entre des pièces de révolution en plastique. Une pièce est maintenue immobile tandis que l'autre est mise en pression avec un mouvement circulaire sur la première.

Avantages par rapport à la soudure ultrason:

Investissement pour une production donnée plus faible car les éléments nécessaires sont issus de machines classiques.

Les influences extérieures ont beaucoup moins d'effet sur la solidité et la qualité des soudures.

- Procédé basé sur des lois physiques connues et maîtrisées.
- Coûts du matériel de contrôle électrique modérés même dans le cas d'un soudage automatisé.

Si le positionnement relatif des deux pièces doit être dans une position imposée, il faudra prévoir un arrêt en position angulaire.

#### **1) Soudage par Laser**

Cette technique demande que l'une des pièces soit transparente tandis que l'autre est opaque à la longueur d'onde particulière du Laser utilise. Les deux pièces sont mises en pression tandis que le rayon Laser (d'une longueur d'onde comprise entre 808 et 1070nm) parcourt la longueur du joint, traversant la première pièce et étant absorbée par la seconde pièce. La chaleur ainsi générée fond le matériel, créant une soudure permanente lors de la phase de refroidissement. Il est également possible d'assembler deux pièces transparentes entre elles en utilisant un vernis absorbant disposé à l'interface.



## 2) Soudage par Haute Fréquence

Principalement utilisée pour le soudage des feuilles de PVC, celles-ci sont placées entre une électrode en laiton et un marbre. Un courant de Haute Fréquence (généralement 27,12 Mhz) vient faire fusionner la matière selon la forme de l'électrode. Exemple de produits soudés selon ce procédé : pare-soleils, porte-cartes, protèges documents (étuis de carnets chèques...).

Le procédé de la soudure haute fréquence est utilisé pour la soudure instantanée des thermoplastiques. Il consiste en un champ électrique permettant les vibrations moléculaires nécessaires à un réchauffement interne entraînant le ramollissement des faces à souder.

## 3) Autres techniques

Soudure par friction linéaire (dite par vibration), soudure par friction "orbitale", assemblage par air chaud, soudure par points, bouterollage par ultrasons ou par air chaud, soudure par infra-rouges, soudure par miroir chauffant, soudure torsionnelle, soudure par chloroforme...

- **Indication générales sur l'aptitude à l'assemblage des plastiques voir dans l'annexe 6.**

## e) Collage du plastique: Techniques et colles appropriées

Le plastique répond à une multitude d'applications industrielles en termes d'effet visuel, poids, structure de surface et fiabilité.

Les types de plastique se classent en trois grandes catégories dépendant de la plage de température à laquelle ils sont utilisés à long terme. On distingue donc :

- Les thermoplastiques résistants aux hautes températures, jusque +260°C.
- Les plastiques techniques, jusque +140°C.
- Les plastiques standard, jusque +90°C.

Des essais de collage réalisés en laboratoire donnent des indications sur la résistance de collage du plastique.

## i) **Collage du plastique : méthode d'assemblage populaire**

Le collage du plastique exige un assemblage haute résistance avec une forte adhésion de la colle au matériau et une tenue mécanique élevée. La méthode d'assemblage du plastique par collage est la technique la plus répandue afin d'obtenir un raccord stable et utilisable immédiatement.



Les colles spécialement développées pour le collage de plastique sont multiples. Les adhésifs les plus souvent utilisés sont la colle epoxy, la colle polyuréthane ou la colle UV.

Même si une bonne adhésion est obtenue sur la plupart des matériaux plastiques, un traitement préalable de la surface est conseillé dans le but d'améliorer cette adhérence et la tenue mécanique. La préparation du support avant collage consiste à dégraisser, dépolir, nettoyer et activer le plastique afin d'améliorer son adhérence.

### 1) Choisir la bonne solution de collage pour plastique

Le choix de la solution de collage s'effectue en fonction de l'énergie de surface du plastique.

La sélection de la colle repose sur le principe suivant :

«L'énergie de surface du plastique doit être supérieure à la tension de surface de la colle; à savoir généralement entre 35 et 45 mN/m.» Voir Tableau 5 dans l'annexe 4

## E) Conceptions et moulabilité des pièces de fixation plastiques

Les pièces ont des géométries qui ne sont pas orientées simplement vers le haut ou le bas, et peuvent ainsi créer des contre-dépouilles dans un moule en deux parties. Les concepteurs utilisant le moulage par injection rapide peuvent résoudre ce problème de différentes manières : par des tiroirs, des zones de fermeture oblique, des inserts manuels et des zones d'éjection en force.

### a) 4.1 Techniques de démoulabilité

#### i) Les tiroirs

La solution la plus simple en cas de contre dépouille est le tiroir : un élément du moule qui agit depuis l'extérieur de la pièce et se déplace perpendiculairement au sens d'ouverture du moule. Les tiroirs créent des formes sur les côtés de la pièce dans le moule fermé, puis s'écartent automatiquement pour permettre le retrait de la moitié A du moule au moment de l'ouverture et l'éjection de la pièce hors de la moitié B. Sur la (Figure 13), un tiroir crée la porte en formant un joint hermétique contre le noyau du côté B lors du remplissage du

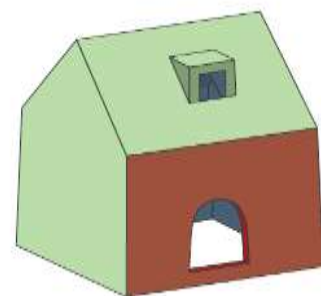


Figure 13:tiroirs



moule, puis en s'écartant pour permettre l'éjection. On peut utiliser une technique similaire pour produire des formes en creux qui créeraient sinon des contre dépouilles.

Bien que les tiroirs soient une solution relativement simple, leur utilisation nécessite la prise en compte de plusieurs facteurs. Tout d'abord, le mouvement de la coulisse doit s'effectuer perpendiculairement au sens d'ouverture du moule. Cette condition serait facile à respecter si on ne devait pas appliquer une dépouille aux parois d'une pièce et si ces parois étaient toujours verticales. Étant donné toutefois que les parois ne sont pas toujours orientées de manière aussi commode, il faut veiller à ce que les tiroirs coulissent (et soient eux-mêmes en dépouille) perpendiculairement au sens d'ouverture du moule et pas nécessairement perpendiculairement aux surfaces sur lesquelles ils se trouvent. Imaginez que la fenêtre de la Figure 13 soit une fenêtre de toit Velux au lieu d'une lucarne (voir Figure 14) Une fenêtre perpendiculaire à la pente du toit se trouvera partiellement bloquée lorsque le tiroir coulissera latéralement. Heureusement, la plupart des programmes de CAO permettent de définir la face ou le plan

Par rapport auquel une forme sera orientée et dépouillée. Dans ce cas, en créant la fenêtre Velux, il suffira de l'orienter perpendiculairement au plan de joint au lieu du plan du toit.

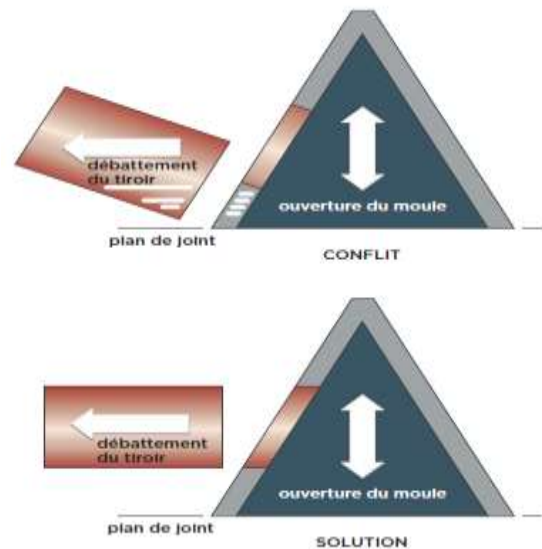


Figure 14:sens du débattement des tiroirs

## ii) Les inserts manuels

On peut toutefois souvent former des contre-dépouilles sur ces surfaces à l'aide d'inserts manuels. Ces inserts font partie du moule lorsqu'on injecte la matière, mais ils sont éjectés avec la pièce, puis retirés, laissant place aux formes en contre-dépouille. La Figure 9 montre 2 inserts manuels et les formes qui en résultent. En remplissant la contre-dépouille et en devenant temporairement un élément de la pièce, l'insert manuel supprime les problèmes d'éjection. Sa fonction est similaire à celle d'un tiroir, mais il s'en distingue à plusieurs égards. Premièrement il fonctionne dans l'ordre inverse d'un tiroir. Au lieu de se retirer avant l'éjection, l'insert manuel est d'abord éjecté puis ensuite retiré. Deuxièmement, les inserts manuels ne fonctionnent pas automatiquement mais ils sont insérés manuellement dans le moule, retirés manuellement de la pièce éjectée et réinsérés manuellement dans le moule. Par



mesure d'efficacité, un moule a généralement plusieurs jeux d'inserts manuels que l'opérateur utilise en alternance.

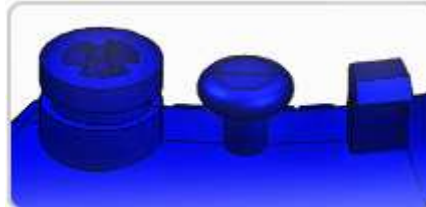


Figure 15 : Cette section de la pièce illustre une gorge pour joint torique et un goujon à tête bombée. On les crée à l'aide d'un insert amovible en deux parties.



Figure 17: On retire manuellement de la pièce



Figure 16: Les zones surlignées contiennent les inserts amovibles que l'on insère manuellement dans le moule avant chaque cycle d'injection

### iii) Les zones d'éjection en force

Lorsque des contre-dépouilles de très petite taille ayant une forme appropriée sont réalisées dans une matière relativement flexible, il existe une dernière solution. L'éjection en force est possible dans le cas d'une légère contre dépouille dans une paroi qui peut fléchir au moment du démoulage pour permettre l'éjection de la pièce sans dommage. Un angle de dépouille approprié entre la pièce et le moule à l'emplacement de la contre dépouille aidera la zone en saillie sur la pièce et les formes du moule à passer les unes sur les autres sans dommage (voir figure 17).

### iv) Les zones de fermeture oblique

Dans certains cas, on peut éliminer le coût et la complexité des tiroirs en utilisant un moule simple en deux éléments comportant des zones de fermeture oblique judicieusement placées. (Zones dans lesquelles les faces des moitiés A et B du moule se déplacent parallèlement l'une par rapport à l'autre pendant l'ouverture du moule). Si nous retirons le seuil de la porte de la maison de la Figure 13 comme illustré à la Figure 18, nous pouvons produire les géométries simplement par l'interaction des moitiés A et B du moule.

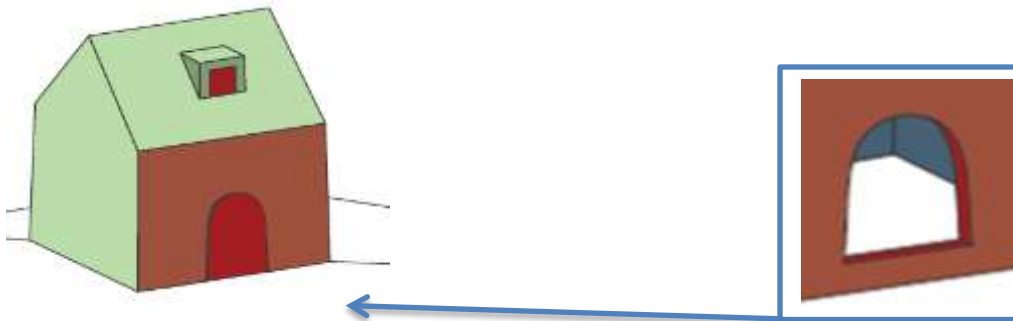


Figure 18 Zone de fermeture oblique

Quand le moule est fermé, une saillie en forme de porte dépasse de la moitié B du moule et vient s'appuyer hermétiquement contre la paroi de la moitié A du moule. Comme il n'y a pas de seuil en bas de la porte, cette saillie de la moitié B n'est pas bloquée et peut sortir par le bas de la porte lors de l'ouverture du moule.

À la différence d'une porte formée par un tiroir, qui est en dépouille vers l'extérieur de la maison, une porte formée par la moitié B du moule est en dépouille vers le bas de la maison pour faciliter l'éjection de la pièce. De même la zone de fermeture oblique (zone de la moitié B du moule où la saillie qui forme la porte rejoint l'intérieur de la moitié A du moule) doit avoir une dépouille minimum de 3°. Cette dépouille est importante pour deux raisons. Tout d'abord elle permet une fermeture hermétique lorsque le moule est verrouillé pour l'injection.

D'autre part, elle permet d'éviter l'usure des surfaces du moule lors de l'ouverture.  
L'usure

Des zones de fermeture oblique peuvent provoquer des fuites de matière entre les faces du moule et créer des bavures disgracieuses (« flash ») qui entravent parfois la fonction de la pièce.

Nous avons montré comment la suppression d'un « seuil » permet d'éliminer la nécessité d'un tiroir, mais il existe aussi des cas où un trou débouchant qui doit être complètement entouré (une fenêtre par exemple) peut être produit à l'aide de zones de fermeture oblique. On obtient ce résultat en profitant d'une dépouille de la paroi supérieure à la normale pour que la fenêtre soit formée partiellement par chacune des deux moitiés du moule. La fenêtre de la Figure 19 est formée par la zone de fermeture oblique de la Figure 20. Dans ce cas, l'angle de la zone de fermeture entre les deux moitiés du moule passe à travers la fenêtre.

Le bord supérieur de la fenêtre est formé par la moitié B du moule et le bord inférieur est formé par la moitié A du moule. Les deux faces du moule doivent avoir un angle de dépouille d'au moins 3° au niveau de la zone de fermeture oblique. À cet effet, la paroi elle-





même doit avoir un angle de dépouille supérieur à  $3^\circ$ . La dépouille supplémentaire nécessaire pour la paroi dépend de la géométrie de la pièce.

(Voir Figure 20)

Comment savoir ? Posez-vous les questions suivantes.

1. Quand vous regardez votre zone de fermeture depuis le haut, voyez-vous clairement le bord 1 et le bord 2 ? Si 2 est masqué par 1, vous ne pouvez pas utiliser ce design pour la zone de fermeture.

2. Est-ce que l'angle entre le bord 1 et le bord 2 est égal ou supérieur à  $3^\circ$  ?

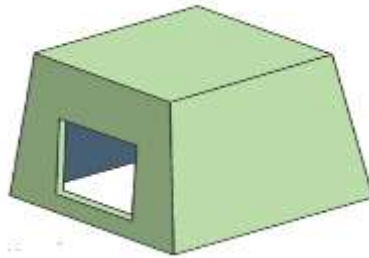


Figure 19 : Zone de fermeture oblique fenêtre

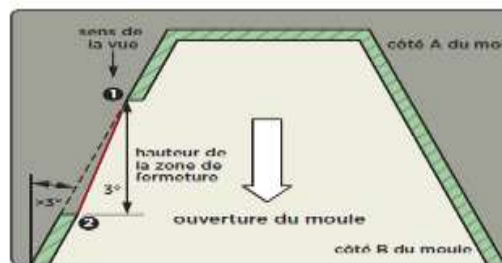


Figure 20 : zone de fermeture oblique de la figure 19 détaillée

Les zones de fermeture oblique peuvent être utilisées pour produire d'autres formes utiles. L'une d'entre elles est un clip comme celui de la (Figure 21). De par sa nature même, le crochet de l'extrémité d'un clip est conçu pour saisir, c'est pourquoi la zone se trouvant sous ce crochet sera généralement en contre-dépouille. En créant un trou dans la pièce, au niveau du dessous du crochet, on obtient le même résultat qu'en supprimant le seuil de la porte dans l'exemple précédent. Ce design permet à une saillie rectangulaire sur une des moitiés du moule de passer à travers la pièce pour créer le dessous du crochet et la face en retrait du clip. La saillie rectangulaire crée une zone de fermeture hermétique en rejoignant les parois de l'autre moitié du moule, qui produit le reste du clip.

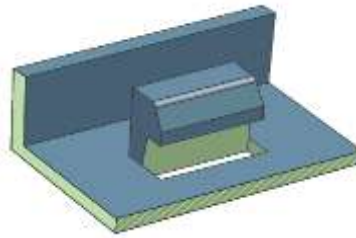


Figure 21 : clip avec zone de fermeture oblique

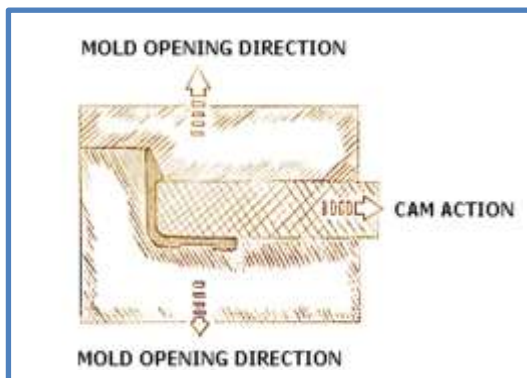


Figure 22 : moulage avec tiroir

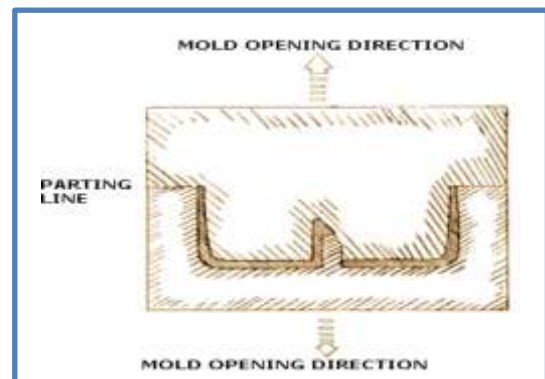


Figure 23 : moulage avec zones de fermeture oblique

## v) Dépouilles et contre-dépouilles

Si la souplesse de la matière ne permet pas le démoulage des pièces avec contre-dépouilles, il faut que le moule comporte des parties mobiles convenables pour permettre le démoulage, ce qui augmente le coût et le risque d'apparition de traces aux plans de jonction de ces parties mobiles.

Pour des raisons techniques et économiques, la conception avec dépouille peut être indispensable pour permettre le démoulage de la pièce. En moyenne, l'angle de dépouille est de l'ordre de  $1^\circ$ . Il peut être plus faible pour les petites pièces ( $0,5^\circ$  ou même  $0,2^\circ$ ) mais devra être augmenté pour les pièces profondes (jusqu'à  $2^\circ$  ou  $3^\circ$ ). Des conditions spéciales de moulage, par exemple cycles plus longs, permettent d'abaisser l'angle de dépouille.

## b) Les règles de métier

### i) **Épaisseur :**

L'Épaisseur de paroi influence fortement de nombreuses caractéristiques clés de pièces, y compris performances mécaniques, aspect esthétique, l'aptitude au moulage, et économie. L'épaisseur optimale est souvent un équilibre entre des tendances opposées, telles



que la résistance par rapport à réduction de poids ou la durabilité par rapport au coût. Donner attention à l'épaisseur de paroi dans la conception fait éviter des modifications coûteuses de moule et des problèmes de moulage dans la production.

Dans les simples sections plates, chaque augmentation de 10% de l'épaisseur de la paroi offre une augmentation d'environ 33% dans la raideur. L'augmentation de l'épaisseur de paroi aussi ajoute du poids, les temps de cycle, et le coût du matériel. Ce qui oblige à utiliser des caractéristiques géométriques - tels que des nervures, des courbes, et des ondulations à raidir la pièce. Ces caractéristiques peuvent ajouter une résistance suffisante, avec une très peu d'augmentation du poids, du cycle du temps, ou du coût.

Ces deux facteurs géométriques et matériels déterminent l'effet de l'épaisseur de paroi sur la performance lors du choc. Généralement, une augmentation de l'épaisseur de paroi diminue la déflexion lors de l'impact et augmente l'énergie nécessaire pour produire la rupture. Dans certains cas, en augmentant l'épaisseur de paroi, on peut rigidifier la pièce au point que la géométrie ne peut pas fléchir et absorber l'énergie d'impact. Le résultat peut être une diminution de la performance à l'impact. Certains matériaux, par exemple en polycarbonate, perdent leur résilience si l'épaisseur dépasse une limite critique connue sous le nom épaisseur critique. Au-dessus de l'épaisseur critique les pièces en polycarbonate peuvent montrer une diminution flagrante de la performance à l'impact. Les parois d'une épaisseur supérieure à l'épaisseur critique peut devenir fragile, plutôt que ductile, au cours de l'impact. L'épaisseur critique réduit avec l'abaissement de la température et le poids moléculaire.

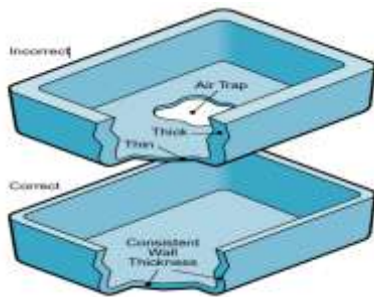


Figure 24: influence de l'épaisseur

- Éviter les designs avec des zones minces entourées par des sections épaisses vue qu'ils abritent des pièges d'air.

- Maintenir une épaisseur uniforme de la paroi.

- Éviter les variations de l'épaisseur des parois, cela résulte en un remplissage des parois minces aux parois épaisses.

- Vider ou redessiner les zones épaisses pour créer une épaisseur de paroi plus uniforme

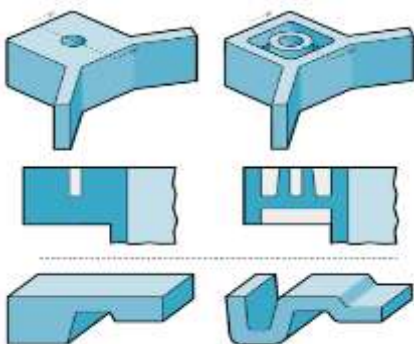


Figure 25 : forme mauvaise gauche /  
forme bonne droite



Conseils à retenir :

- Conserver le plus possible l'épaisseur de la paroi uniforme.
- Utiliser une transition graduelle entre les surfaces fines et épaisses
- L'épaisseur de la paroi doit remplir en même temps la fonction et règles de métiers
- L'épaisseur de la paroi doit être :

0.75mm à 3 mm pour des matériaux renforcés

0.5mm à 5 mm pour des matériaux non renforcés

**ii) Rayon et chanfrein :**

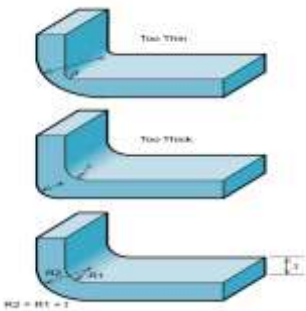


Figure 26 Congé

- Transition plan ou par

- Construire le rayon extérieur de l'épaisseur de paroi plus grand que le rayon intérieur pour maintenir une épaisseur de paroi constante dans les coins.

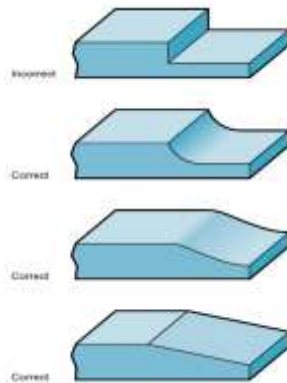


Figure 27 : chanfrein

- Minimiser la tension des transitions par congé ou chanfrein afin d'éviter toute concentration de contraintes.

graduelle entre surface fine et épaisse par rayon

Conseils à retenir :

- Eviter les angles pointus.
- Les rayons internes doivent au moins être de 0.5 et de préférence 0.6 à 0.75 fois l'épaisseur de la paroi.



- Garder l'épaisseur de la paroi au congé le plus possible proche de la valeur nominale d'épaisseur de la paroi, idéalement le rayon extérieur doit être égal au rayon intérieur plus la valeur de l'épaisseur de la paroi.

### iii) Flow leaders and Flow restrictors:

Flow leaders sont des canaux épais qui conduisent l'écoulement de la matière plastique lors de l'injection à des zones loin du point d'injection. Il faut limiter cette surépaisseur à 25% de l'épaisseur de la paroi.

