



## Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'Obtention du :

**Diplôme d'Ingénieur d'Etat**

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

# Conception et réalisation d'une voiture d'exposition

Effectué au sein de la société Polydesign Systems

Soutenu le 20 juin 2016

Réalisé par :

**M. EL HASSNAOUI Soulimane**

Jury :

Pr. Mme. I. MOUTAOUAKKIL (FSTF)

Pr. Mr. A. EL BIYAALI (FSTF)

Pr. Mr. J. ABOUCHITA (FSTF)

Ing. Mlle. H. MEFSIOUI (Polydesign Systems)

Encadré par :

• Pr. Mme. I. MOUTAOUAKKIL (FSTF)

• Ing. Mlle. H. MEFSIOUI (Polydesign Systems)

Année Universitaire : 2015-2016

## Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes profonds remerciements à toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de ce projet de fin d'études.

Ainsi, j'exprime ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon encadrante professionnelle Mlle Hajar MEFSIOUI, ingénieur à la société *Polydesign Systems*.

Également, je tiens à adresser mes vifs remerciements à mon encadrante pédagogique Mme Imane MOUTAOUAKKIL, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour les précieux conseils qu'elle m'a prodigués, pour son suivi et pour son implication positive durant toute la période de mon stage.

Je tiens aussi à remercier tous les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger mon travail. A tout le corps professoral et administratif de ladite faculté, j'adresse des remerciements particuliers pour la qualité de l'enseignement qui m'a été dispensé.

## Préface : Innovation automobile

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

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

De nos jours, la voiture est mal nécessaire. Mal parce qu'elle est une source de pollution d'une part et son prix est cher d'autre part, nécessaire parce qu'elle contribue à notre confort et donc nous ne nous pouvons pas imaginer un monde sans voitures. De plus en plus elle devient un produit complexe qui fait appel à une multitude d'expertises technologiques. Toutes ses fonctions sont en permanente ébullition et l'innovation peut se loger dans chacune d'entre elles et parfois même dans un concept tout entier. Ainsi, pour retenir une bonne innovation et pour qu'elle atterrisse dans les véhicules de demain, l'industriel met généralement en place une démarche structurée. Cette dernière est définie, de l'amont jusqu'à l'aval, autour d'un Plan de Recherche et d'Innovation qui permet de passer d'une idée à une réalisation concrète dans une logique de gestion de projet.

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

## Automotive innovation (English)

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

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

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

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

## Table des Matières

Remerciement .....	2
Préface : Innovation automobile .....	3
Automotive innovation (English).....	4
Introduction générale .....	9
CHAPITRE 1. Présentation de l'organisme d'accueil.....	12
1.1 Présentation du groupe <i>EXCO technologies limited</i> .....	13
1.2 Présentation de Polydesign Systems Globe .....	15
1.3. Présentation de Polydesign Systems Morocco .....	16
1.3.1 Fiche signalétique .....	17
1.3.2. Organigramme de la structure d'accueil .....	17
1.4 Zones de production de Polydesign .....	17
1.5 Présentation des différents services de Polydesign System .....	19
1.6 Produits de Polydesign Systems .....	20
1.7 Produits fabriqués par Polydesign Maroc .....	22
CHAPITRE 2. Description de projet .....	23
2.1 Introduction .....	24
Concept Knowledge Method .....	24
2.2. Stratégie de conception .....	24
2.4 Cahier des charges .....	27
2.5 Démarche suivie.....	28
2.6 Planning prévisionnel du projet.....	28
CHAPITRE 3. Analyse fonctionnelle.....	30
3.1 Introduction .....	31
3.2 Modélisation du système .....	31
3.2.1 Méthode SADT.....	31
3.3 Analyse fonctionnelle du besoin .....	32
3.3.1. Etude fonctionnelle .....	32
3.3.2 Méthode QQQCP.....	33
3.3.3 Schéma du besoin « Bête à cornes » .....	34

3.3.4 Méthode APTE .....	36
3.3.5 Fonctions de service .....	36
3.3.6 Diagramme FAST .....	37
3.4 Méthode C K .....	41
3.4.1 Présentation.....	41
3.4.2 Application .....	42
4.1 Structure du véhicule.....	46
4.2 Matériaux utilisés dans la structure automobile .....	46
4.2.1 Tôles d'acier .....	47
4.2.2 Aluminium.....	47
4.3 Modélisation 3D .....	48
4.3.1 Modélisation du châssis sur logiciel CATIA V5 .....	48
4.3.2 Conception de la planche de bord.....	52
4.3.3 Courbes 3D .....	56
4.3.4 Création de surfaces.....	57
4.3.5 Autres conceptions réalisées .....	58
4.4 Assemblage des pièces .....	60
Conclusion.....	61
CHAPITRE 5. Automatisation des pièces .....	62
5.1 Automatisation du siège avant .....	63
5.1.1 Définition.....	63
5.1.2 Objectif .....	63
5.1.3 Dimensionnement de la plaque tournante.....	63
5.2 Choix des matériaux.....	64
5.2.1 Critères d'évaluations .....	64
5.2.2 Etapes de choix des matériaux.....	64
5.2.3 Matrice de décision.....	68
5.3 Dimensionnement du système pignon crémaillère.....	70
5.3.1 Etapes de choix du dimensionnement du système pignon crémaillère.....	70
5.4 Dimensionnement du motoréducteur d'entraînement .....	72
5.5 Dimensionnement et le choix de la base tournante .....	74
5.6 Description des glissières du siège .....	75
5.7 Dimensionnement du système engrenages.....	75
5.8 Système de commandes.....	75
5.8.1 Microcontrôleur ARDUINO.....	75