Flow restrictors sont des zones à épaisseur réduite qui modifie la manière de remplissage pour supprimer les pièges d'air.

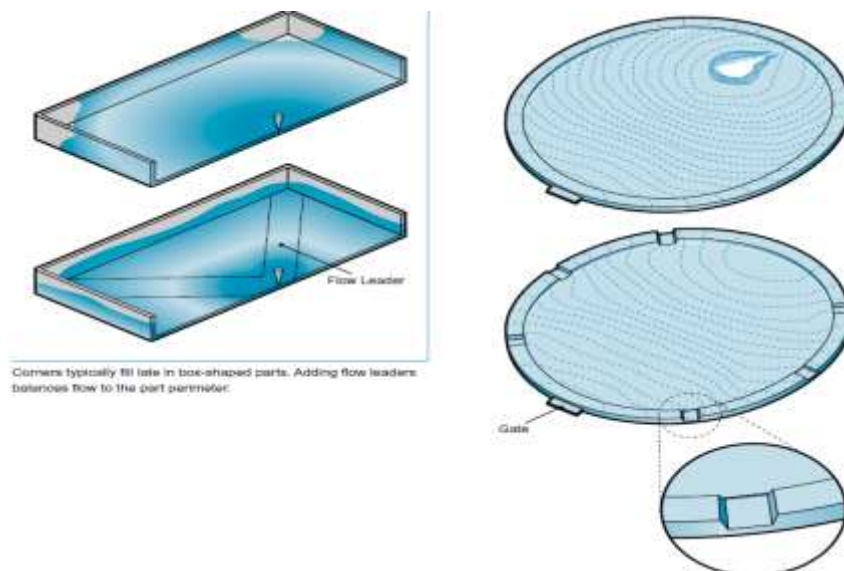


Figure 28 Flow leaders et Flow restrictors

- Etendre la distribution des Flow restrictor sur tout le profil de la pièce afin de mieux diriger l'écoulement.
- Réduire l'épaisseur à 33% au maximum pour des plastiques à fort coefficient de retrait et 50% au maximum pour des plastiques à faible coefficient de retrait.

### iv) Les Nervures :

Les nervures fournissent un moyen économique pour augmenter la rigidité et la force dans les pièces sans augmentation globale d'épaisseur. D'autres utilisations pour nervures comprennent :

- Localisation des composants d'un ensemble;
- Fournir l'alignement dans l'accouplement des pièces



- **Agir comme arrêts ou guides pour les mécanismes.**

La conception de nervure appropriée implique cinq principales questions:

L'épaisseur, la taille, l'emplacement, la quantité et l'aptitude au moulage.

Envisager ces questions avec soin lors de la conception nervures.

De nombreux facteurs interviennent dans la détermination de l'épaisseur de nervure appropriée. Les nervures épaisses causent souvent des problèmes esthétiques et de retassure sur la surface opposée de la paroi à laquelle elles sont fixées. Le matériau, épaisseur de nervure, surface texture, la couleur, la proximité d'un point d'injection, et une variété de conditions de traitement qui déterminent la gravité de la retassure.

Le tableau suivant donne des recommandations pour l'épaisseur de nervure pour une variété de matériaux. Ces recommandations sont fondées sur des observations subjectives dans des conditions communes d'injection plastique:

Resin	Minimal Sink	Slight Sink
PC	50% (40% if high gloss)	66%
ABS	40%	60%
PC/ABS	50%	66%
Polyamide (Unfilled)	30%	40%
Polyamide (Glass-Filled)	33%	50%
PBT Polyester (Unfilled)	30%	40%
PBT Polyester (Filled)	33%	50%

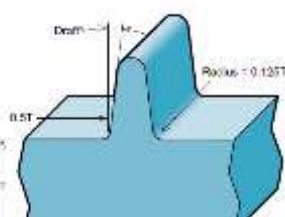
Tableau 5 recommandations épaisseur nervure

Les nervures fines près du point d'injection peuvent être parfois plus difficiles à remplir que ceux qui se trouvent plus loin. Le flux d'injection plastique entrant hésite et se gèle contrairement aux sections épaisses.



Retassure à l'opposé de l'épaisseur de la nervure (Fig 29)

Figure 29: retassure



Pour faciliter l'éjection de la pièce du moule, au moins 0.5 degré de dépouille est requis des deux côtés de la nervure. (Plus d'un degré de

Figure 30: dépouille requise pour nervure



dépouille peut conduire à une réduction excessive de l'épaisseur qui rend difficile le remplissage des longues nervures). (Fig 30)

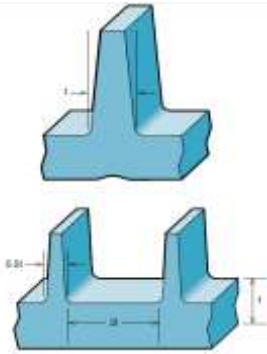


Figure 31: solution des problèmes des longues nervures

généralement les longues nervures procurent un bon support, mais il en résulte des problèmes lors de l'injection et l'éjection ce qui limite leur hauteur à trois fois l'épaisseur de leur base, en plus la prévision d'une dépouille peut amener à un rétrécissement des zones situées en haut de la nervure ce qui rend difficile le remplissage, pour cela il est recommandé de remplacer une longue nervure par deux nervures ou plus de taille plus courte espacées d'au moins

deux fois l'épaisseur de la paroi. (Fig 31)

### Conseils à retenir :

- L'épaisseur de la nervure doit être de 50 à 75% de l'épaisseur de la paroi
- Le rayon de congé doit être de 40 à 50% de l'épaisseur de la paroi
- La profondeur de la nervure ne doit pas dépasser 5 fois l'épaisseur de la paroi
- Les nervures profondes sont plus rigides que les nervures épaisses.
- Les nervures unidirectionnelles doivent être espacées d'au moins 2 ou préférablement 3 ou plus la valeur de l'épaisseur de la paroi

### v) Les Bossages :

Bossages trouvent une utilisation dans de nombreuses conceptions de pièces comme points de fixation et d'assemblage. La variété la plus courante consiste à des projections cylindriques avec des trous conçus pour recevoir des vis filetés, inserts, ou d'autres types de fixation matérielles. En règle générale, le diamètre extérieur du bossage doit rester environ 2,0 à 2,4 fois le diamètre extérieur de la vis ou l'insert.

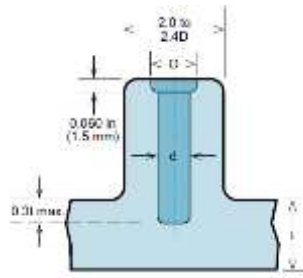


Figure 32: bossage

	<p>Un évidement autour de l'épaisseur de la base d'un bossage réduit les retassures.</p>
	<p>Évitez les bossages qui se collent sur les parois latérales car ils peuvent former des sections épaisses qui conduisent à la formation des retassures. Au lieu de cela, placez les bossages loin de la paroi latérale, et si Au besoin, utilisez des nervures de liaison pour le soutien.</p>
	<p>Pour les bosses près de la paroi on peut utiliser un bossage à style ouvert :</p> <p>Ce genre de bossage garde une épaisseur uniforme</p>



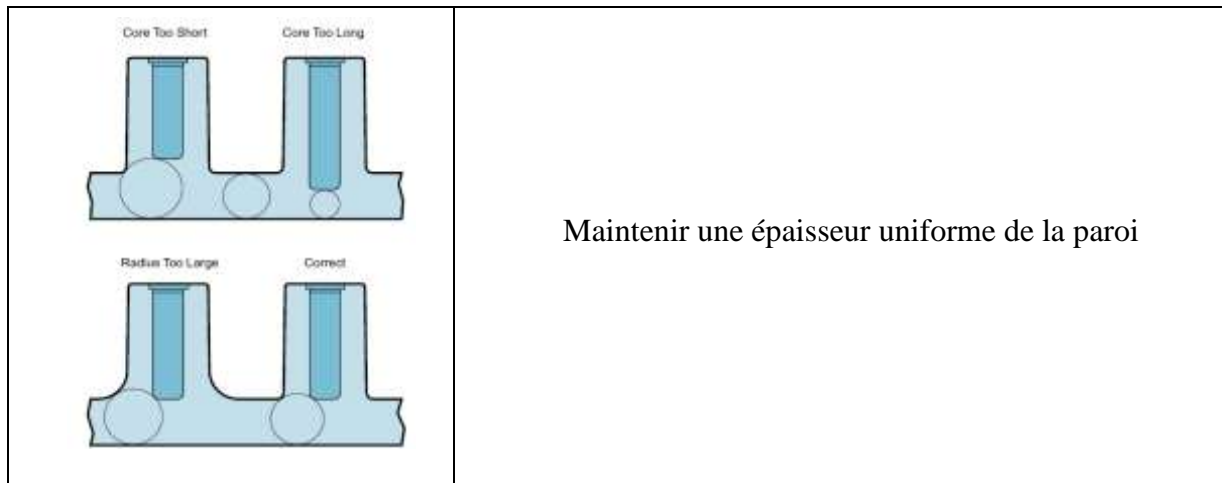


Tableau 6 : règles à respecter pour les bossages

Etant donné la nécessité d'une dépouille, les bossages longs peuvent rencontrer des problèmes de remplissage. Alors on peut procéder comme suite :

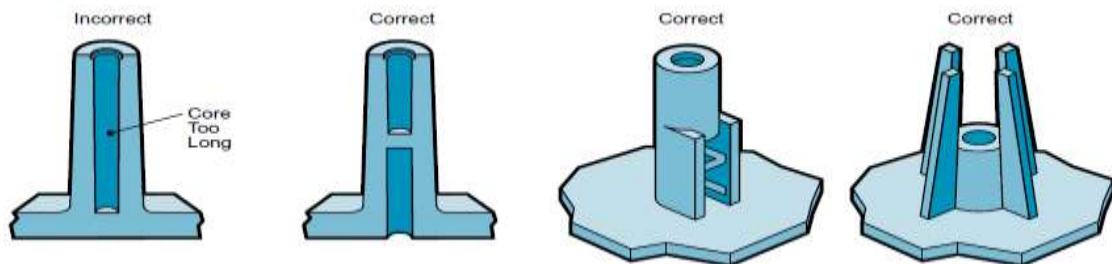


Figure 33: Solutions pour réduire la longueur des trous

Conseils à retenir :

- **Fixer le bossage à la base de la pièce avec des nervures, si le bossage est près de la paroi on utilise une nervure pour la fixer à la paroi**
- **Prévoir la profondeur du trou dans le bossage pour éviter que le vis fasse contact avec le bout.**
- **Utiliser toujours des vis auto taraudeuses conçues pour les plastiques**
- **Se rappeler qu'une élévation de température amène à une baisse de performance**

### vi) Goussets :

Les goussets comme les nervures et les bossages sont prévus pour renforcer la structure de la pièce.



Leur épaisseur est limitée de 0.3 à 0.5 l'épaisseur de la paroi à laquelle ils sont attachés.

Leur conception doit prendre en considération que leur forme assure un bon dégazage lors du moulage.

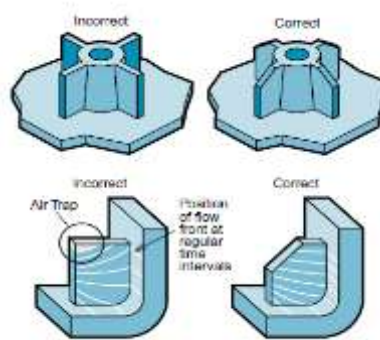


Figure 34 gousset correct droite/ gousset incorrect gauche

### vii) Angle vifs :

Les angles vifs à l'intérieur sont source de concentration de contraintes et par conséquent affaiblissent les performances mécaniques.

Le rapport rayon/épaisseur fait augmenter considérablement la concentration de contraintes lorsqu'il est inférieur à 0.2, contrairement un rapport important conduit à la création des sections larges qui causent des retassures :

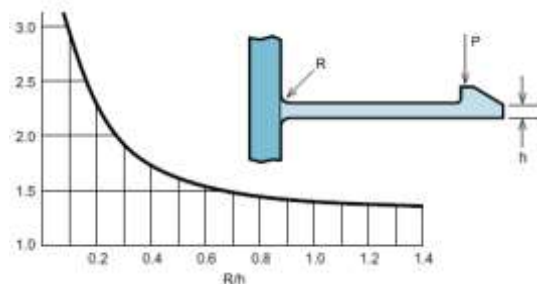


Figure 35: rapport R/h pour la racine de clip

Un rapport de 0.15 offre un bon compromis entre performance et apparence.



## IV - Chapitre 3

# ANALYSE DE CONCURRENCE

&

# BENCHMARKING

### *Résumé*

*Ce chapitre est consacré spécialement à une étude du Benchmarking externe et interne en termes de forme, matière, fixation et sécurité.*

*Cette procédure va permettre d'avoir une idée globale sur les solutions et les méthodes utilisées chez les concurrents et permet un gain significatif en matière du temps et du coût concernant la recherche et l'adaptation des solutions qui vont pallier à des problèmes souvent rencontrés dans la conception des pièces automobiles.*



## A) Introduction :

La méthode de comparaison de l'existant en vue d'atteindre la meilleure performance, appliquée dans un premier temps à la stratégie d'entreprise, s'est étendue ces dernières années à la comparaison des conceptions de produits techniques. Il est alors habituellement fait référence au "Benchmarking Technique". Cette méthodologie a notamment été très fortement développée dans l'industrie automobile (Benchmarking Automobile) où il est vital de concevoir au moindre coût des produits répondant aux justes besoins des utilisateurs en appliquant toutes les technologies disponibles sur le marché.

Les analyses consistent en une étude détaillée des conceptions des véhicules existants sur le marché afin que le concepteur de nouveaux systèmes automobiles puisse bénéficier d'un référentiel lui permettant d'atteindre l'excellence. Ces analyses, d'abord menées uniquement chez les constructeurs automobiles et leurs fournisseurs, sont aujourd'hui fortement externalisées. Une telle démarche permet en effet de mutualiser les coûts et de développer des outils spécifiques efficaces.

Type de BENCHMARKING	Description
<b>Interne</b>	Comparaisons par rapport à plusieurs services internes à l'entreprise
<b>Compétitif</b>	Comparaisons par rapport à des concurrents directs (producteurs de produits similaires)
<b>Fonctionnel</b>	Comparaisons par rapport à des services ou départements extérieurs
<b>Horizontal</b>	Comparaisons par rapport au processus ou méthodes de travail

Tableau 7 : types de Benchmarking



## B) Présentation :

Un pare-chocs est un élément de carrosserie en métal ou en plastique situé devant et derrière une voiture. Il permet d'atténuer les dégâts en cas de collision avec un autre véhicule ou objet.

Les pare-chocs sont obligatoires à l'avant et à l'arrière de la carrosserie des automobiles, afin d'éviter ou de limiter les dégâts d'un choc à basse vitesse sur le véhicule.

Il s'agit à la fois de protéger le véhicule et d'absorber le maximum d'énergie lors d'un choc, via la déformation d'un matériau par exemple, ces déformations pouvant être élastiques (réversibles) ou plastiques (irréversibles).

Les pare-chocs existants ne permettent pas d'absorber des chocs intervenant à une vitesse du véhicule supérieure à 15 km/h sans endommagement de l'habitacle.



Figure 36: Vue éclatée Citroën c4



Figure 37: vue éclatée Ford



Figure 38 : Vue éclatée Toyota



Figure 39 : Vue éclatée Volkswagen



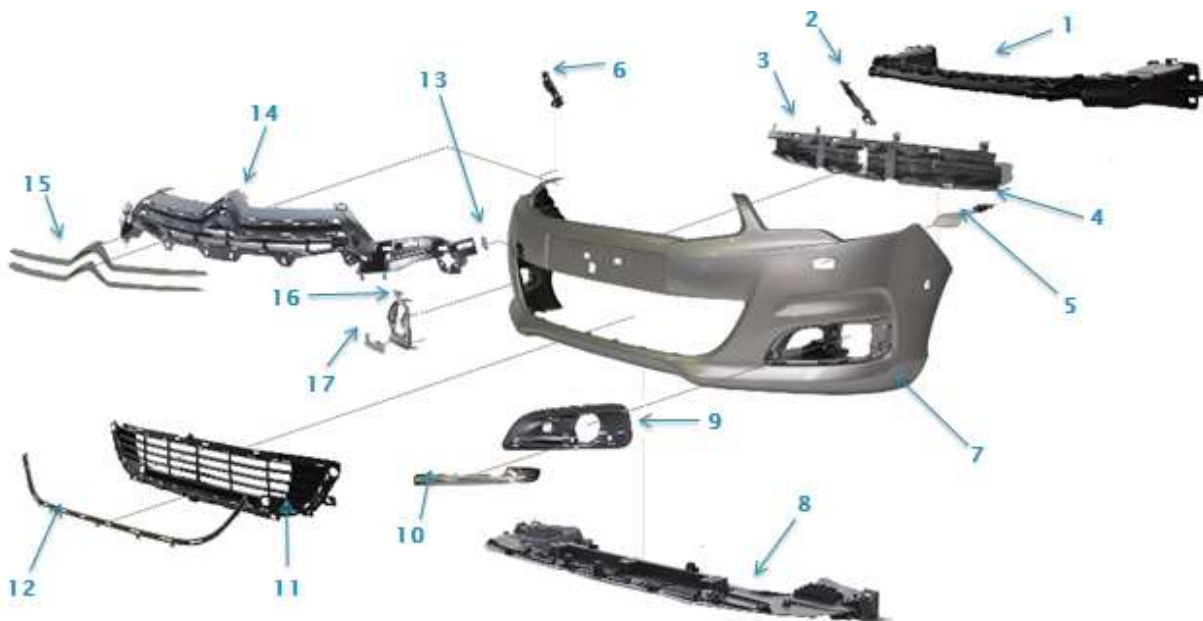
## a) Composants de par choc :

Cas de Citroën C4 1.6 e-HDi Exclusive 2011

### i) **Vue globale**



### ii) **Vue éclatée**



**iii) Composants :**

<u>N°</u>	<u>Nom de pièce</u>	<u>Matériaux</u>	<u>Masse (kg)</u>
<u>1</u>	<u>Traverse inférieure</u>	<u>PP</u>	<u>1,273</u>
<u>2</u>	<u>Fixation latérale gauche du bouclier</u>	<u>PP</u>	<u>0,088</u>
<u>3</u>	<u>Armature centrale</u>	<u>Autres plastiques(P-108-MF10)</u>	<u>0,379</u>
<u>4</u>	<u>Gicleur du système lave-optique</u>	<u>Autres plastiques</u>	<u>0,022</u>
<u>5</u>	<u>Cache gicleur</u>	<u>ABS</u>	<u>0,036</u>
<u>6</u>	<u>Fixation latérale droite du bouclier</u>	<u>PP</u>	<u>0,088</u>
<u>7</u>	<u>Bouclier avant nu</u>	<u>PP</u>	<u>3,033</u>
<u>8</u>	<u>Ecran liaison caisse/bouclier avant</u>	<u>PP</u>	<u>1,517</u>
<u>9</u>	<u>Enjoliveur antibrouillard gauche</u>	<u>PP</u>	<u>0,3</u>

<u>10</u>	<u>Enjoliveur de finition de l'antibrouillard gauche</u>	<u>ABS</u>	<u>0,119</u>
<u>11</u>	<u>Grille centrale inférieure</u>	<u>PP</u>	<u>0,922</u>
<u>12</u>	<u>Enjoliveur de la grille centrale inférieure</u>	<u>ABS</u>	<u>0,133</u>
<u>13</u>	<u>Trappe d'accès anneau de remorquage</u>	<u>PP</u>	<u>0,01</u>





<b><u>14</u></b>	<b><u>Grille centrale supérieure</u></b>	<b><u>PP</u></b>	<b><u>1,182</u></b>
<b><u>15</u></b>	<b><u>Enjoliveur de grille centrale supérieure (principale)</u></b>	<b><u>ABS</u></b>	<b><u>0,17</u></b>
<b><u>16</u></b>	<b><u>Enjoliveur antibrouillard droit</u></b>	<b><u>PP</u></b>	<b><u>0,3</u></b>
<b><u>17</u></b>	<b><u>Enjoliveur de finition de l'antibrouillard droit</u></b>	<b><u>ABS</u></b>	<b><u>0,119</u></b>

## **b) Analyse de concurrence (benchmarking externe) :**

Le benchmarking (analyse comparative) est une technique qui consiste à observer les organisations afin d'identifier les meilleures méthodes d'exécution (best practices) d'une activité donnée.

Cette technique peut s'effectuer en interne, c'est à dire entre les différents services ou unités de l'organisation (benchmarking interne) ; ou en externe par l'observation des méthodes et processus de concurrents évoluant dans son secteur d'activité ou en dehors (benchmarking externe).

### **i) Définition benchmarking externe :**

Le benchmarking Interne : ce type de benchmark se réalise en comparant notre entreprise avec l'entreprise leader sur notre marché. Cela permet de modifier l'organisation en adaptant celle du leader à la nôtre.