---

5.7.2 Arduino Ethernet Shield : .....	76
5.8.3 Schéma de montage .....	77
5.8.4 Montage réalisé.....	77
Conclusion .....	78
Bibliographie.....	79
Annexe A : Méthode CK .....	80
Annexe B : Engrenage à denture droite .....	87
Annexe C : Motoréducteur.....	88
Annexe D : Crémaillères Acier Section Carrées.....	89

## Liste des figures

Figure 1. 1 Groupe EXCO Technologie Limited dans le monde	13
Figure 1. 2 Division "EXCO Technologies Limited"	14
Figure 1. 3 les filiales de «EXCO AUTOMOTIVE SOLUTIONS »	15
Figure 1. 4 Place de Polydesign dans le groupe EXCO Technologies Limited	16
Figure 1. 5 Clients de Polydesign Systems	16
Figure 1. 6 Usine Polydesign Systems Tanger	17
Figure 1. 7 Fiche signalétique de PolydesignSystems	17
Figure 1. 8 Organigramme d'accueil	17
Figure 2. 1 Schématisation du processus de réalisation d'un véhicule	26
Figure 2. 2 Démarches de production d'automobile	26
Figure 2. 4 Plannification du projet	29
Figure 2. 5 Diagramme de Gantt prévisionnel	29
Figure 3. 1Modélisation du système	32
Figure 3. 2 Schéma du besoin « Bête à cornes »	35
Figure 3. 3 Graphe des interactions	36
Figure 3. 4 Diagramme de FAST	40
Figure 3. 5 Diagramme CK	44
Figure 4. 1 Exemple importation des tableaux	54
Figure 4. 2 Courbes 3D de la planche de bord	56
Figure 4. 3Création de surface pour la planche de bord	57
Figure 5. 1 Plateau tournant	63
Figure 5. 2 Matériaux disponibles dans le logiciel CES EduPack	66
Figure 5. 3 Choix des matériaux suivant le module de Young	67
Figure 5. 4 Choix de matériau suivant la limite d'élastique	68
Figure 5. 5 Système pignon crémaillère	70
Figure 5. 6 Propriétés de l'acier inoxydable	71
Figure 5. 7Motoréducteur	74
Figure 5. 8 Base tournant	74
Figure 5. 9 Glissière du siège	75

## Introduction générale

Les méthodes de conceptions innovantes servent à concevoir n'importe quoi, par exemple : un moteur, l'exploration martienne, une nouvelle direction pour une entreprise, ou un objet dont personne ne sait encore ce qu'il va être. Donc ceux sont des méthodes pour concevoir importe quoi, c'est-à-dire des choses qui n'existaient pas encore, mais pas pour les concevoir n'importe comment.

En outre, la conception innovante s'était réellement différente de la conception réglée. En effet, la conception réglée c'est la conception classique de produit ou de services qui se basent sur un cahier des charges et les ingénieurs et les techniciens vont essayer de l'optimiser pour avoir les meilleurs résultats possibles. Tandis que dans le cas de la conception innovante à la création des produits ou des services innovants une problématique se pose : c'est que l'espace de l'exploration se définit au fur et à mesure du processus, et nous ne pourrions pas définir le problème dès le départ. Donc le cahier des charges que nous avons dans la conception réglée, nous l'avons pas dans la conception innovante et ça va même être notre objectif de le définir.

Le présent document est un rapport de projet de fin d'étude passé à la société Polydesign Systems de Tanger. C'est une société installée dans la zone franche tangéroise depuis 2001 et dont les activités sont principalement la fabrication des équipements automobiles à base des produits textiles et plastiques. Ses clients sont pour la plupart des fabricants d'automobile dans le monde entier (Ford, Volkswagen, Jaguar, Audi, Renault, Citroën, ...).

Cependant et pour continuer à prospérer dans le marché des fabricants des accessoires automobiles et affronter les entreprises concurrentes, la direction de Polydesign a voulu mettre en place un prototype d'exposition qui sert à présenter les produits fabriqués par la société. Ces produits doivent être plus visible et accessible pour tout client ou tout visiteur. Ce prototype une fois fini sera filmé et présenté dans le portail web de l'entreprise et ce afin d'augmenter la visibilité internationale de celle-ci.

Notre mission est donc de réaliser une maquette d'exposition sous forme d'une voiture d'exposition où les produits automobiles fabriqués par l'entreprise Polydesign seront intégrés et exposés à ses visiteurs et à ses clients. Le prototype sera conçu sous le logiciel CATIA avant qu'il soit matérialisé.

Ce rapport est organisé en cinq chapitres suivis par une conclusion.

- Le chapitre 1 « *Présentation de l'organisme d'accueil* » donne une présentation de l'entreprise d'accueil en générale et de département d'ingénieur où ce stage a été effectué en particulier.
- Le chapitre 2 « *Description de projet* » expose dans un premier temps le contexte général et le cahier des charges du projet, et dans un second temps, il décrit la démarche suivie pour la résolution du problème, et dans un troisième temps il dresse la planification du projet.
- Le chapitre 3 « *Analyse fonctionnelle* » dresse l'analyse fonctionnelle du besoin. Dans ce chapitre, nous déterminons à travers un ensemble de méthodes d'analyse et d'étude fonctionnelle les fonctions principales et les fonctions contraintes du produit à réaliser.
- Le chapitre 4 « *Dimensionnement et conception en 3D de la partie opérative* » présente la technique utilisée pour reproduire sur CATIA une voiture avec toutes ses pièces. Nous présentons alors via l'exemple de conception de la planche de bord comment nous avons réussi à modéliser cette pièce. Ainsi et à partir des photos de l'objet réel, nous les avons importées sur CATIA à l'aide de l'atelier « Sketch Trace ». Ensuite nous avons pris des mesures réelles et nous avons procédé à fixer le repère CAO CATIA et nous avons fait les réglages nécessaires pour fixer correctement l'échelle. En fin, nous avons dessiné les courbes 3D en utilisant l'atelier « Génératives Shape Design ». Une fois tous les produits sont finis (Châssis, carrosserie, planche de bord, ...), l'ensemble de ces objets sont assemblés dans une même entité pour avoir la voiture d'exposition en un seul bloc.
- Le chapitre 5 « *Automatisation des pièces* » présente l'automatisation des pièces et la méthode du choix de matériel pour réaliser ces pièces. Pour arriver au bon choix de matériel, nous énumérons tout d'abord les différentes contraintes à respecter. Nous utilisons utiliser le logiciel CES EduPack qui dispose de plusieurs modules et qui possède une grande base de données de matériaux. Le module de Young permet de faire une comparaison de la rigidité

entre les différents matériaux en fonction du prix. Le module de limite d'élasticité permet de faire une comparaison sur le seuil de la résistance de la déformation. La matrice de décision sera utilisée par la suite pour extraire efficacement le meilleur matériel. Les pièces automatisées sont contrôlées par un microcontrôleur de type Arduino Uno.

Le document s'achève par une conclusion sur le travail effectué et dresse quelques perspectives pour mener à bien encore ce travail.

## CHAPITRE 1. Présentation de l'organisme d'accueil

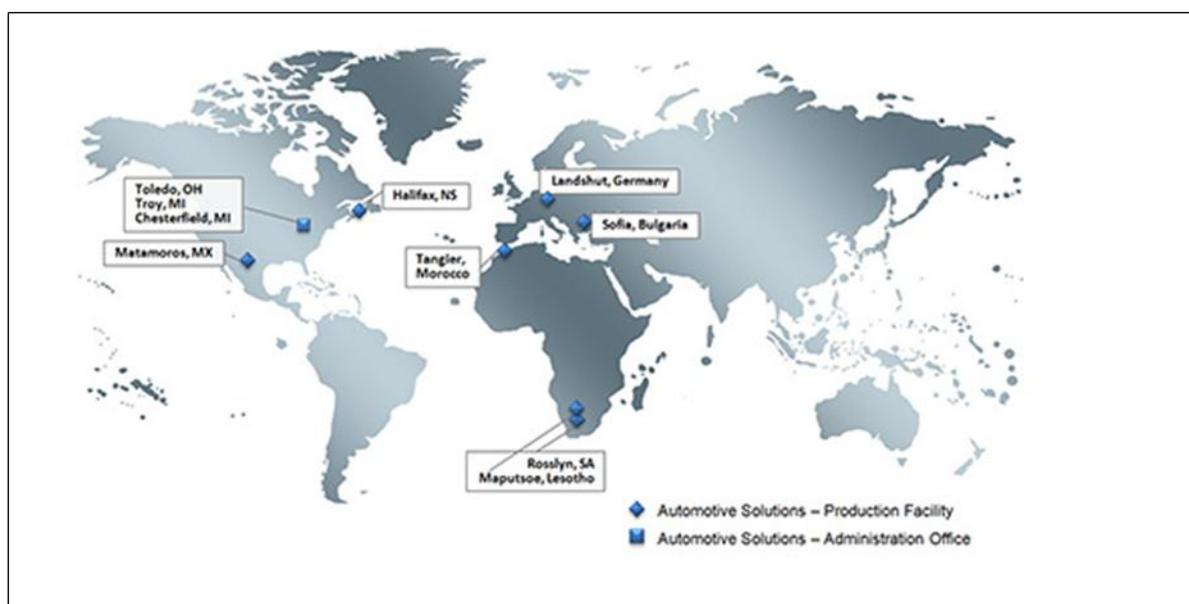
*Les employés de **Polydesign Systems**, femmes et hommes, ont en commun un esprit d'innovation. Ils sont au cœur de la chaîne de valeur de l'innovation sur laquelle ils ont la possibilité d'évoluer tout au long de leur parcours au sein du groupe.*

*Ainsi chaque jour et à travers des projets nombreux et variés, ces employés donnent de leur mieux pour satisfaire leur clientèle et garantir sa performance.*

## 1.1 Présentation du groupe *EXCO technologies limited*

Le groupe « *EXCO Technologies Limited* » a été créé il y'a 50ans, c'est un *canadien global concepteur*, fournisseur mondial de technologies innovantes dans le domaine de moulage, d'extrusion et d'industrie automobile.

A travers les 19 sites de production dans 10 pays et le savoir-faire de 6.697 employés, le groupe *EXCO Technologies Limited* a pu développer une clientèle diversifiée, large et une grande notoriété.



*Figure 1. 1 Groupe EXCO Technologie Limited dans le monde*

Le groupe *Exco Technologies Limited* est un des leaders mondiaux dans l'équipementier automobile. En effet ce groupe comprend trois divisions :

- 3 *Extrusion tooling solutions.*
- 4 *Die cast solutions.*
- 5 *Automotive solutions.*



*Figure 1. 2 Division "EXCO Technologies Limited"*

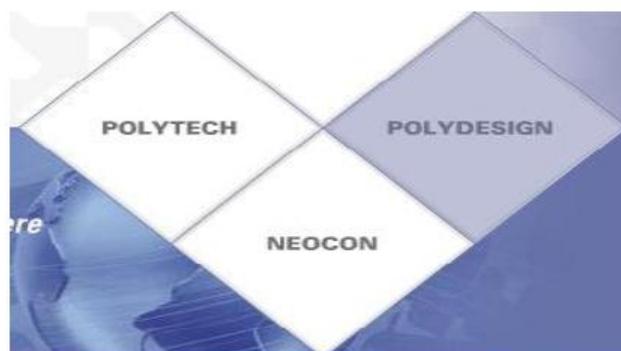
Les groupes « *EXTRUSION TOOLING SOLUTIONS* » et « *DIE CAST SOLUTIONS* » conçoivent, développent et fabriquent des outillages et des équipements d'extrusion et de moulage. Les opérations de ces groupes sont basées au Canada, Etats-Unis, le Mexique et la Colombie et servent principalement les marchés automobiles et industriels à travers le monde.