### **ii) Organnigramme de développement :**

#### **1) Définition SOD**

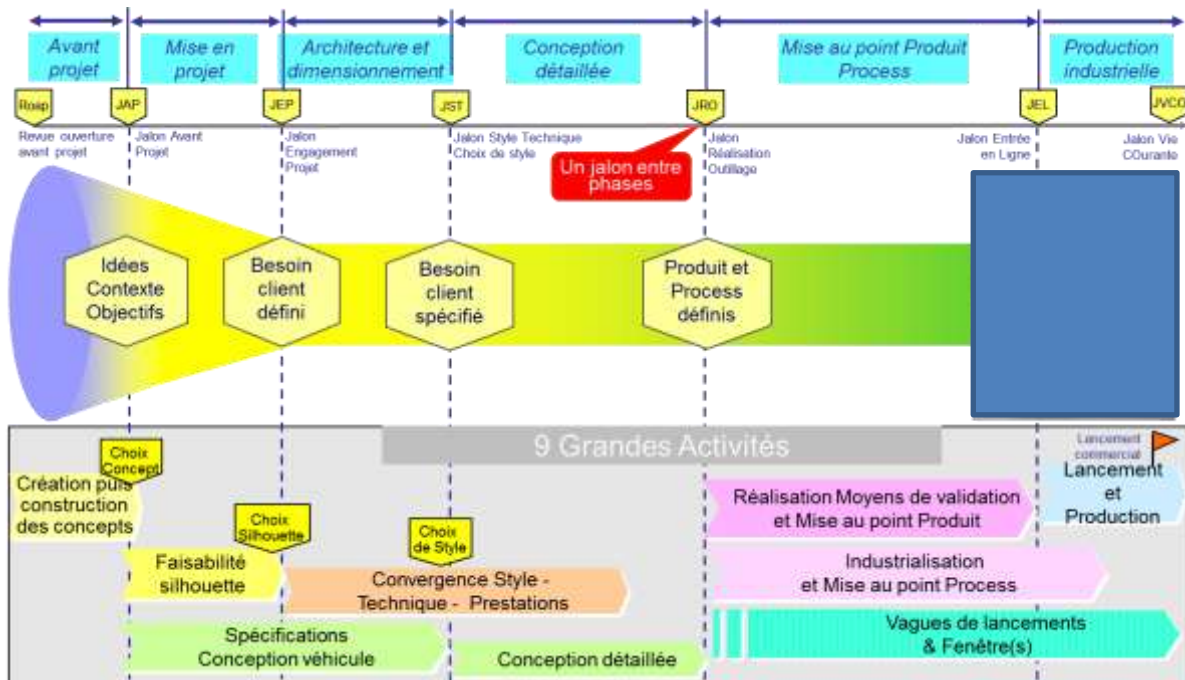
Le SOD est le Référentiel Groupe décrivant la logique d'ensemble et les principales étapes de la Conception, du Développement et de l'Industrialisation

Le SOD s'appuie sur les meilleures pratiques de l'entreprise afin de répondre :

- **Au besoin de renouvellement des modèles**
- **À l'évolution du marché / concurrence**
- **Et à l'évolution des technologies**



## 2) Le SOD véhicule : 6 phases et 9 grandes activités :



## 3) L'important à retenir sur le SOD :

### ✓ Les principes du SOD :

Les validations par le calcul sont corrélées par des essais physiques (mulets, maquettes) avant les RO ;

Le style est réellement gelé suffisamment tôt pour atteindre le niveau de robustesse des RO requis ;

La mise au point produit :

- est réalisée sur des véhicules composés des premières pièces issues des outillages définitifs (IOD)
- est terminée à l'entrée en ligne (JEL)
- est rallongée pour permettre une amélioration de la convergence qualité du projet

### ✓ Le SOD est un outil de compétitivité de l'entreprise pour :

- Réduire les coûts de développement
- Améliorer la qualité au lancement commercial
- Optimiser le temps de mise sur le marché



### c) ANALYSE CONCURRENCE :

#### i) Analyse fixation :

cette analyse va se réaliser sur des pièces essentielles du bouclier de quatre constructeurs :

##### 1) Bouclier nu :





	Citroën C4 1.6 e-HDi	Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium	Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic	Volkswagen Golf VII 1.4 TSi Comfortline	Commentaires
					
<b>TYPE DE FIXATION</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4* (Vis à tête + écrou cag )</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4* clip plastique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 5 * rivet à tête</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2*(Vis à empreinte Torx à embase+ Écrou à clipper pour vis à tôles)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solution volkswagen est la plus économe en matière d'encombrement et de poids</li><li>• Les solutions métalliques peuvent fournir des options anti-vibration et anti-fluage (Écrous à clipper)</li><li>• Les solutions métalliques sont les plus performantes</li></ul>



<b>EMPLACEMENT FIXATION</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sur aile</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sur aile + en bas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rivets en haut + rivets sur aile</li><li>• 3 Clips sur chaque aile</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sur aile</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pour les fixations métalliques, elles sont positionnées sur l'aile. Pour les fixations plastiques, elles sont distribuées sur les zones frontières du bouclier (aile + le haut + le bas)</li></ul>
<b>EMPLACEMENT INDEXATION</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 sur chaque aile + 4 sur la partie supérieure</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3 sur chaque aile + 5 sur la partie centrale + 9 sur la partie supérieure</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aucune</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4 sur chaque aile + 14 sur la partie supérieure</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La solution Toyota est la plus économique et la moins encombrante</li><li>• Volkswagen a utilisé le demi du nombre de fixation qu'a utilisé Citroën ce qui est impacté par un grand nombre d'indexation</li><li>• L'utilisation des clips a suscité la mise en place d'un grand nombre d'indexation</li></ul>



## 2) Grille centrale

	Citroën C4 1.6 e-HDi	Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium	Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic nav. Confort	Volkswagen Golf VII 1.4 TSi Comfortline	Commentaires
					
Type de fixation	2 Vis torx+3 soudage+16 clips	13 Clips	2 Rivet vis+ 1 Vis hexagonale à embase (6 pans) +6 clips	2 Vis à empreinte Torx à embase+ 9 clips	<ul style="list-style-type: none"><li>• Suivant la complexité de la pièce on prévoit de nombreuses fixations dont les types sont différents</li><li>• la solution de soudage ne permet pas la démontrabilité</li><li>• l'utilisation des rivets améliore l'aspect esthétique mais elle est moins performante</li><li>• les vis sont plus performantes mais elles imposent un jeu important</li></ul>
Emplacement fixation	Distribution sur frontière	Distribution sur frontière	Distribution sur frontière	Distribution sur frontière	





<b>Emplacement indexation</b>	<b>7 indexes sur la partie supérieure</b>	<b>Aucune</b>	<b>Aucune</b>	<b>13 indexes sur la partie inférieure</b>	<ul style="list-style-type: none"><li><b>Vu le nombre presque double de fixation qu'a prévu Citroën, l'indexation est réduite à la moitié que celle de Volkswagen</b></li></ul>
-------------------------------	---	---------------	---------------	--	---

3) Pièces de fixation latérales :




	Citroën C4 1.6 e-HDi Exclusive	Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium	Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic nav. confort	Volkswagen Golf VII 1.4 TSi Comfortline	Commentaires
					



<b>Type de fixation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2*(Vis à tête hex+ Ecrou cage) sur chaque aile</li><li>• 4 clips sur bouclier</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2* (Vis à tête hex + écrou à tôle plastique) pour fixation sur aile</li><li>• 3 clips sur bouclier</li><li>• 1 rivet (aile / bouclier)</li></ul> 	<p>Vis hexagonale avec rondelle (6 pans) + 2 fixations</p> <p>3 clips à bascule +Rivet à tête plastique (fixation sur bouclier)</p> 	<p>2*(Ecrou Hexagonal à embase sur chaque pièce)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La fixation est distribuée sur l'interface aile-bouclier</li><li>• Tous les modes utilisent les vis comme solution de fixation</li></ul>
<b>Géométrie</b>	219*77	179*42	301*173	274*89	<ul style="list-style-type: none"><li>• La solution Citroën est la plus complexe bien qu'elle n'a la plus grande dimension</li></ul>
<b>nombre indexation</b>	2 indexes	2 indexes	Aucune	1 indexe sur chaque pièce	<ul style="list-style-type: none"><li>• Toyota n'a pas fait d'indexation</li></ul>



4) Grille inférieure

	Citroën C4 1.6 e-HDi Exclusive 	Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium	Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic nav. Confort 	Volkswagen Golf VII 1.4 TSi Comfortline 	Commentaires
Type de fixation	18 clips+2 soudure		9 clips+ 4 Vis hexagonales avec rondelle	36 clips	L'utilisation des vis et des soudures peut économiser le nombre des clips ce qui diminue la complexité du moulage de la pièce
Emplacement fixation	Les clips se positionnent aux frontières hautes et basses et les deux soudures dans les deux parties latérales		Clips répartis sur la frontière à l'exception de la partie basse, les vis se positionnent aux extrémités des parties latérales	Les clips sont répartis tout au long de la frontière	Les vis sont plus performantes en fixation par rapport aux deux autres genres
Emplacement indexation	2 indexes dans la frontière haute		Pas d'indexation	9 indexes positionnés sur la frontière basse	Volkswagen a fait la fixation la plus complexe en termes de moulage vue le nombre le plus grand d'indexations, ce qui justifie la grande importance de l'utilisation des vis





## ii) Avantages fixations :

**Les Vis** : fixation plus fiable, robustesse, anti-vibration, anti-fluage, démontabilité

**Les rivets** : faciles à mettre en œuvre, légèreté, démontabilité, absence de déformation de la pièce, prix

**Les clips** : pas d'ajouts de matière, jeu plus faible, légèreté, démontable

## iii) Inconvénients fixation :

**Les vis** : prix élevé, déformation de la matière, poids élevé, ajout d'autres pièces pour assurer la fixation, temps de fixation, complexité à mettre en œuvre.

**Les rivets** : problème de robustesse, fluage important, vibration

**Les clips** : complexité au moulage, problème de concentration de contrainte à la racine, vibration, fluage, manque de robustesse.

## iv) Matériaux :

### 1) Elastomères thermoplastiques TPE :

**TPE** est le nom générique de l'**élastomère thermoplastique**, appelé également caoutchouc thermoplastique. Le **TPE** est un matériau caoutchouteux qui peut être transformé par des technologies thermoplastiques comme le moulage par injection.

Les **élastomères thermoplastiques** (TPE) sont des composés fabriqués à partir d'un matériau thermoplastique dur de type PP, PBT ou PA, associé à un matériau caoutchouteux mou et souvent par adjonction d'additifs.

Les principaux avantages des **élastomères thermoplastiques** sont, entre autres, leur meilleure aptitude à la transformation par les procédés thermoplastiques conventionnels comme le moulage par injection, l'extrusion, le thermoformage, le soufflage et autres. Les TPE sont également très faciles à teinter et à surmouler sur divers thermoplastiques, avec une bonne adhérence, ils gardent aussi les propriétés de résilience et d'élasticité des élastomères.

Excellente longévité. ,,

Bonne résistance aux poinçonnements.

Excellente résistance aux produits chimiques et (micro) bactériens.



## 2) Ultramid :

Ce composant est conçu pour satisfaire à la toute dernière législation sur la protection des piétons et exige à ce titre des matériaux extrêmement performants. Le polyamide a été spécialement optimisé pour son comportement au crash et a déjà fait ses preuves sur d'autres pièces automobiles.

Une comparaison effectuée avec un renfort de pare-choc en polypropylène modifié choc (PP) provenant d'un autre constructeur automobile a donné les résultats suivants : le renfort en Ultramid B3WG6 CR de l'Opel Insignia est environ 50 % plus léger que la version en PP (1 kg contre 1,6 kg) et 50 % plus étroite au point le plus large. Des études complémentaires menées sur les deux pièces montrent que le renfort Opel présente une rigidité et une absorption d'énergie près de trois fois supérieure. Compte-tenu du prix du matériau, un renfort en Ultramid CR offre donc à l'utilisateur final un gain de poids d'environ 66 %, pour un coût et une absorption d'énergie équivalents – une qualité importante, en particulier lorsque la place est comptée et les critères de poids très stricts.

### v) Performance sécurité selon Euroncap :

Fondé en 1997, Euro NCAP est composé de représentants de sept gouvernements européens ainsi que des clubs automobiles et des associations de consommateurs de chaque pays européen.

Euro NCAP est rapidement devenu un catalyseur favorisant des améliorations significatives en matière de sécurité dans les nouvelles voitures.

#### 1) Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium



CHOC À LA TÊTE 16 Pts

CHOC AU BASSIN 6 Pts

CHOC AUX JAMBES 4 Pts

La protection offerte par le pare-chocs aux jambes d'un piéton heurté était principalement bonne. Le bord avant du pare-chocs offre une bonne protection dans tous les domaines testés. Dans la plupart des zones susceptibles d'être frappé par la tête d'un enfant, le capot offre une bonne protection. Bien que la protection de la tête d'un adulte ait également été bonne dans la plupart des endroits testés qui ont été classés comme pauvres ou marginales.



2) Citroën C4 1.6 e-HDi Exclusive :



CHOC À LA TÊTE 7.9 Pts

CHOC AU BASSIN 1.5 Pts

CHOC AUX JAMBES 6 Pts

La zone de pare-chocs a marqué le maximum de points pour la protection offerte à la jambe d'un piéton. Le bord avant du capot, où la partie supérieure de la jambe d'un piéton aurait un impact, offre majoritairement une pauvre protection. Le haut du capot où la tête d'un enfant ou un adulte de petite taille auraient une incidence offre des niveaux mixtes de protection. Toutefois, la protection offerte aux adultes était extrêmement pauvre sur toute la surface.

3) Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic nav. Confort :



CHOC À LA TÊTE 16.8 Pts

CHOC AU BASSIN 2 Pts

CHOC AUX JAMBES 6 Pts

Le pare-chocs a marqué le maximum de points pour sa protection des jambes des piétons. Le bord avant du capot fourni une bonne protection au bassin vers le centre de la voiture, mais a été médiocre sur les bords extérieurs. De même, le capot fourni une bonne protection à la tête du piéton heurté dans certains domaines, mais la protection était pauvre pour la tête d'un adulte autour des piliers du pare-brise.



#### 4) Volkswagen Golf VII 1.4 TSi Comfortline :



CHOC À LA TÊTE 14.8 Pts

CHOC AU BASSIN 2.8 Pts

CHOC AUX JAMBES 6 Pts

Le pare-chocs a marqué le maximum de points pour sa protection des jambes des piétons. Le bord avant du capot montré un niveau marginal de protection dans toutes les zones testées. Dans la plupart des zones du capot susceptible d'être frappé par la tête d'un enfant, la protection a été bonne tandis que la protection offerte à la tête d'un adulte était majoritairement pauvres ou marginales.

##### ▪ *Commentaire*

A partir de cette comparaison on voit que Ford a eu la note la plus faible concernant la performance du parechoc en matière de sécurité ce qui laisse penser que la source du problème réside dans le fait que l'ajout de l'absorbeur de chocs dans les extrémité gauche et droite du bouclier a entrainé une non uniformité de répartition des forces de l'impact et la réaction résultante sur les jambes du piéton, ou une mauvaise conception des courbures de cette zone.





## d) Le BENCHMARKING interne

### i) Définition

- **Le BENCHMARKING Interne** : comme son nom l'indique le benchmarking interne se réalise sans analyse externe. Il s'agit de réaliser une comparaison entre plusieurs services/produits de l'entreprise pour déterminer le meilleur fonctionnement en interne et l'appliquer si besoin est à tous les autres services.




### ii) Analyse

#### 1) Sécurité :



Protection des piétons selon euro NCAP

BON  SATISFAISANT  MOYEN  MEDIOCRE 

 <p>pxx</p>	 <p>Citroën C4 CACTUS</p>	 <p>pxxx</p>
<p>CHOC A LA TETE 12.5 PTS CHOC AU BASSIN 3.5 PTS CHOC AUX JAMBES 6 PTS</p>	<p>CHOC A LA TETE 17.2 PTS CHOC AU BASSIN 6 PTS CHOC AUX JAMBES 6 PTS</p>	<p>CHOC A LA TETE 3 PTS CHOC AU BASSIN 2.1 PTS CHOC AUX JAMBES 6 PTS</p>



résultats exprimés en pourcentage satisfaction		
22.0 pts 61%	29.2 pts 80%	11.1% 31%
Synthèse		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Le parechoc a fourni une bonne protection pour les piétons et la voiture a marqué le maximum de points dans cette zone.</li><li>• Le bord avant du capot a révélé un niveau marginal de protection offerte aux piétons.</li><li>• Dans la plupart des zones où la tête d'un enfant pourrait frapper, le capot fourni une bonne protection, mais elle est remarquablement pauvres dans les zones susceptibles d'être frappé par la tête d'un adulte.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Le pare-chocs a marqué le maximum de points, avec une bonne protection dans toutes les zones testées.</li><li>• Le bord avant du capot a réussi le test avec un résultat maximum de 6 pts.</li><li>• Pour la tête d'un piéton, le capot fournit une bonne et une adéquate protection avec des résultats médiocres enregistrés uniquement sur les montants de baie raides.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Le capot a fourni une mauvaise protection dans toutes les zones qui pourraient être frappées par la tête d'un adulte.</li><li>• Pour la tête d'un enfant, la protection offerte était majoritairement pauvre, mais elle est bonne dans certaines régions centrales du capot.</li><li>• Le pare-chocs fourni une bonne protection aux jambes des piétons</li></ul>

Tableau 8: Synthèse sécurité



## 2) Qualités & défauts

	pxx	cc	pxxx
<b>LES PLUS - QUALITÉS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Comportement routier exemplaire</b></li><li>• <b>Un style plus entretenu qu'avant</b></li><li>• <b>Qualité de finition pas mal</b></li><li>• <b>Confort de suspension appréciable</b></li><li>• <b>précision de conduite.</b></li><li>• <b>Poids réduit</b></li><li>• <b>Consommations basses</b></li><li>• <b>Prix compétitif</b></li><li>• <b>Motorisations modernes et efficaces</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Confort au top</b></li><li>• <b>Style inimitable/originalité</b></li><li>• <b>Protections bienvenues pour la ville</b></li><li>• <b>Personnalisation</b></li><li>• <b>Prix raisonnable</b></li><li>• <b>Comportement sûr à défaut d'être amusant</b></li><li>• <b>Poids réduit</b></li><li>• <b>Consommations basses</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Qualité de finition qui inaugurerait une nouvelle génération de Pxxx. Très bonne mais pas parfaite non plus car Certains plastiques restent plutôt grossiers</b></li><li>• <b>Excellente tenue de route</b></li></ul>
<b>LES MOINS - DÉFAUTS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>La nouvelle disposition du bloc compteur apporte un aspect pratique mais l'esthétique est discutable</b></li><li>• <b>Un intérieur qui prend la poussière</b></li><li>• <b>fragilité des plastiques intérieurs</b></li><li>• <b>Lisibilité des compteurs pour certains</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Mauvaise qualité de finition</b></li><li>• <b>banquette d'un seul bloc, comme sur les petites citadines lowcost ...</b></li><li>• <b>Pas de vitre arrière ouvrable</b></li><li>• <b>Petit coffre (358 litres)</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>bruits parasites dans le tableau de bord</b></li><li>• <b>fragilité des plastiques intérieurs</b></li><li>• <b>moquette du sol de mauvaise qualité</b></li><li>• <b>habillage habitacle à l'usure rapide</b></li><li>• <b>irrégularité dans</b></li></ul>



	<b>Carrosserie peu protégée</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Faible visibilité</b></li><li>• <b>Comportement peu dynamique</b></li></ul>	<b>la finition du tableau de bord côté passager</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>boîte à gants minuscule</b></li><li>• <b>Poids élevé</b></li><li>• <b>Prix</b></li><li>• <b>Visibilité avant et arrière</b></li></ul>
--	---------------------------------	--	--

Tableau 9:Qualité défaut

### 3) Fixation

Les problèmes de fixation traitée dans cette partie sont à la base des avis des utilisateurs internautes de ces modèles.

cc : aucun commentaire négatif concernant les problèmes de fixation du bouclier (il faut prendre en considération que la voiture est récemment sortie)

pxx : aucun commentaire négatif concernant les problèmes de fixation du bouclier

pxxx : pour ce modèle le problème de fixation est remarquablement élevé





#### 4) Exemples d'insatisfactions rencontrées :

Bonjour à tous, [pxxx]  
Etant possesseur d'un [pxxx] je rencontre le problème suivant:  
Le parechoc avant se déclipse au niveau de la jonction de l'aile avant gauche, je tiens à préciser que ce véhicule n'a jamais subit de choc!  
D'après Peugeot Perpignan, c'est sûrement une agraphe cassée ou le parechoc cassé qui n'est pas pris sous garantie car d'après eux le véhicule aurait subit un choc?  
Actuellement à Millau ce mois je vais le laisser à Peugeot pour un devis et une réparation avec une demande de garantie  
Je trouve que cette fixation est quand même légère pour un élément aussi important!  
Sur le web plusieurs cas de perte de parechoc en roulant, sur des modèles récents.

Posté le 05-09-2013 à 15:59:41

Bonjours à tous, [pxxx]  
Je suis propriétaire d'un [pxxx] pack.  
La voiture a 35 000 km, elle n'a jamais été accidentée et le bas de mon pare chocs avant c'est détaché, sans aucune raison valable, sur l'autoroute à 130 km/h...  
Je suis en colère car ça a mis en danger ma femme et mes enfants ainsi que les autres automobilistes.  
Je suis donc à la recherche de personnes ayant rencontré le même problème ou ayant eu connaissances de cette "défaillance" sur le 3008.  
Après avoir navigué sur différents sites, j'ai appris que mon cas n'est pas isolé et que même certains 3008 avaient été rappelés par Peugeot pour réparer ce défaut de fabrication.

Posté le 06-09-2013 à 09:49:12

Moi aussi ça m'a étonné quand ça met arrivé...  
Mais il y a un réel problème de conception à ce niveau, il faut donc rester vigilant. C'est la jupe en plastique noir en bas du pare chocs qui se déclipse. Ca peut paraître anodin comme ça, mais en cas de chute sur l'autoroute comme pour moi ça peut générer un accident.

comme beaucoup de chose sur nos voiture, il n'y a plus de vis mais des clips, et ainsi le temps de montage est réduit.  
même 1 min de gagner par voiture, ça représente combien en gain d'argent sur un modèle du début à la fin de sa vie ???



### iii) Analyse technique

#### 1) Fiche technique

	pxx	cc	pxxx
	Confidentiel	Confidentiel	Confidentiel
<b>Année de production</b>	2012	2013	2009
<b>Dénomination du projet</b>	A9	E3	T84
<b>Gamme &amp; Segment</b>	Citadine /5portes Segment B	Citadine/5p Segment C	Cross-Over Compact/5p
<b>Poids</b>	1067.978 kg	1150 kg	1544.716 kg

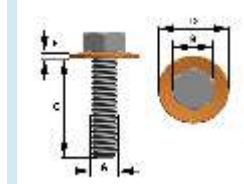


**Boucliers**

<b>Boucliers</b>			
	<b>Confidentiel</b>		<b>Confidentiel</b>
<b>Matériaux</b>	<b>93.73% PP 5.14% ABS 1.12% AUTRE</b>		<b>78.65% pp 15.15% ASA.SMA 5.34%ABS 0.86% AUTRE</b>
<b>Poids total</b>	<b>4.892 kg</b>		<b>8.840 kg</b>
<b>Dimensions</b>	<b>Largeur 1697 mm Hauteur 612 mm</b>		<b>Largeur 1730 mm Hauteur 720 mm</b>

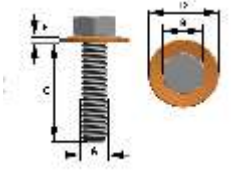


**Fixation  
bouclier nu**



**Vis  
métrique/hexagonale  
avec rondelle**

**QTY/4**

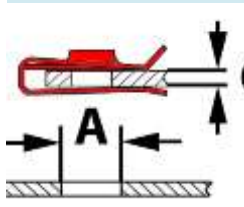


**Poids : 0.0108**

**Vis  
métrique/hexagonale  
avec rondelle**

**QTY/2**

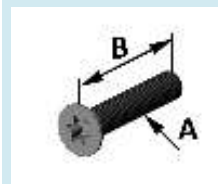
**Poids : 0.0080**



**Ecrou à pincer pour  
vis métriques**

**QTY/6**

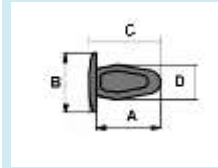
**Poids : 0.0038**



**Vis torx femelle**

**QTY :2**

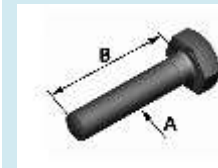
**Poids : 0.0050**



**Clip plastic**

**QTY/2**

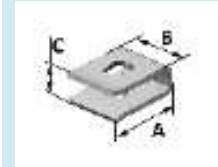
**Poids : 0.0010**



**Vis à tête hex**

**QTY/2**

**Poids : 0.0085**



**Ecrou cage**

**QTY/2 Poids : 0.0040**

**Synthèse**

pxx et pxxx utilise le même nombre de fixation sauf que la 1<sup>er</sup> véhicule a une fixation totalement métallique avec des rondelles et des écrous à pincer pour chaque vis et la 2eme combine la solution plastique et métallique avec des écrous cage pour 2 vis seulement et sans rondelles ce qui pourrait être la raison potentielle des insatisfactions des clients



2) Bouclier Pxx :

Confidentiel

3) Bouclier Pxxx

Confidentiel



4) Cc

# Confidentiel

**iv) Interface grille inf / bouclier**

1) pxx

# Confidentiel



2) Pxxx

Confidentiel

3) Cc

Confidentiel

v) Interface grille inf /protecteur

1) pxxx

Confidentiel



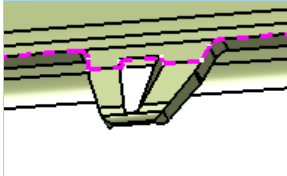


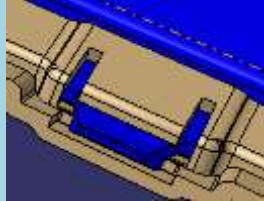



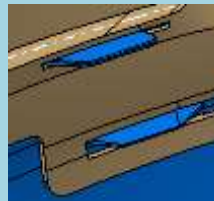
**vi) Interface bouclier /protecteur**

1) Pxxx :

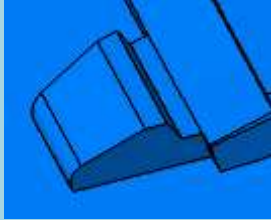
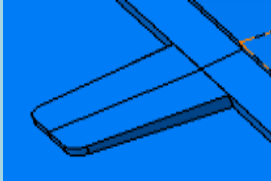
**Confidentiel**





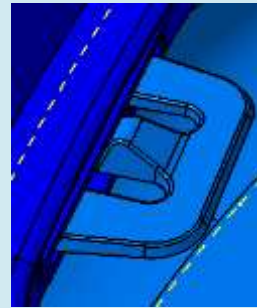
	Bouclier Pxx	Bouclier Pxxx	Citroën CC	
<b>FIXATION &amp; indexation INTERFACE GRILLE INF/BOUCLIER AVANT</b>	 <p>9 CLIPS</p>		 <p>2 clips avec agrafe métallique</p>	
	 <p>8 indexes</p>	 <p>7 CLIPS</p>	 <p>1 indexe</p>	
	 <p>3 clips proches de la zone grille sup</p>			 <p>14 clips</p>
			 <p>7 indexes</p>	



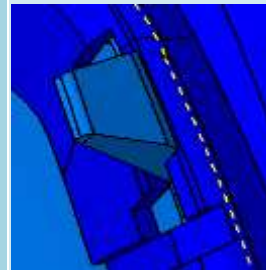
<p><b>Synthèse 1</b></p>	<p>La fixation est répartie sur toute la frontière de la grille comme le cas de la majorité des véhicules étudiés dans la partie concurrence</p>	<p>La fixation est répartie juste sur la partie sup de la grille avec 7 clips et un seul indexe</p> <p>La partie inf de la grille est fixée sur le protecteur</p>	<p>La grille n'a pas une fixation directe avec le bouclier, mais elle est incluse dans le protecteur fixé au bouclier à sa frontière sup</p>
<p><b>FIXATION</b></p> <p><b>interface PROTECTEUR INF /GRILLE INF</b></p>		 <p>7 clips (partie sup)</p>  <p>1 indexe (partie sup)</p>	



**FIXATION  
INTERFACE  
BOUCLIER  
AVANT /PROTECTEUR  
INF**



**2 clips sur chaque coté**



**2 clips a crochet sur  
chaque coté**

**Synthèse 2**

**Le protecteur est intégré dans le  
pare choc**

**Vu le grand nombre d'insatisfaction des  
clients il est évident que cette fixation est  
insuffisante ou bien le type de cette fixation  
(clips) n'est pas convenable comme solution**

**Le protecteur est la grille inf  
représente une seul pièce**



# K = Chapitre 4

## Cas pratiques : Sujet 1 & Sujet 2

### *Résumé*

*Ce chapitre se présente comme un cas pratique de conception de deux solutions améliorées pour les deux problèmes déjà cités dans le chapitre précédant, d'abord une étude de la fixation du bandeau de protection tout au long de son interface et suggestion d'une solution mieux adaptée, ensuite une nouvelle conception du presseur qui prendra en compte une fixation métallique et des améliorations déjà perçues chez des concurrents.*



## A) Sujet 1 : étude de la fixation du bandeau de protection au-dessous du bouclier avant de Pxxx

### a) Présentation :

Comme précédemment cité en Benchmarking, le protecteur situé en bas du parechoc se détache sous l'effet de pression d'air à une vitesse de 130 Km/h ce qui représente un grave problème de sécurité.

Alors nous avons jugé nécessaire de réaliser une étude sur la fixation du protecteur au niveau de ses deux interfaces afin de savoir l'efficacité et le comportement de cette fixation au cas où l'on applique une force sur la surface apparente du protecteur.

La première approche que l'on a prise est d'analyser la flèche et la contrainte sur plusieurs clips dont les paramètres sont différents (largeur, hauteur, épaisseur).

Deuxièmement, on a analysé toute la structure du protecteur sous CATIA pour repérer les zones fortement sollicitées et leur attribuer une fixation mieux adaptée.

# Confidentiel

Tableau 10: position du protecteur en bas

### b) Etude des Clips

#### i) **Résultats obtenus :**



- Les résultats obtenus sont classés selon la section variable ou constante.

Contrainte de Von mises (N/m <sup>2</sup> )	Déplacement (mm)	P (N)	
<b>CLIP A SECTION CST</b>			
T=2mm b= 6mm L = 10 mm	1.01*10 <sup>8</sup>	2.82	21.89
t= 2mm B=6 mm L=6 mm	6.34*10 <sup>7</sup>	0.934	22.36
t=2mm b= 6mm L = 4 mm	3.78*10 <sup>7</sup>	0.392	18.90
t=2mm b= 10 mm L = 4 mm	4.41*10 <sup>7</sup>	0.455	31.51
t=2mm b= 10 mm L = 6 mm	7.39*10 <sup>7</sup>	1.03	37.27
t=2mm b= 10 mm L = 10 mm	1.05*10 <sup>8</sup>	2.96	36.49
t=2mm b= 16 mm L = 10 mm	9.32*10 <sup>7</sup>	3.12	58.38
t=2mm b= 16mm L = 6 mm	6.86*10 <sup>7</sup>	1.15	59.64
t=2mm b= 16 mm L = 4 mm	3.73*10 <sup>7</sup>	0.532	50.42
<b>CLIP AVEC SECTION VARIABLE</b>			
b= 6 L=10	1*10 <sup>8</sup>	3.65	21.89
B=6 L=6	7.7*10 <sup>7</sup>	1.1	22.36



<b>B=6</b> <b>L=4</b>	$4 \cdot 10^7$	0.3	18.90
<b>B=10</b> <b>L=10</b>	$1.1 \cdot 10^8$	3.7	36.49
<b>B=16</b> <b>L=10</b>	$1.1 \cdot 10^8$	3.8	58.38
<b>B=10</b> <b>L=6</b>	$7.9 \cdot 10^7$	1.13	37.27
<b>B=16</b> <b>L=6</b>	$8.9 \cdot 10^7$	1.2	59.64
<b>B=10</b> <b>L=4</b>	$5.2 \cdot 10^7$	0.4	31.51
<b>B=16</b> <b>L=4</b>	$5 \cdot 10^7$	0.5	50.42
<b>Clip Pxxx</b>			
<b>B=16</b> <b>L=2</b>	$5.08 \cdot 10^7$	1.14	74

- La force P est calculée selon les dimensions du clip.

Le déplacement est repéré du point d'application de la force P, et la contrainte Von Mises est repérée à la racine du clip.

### ii) Choix du meilleur clip :

Le choix des meilleurs clips est basé sur la force P, le déplacement Y et la concentration de contrainte.

Classé 1er : 4 points – Classé 2ème : 2 points – Classé 3ème : 1 point

Force P : la plus grande est la mieux classée.

Flèche et contrainte Von Mises : les plus faibles sont les mieux classées

	Force P	Déplacement Y	Contrainte Von Mises
Clip 7	2	1	1
Clip 8	4	2	2
Clip 9	4	4	1

Tableau 11 : Déplacement et Contrainte Von Mises

Le meilleur clip d'après l'analyse est le clip 9 :  $t=2\text{mm}$   $b=16\text{ mm}$   $L=4\text{ mm}$ .



**iii) Les cas étudiés théoriquement :**

Clip Pxxx (t=2 mm ; b=16mm ; l=2mm)

clip 9 : (t=2mm ; b=16 mm; l=4mm)

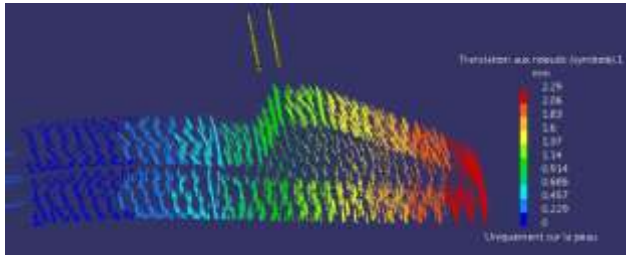


Figure 40: déplacement clip Px

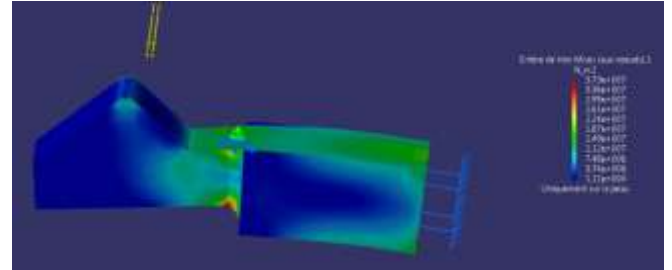


Figure 43 : déplacement clip 9

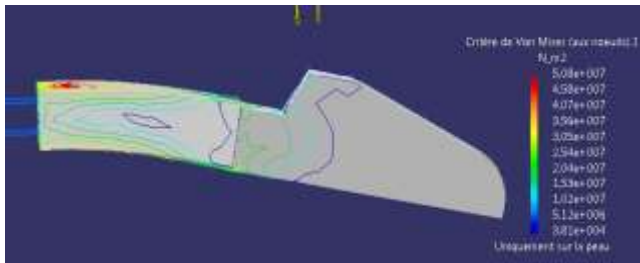


Figure 42 : Critère Von Mises clip Px

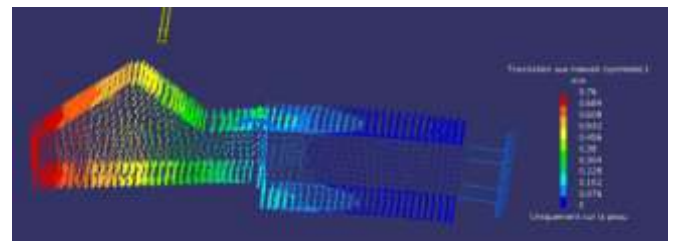
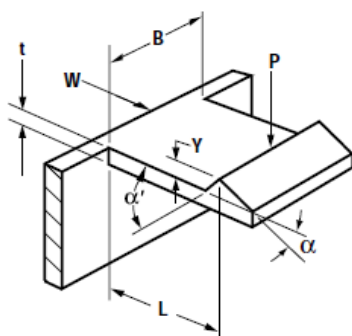


Figure 41 : Critère Von Mises Clip 9

**1) Calcul théorique :**

**FORCES APPLIQUEES:**



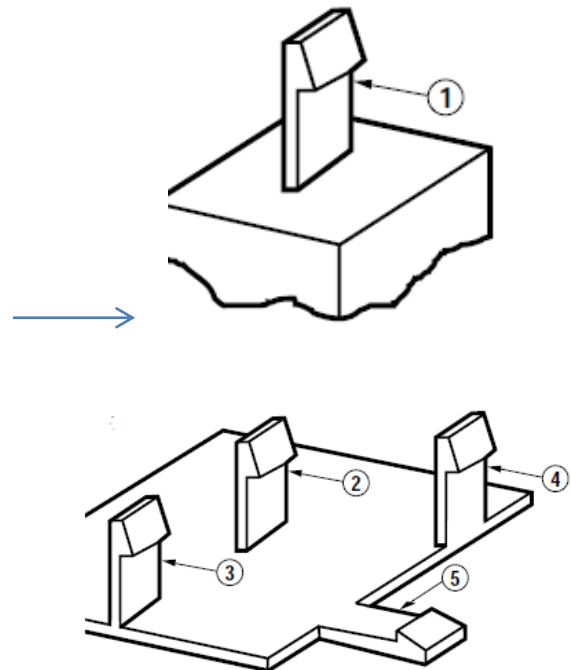
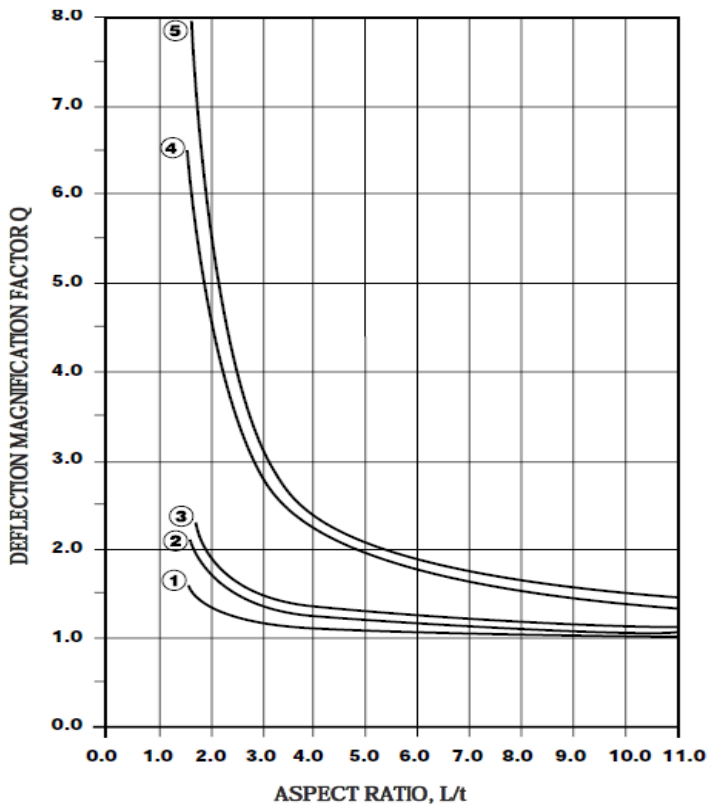
$$W = P \frac{\mu + \tan \alpha}{1 - \mu \tan \alpha}$$

$$W' = P \frac{\mu + \tan \alpha'}{1 - \mu \tan \alpha'}$$

$$P = \frac{Bt^2 \epsilon E}{6LQ}$$

- W = FORCE DE MONTAGE
- W' = FORCE DE D2MONTAGE
- P = FORCE PERPENDICULAIRE
- $\mu$  = Coefficient de friction
- $\alpha$  = angle de montage
- $\alpha'$  = angle de démontage
- Q = facteur de déflexion





### DEFLECTION MAX

$$Y_{\max} = \frac{\epsilon_0 L^2 Q}{1.5 t}$$

Avec

$$\epsilon_0 = 1.5 - \frac{tY}{L^2 Q}$$

Après calcul on a obtenu les résultats suivants :

### Clip 9:

Matériau : (polypropylène)

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$L = 4 \text{ mm}$$

$$B = 16 \text{ mm}$$

$$E = 1300 \text{ MPA}$$

$$\mu = 0.4$$

$$\alpha = 30.0^\circ$$

$$\alpha' = 45^\circ$$

$$L/t = 2 \text{ mm} \rightarrow Q = 5.5$$

$$Y_{\max} = 1.9 \text{ mm}$$



$P = 50.42\text{N}$  ;  $W = 64.07\text{N}$  ;  $w' = 117.64\text{N}$  pour  $\alpha' = 66^\circ$   $W' = 1313.3$

Clip PXXX :

Matériau : (polypropylène)

$t = 2\text{ mm}$

$L = 2\text{ mm}$

$B = 16\text{mm}$

$Y = 1.6\text{mm}$

$E = 1300\text{ MPA}$

$\mu = 0.4$

$\alpha = 18^\circ$

$\alpha' = 66^\circ$

$L/t = 1\text{mm} \rightarrow Q = 8$

$P = 74\text{N}$  ;  $W = 61.65\text{ N}$  ;  $w' = 1927\text{ N}$

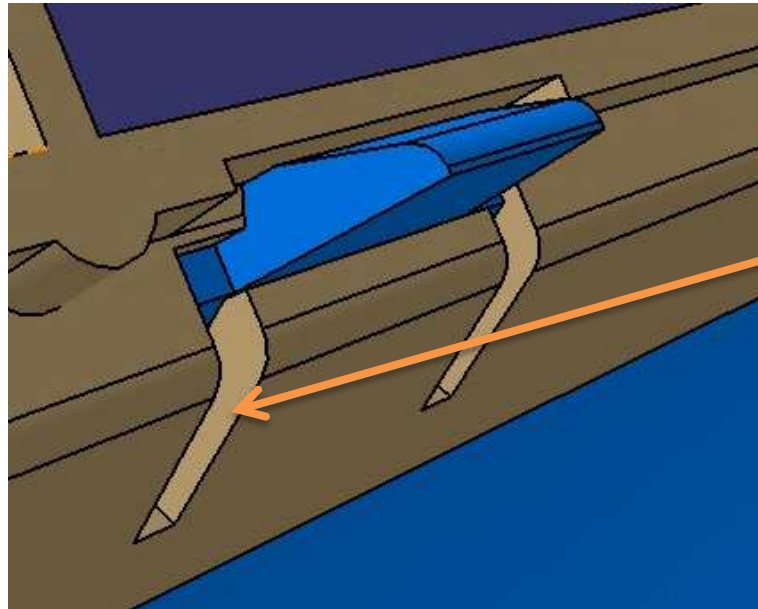
$Y_{\text{max}} = 1.6\text{ mm}$

## 2) Synthèse :

- D'après les différents cas de figure, on remarque qu'une concentration de contrainte au-delà de la limite élastique au niveau de la racine du clip est toujours présente, sauf dans le cas du clip PXXX qui entraîne cette concentration dans la structure du protecteur, ce qui peut entraîner une plastification dans ces zones.
- Le clip PXXX est plus rigide ce qui ne remplit pas la fonction du clip qui est censé avoir un minimum d'élasticité dans sa structure pour éviter des problèmes de rupture lors d'un démontage brusque.
- Le clip 9 a la flèche la plus faible compte tenu de la force  $P$  de  $50.42\text{ N}$  et présente une contrainte qui dépasse la limite élastique de seulement 19%.
- Le clip à section variable se fléchit sensiblement plus que celui à section constante mais à un niveau de concentration plus faible ce qui justifie son utilisation dans des pièces à montage/démontage fréquent.
- Les résultats obtenus sont à la base d'un PP de  $1.3\text{Gpa}$  en module de Young un changement de matériaux peut atténuer cette concentration et la rendre plus favorable pour la fixation.
- La géométrie du clip 9 prévoit une augmentation du pas de  $1.9\text{ mm}$  par rapport à celui de PXXX rendant la force requise pour le démontage plus importante.



#### iv) La tige de renfort clip :



Tige de renfort

L'utilité de cette tige réside dans le fait qu'elle augmente de façon considérable la force de démontage en appliquant une force dans le sens contraire de P.

Nous avons réalisé une extraction de la tige de renfort du corps de la grille pour effectuer un calcul de structure sur CATIA Analysis :

Les résultats obtenus ont divulgué que pour avoir une flèche égale au pas Y on doit appliquer une force de 90N pour le clip PXXX et 111N pour les autres clips, cela veut dire que la rigidité du clip PXXX peut induire une rupture,

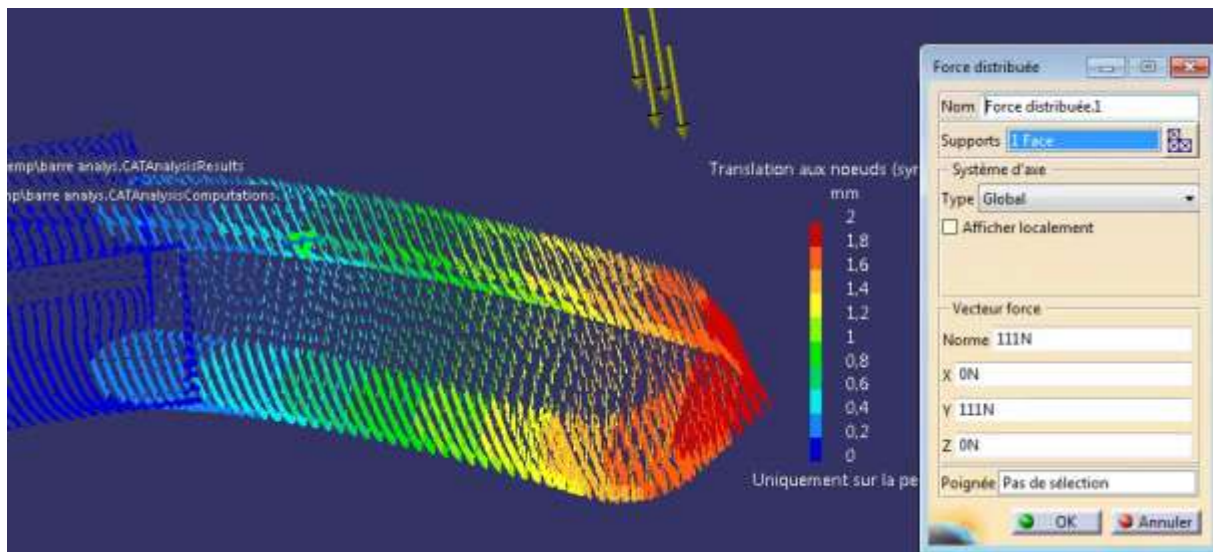


Figure 44 Force appliquée pour les cas de figure Y=1.9mm

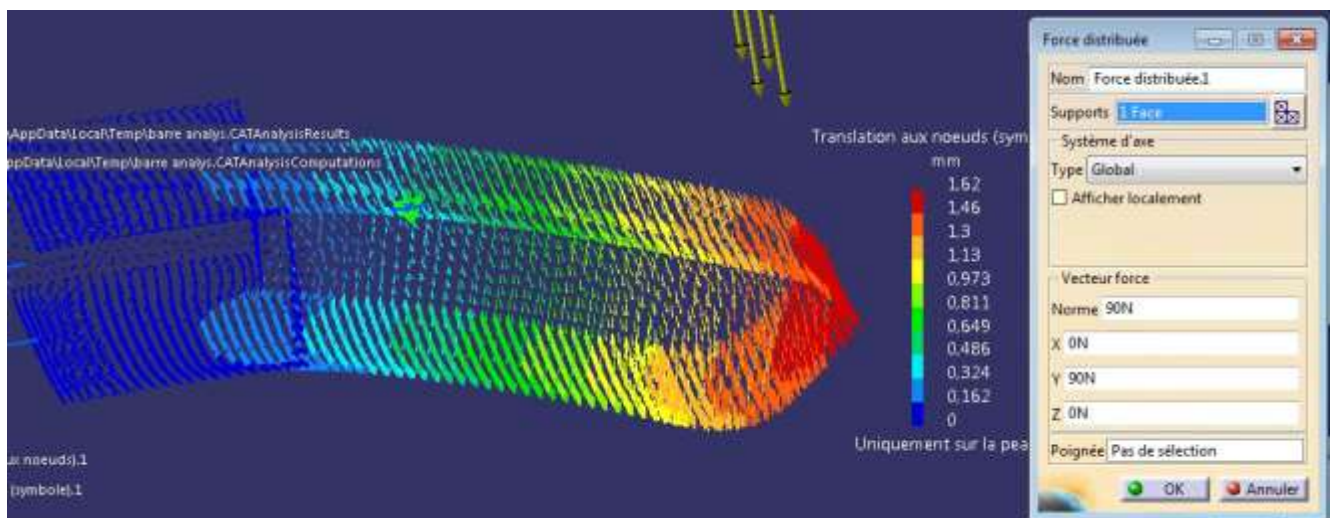


Figure 45 Force appliquée pour le cas de Px Y=1.6mm

### v) Conclusion :

Le clip PXXX remplit toutes les exigences sauf qu'il a une grande rigidité le privant de se fléchir et d'absorber des chocs éventuelle et qu'il propage le contrainte vers des zones autres que ses racines.

Le clip 9 assure une bonne flexibilité et une contrainte concentrée à ses racines, au détriment d'une force de démontage plus faible que celle de celui de PXXX.



c) Détection de l'ensemble des fixations fortement sollicités lors de l'application d'une charge sur le protecteur :

On applique une charge équivalente à un poids de 30Kgs sur le protecteur et on procède à un calcul d'analyse pour repérage des zones critiques de la structure :

- **Encastrement : Zones de fixations déterminées par le constructeur.**
- **Charge : 30Kgs appliquée dans le plan (XZ) représentant une sollicitation éventuelle lors de L'utilisation quotidienne.**

Les résultats obtenus reflètent une vive concentration de contrainte dans la zone des clips à bascule qui relie le protecteur au bouclier

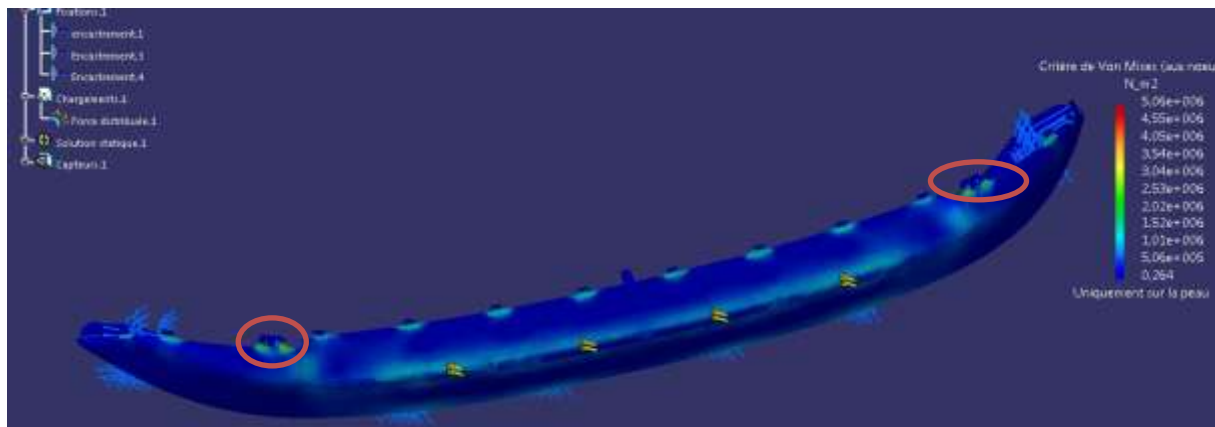


Figure 46 Zones fortement sollicitées.