Le groupe « *AUTOMOTIVE SOLUTIONS* » conçoit, développe et fabrique des éléments de finition intérieurs automobiles et des assemblages principalement pour les passagers et les véhicules utilitaires légers. Les installations du groupe sont situées au Canada, Etats-Unis, au Mexique et au Maroc et fournissent des clients à l'Amérique du Nord, en Europe et sur les marchés asiatiques.

Cette division comprend trois entreprises dont **Polydesign Systems** fait partie, ils se répartissent comme suit :

- **Polydesign Systems** : Développe et fabrique des produits en injection plastique, tissage, couture et assemblage.
- **NeoCon** : Spécialisée dans le développement et la fabrication des produits plastiques en thermoformage pour l'aménagement des coffres de voitures.
- **Polytech** : Fabrique aussi des produits d'injection plastique et de tissage.

Les produits de Polydesign Systems sont destinés à couvrir le besoin des clients européens tandis que ceux de NeoCon et Polytech alimentent le marché américain.



*Figure 1. 3 les filiales de «EXCO AUTOMOTIVE SOLUTIONS »*

## 1.2 Présentation de Polydesign Systems Globe

La société *Polydesign Systems* a démarré son activité en septembre 2001. Elle a été créée par la société américaine *Polytech* afin de répondre aux besoins du marché européen et asiatique et permettre donc à la société *Poytech* de concentrer ses efforts sur le marché américain.

En 2006, la société *Polytech* et donc *Polydesign Systems* a été rachetée par le groupe canadien *Exco Technologies Limited*. Elle a connu une évolution régulière jusqu'à ce jour, en développant surtout son système de production.

Dans le cadre des certifications, elle est certifiée ISO TS 16949 depuis novembre 2002. Elle s'est alignée également sur les normes internationales du management de l'environnement en se faisant certifier ISO 14001 version 2004 en janvier 2004.

Elle fut le premier fournisseur sur le continent africain à avoir obtenu le certificat Q1 de Ford Motors Company.

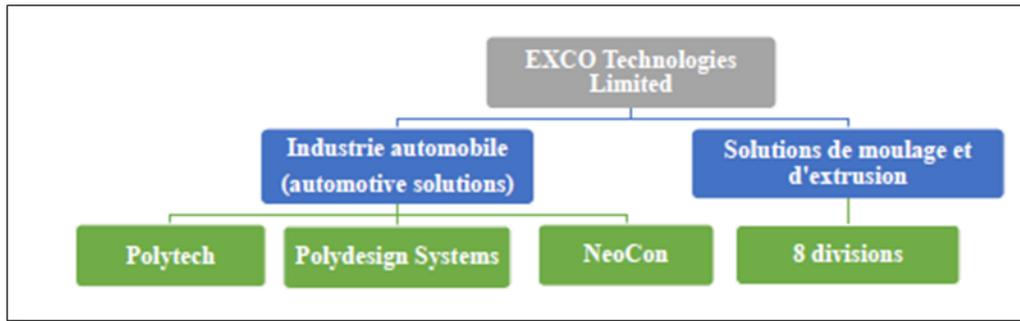


Figure 1. 4 Place de Polydesign dans le groupe EXCO Technologies Limited

Ses clients, sont surtout des entreprises de l'industrie, des fournisseurs d'accessoires d'automobile. Voici quelques logos de certains de ses clients :



Figure 1. 5 Clients de Polydesign Systems

### 1.3. Présentation de Polydesign Systems Morocco

Polydesign Systems est un groupe industriel entièrement dédié à la conception et la fabrication, des accessoires pour le secteur d'automobile.

En effet en 2001, le groupe s'est installé au Maroc à Tanger Free Zone. Ainsi, l'unité de production Polydesign Systems a commencé à travailler en collaboration avec l'unité de production située au Mexique, afin de renforcer sa production pour satisfaire au maximum leurs clients nationaux et internationaux.



Figure 1. 6 Usine Polydesign Systems Tanger

### 1.3.1 Fiche signalétique

- **directeur général** : Julianne Marie FURMAN
- **date de création** : Septembre 2001
- **statut de la société** : S.A.R.L
- **capital social** : 21.000.000 \$
- **adresse** : Polydesign Systems lot 18 b Zone Franche Boukhalef, Tanger.
- **tel/ Fax** : 0539 39 94 00/ 0539 39 35 24
- **superficie** : 16000m2s
- **effectif** : 700 Personnes

Figure 1. 7 Fiche signalétique de PolydesignSystems

### 1.3.2. Organigramme de la structure d'accueil

En effet mon stage s'est déroulé sous l'encadrement du manager process Hajar MEFSIOUI au sein du département d'ingénierie.

## 1.4 Zones de production de Polydesign

L'entreprise a démarré son activité par la production de filets pour les voitures. Ensuite, elle s'est

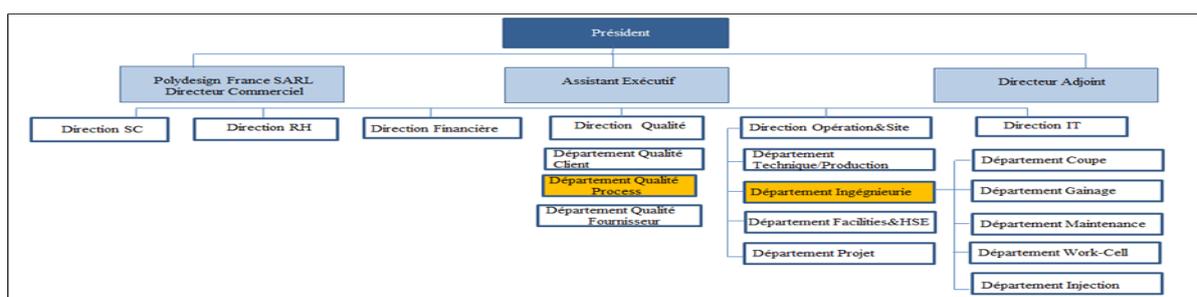


Figure 1. 8 Organigramme d'accueil

spécialisée dans la fabrication des garnitures automobile à base de textile et de plastique.