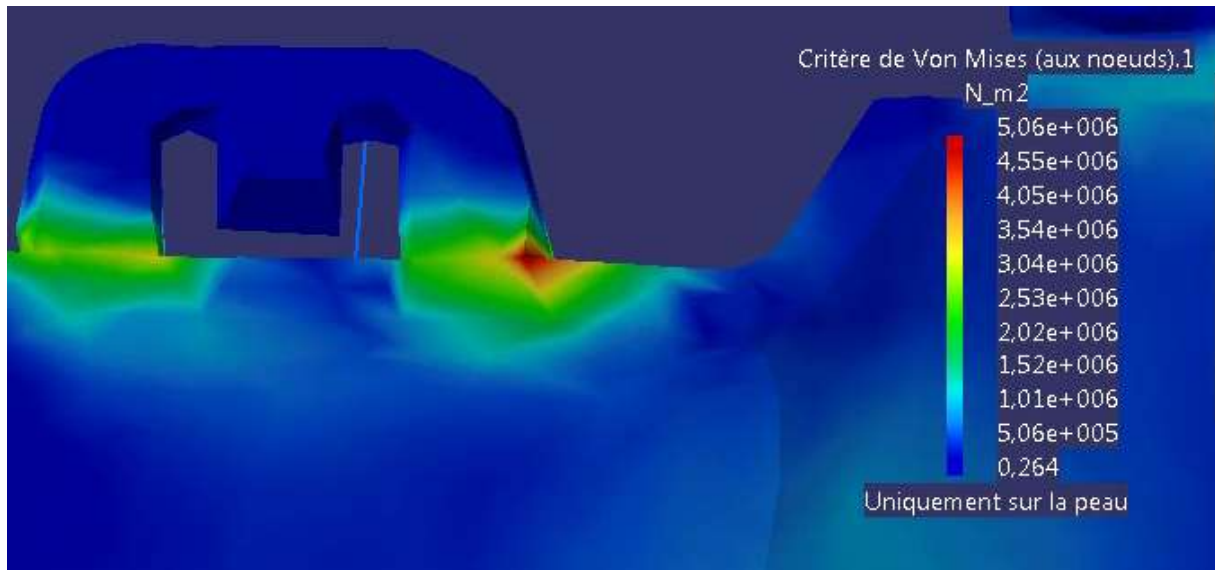


Figure 47 Concentration de contrainte dans la racine du clip à bascule

### 1) Synthèse :

Cette zone fortement sollicitée exige une fixation qui supporte encore plus de charge et ne se détache pas dès le premier choc ou l'application d'une force modérément importante (ex : force aérodynamique si le véhicules roule en autoroute), ce qui nous amène à suggérer une solution présentant d'avantage d'effort de fixation et permettant à pallier à ce problème.

#### Solution Type 1 :

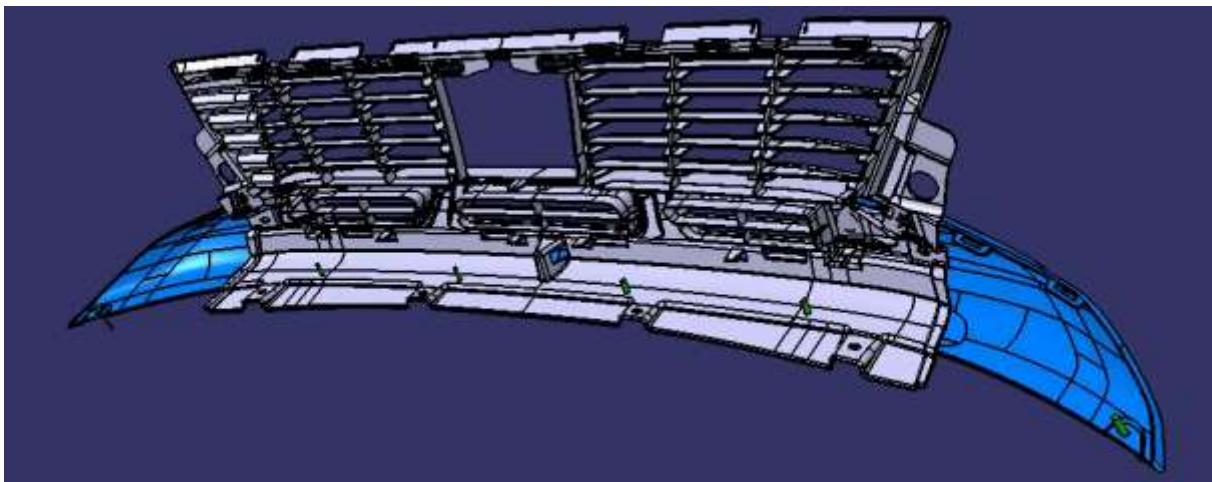
- Agrafe nez de cochon
- Rivet
- Vis écrou à clipper





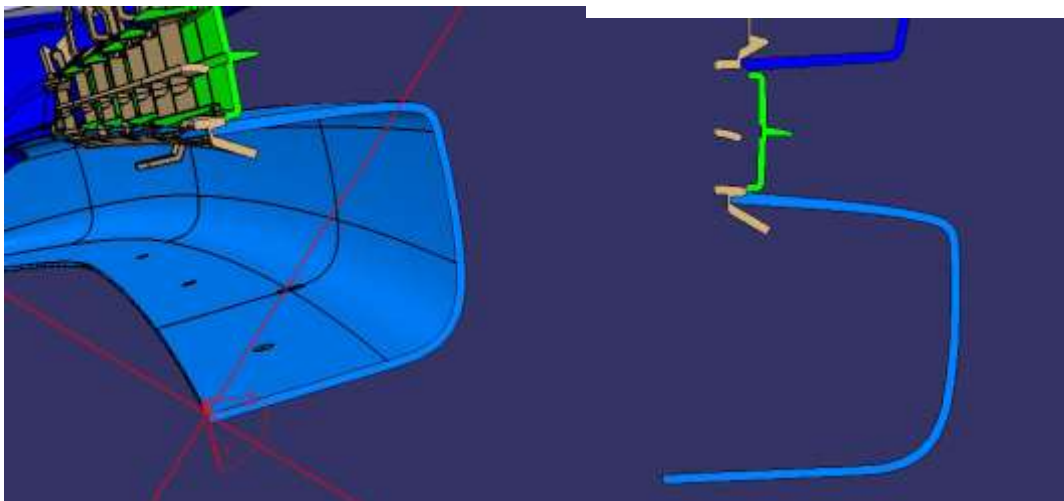
Ces solutions sont classées par prix, difficulté de mise en œuvre, temps de fixation, et possibilité de démontage.

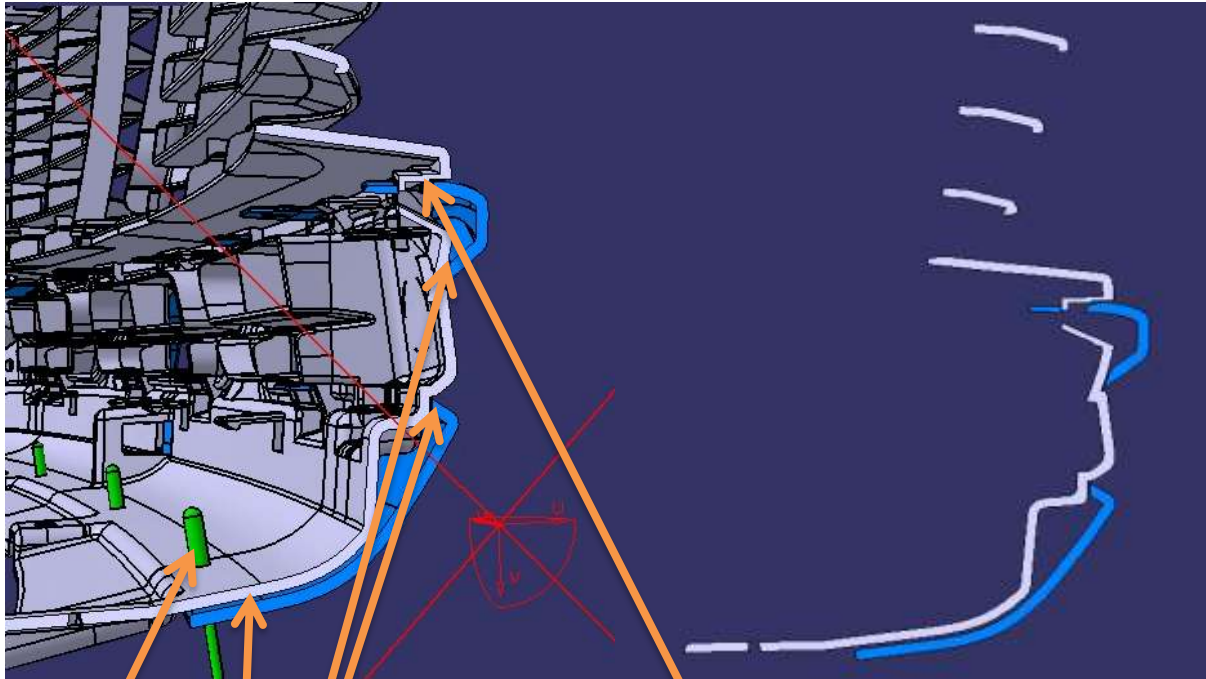
**Solution type 2 :**



Cette solution prévoit l'ajout d'un barreau support renforçant la structure du bandeau protecteur éliminant ainsi l'effet de flexion qu'applique la force normale à la surface du bandeau ( force aérodynamique).

Situation précédente :





Vis

Clip

Zone de  
renforcement





## **B) Sujet 2 : Etude et conception de la pièce de fixation latérale dans l'interface bouclier /aile**

### **a) Présentation:**

En Benchmarking, des réclamations clients ont été citées à propos du détachement du parechoc au niveau de la jonction aile, d'après le synoptique de montage qu'on va voir par la suite il s'est avéré que l'aile est en plastique et qu'il y a une absence totale de fixation métallique, et que l'aile/bouclier sont juste clipés dans cette zone, ce qui laisse penser que la source du problème est très probablement liée à cette configuration,.

Tout en faisant une comparaison entre plusieurs marque de voitures, on a constaté que la plupart des configurations suivent le modèle normal ou l'aile est métallique et une fixation métallique est toujours utilisée, alors nous avons adapté cette nouvelle configuration à notre cas.

b) Comparaison des presseur Pxx/ Pxxx:


	Pxx	Pxxx
		
<b>Fixation</b>	<p>2 vis hexagonale avec rondelle (6 pans) (fixation sur aile/bouclier)</p>  <p>2 clips (sur bouclier)</p>	<p>(Vis à tête hex métallique+ écrou à cage)+ 2 clips (fixation de la pièce 1 sur le bouclier)</p> <p>2 Vis à tête hex métallique (fixation sur tôle)</p>
<b>Indexation</b>	Indexation sur bouclier	-
<b>matériau</b>	-	PP-20%TD
<b>Remarques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La solution Pxx est la moins complexes au niveau du design</li> <li>• Assure moins de fixation au niveau du bouclier</li> <li>• Assure une fixation sur l'aile par deux vis</li> <li>• Difficile à démonter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La solution Pxxx est constituée de deux pièces différentes</li> <li>• Complexe</li> <li>• Fixation supplémentaire entre les deux pièces</li> <li>• Cout élevé</li> <li>• Pas de fixation sur l'aile</li> </ul>

Figure 48 : Comparaison Pxx/ Pxxx



### c) Synoptique de montage ( Pxxx/interface aile bouclier )

#### i) Pxxx :

##### Etape 1

On relie les deux parties de la fixation sur aile comme indiqué.



##### Etape 2

On la fixe sur le support métallique par deux vis.





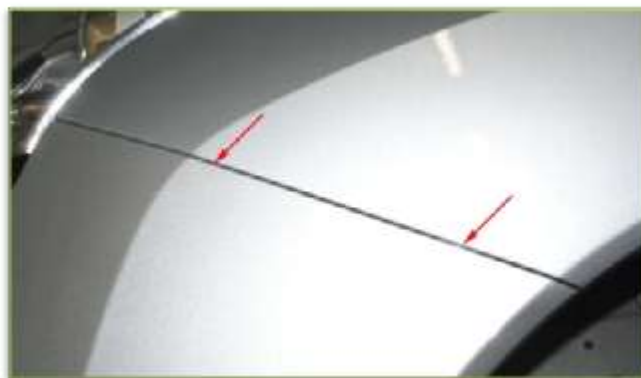
### Etape 3

On met l'écrou à cage pour préparer la fixation du bouclier



### Etape 4

On fait le clipsage du bouclier sur la fixation sur aile ensuite on fixe avec la vis (3)





ii) Pxx:

Etape 1

Clipsage de la fixation latérale sur le bouclier.



Etape 1

Le bouclier est rattaché à l'aile par l'intermédiaire de deux vis écrou à pincer.





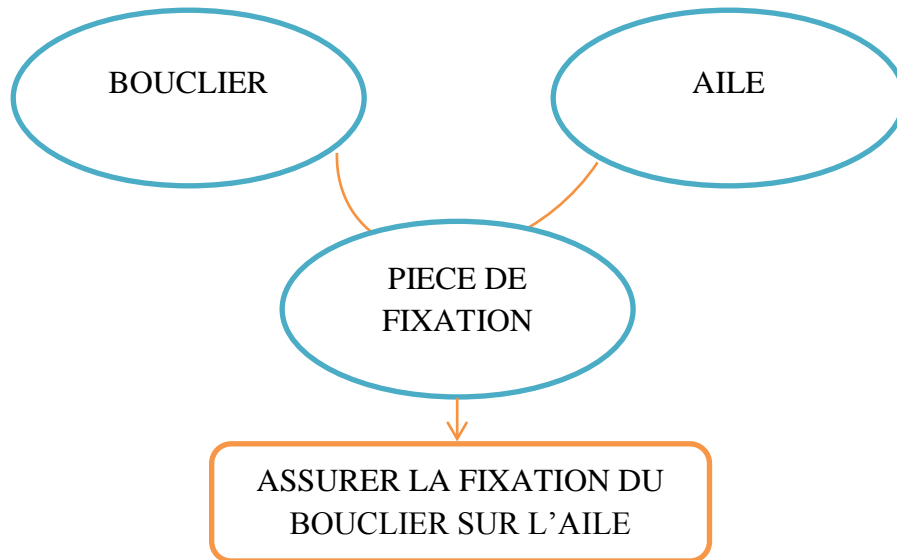
D'après le synoptique de montage et le benchmarking de Pxxx on peut déduire que l'aile est fabriquée en plastique:

- **Pas de fixation métallique entre l'aile et la pièce de fixation**
- **L'aile est clipsée sur la pièce de fixation**
- **Le montage de l'aile est du bouclier par clipsage en sandwich**
- **L'ordre de montage (Montage de la pièce en premier puis le clipsage de l'aile et du bouclier)**
  - ✓ **L'aile en plastique est un cas très exceptionnel, car généralement on la trouve en matière métallique, ce qui peut justifier la majorité des problèmes rencontrés dans le benchmarking de ce modèle.**
  - ✓ **Pour la résolution du problème, on est devant deux possibilités :**
    - Garder l'aile en plastique et lui fournir sa propre fixation (solution complexe et fait appel à une modification de la structure du renfort)**
    - Rendre l'aile métallique et faire la conception de la pièce de fixation latérale en s'inspirant du modèle largement utilisé par les autres constructeurs et l'adapter à son environnement déjà existant.**
  - Solution choisie : Rendre l'aile métallique et refaire la conception de la pièce de fixation latérale. Cela permet d'assurer :**
    - ✓ **Une fixation plus fiable qui intègre des fixations métalliques plus rigides.**
    - ✓ **Eviter des détachements signalés lors du benchmarking (réclamation client concernant le détachement de la jonction aile gauche).**
    - ✓ **Economiser le cout de fabrication de la pièce.**
    - ✓ **Assurer davantage de sécurité.**
    - ✓ **Economiser les dégâts matériels lors d'un choc à basse vitesse (non détérioration de l'aile)**

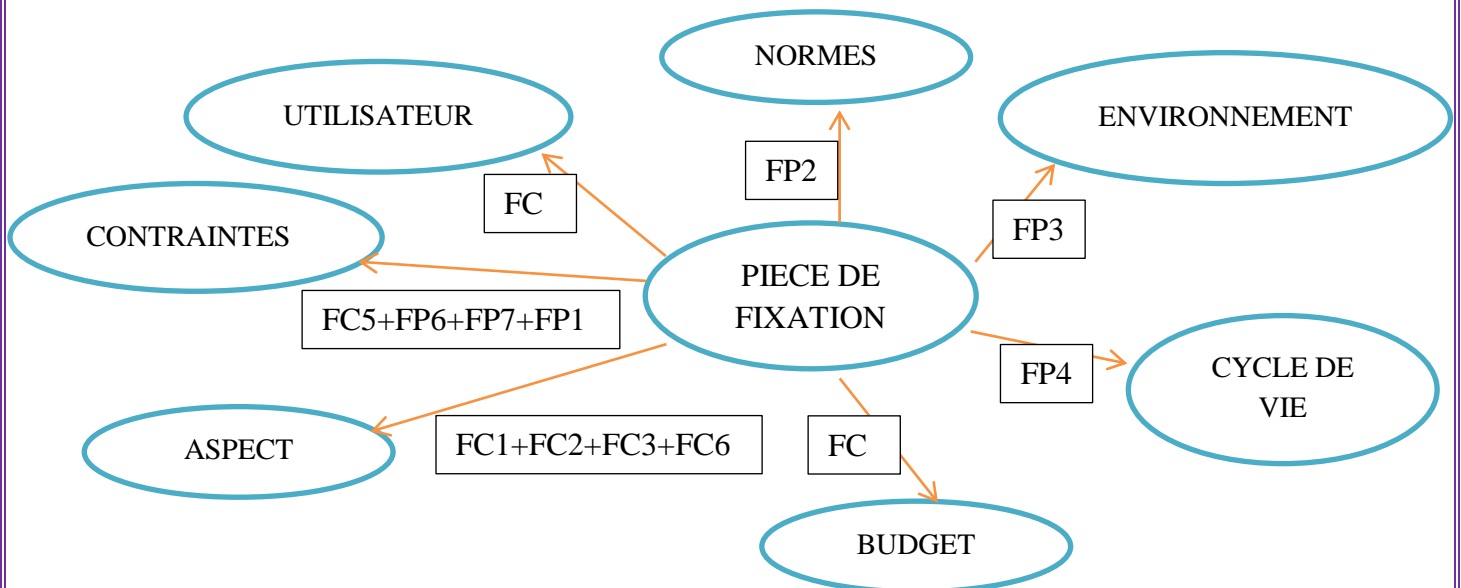


d) Analyse fonctionnelle :

i) **BETE A CORNE :**



ii) **PIEUVRE :**



FP1 : assurer la fixation du bouclier sur l'aile

FP2 : respecter les normes

FP3 : la pièce doit être adoptable à son environnement

FP4 : plus de 5 cycles d'utilisation



FP5 : démoulabilité

FP6 : respecter les chaînes de cotes

Fp7 : supporter les sollicitations subies en service

FC1 : annuler le problème de queue de billarde

FC2 : annuler le problème d'affleurement

FC3 : diminuer le jeu entre le bouclier et l'aile

FC4 : facile en montage et démontage

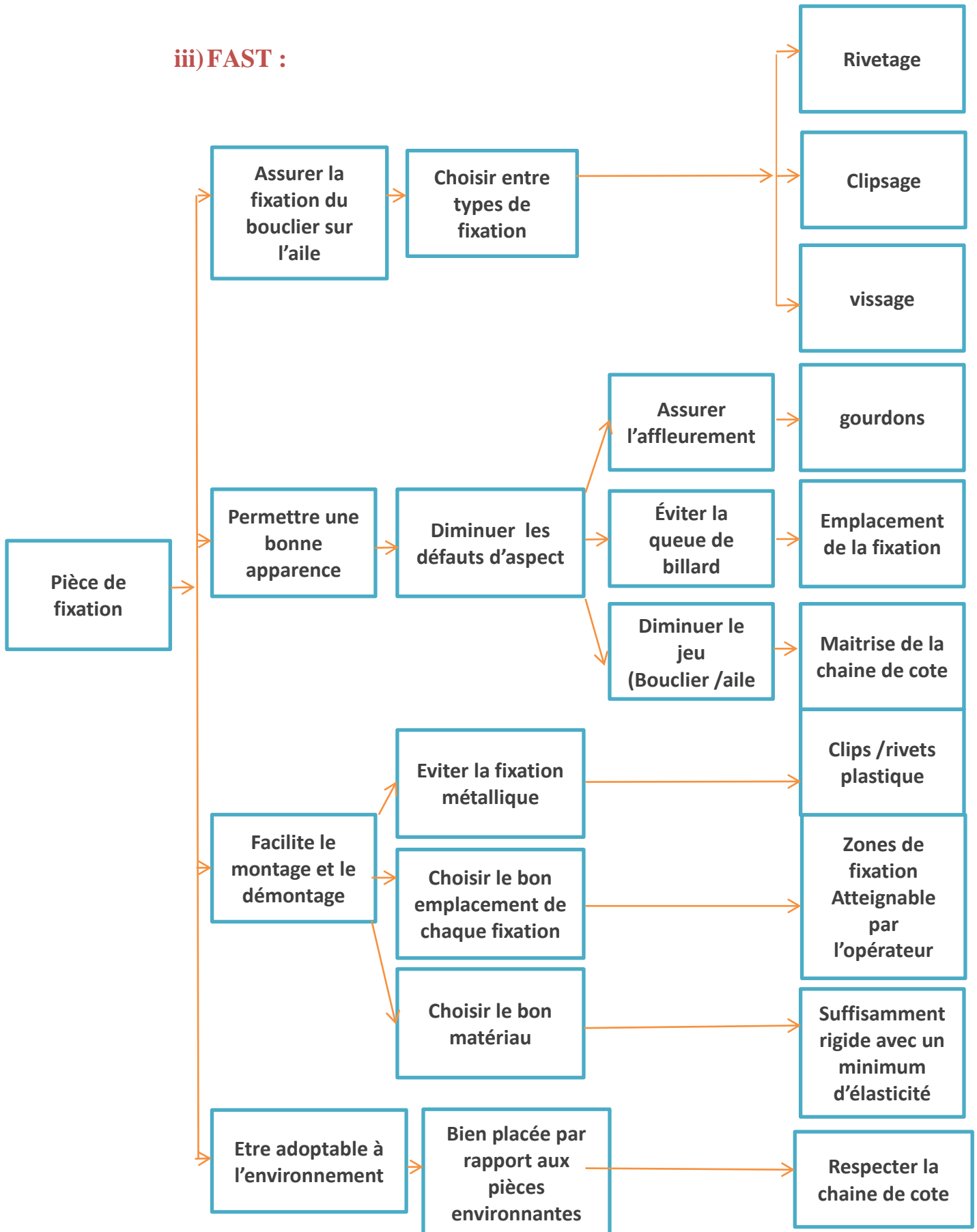
FC5 : prix raisonnable

FC6 : design moins complexe





iii) FAST :





Etat actuelle



- Deux pièces séparées
- Fixation encombrante
- Cout élevé
- Montage difficile avec une durée longue

- Pas de fixation sur l'aile
- Incertitude de mesures

- La fixation au niveau de l'interface aile bouclier sur un seule coté peut entrainer un problème de queue de billard dans le coté inverse



Afin de résoudre les différents problèmes existant dans la conception de pxxx on a essayé de s'inspirer des différentes solutions étudiées dans la phase d'analyse de concurrence et du benchmarking.