Actuellement le site de production est réparti suivant 4 fonctions :

- **Coupe** : Cette zone repose sur des machines automatiques qui coupent des pièces dans un matelas suivant un tracé. Ce tracé définit l'ensemble des pièces entreposées de façon à recouvrir entièrement le tissu à couper. Après la coupe, ses pièces sont ramassées par des opérateurs en vue d'alimenter la zone du "Work-Cells" pour la suite du processus de production.
- **Work-Cells**: Egalement appelées « cellules de fabrication », Work-Cells sont un ensemble de cellules dans lesquelles est fait l'assemblage des produits semi-finis. Chacune de ces unités de fabrications se compose d'un nombre limité d'opérateurs, qui disposent d'outil (Exemple : machine à coudre, presse, machine de coupe, etc....) pour l'exécution d'une tâche bien précise. Il est à noter que chaque cellule de travail peut faire l'assemblage de plusieurs produits.
- **Machinery**: Dans la zone Machinery les articles suivants sont produits : la maille (étoffe constituée par l'entrelacement des boucles de fils appelées maille), la bande tissée (étoffe constituée par l'entrecroisement perpendiculaire des ensembles de fils), le bungee (fil élastique), le fil guipé (fil constitué de 2 fils et un élastique, les deux fils sont enroulés autour de l'élastique, pour constituer une sorte de fil élastique). La production étant automatique, le conducteur de la machine la supervise en s'occupant des réglages de l'enfilage machine et du contrôle de la conformité des produits.
- **Injection** plastique Equipé de cinq presses d'injection fabriquant une multitude de pièces en plastique (figure 7). L'atelier fabrique deux grandes familles de produits :
  1. Les produits semi finis destinés aux autres zones de productions de l'entreprise telles que le "work-cell".
  2. Les produits finis destinés à la satisfaction des besoins des clients dans le secteur automobile. Ainsi, une fois fabriqués à l'atelier ces produits sont acheminés vers les clients.

## 1.5 Présentation des différents services de Polydesign System

La structure de Polydesign Systems est une structure purement hiérarchique, dirigée par le directeur général « Julianne Marie FURMAN ». Elle est constituée de plusieurs services qui se présentent comme suit :

- **Direction** : La direction assure à la fois l'ensemble des tâches liées à la gestion et l'organisation de l'entreprise et du plan stratégique sur le long terme, afin d'atteindre les objectifs fixés, et la coordination entre les différents services de production et d'administration.
- **Ressources Humaines** : Etant donné que la réussite d'une entreprise ne dépend pas uniquement de ses moyens techniques mais aussi de son capital humain, le service personnel est un service pivot dans la réussite de la stratégie de l'entreprise et joue un rôle décisif dans son évolution.
- **Service Technique** : Ce service prend en charge la maintenance technique de tout le matériel de l'entreprise. Ainsi, il joue un rôle primordial dans l'amélioration du fonctionnement de tous les services, notamment la production, et ce en évitant les pannes, et en assurant l'augmentation de la capacité de production des machines.
- **Achat** : Le service achat effectue des tâches indispensables quant au fonctionnement de la société d'une manière générale, et du système d'approvisionnement en particulier. C'est l'intermédiaire entre l'entreprise et ses fournisseurs. Il leur cherche les offres qui peuvent garantir des prix convenables, des brefs délais, et les exigences de qualité.
- **Ingénierie** : Ce service reçoit le design du produit concerné de la part du client sous forme d'un plan 3D. Tout d'abord, le service ingénierie lance une étude du projet en collaboration avec le client, puis il passe à la phase d'industrialisation qui touche le processus de fabrication, et enfin vient la phase de méthode qui est la mise en place des produits développés dans le processus de fabrication déjà développé. Elle représente le client au sein de l'entreprise.
- **Administratif et Comptable** : C'est la mémoire, le repère et le guide de l'entreprise. C'est aussi la cible des informations, ce qui lui permet d'enregistrer toutes les entrées et les sorties. Il prend en charge le secteur administratif, comptable et financier de l'usine.
- **Qualité** : Le service qualité prend en charge la préparation de l'entreprise pour la certification et constitue ainsi l'œil observateur et le détecteur des anomalies de qualité dans toutes les composantes de l'entreprise.

- **Production** : C'est la clef de tout le fonctionnement de la société. Ce service est celui qui assure la production et donc les ventes et toute l'activité de l'entreprise. Son cycle de production commence dès l'entrée des matières premières jusqu'à la sortie des produits finis vers les stocks.
- **Logistique et Planning** : Ce service est considéré comme le cerveau qui guide le fonctionnement de toute l'usine et assure le pilotage. IL prend en charge la planification de la production de telle manière à satisfaire la demande en tenant compte de la capacité de production d'une part et de stockage d'autre part, ce qui permet d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles.
- **Laboratoire** : Ce service effectue des analyses pour s'assurer de la conformité de la matière première, et contrôle la qualité du produit fini.
- **Magasin et Approvisionnement** : Le service Magasin et Approvisionnement jouit d'une importance considérable dans le fonctionnement de toute la société.

## 1.6 Produits de Polydesign Systems

Polydesign Systems fabrique une multitude de produits destinés au secteur automobile. Elle a réussi grâce à une large diversification des gammes de produits à attirer des clients importants et à occuper une place de leader mondialement.

Dans ce qui suit, nous exposerons quelques produits :

<p><b>Mailles de sécurité</b></p> <p>Ce sont les filets de retenus de bagage</p>	 <p><i>Mailles de sécurité</i></p>
<p><b>Coiffe de siège et appui tête</b></p> <p>Fabriqués à base de tissus ou semi-cuir, après découpage au niveau de l'atelier de coupe et un contrôle rigoureux des dimensions de chaque constituant, les</p>	

<p>parties qui composent les coiffes de siège et l'appui-tête passent au "Work-Cell" pour un assemblage final.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Coiffe de siège et appui tête</i></p>
<p><b>Couvants du levier de vitesse</b></p> <p>Fabriqués à base de l'assemblage d'une carde soit en matière plastique simple ou chromé livré par une usine de la Tunisie et d'un couvrant en semi-cuir.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Levier de vitesse</i></p>
<p style="text-align: center;"><b>Volants</b></p> <p>L'entreprise intervient seulement au niveau du gainage des volants comme il est indiqué dans la figure</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Volants</i></p>
<p style="text-align: center;"><b><i>La planche de bord</i></b></p> <p>L'entreprise intervient seulement au niveau du gainage des planches de bord comme il est indiqué dans la figure</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Planche de bord</i></p>

### 1.7 Produits fabriqués par Polydesign Maroc

Dans le tableau suivant, nous avons rassemblés les produits essentiels fabriqués par Polydesign Tanger.

*tableau 1 Les produit fabriqués par Polydesign*

Articles	Description	Aperçu
Nets	les mailles de sécurités sont les filets de retenus de bagage	
Appui tête / coiffe de siège	à base de tissus ou semi-cuire	
Volants	à base du cuir, on procède au gainage des volants	
Casquette B8	à base du cuir	
Accoudoir B8	à base du cuir	
Accoudoir W2	à base du cuir	
boots	les couvrants du levier de vitesse	
Les panneaux de porte	à base de matériaux synthétiques, notamment les composés thermoplastiques.	
Les pare-soleils	à base du Cuir, Alstone, ou Morzine.	

## CHAPITRE 2. Description de projet

*Ce chapitre présente en premier lieu le contexte général et le cahier des charges du projet, et en second lieu la démarche suivie pour la résolution du problème, et à la fin il dresse la planification de ce projet.*

## 2.1 Introduction

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

Lors de la description du projet, nous allons éclaircir les axes principaux de la stratégie de conception que nous allons suivre pour réaliser ce projet. Notre projet consiste à concevoir et à réaliser une voiture d'exposition qui intègre les produits fabriqués par la société Polydesign System. Le respect du cahier des charges est notre grand souci. Les clients sont très exigeant et impose plusieurs valeurs et contraintes qui rendent la tâche très complexe à mettre en œuvre.

Pour réaliser les objectifs dressés dans ce projet, nous avons combiné entre plusieurs méthodes d'innovation, la plus répondeuse est la méthode C-K (Concept and Knowledge Method) que nous allons détailler dans la suite.

### Concept Knowledge Method

- C'est une théorie qui explicite le processus général qui se produit chez l'Homme lorsqu'il conçoit quelque chose. Alors que le langage classique ne permet pas de mettre les mots sur ce processus, la théorie C-K, à l'aide d'analogies en Algèbre, le permet.
- La théorie C-K est une notion à intégrer et à se remémorer dans toute situation de conception au sens le plus large. Elle peut être très utile lors de la conception d'un système faisant appel à des connaissances diverses.

Pour ample information sur cette méthode, le lecteur peut consulter l'annexe A de ce document.

## 2.2. Stratégie de conception

La mondialisation des échanges exerce une pression commerciale forte sur les entreprises. Cette pression est plus forte dans les pays développés qui doivent faire face à la concurrence face aux pays émergents. Ces derniers proposent des produits performants et bon marché et ce grâce à la main d'œuvre qui à la fois qualifiée et moins chère.

Dans ce contexte, la compétitivité des entreprises passe par trois axes d'amélioration majeurs

1. La diminution des délais de conception.
2. La diminution des coûts.

### 3. L'amélioration de la qualité du produit.

Dans ce qui suit nous détaillons chacun de ces trois points.

#### **a) Réduction des délais de conception**

Les entreprises doivent renouveler de plus en plus vite leurs produits pour rester en phase avec les attentes des consommateurs. Les services commerciaux multiplient les études marketing pour s'informer des derniers besoins des clients. A partir de ces informations et en fonction de la politique commerciale de l'entreprise, nous définissons les cahiers des charges des produits. La réduction des délais de conception contribue à la flexibilité de l'entreprise en lui autorisant une plus grande réactivité au marché. D'autre part, diminuer les délais de conception permet également de diminuer les risques liés à un projet donné en réduisant son retour sur investissement. Les entreprises peuvent ainsi plus facilement s'autoriser des politiques audacieuses et conquérir de nouveaux marchés.