## Model d'inspiration

Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic nav. confort 2013 :



- Une seule pièce
- Fixation Moins encombrante
- Montage rapide
- cout moins élevé que celui de la solution précédente

- La présence d'une extension pliée de la surface de l'aile joue le rôle d'un support pour la pièce de fixation
- Plus de stabilité
- Moins d'incertitude

- Fixation loin de l'interface aile/bouclier ce qui peut résoudre des problèmes liés à la mise en position.

Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium 2011



Presser simple en design et facile en moulage (pas de tiroirs=pas de coûts supplémentaires)



Dacia Sandero 0.9 TCe Ambiance 2013 :



La solution Dacia SANDERO utilise des lèvres qui forcent le bouclier à se maintenir contre les clips et par conséquent augmenter la force de détachement.



Or cette solution engendre un problème de jeux sur la face apparente diminuant ainsi sa qualité perçue par le client.



## La solution envisagée

Etant basé sur le benchmarking, la pièce de fixation sur aile de la solution Toyota combine les deux pièces utilisées par PXXX en une seule fixée directement sur l'aile et basée totalement sur la zone d'extension qui a une forme oscillée lui offrant d'avantage de renfort .

Après avoir monté la pièce sur l'aile et avoir clipsé le bouclier, la position de la vis de rattachement a été décalée dans la zone du pare-boue fixant alors le bouclier au presseur par l'intermédiaire d'un rivet.

Les avantages déjà cités de cette solutions peuvent diminuer l'effet des problèmes largement rencontrés dans cette zone comme : la queue de billard, affleurement...

La fixation du bouclier sur l'aile se fait par clipsage, de ce fait, les clips peuvent se positionner sur la peau du bouclier ou sur la pièce de fixation sur aile dépendant des propriétés des matériaux choisis. (si la pièce de fixation latérale est faite d'un matériau très rigide, les clips seront sur le bouclier, mais si le matériau est modérément rigide ils seront basés sur la pièce)

L'idée que nous avons eu d'après cette solution c'est de minimiser la taille de ces lèvres et d'inverser leur sens par rapport au sens de montage du bouclier créant ainsi une sorte de ressort appliquant une force de tension visant à pousser en permanence le bouclier contre l'aile et par conséquent il y aura une minimisation de ce jeu souvent rencontré dans cette zone chez plusieurs constructeurs.



## e) Choix des matériaux :

### i) **Listes des matériaux utilisés par les différents constructeurs**

Pièces	matériau
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Jeep Grand Cherokee 3.0 CRD Overland 2012</b></li></ul>	<b>POM</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Citroën C4 1.6 e-HDi Exclusive 2011</b></li></ul>	<b>PP</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Peugeot 3008 2.0 HDI Premium 2009</b></li></ul>	<b>PP-20%TD</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Peugeot 208 1.2 VTi Allure 2012</b></li></ul>	<b>Autres Plastiques</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Volkswagen Golf VII 1.4 TSi Comfortline 2013</b></li></ul>	<b>POM</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Toyota Auris 1.8 HSD Dynamic nav. confort 2013</b></li></ul>	<b>POM</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ford Focus 1.6 EcoBoost Titanium 2011</b></li></ul>	<b>PP-TD10</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Opel Adam 1.4 EcoFlex Jam 2013</b></li></ul>	<b>PP-GF20</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Audi A3 1.4 TFSi Attraction 2013</b></li></ul>	<b>PP-GF20</b>



**ii) Caractéristique :**

NOMS CHIMIQUES	ABREVIATION	FAMILLE	T° INJECTION Mini	T° INJECTION maxi	T° MOULE mini	T° Moulage maxi	ETUVAGE TEMPS	ETUVAGE TEMPERATURE	DENSITE (g/cm <sup>3</sup> )	MODULE DE YOUNG (MPa)
Polyéthylène basse densité	PEbd	SC	165	280	20	50			0.92-0.93	200
Polyéthylène haute densité	PEhd	SC	250	300	40	85			0.94-0.96	1000
Polypropylène	PP	SC	195	250	20	80			0.9	2500
Polyoxyméthylène	POM	SC	205	230	80	120	4H	105°C	1.42	3000

Notre objectif est de choisir un matériau qui offre l'optimum de qualité en termes de rigidité et de flexibilité.

Notre choix est limité entre le POM et le PP qui sont largement utilisés par la majorité des constructeurs.

Consulter le chapitre 2 pour savoir les différentes caractéristiques de ces deux matériaux

- **Puisque le polypropylène nécessite des additifs pour améliorer sa rigidité on a opté pour le POM qui offre presque les mêmes caractéristiques que le PP et un niveau élevé de rigidité sans besoin de le combiner avec un autre matériau, et pour assurer le minimum nécessaire de flexibilité on va jouer sur la conception de la pièce.**



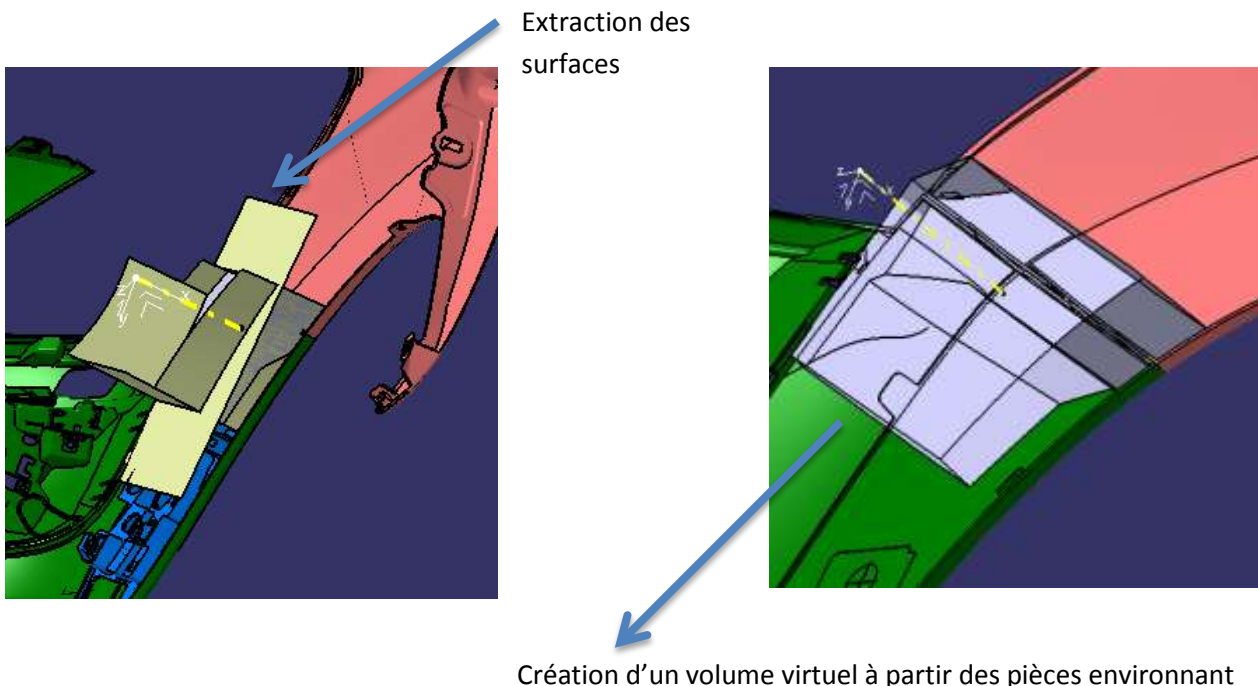
## f) Cahier des charges

- ✓ respecter les pièces environnantes distance minimale entre deux pièces plastique: 5 mm
- ✓ matériaux : POM
- ✓ épaisseur : 2mm
- ✓ respecter le synoptique de montage : montage de la pièce sur l'aile en premier puis le montage du bouclier sur l'ensemble aile/pièce de fixation
- ✓ maintien en position :
  - fixation sur aile : 2 vis à écrou / l'écrou est soudé sur l'aile  
2 plasti-rivets
  - Fixation sur bouclier : 3 clips à crochet en saillie
- ✓ Mise en position :
  - 2 indexeurs
  - Plans d'appuis
  - Nervures de guidage

## g) Conception :

### i) **Etapes de conception :**

#### 1) **Extraction de l'environnement :**

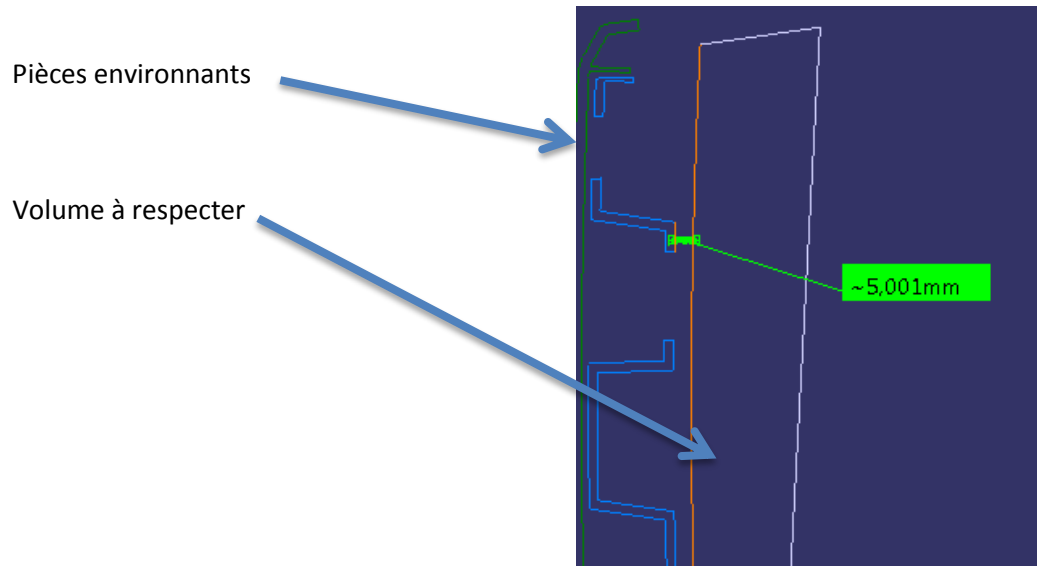




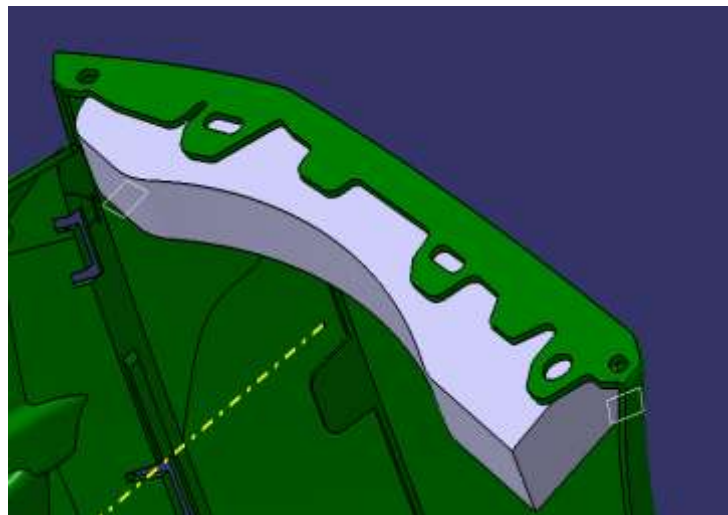


**Règle à respecter :**

Les extractions des surfaces doivent être décalées par une distance minimale de 5 mm pour éviter les problèmes de dispersion.

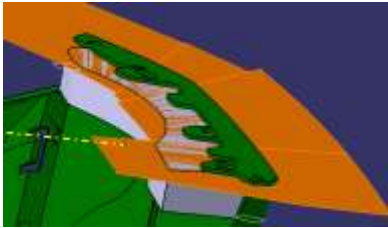


2) **Création de la pièce**





Règle à respecter :

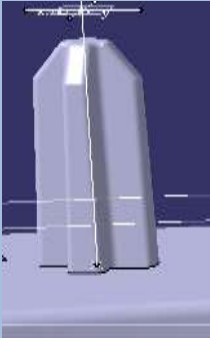
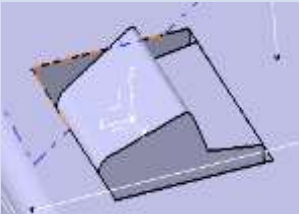


La pièce est réalisée à partir de la surface du bouclier pour assurer un accostage entre les deux

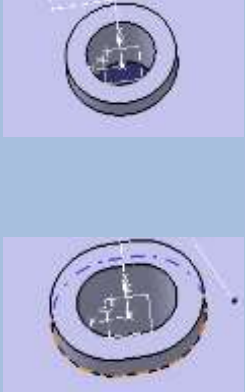
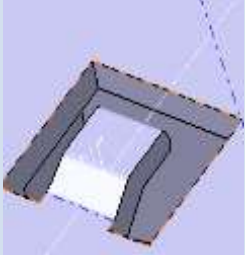



Épaisseur = 2 mm (selon la rigidité de la matière choisie)

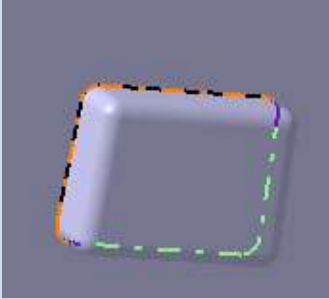
3) Insertion des éléments techniques

type	utilité	Règles à respecter
 <p><b>Indexage</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>Assurer la mise en position de la pièce sur l'aile.</li></ul>	<p>Le nombre des indexes dépend de la géométrie de la pièce.</p> <p>Deux cas se présentent :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Indexes 1 : pour éliminer le mouvement dans deux sens (concevoir un trou rond dans l'aile avec un jeu de 0 mm entre le trou et l'indexe).</li><li>✓ Indexes 2 : pour éliminer un seule mouvement (concevoir un trou oblong dans l'aile en respectant les règles de dispersion).</li></ul> <p>Le positionnement des indexes doit être le plus proche des zones qui contiennent des jeux percevable par le client.</p>
 <p><b>Le clipsage</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>Assurer la fixation du bouclier</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Distance entre le clip et la fenêtre dont il est situé égale au minimum 3 mm.</li></ul>



<p><b>Trous de vissage</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Fixation de la pièce sur l'aile</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Concevoir un trou oblong pour éviter les problèmes de dispersion.</li><li>✓ La surface sup des trous en accostage avec l'aile.</li><li>✓ La forme des trous est conçue pour des vis à écrou soudé sur l'aile</li></ul>
<p><b>Système ressort</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Compenser le jeu supplémentaire entre le bouclier et l'aile.</b></li><li>• <b>Améliorer la qualité perçue.</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Distance entre le système et la fenêtre égale au minimum 3 mm .</li></ul>
<p><b>Nervures</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Guider le bouclier en montage</b></li><li>• <b>Renforcer la pièce</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Voir (règles de métier dans le deuxième chapitre)</li></ul>



<p><b>Bossage</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Assurer l'affleurement</li></ul>	<p>✓ La surface sup de la bosse doit être en accostage avec le bouclier</p>
<p><b>Règles générales</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ La distance entre chaque élément technique et la frontière de la pièce égale à 5 mm au minimum.</li><li>✓ Le technique doit avoir le même sens de démoulage que la pièce sauf pour des cas critique ou il faut utiliser des calles ou des tiroirs pour assurer la démoulabilité .</li></ul>		

#### 4) démoulabilité



- Démoulabilité dans le sens de démoulage
- Démoulage avec 0°
- Démoulabilité dans le sens inverse de la direction de démoulage

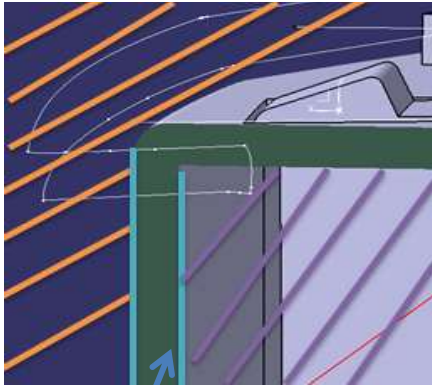


La surface technique démoulée avec le poinçon

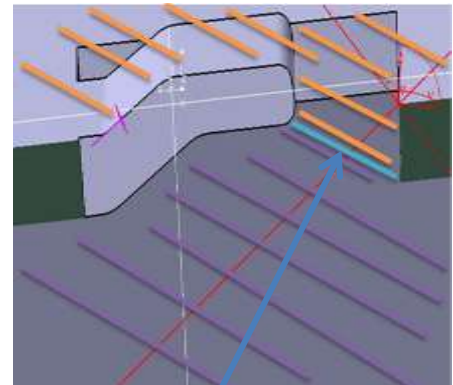
L'angle de dépouille minimal pour assurer la démoulabilité pour un contact pastique/acier est : 0.5°




L'angle de dépouille minimal pour assurer la démoulabilité pour un contact acier /acier est :  $7^\circ$



Contact plastique/acier




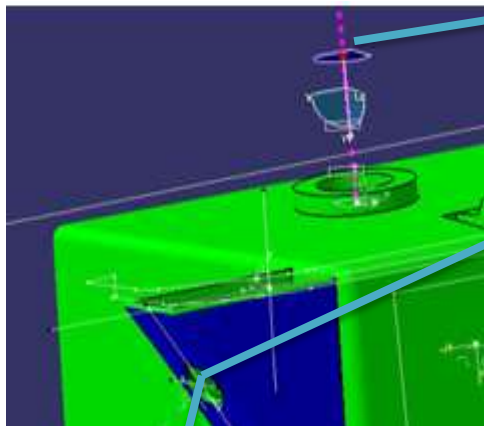
contact acier/acier

 Pièce en plastique

 poinçon

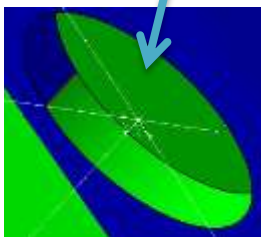
 matrice

 contact



Sens de démoulage

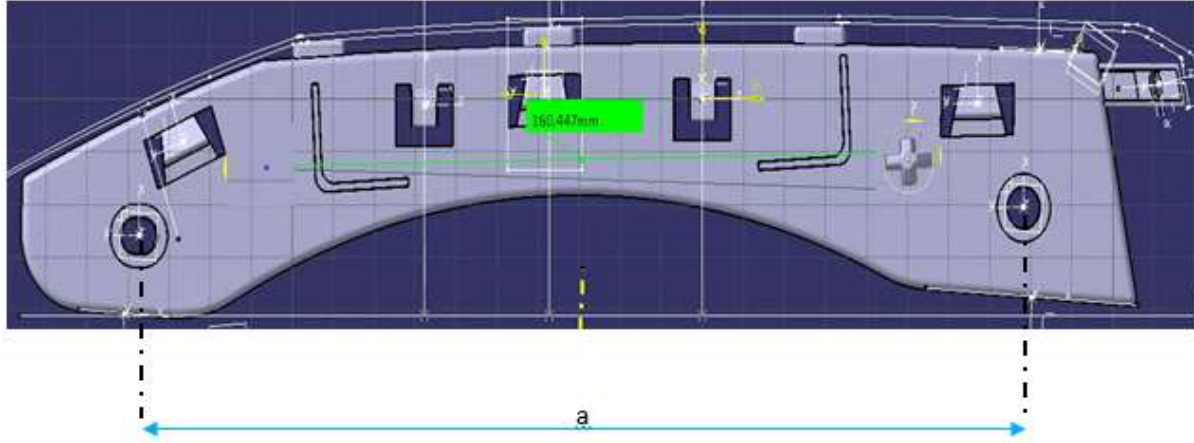
La direction du poinçonnage du trou ne suit pas le sens du démoulage mais le trou peut être démoulé sans utiliser un tiroir (la solution est détaillée dans le chapitre des règles de métier, consulter le deuxième chapitre : zones de fermetures oblique)





### 5) La dispersion :

Le calcul de la dispersion dépend de la géométrie de la pièce et du matériau choisi

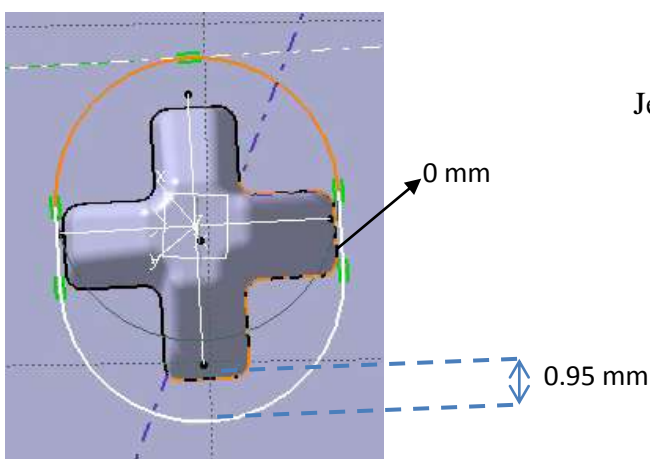


$a=160.4 \text{ mm}$  / Matériau POM  $\rightarrow$  Tolérance =  $\pm 0.95 \text{ mm}$

Matériau acier  $\rightarrow$  Tolérance =  $\pm 0.1 \text{ mm}$

Dans le cas des trous de vissage il faut concevoir un trou oblong avec un jeu de 0.95 mm et un trou rond sans jeu.