#### **b) Réduction des couts**

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

#### **c) Amélioration de la qualité**

Dans le secteur automobile, l'amélioration des performances est liée à l'introduction de solutions innovantes concernant des matériaux, des procédés de fabrication ou des systèmes mécatroniques. Elle permet d'entretenir l'image de marque de l'entreprise et de lui assurer l'obtention de marches à plus forte valeur ajoutée. La qualité peut se traduire en exigences de sécurité. La sécurité de l'utilisateur passe par l'assurance que le système (un véhicule ou l'un de ses composants) fonctionne correctement malgré la variabilité du produit et des conditions d'utilisation

## 2.3 Processus de réalisation

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

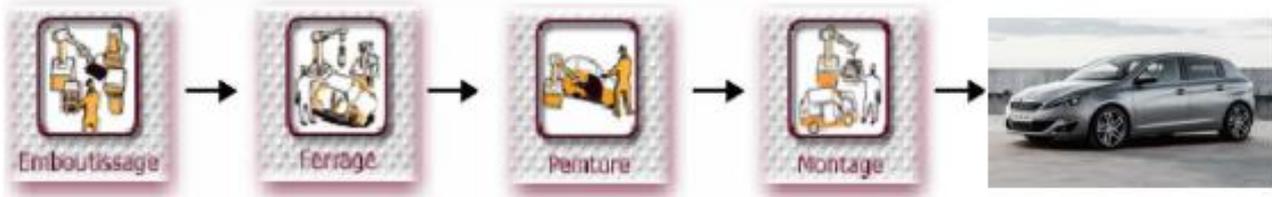


Figure 2. 1 Schématisation du processus de réalisation d'un véhicule

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

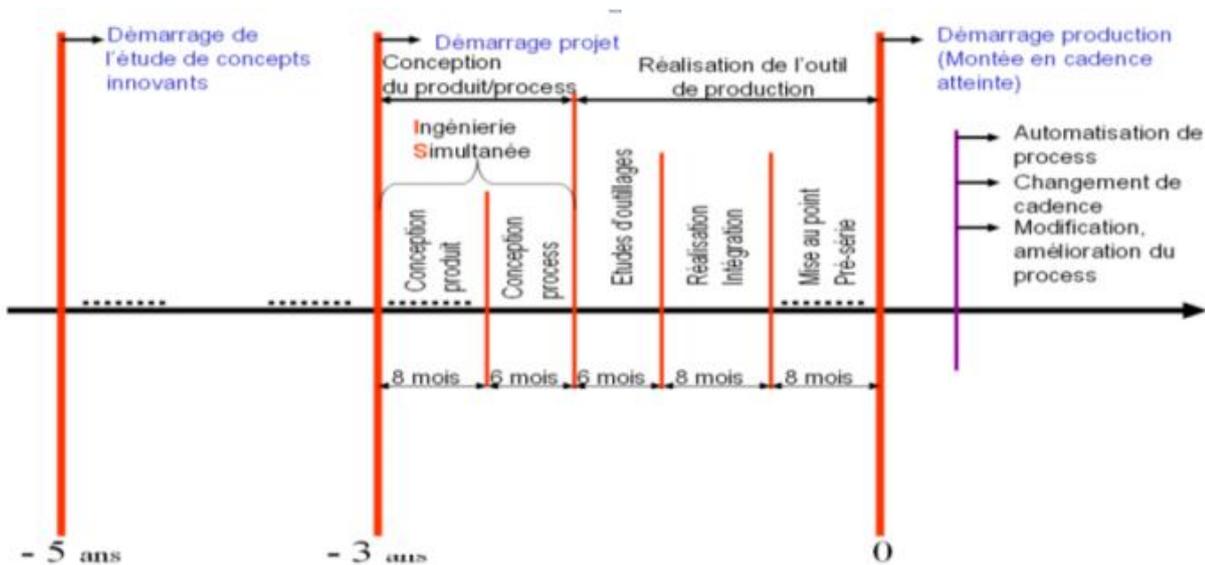


Figure 2. 2 Démarches de production d'automobile

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

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

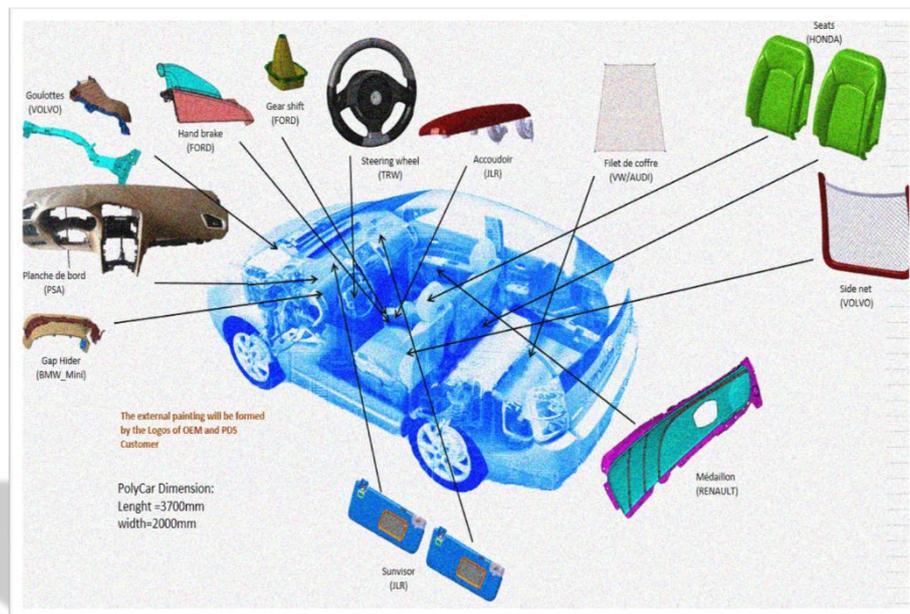
## 2.4 Cahier des charges

### Objectif

Le but de ce projet est de réaliser une maquette d'exposition sous forme d'une voiture où les produits automobiles fabriqués par l'entreprise Polydesign seront exposés aux visiteurs et aux clients. Le prototype sera conçu sous le logiciel CATIA avant qu'il soit concrétisé. Pour ce faire, des méthodes créatives et innovatrices sont employées pour atteindre notre objectif.