Dans le cas d'indexe il faut prendre en compte que le trou d'indexage est en acier, le jeu est calculé en utilisant la méthode quadratique en tenant compte de la dispersion du POM (indexeur) et l'erreur de poinçonnage du trou en acier (trou de l'aile)



$$\text{Jeu max} = \sqrt{0.95^2 + 0.1^2} = 0.95 \text{ mm}$$

Voir tableau 17 : tolérances de la dispersion du POM dans l'annexe

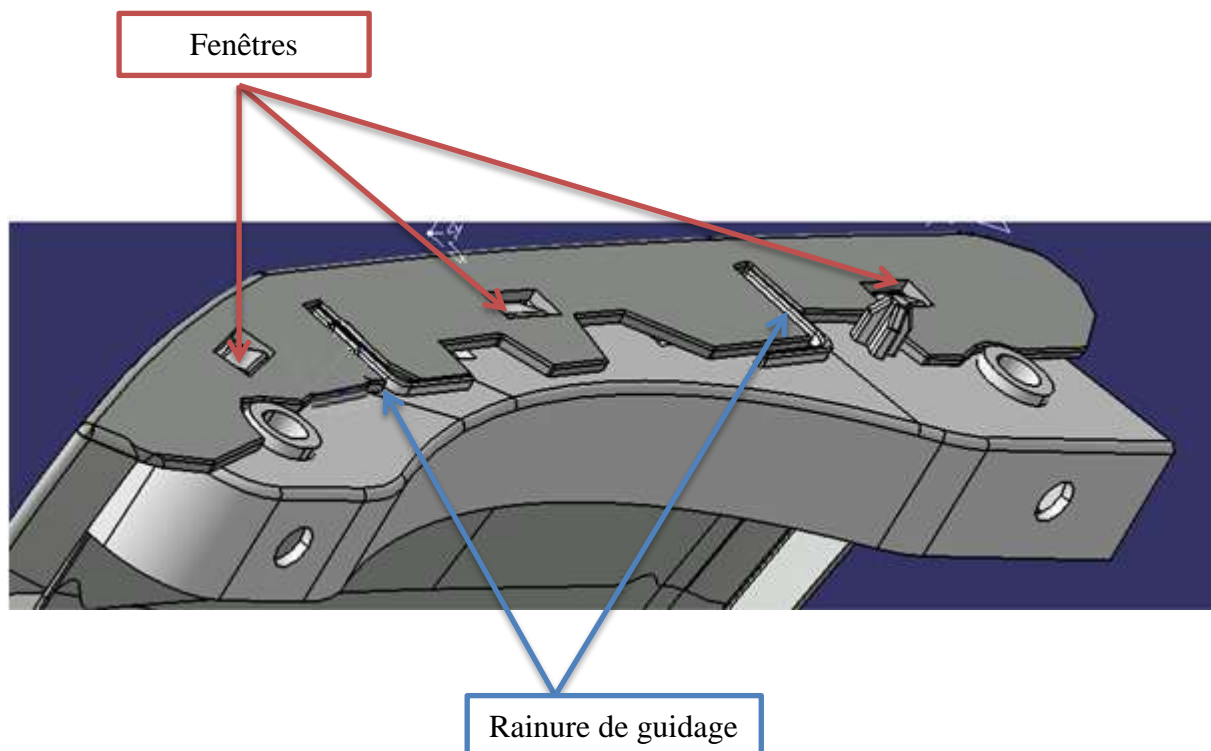
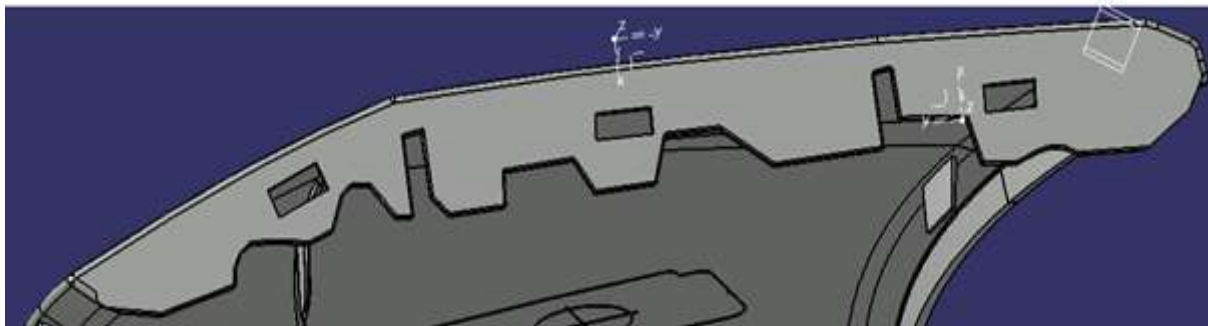


## ii) Adaptation interface à la technique du presseur :

### 1) Interface bouclier :

Vu les changements radicaux effectués au niveau du presseur, il est obligatoire de procéder à une adaptation de son interface technique :

Commenant par le bouclier, il faut prévoir les trois fenêtres de montage des clips et les deux rainures pour le guidage du bouclier avant son clipsage.

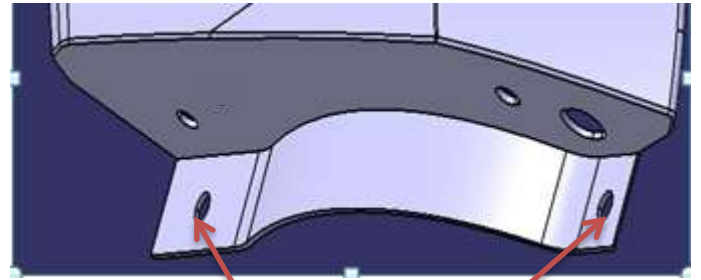
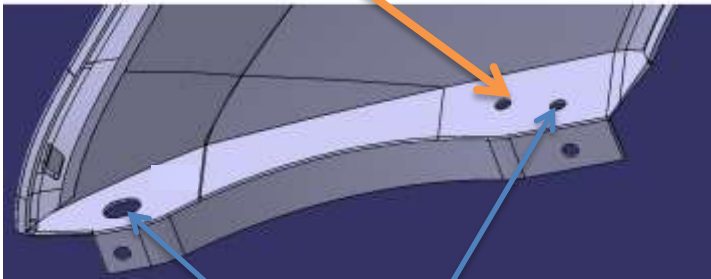




## 2) Interface aile :

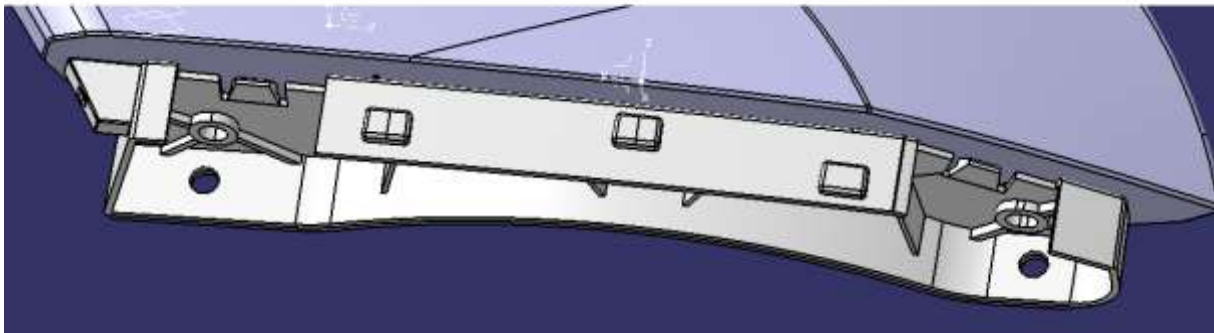
Il faut prévoir deux trous de vissage, deux trous d'indexage et deux trous de rivetage

Trou d'indexage



Trous de vissage

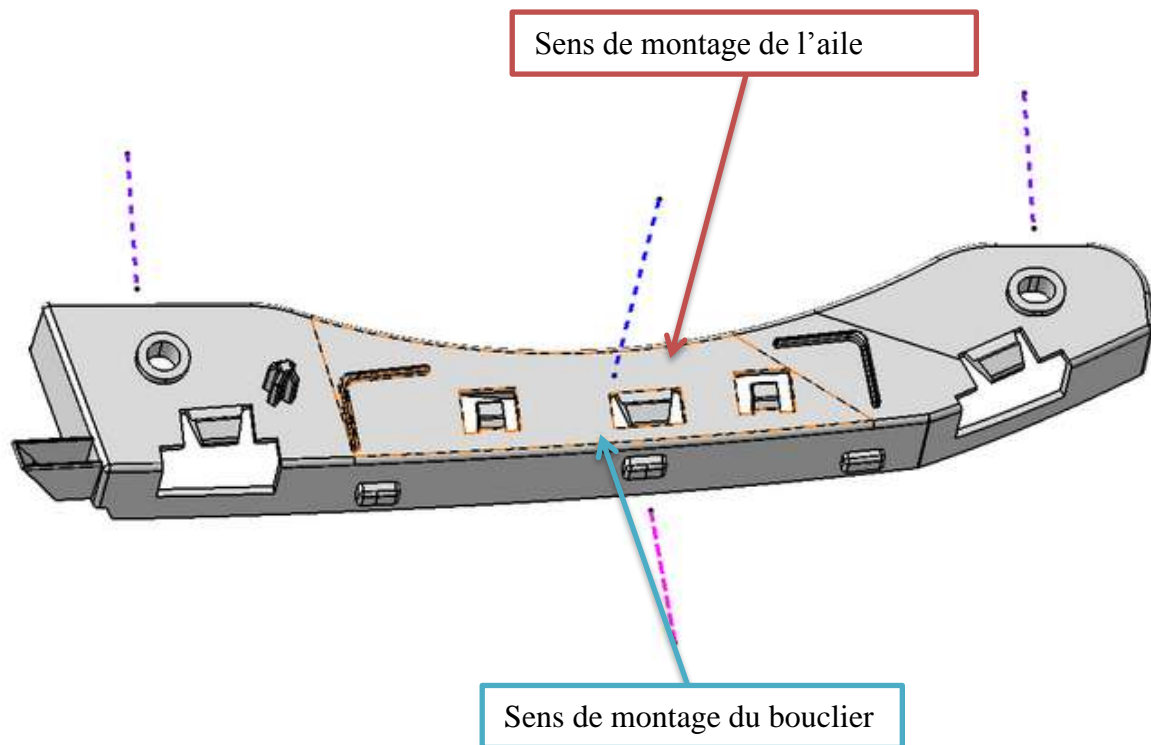
Trous de rivetage





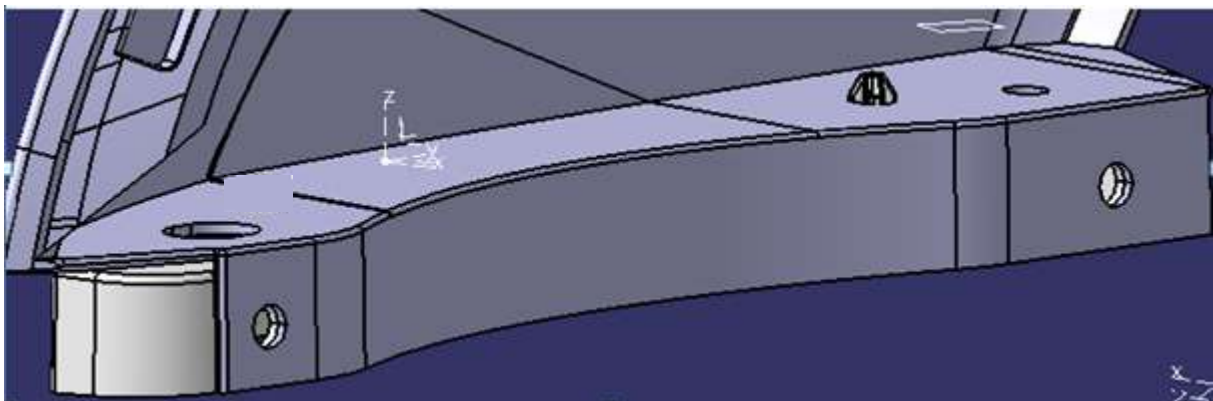


## h) Le nouveau Synoptique de montage



### i) **Etape 1 :**

Effectuer le Montage du presseur sur l'aile an utilisant les indexeur comme un moyen de mise en position, puis assurer la fixation du presseur avec deux vis à écrou et deux rivets sur l'extension de l'aile.





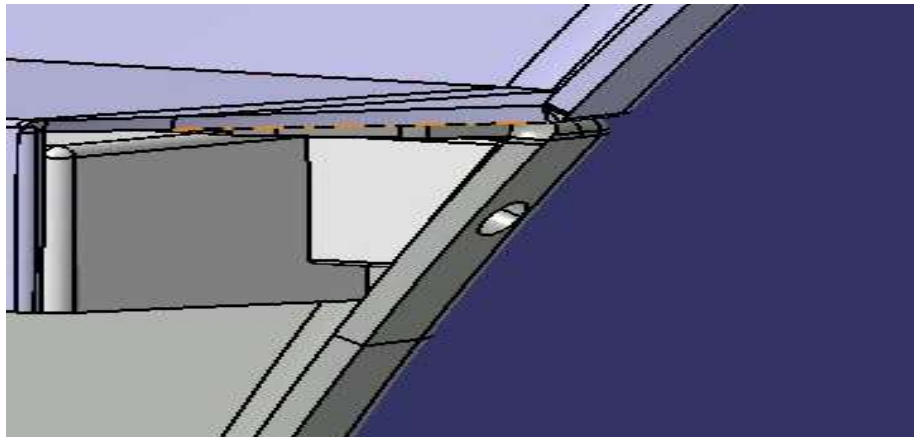
**ii) Etape 2 :**

Montage du bouclier sur l'ensemble aile/presseur avec clipsage.



**iii) Etape 3 :**

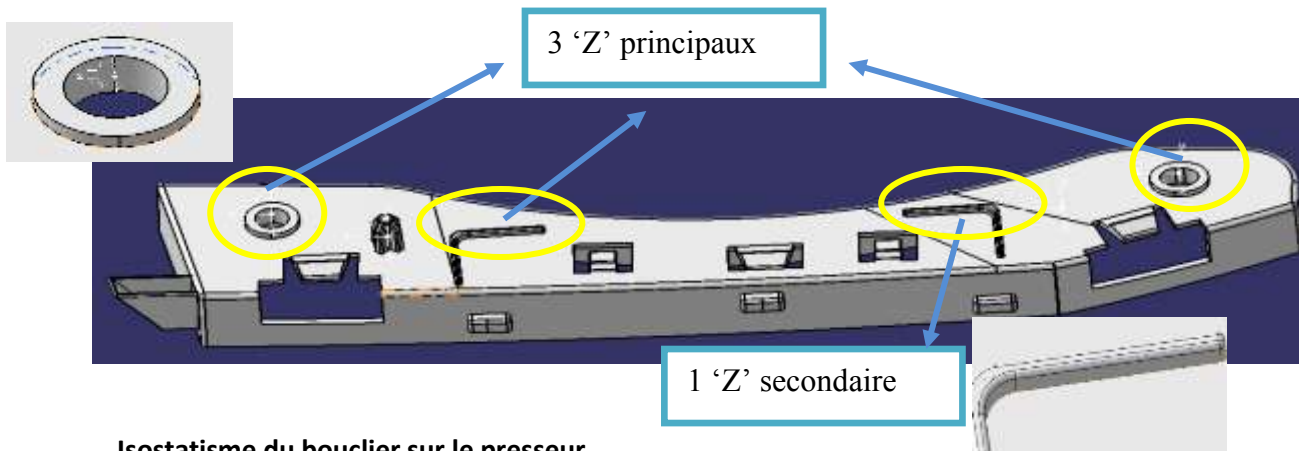
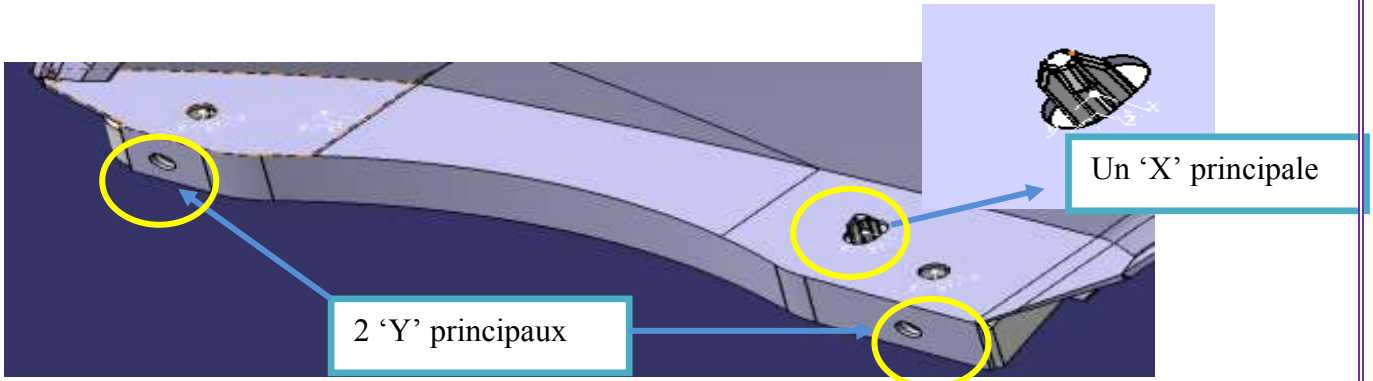
Assurer la fixation du bouclier sur le presseur avec un plasti-rivet.



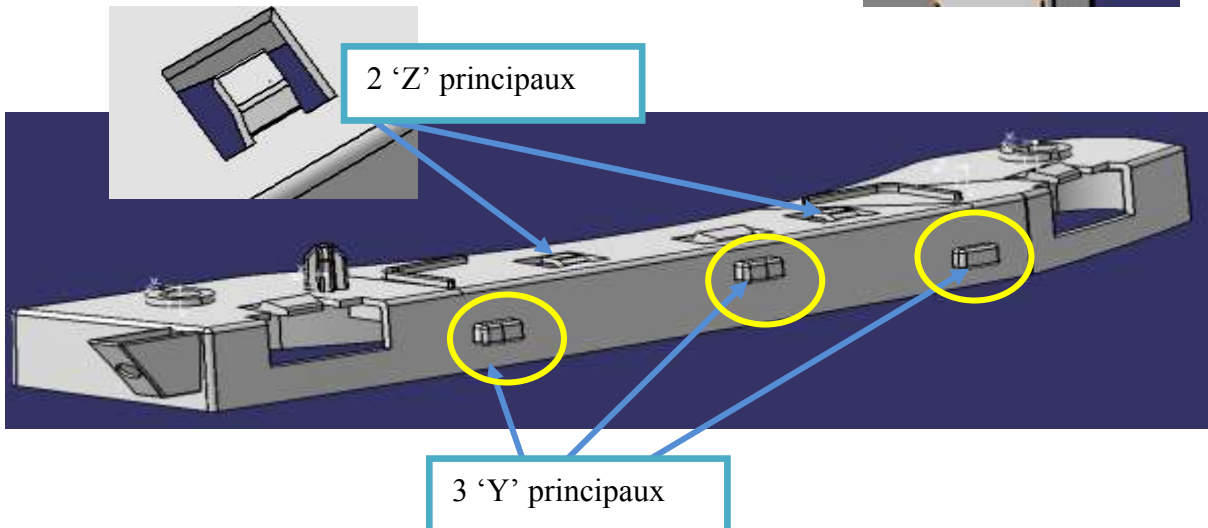
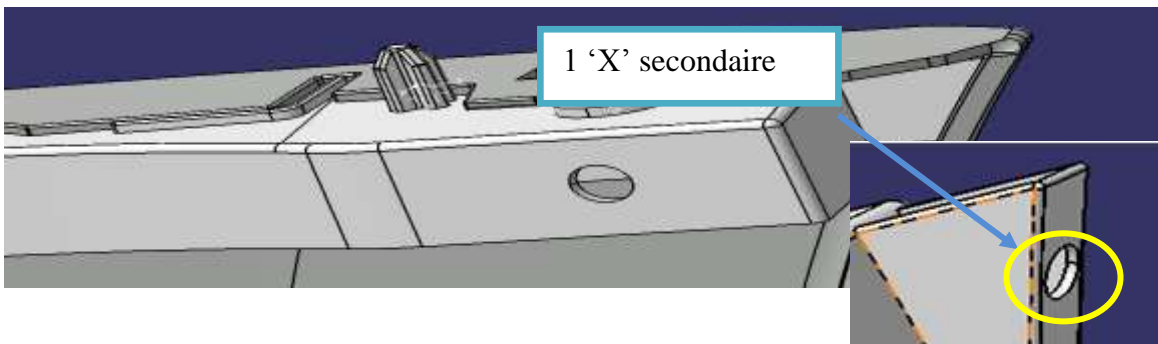
Une pièce supposée fixe doit satisfaire les règles de l'isostatisme qui prévoient une élimination des six degrés de liberté selon les trois axes du repère afin de rendre la mise en position et le maintien en position possibles, pour ce faire on a procédé comme ci-dessous :



**isostatisme de l'aile sur presseur**



**Isostatisme du bouclier sur le presseur**





## VI- Conclusion

Ce stage a été très enrichissant pour nous car il nous a permis de découvrir dans le détail le secteur de la plasturgie, ses acteurs, contraintes... et il nous a donné l'opportunité de participer concrètement à ses enjeux au travers de nos missions comme celle de la résolution du problème du bandeau de protection et celle de la nouvelle conception du presseur.

Altran Maroc est vraiment l'entreprise dont la mission est en concordance parfaite avec nos attentes et le type de formation d'ingénieur que nous avons acquise, cette synergie nous a bien ouvert le domaine pour profiter au maximum et élargir notre champ de vision concernant la conception et la procédure de bâtir un projet de son début à sa clôture.

Dans une perspective d'innovation continue qui est l'emblème principale du groupe Altran, nous avons commencé par regrouper le maximum d'information utile grâce aux deux étapes « analyse concurrentielle » et « benchmarking », ensuite, ayant bien assimilé les solutions faites par les concurrents, notre tâche a été principalement de les adapter et les transformer selon l'environnement pour résoudre les anomalies rencontrées dans les conceptions antérieures et offrir par conséquent un produit plus fiable et concurrentiel jouissant des dernières avancées techniques mises en point dans le domaine.

Cette méthode de travail a été sans doute largement bénéfique pour bien accomplir notre projet, nous laissant, en effet, un champ de réflexion fertile et plein de possibilités d'innovation ce qui a créé une satisfaction chez les membres de notre équipe.

Le bouclier, étant un assemblage maître dans la structure extérieure avant du véhicule, contient un large éventail de pièces plastiques, nous espérons, de ce fait, qu'on aura une prochaine chance de travailler avec notre équipe sur un futur projet qui visera à effectuer une amélioration ou une conception totale d'une ou plusieurs de ces pièces.

A cet effet, nous espérons que ce travail a pu satisfaire dans une large mesure les exigences du cahier des charges imposées.

Enfin, nous tenons à remercier une nouvelle fois tous ceux qui ont contribué au bon déroulement de notre projet, à rendre cette expérience professionnelle aussi fructueuse qu'enrichissante et nous souhaitons que notre projet eût été à la hauteur de vos attentes au point d'être qualifié de réussi.



## VII - Bibliographie

- **Design Solutions Guide BASF Chemical Design.**
- **Design Guides for Plastics Clive Maier, Econology Ltd**
- **Engineering Polymers - Part and Mold Design THERMOPLASTICS -A Design Guide Bayer MaterialScience**
- **General Design Principles for DuPont Engineering Polymers**
- **Designing Plastic**
- **Parts for Assembly-Hanser-Robert A. Malloy- Munich Hanser Publications, Cincinnati**
- **Snap-fit joints for plastics Bayer MaterialScience**
- **DuPont™ polymères techniques - Principes généraux de conception**

## VIII - Webographie

- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Altran\\_Technologies](http://fr.wikipedia.org/wiki/Altran_Technologies)
- <http://www.jetpress.com/Products.aspx/12917/PlasticRivetPanelFasteners/>
- <http://www2.basf.us//PLASTICSWEB/displayanyfile?id=0901a5e1801499d5>
- [http://files.engineering.com/download.aspx?folder=9c474e67de4445b2bc55a1d2bee83087&file=Snap-Fit\\_Joints\\_for\\_Plastics\\_\(BMS\\_version\).pdf](http://files.engineering.com/download.aspx?folder=9c474e67de4445b2bc55a1d2bee83087&file=Snap-Fit_Joints_for_Plastics_(BMS_version).pdf)
- <http://edge.rit.edu/content/P12056/public/Part+and+Mold+Design.pdf>
- <http://www.acb-ps.com/soudage-par-friction-lineaire.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=QPLFNXRIZjI&feature=youtu.be>
- [http://fr.wikibooks.org/wiki/Soudage/Conception\\_d'un\\_assemblage\\_soud%C3%A9](http://fr.wikibooks.org/wiki/Soudage/Conception_d'un_assemblage_soud%C3%A9)
- [http://moodle.insatoulouse.fr/pluginfile.php/33703/mod\\_resource/content/1/Calcul%20soudures%20statique.pdf](http://moodle.insatoulouse.fr/pluginfile.php/33703/mod_resource/content/1/Calcul%20soudures%20statique.pdf)
- [http://cnrsm.creteil.iufm.fr/c\\_ressources\\_cnrsm/3\\_construction/313\\_calcul\\_soudures/calcul\\_soudure\\_sancier.pdf](http://cnrsm.creteil.iufm.fr/c_ressources_cnrsm/3_construction/313_calcul_soudures/calcul_soudure_sancier.pdf)
- <https://www.a2mac1.com/>
- [http://ma.altran.com/a-propos-daltran/altran-maroc/mission.html#.VX6-LPI\\_NBc](http://ma.altran.com/a-propos-daltran/altran-maroc/mission.html#.VX6-LPI_NBc)
- [http://www.altran.com/fr/a-propos-daltran/presentation.html#.VX6-T\\_I\\_NBc](http://www.altran.com/fr/a-propos-daltran/presentation.html#.VX6-T_I_NBc)
- [www.youtube.com](http://www.youtube.com)
- <http://www.essais-comparatifs-auto.com/citadine-peugeot/347-208.php>
- [http://www.protomold.co.uk/documents/France/PM-Design-Moldability-V2\\_FR%20Final.pdf](http://www.protomold.co.uk/documents/France/PM-Design-Moldability-V2_FR%20Final.pdf)
- <http://www.protolabs.fr/resources/injection-molding-design-tips/france/2011-12/default.htm>



# IX - Annexes :

Caractéristiques physiques moyennes de quelques polymères thermoplastiques usuels.						
Code	Densité	Taux de cristallinité (%)	Tg (°C)	Tf ou Tr (°C)	Tmaxi utilisation (°C)	Module E (GPa)
ABS	1,04-1,12	0	85-125	105-120	70-85	2,5
PA-6	1,13	50	52	215	85	1
PA-6,6	1,14	50	57	260	90	1,5
PC	1,20	0	150	220-250	120	2,4
PE-HD	0,95	80-95	-110	124-135	90	0,8-1,2
PE-LD	0,92	50-70	-110	100-125	70	0,15-0,3
PET amorphe	1,30	0	65-80	255	100	2,7
PET cristallin	1,40	40	65-80	260	100	4,1
PMMA	1,18	0	105	100	60-90	3
PP	0,91	60-70	-10	165	100	1,3
PS « cristal »	1,05	0	80-100	100	60	3,2
PVC rigide	1,38	0-5	80	100-120	65	2,4

Tableau 12: Caractéristiques Polymères thermoplastique

Shape of the cross section		A	B	C	D
		Rectangle	Trapezoid	Ring segment	Irregular cross section
Type of design	1				
	2				
	3				
Deflection	1	$y = 0.67 \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{h}$	$y = \frac{a+b_{(1)}}{2a+b} \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{h}$	$y = K_{(2)} \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{r_2}$	$y = \frac{1}{3} \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{c_{(3)}}$
	2	$y = 1.09 \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{h}$	$y = 1.64 \cdot \frac{a+b_{(1)}}{2a+b} \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{h}$	$y = 1.64 \cdot K_{(2)} \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{r_2}$	$y = 0.55 \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{c_2}$
3	$y = 0.86 \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{h}$	$y = 1.28 \cdot \frac{a+b_{(1)}}{2a+b} \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{h}$	$y = 1.28 \cdot K_{(2)} \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{r_2}$	$y = 0.43 \cdot \frac{\epsilon \cdot l^2}{c_{(1)}}$	
Force	1,2,3	$P = \frac{bh^3}{6} \cdot \frac{E, \epsilon}{l}$	$P = \frac{h^3}{12} \cdot \frac{a^2 + 4ab_{(1)} + b^2}{2a+b} \cdot \frac{E, \epsilon}{l}$	$P = Z_{(2)} \cdot \frac{E, \epsilon}{l}$	$P = Z_{(3)} \cdot \frac{E, \epsilon}{l}$
	Subscript numbers in parenthesis designate the note to refer to.				

Tableau 13: les équations de dimensionnement des clips



**Symboles :**

**y** = flèche admissible

**E** = contrainte au niveau de fibre extérieur  
à l'origine ;

**l** = longueur

**h** = épaisseur à l'origine

**b** = largeur à l'origine

**c** = distance entre la fibre extérieur et la fibre  
intérieur (centre de gravité)

**Z** = module de section  $Z = I / c$ , avec **I** =  
moment  
d'inertie

**E<sub>s</sub>** = module sécant  $E_s = (\Delta\sigma / \Delta\varepsilon)$

**P** = force de flexion admissible

**K** = facteur de géométrie

**Remarque :**

1) Ces formules sont valables quand la force de traction est appliquée sur la petite section **b**, toutefois s'il est appliqué sur **a**, **a** et **b** doivent être permutés

2) si la force de traction s'applique sur la surface convexe, on utilise **K2**, s'il est appliqué sur la surface concave, on utilise **K1**.

3) **c**'est la distance entre la fibre extérieur et la fibre intérieur (centre de gravité)

4) le module de section doit être déterminé pour la surface qui est en traction. **Z** est donné pour les sections de type C .

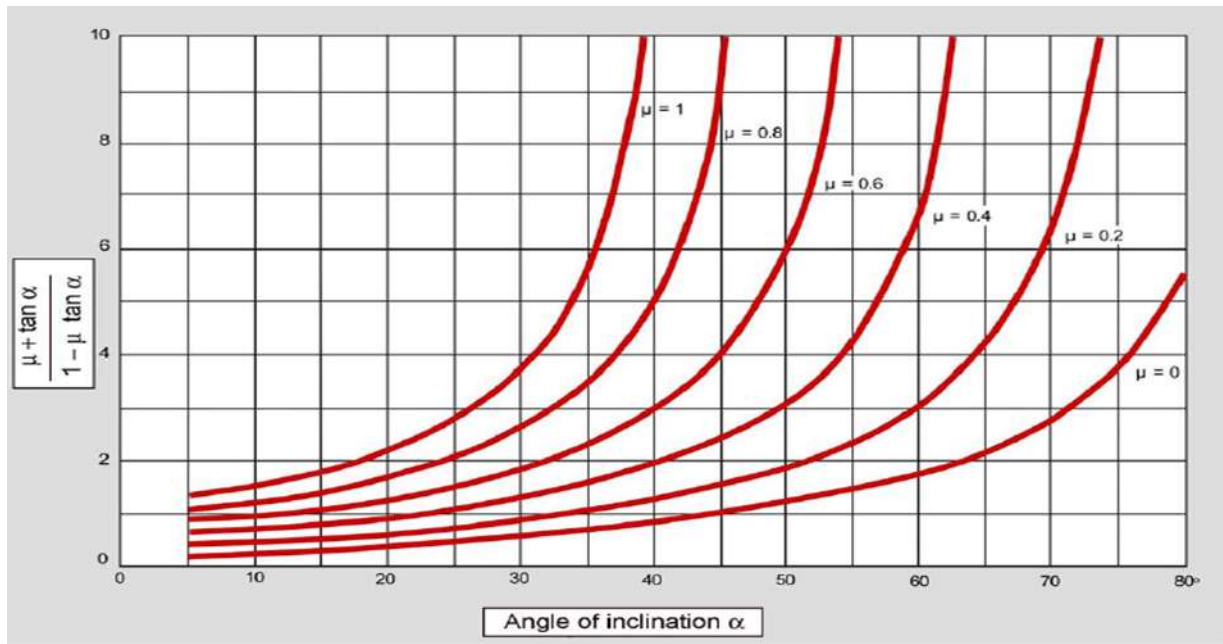


Figure 49 : diagramme paramètres force de détachement / angle de montage


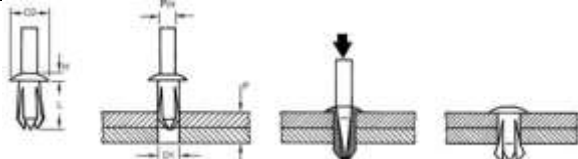

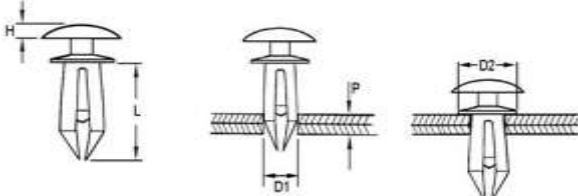

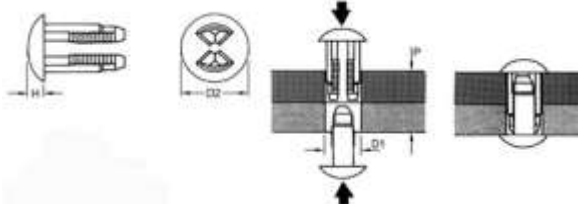

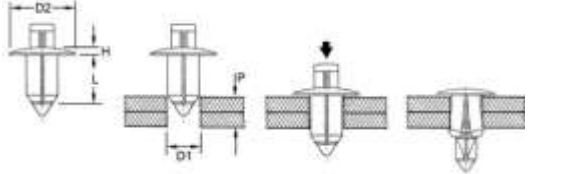
Abréviation	Énergie de surface [mN/m]
ABS	35 - 42
PA	49 - 57
PC	33 - 37
PE	31
PMMA	33 - 44

Tableau 14: Classement des plastiques selon leur énergie de surface

		<p>Rivets de bouton en plastique sont des rivets aveugles qui joignent deux ou plusieurs épaisseurs de matière</p> <p>Ces rivets peuvent être retirés et réutilisés si</p>
--	--	--





		nécessaire
		<p>Rivets d'extension : Ces monoblocs peuvent être utilisés pour le montage ou la fixation des panneaux en plastique ou en métal ils sont idéales dans les situations où la zone de travail est uniquement accessible par un côté.</p>
		<p>Ces rivets offrent une option de réutilisation. Rapide et facile à installer, l'option de nez fermé de ces rivets en plastique facilite davantage encore leur alignement. Forte, robuste et résistant aux vibrations.</p>
		<p>Rivets de Type Ratchet sont des attaches constitués de deux pièces identiques. Lors du montage, ces deux parties sont simplement poussées ensemble. La tête fini donne un bon aspect esthétique et peut être utilisé sur les deux matériaux rigides et compressibles.</p>
		<p>Ces Rivets sont idéals pour les applications où la facilité de montage et un accès rapide sont nécessaires.</p>



		<p>Ces rivets est un système de fixation résistant aux vibrations, robuste qui sécurise l'application en place avec une action push-to -close nécessitant une pression du doigt seulement. Pour libérer nécessite juste un quart de tour à l'aide d'un tournevis.</p>
		<p>Ces rivets fournissent un système de rivetage qui est simple à utiliser, mais a l'avantage d'être amovible.</p>
		<p>Ces rivets sont un système de rivetage amovible simple, idéal pour les applications où l'entretien ou une réparation est requise.</p> <p>Assemblage est réalisé par entraînement de la vis solidaire dans le corps, tandis que l'enlèvement est effectué au moyen d'un tournevis</p>

Tableau 15:rivets



	Soudage			Collage
	Thermique	HF	Ultrasons	
ABS	Bon	Moyen à bon	Bon	Bon
Cellulosiques	Bon	Moyen à bon	Moyen	Bon
PA	Bon	Moyen à bon	Bon	Bon
PC	Bon		Bon	Bon
PE-HD	Bon	NON	Moyen	Moyen
PE-BD	Bon	NON	Moyen	Moyen
PET, PBT	Moyen	Moyen à faible	Bon	Moyen
PTFE	Moyen	NON		Difficile
PMMA	Bon	Moyen	Bon	Bon
POM	Bon		Bon	Moyen
PP	Bon	NON	Bon	Moyen
PPE	Moyen		Moyen	Bon
PS	Bon	NON	Bon	Bon
PSE	Bon	NON		Bon
TPU	Bon	Moyen		Bon
PVC plastifié	Moyen	Bon	Moyen	Moyen
PVC	Moyen	Bon	Bon	Bon
PVDC	Bon	Moyen à bon	Possible	
PSU	Bon	NON	Bon	Moyen
PEEK			Bon	Possible
LCP			Possible	Possible
PAI			Possible	Possible
PEI	Bon		Bon	Possible
Polyimides				Possible
Mousses PVC		Bon		

Figure 50: Indication générales sur l'aptitude à l'assemblage des plastiques



Dimensions (mm)	Tolerance class		
	normal	reduced	precision
$a \leq 1$	$\pm 0.13$	$\pm 0.08$	$\pm 0.06$
$1 < a \leq 3$	$\pm 0.15$	$\pm 0.09$	$\pm 0.07$
$3 < a \leq 6$	$\pm 0.17$	$\pm 0.10$	$\pm 0.08$
$6 < a \leq 10$	$\pm 0.20$	$\pm 0.11$	$\pm 0.09$
$10 < a \leq 15$	$\pm 0.22$	$\pm 0.13$	$\pm 0.10$
$15 < a \leq 22$	$\pm 0.25$	$\pm 0.15$	$\pm 0.11$
$22 < a \leq 30$	$\pm 0.28$	$\pm 0.17$	$\pm 0.13$
$30 < a \leq 40$	$\pm 0.32$	$\pm 0.20$	$\pm 0.15$
$40 < a \leq 53$	$\pm 0.37$	$\pm 0.24$	$\pm 0.17$
$53 < a \leq 70$	$\pm 0.44$	$\pm 0.28$	$\pm 0.20$
$70 < a \leq 90$	$\pm 0.50$	$\pm 0.34$	$\pm 0.24$
$90 < a \leq 115$	$\pm 0.60$	$\pm 0.41$	$\pm 0.29$
$115 < a \leq 150$	$\pm 0.75$	$\pm 0.50$	$\pm 0.35$
$150 < a \leq 200$	$\pm 0.95$	$\pm 0.65$	$\pm 0.45$
$200 < a \leq 250$	$\pm 1.20$	$\pm 0.80$	$\pm 0.55$
$250 < a \leq 315$	$\pm 1.40$	$\pm 0.95$	$\pm 0.66$
$315 < a \leq 400$	$\pm 1.80$	$\pm 1.20$	$\pm 0.82$
$400 < a \leq 500$	$\pm 2.20$	$\pm 1.50$	$\pm 1.00$
$500 < a \leq 630$	$\pm 2.80$	$\pm 1.90$	$\pm 1.20$
$630 < a \leq 800$	$\pm 3.50$	$\pm 2.40$	$\pm 1.50$
$800 < a \leq 1\ 000$	$\pm 4.40$	$\pm 2.90$	$\pm 1.90$

Tableau 16: tolérances de la dispersion du POM



Nom (unité)	POM	POM 25 % fv <sup>5</sup>	POM 30 % bv <sup>6</sup>
Résistance à la rupture par traction (MPa)	70	120	37
Résistance à la rupture par flexion (MPa)	110	165	-
Résistance à la rupture par compression (MPa)	110	140	-
Module d'élasticité par traction (MPa)	3 100	10 500	3 700
Module d'élasticité par flexion (MPa)	2 900	9 000	3 200
Coefficient de Poisson	0,35	?	?
Allongement à la rupture par flexion (%)	25	4	6
Résistance à l'usure (u/km)	0,75	-	-
Température de résistance à la chaleur en continu (°C)	-40 à 115	-40 à 135	-
Température d'utilisation maximale de courte durée (°C)	135	150	-
Température de fléchissement sous charge (en) (HDT), charge de 1,85 MPa, ISO 75 DIN 53461 (°C)	115	160	112
Température de fléchissement sous charge, charge de 0,45 MPa, ISO 75 DIN 53461 (°C)	-	164	-
Coefficient de dilatation thermique ( $10^{-6}K^{-1}$ )	80	35	90
Module de fluage (MPa)	1 400	4 500	-
Retrait au moulage L/T (%)	1,4/1,3	1,2/0,4	-
Absorption d'eau à 23 °C à 50 % HR en 24 heures (%) <sup>7</sup>	0,25	0,5	0,15
Absorption d'eau CWS (saturation) (%)	0,8	0,8	0,8
Prix approximatif de la matière (\$/kg)	1,08	-	-

Tableau 17: Propriétés physiques moyennes du POM renforcé ou non

Vissage :

- **Les vis auto taraudeuses**

Les vis auto taraudeuses se divisent en deux catégories principales, Vis agissant par déformation (sans enlèvement de copeaux) et vis agissant par enlèvement de copeaux.

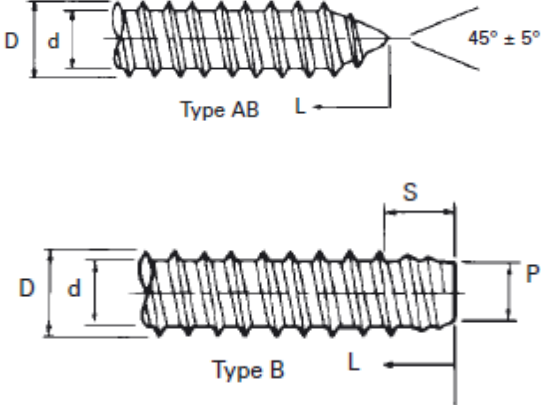
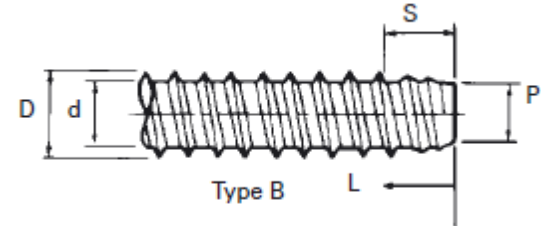
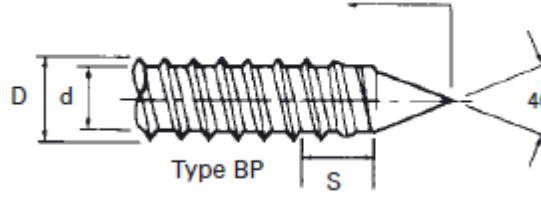

Les premières déforment le matériau dans lequel elles sont insérées en modelant les filets dans la pièce plastique. Les secondes enlèvent de la matière pour creuser le filet à la manière d'un taraud. L'ingénieur doit connaître le plastique qui sera utilisé, ainsi que son module d'élasticité, avant de déterminer quel type de vis autotaraudeuse est le mieux adapté.

Les vis à former les filets sont adaptées aux modules d'élasticité inférieurs à 1500 MPA; le matériau peut alors être déformé sans entraîner de contraintes périphériques élevées.

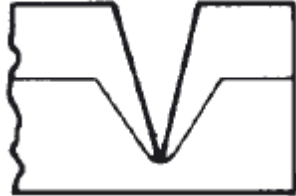
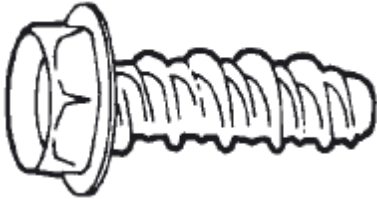
Quand le module d'élasticité en flexion d'une matière plastique est compris entre 1500 et 3000 MPA, il est difficile de définir le type de vis le mieux approprié. D'une manière générale, la



contrainte engendrée par la vis formant les filets étant trop forte pour cette classe de résines, la vis coupante serait plutôt conseillée.

	<p>Les vis à former «AB» et «B» sont à filets espacés et à vissage rapide.</p>
	<p>La vis «BP» est très analogue à la vis «B», mais elle a un angle de dégagement de 40° et une pointe conique non filetée. Celle-ci facilite le centrage des trous au cours de l'assemblage</p>
	<p>Le type «U», à extrémité époincée, est une vis à filets multiples destinée aux assemblages permanents. Ce type «U» n'est pas conseillé si son démontage est prévu ultérieurement.</p>
<b>Types spéciales de vis autotaraudeuses</b>	
 <p style="text-align: center;">trilobé</p>	<p>Cette configuration triangulaire, est une technique destinée à retenir le maximum de matériau. Après l'insertion, le polymère flue et relaxe ses contraintes dans la zone comprise entre les lobes. Le dessin «Trilobe» crée également des évènements le long de la vis au cours de l'insertion, supprimant l'effet «piston» dans certains plastiques ductiles et les accumulations de pression sous la vis au cours de sa progression, lesquelles risqueraient de briser ou de fissurer le matériau.</p> <p>Filetage pointu Certains filetages spéciaux comportent</p>



	<p>des angles de filetage inférieurs à <math>60^\circ</math>, qui est la valeur courante dans la plupart des vis standards.</p> <p>Des angles</p>
 <p>Filetage pointu</p>	<p>Certains filetages spéciaux comportent des angles de filetage inférieurs à <math>60^\circ</math>, qui est la valeur courante dans la plupart des vis standards.</p> <p>Des angles de dégagement de <math>30^\circ</math> ou de <math>45^\circ</math> forment des filets aigus qui sont introduits plus facilement dans les plastiques ductiles. Ils créent des sillons de contact plus profonds et réduisent les contraintes. Dans certains cas, les dimensions des bossages peuvent être réduites en présence de ces filets pointus.</p>
 <p>HI-LO</p>	<p>la fixation «Hi-Lo», comporte un double filetage dont l'un est profond et l'autre léger. Un angle de dégagement aigu, de <math>30^\circ</math>, permet de former un sillon plus profond dans la matière et de réduire la contrainte périphérique qui serait engendrée par l'angle de <math>60^\circ</math> d'un filet de forme conventionnelle.</p> <p>Une meilleure résistance à l'arrachement et à une fixation plus robuste.</p>

- **Assemblage vissé avec écrou rapide**

A part la possibilité de visser directement la vis dans la pièce plastique, il est également possible de combiner des vis à tôle avec des écrous à languettes à fixation rapide. Ces éléments en acier à ressort présentent deux languettes adaptées à l'inclinaison du filet, qui servent à guider la vis.

Lorsqu'on bloque la vis, les languettes exercent une poussée radiale sur les fonds de filets et permettent ainsi un assemblage résistant aux vibrations et autobloquant. Grâce à leur forme appropriée, les écrous peuvent être montés au préalable de manière imperdable sur la pièce en matière plastique.

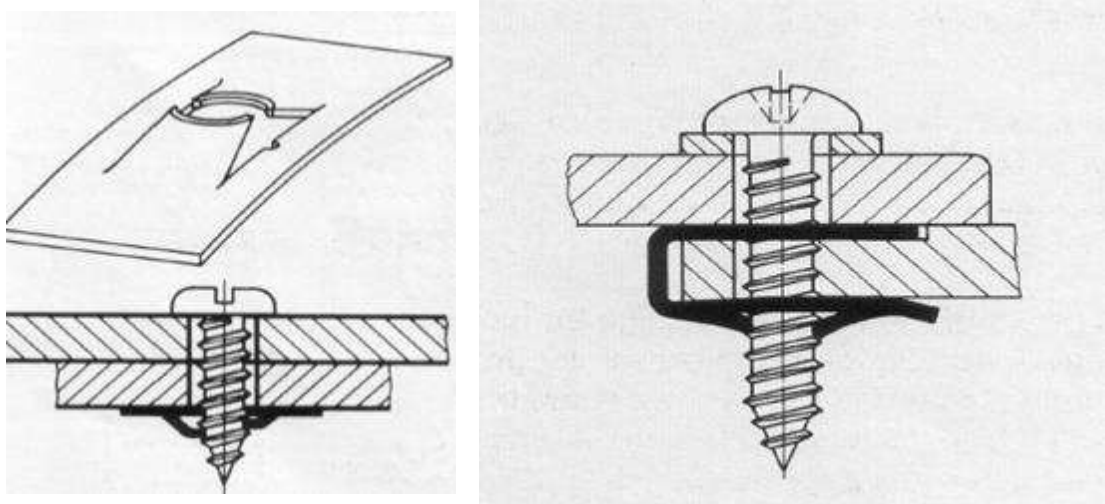


Figure 51: assemblage vissé avec écrou à languettes à fixation rapide

En règle générale, il convient d'éviter d'utiliser des vices à tête fraisée dans les assemblages plastiques car les forces résultantes (figure 62) provoquant l'évasement de l'orifice de la vis. Un résultat possible de cette contrainte supplémentaire est la rupture des lignes de soudure.

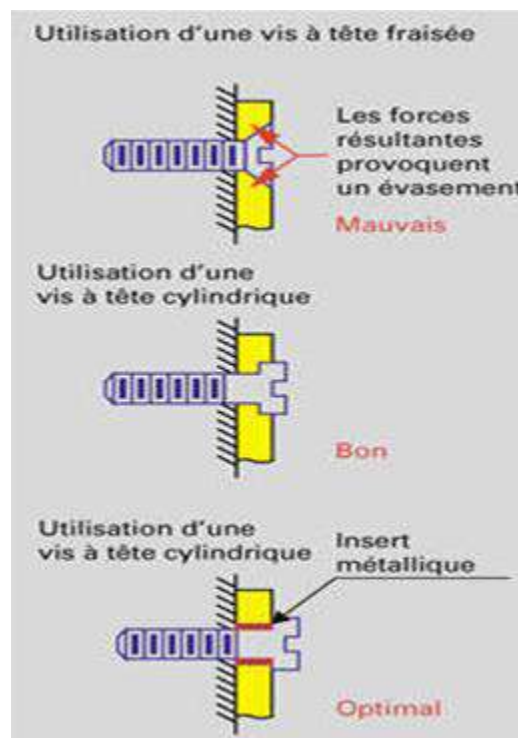


Figure 52: Utilisation d'une vis à tête fraisée