### Description

Polydesign est une entreprise installée dans la zone franche de Tanger depuis 2001. Elle a comme activités la fabrication des équipements automobiles à base des produits textiles et plastiques. Ces premiers clients étaient Ford et Opel. Polydesign est une entreprise qui a prospéré dans son domaine. Actuellement son marché s'est développé pour couvrir 33 entreprises de fabrication automobiles de grandes marques internationales (Ford, Opel, Audi, Citroën, Renault, Volkswagen, etc.). Pour continuer à être le leader dans le marché et affronter les entreprises concurrentes, sa direction a voulu mettre en place un prototype d'exposition qui sert à présenter ses produits pour tout client ou tout visiteur, que ce soit localement ou dans des salons d'exposition. Ce prototype une fois fini sera filmé et présenté dans le portail web de l'entreprise et ce afin d'augmenter la visibilité internationale de celle-ci.



## 2.5 Démarche suivie

- Le design du châssis et du corps du véhicule respectant les normes internationales
  - Longueur =3700mm.
  - Largeur =2000mm.
  - La peinture extérieure sera formée par les logos de OEM et costumes PDS
  - Matériaux
- Design de l'intérieur du véhicule.
- Réalisation et vérification les calculs du concept.

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

- ✓ La diminution des délais de conception.
- ✓ La diminution des coûts.
- ✓ Le respect des règles métier.

## 2.6 Planning prévisionnel du projet

La planification consiste à prévoir le déroulement du projet tout au long des différentes phases. Lors des réunions avec mes encadrants, j'ai pu tracer les étapes de réalisation de ce projet. Et pour modéliser la planification correspondante, j'ai fait appel au diagramme de Gantt illustré dans les figures ci-dessous. Ce diagramme a été fait avec le logiciel Gantt Project.

GANTT project		
Nom	Date de début	Date de fin
● Intégration	22/03/16	25/03/16
● Compréhension des pieces	28/03/16	01/04/16
● Etude du besoin	01/04/16	04/04/16
● Recherche du solution	04/04/16	15/04/16
● Prendre des mesures	15/04/16	25/04/16
● Conception du systeme	01/04/16	17/06/16
● validation du projet	13/06/16	17/06/16
● Rédaction du rapport	01/04/16	17/06/16

Figure 2. 3 Plannification du projet

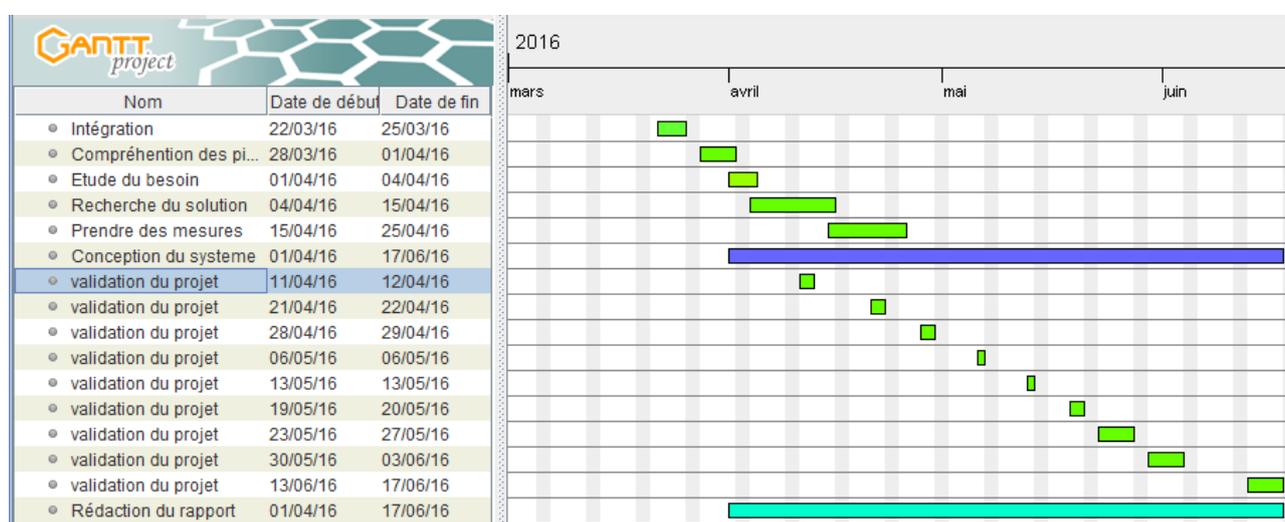


Figure 2. 4 Diagramme de Gantt prévisionnel

Selon ce diagramme, mon stage a démarré le 22 mars 2016, la première semaine a été consacrée à la compréhension des processus de fabrication de pièces. Les deux semaines qui suivent, j'ai dû faire une étude de besoin et faire des recherches sur les solutions techniques qui peuvent m'aider dans mon projet. A partir du 15 avril, j'ai commencé à prendre des mesures manuelles des différentes pièces à reproduire sur CATIA. Cette opération a duré deux semaines, et ce vu la complexité des mesures à prendre. Il faut que celles-ci soient compatible avec la modélisation 3D. En parallèle avec ses mesures j'ai démarré le processus de conception du système et à la fin de chaque semaine je valide les différentes réalisations effectuées avec mon encadrante professionnelle.

Il va sans dire que durant la période de conception et de réalisation, j'ai travaillé également sur la rédaction de mon mémoire de fin d'étude.

## CHAPITRE 3. Analyse fonctionnelle

*Ce chapitre présente l'analyse fonctionnelle. Nous déterminons à travers un ensemble de méthodes d'analyse et d'étude fonctionnelle les fonctions principales et les fonctions contraintes du produit à réaliser.*

## 3.1 Introduction

Au début d'un projet pour créer (conception) ou améliorer (ré-conception) un produit, l'analyse fonctionnelle est un élément indispensable à sa bonne réalisation. Il est nécessaire donc de déterminer les fonctions principales et les fonctions contraintes d'un produit. Il est important aussi de faire ce recensement afin d'effectuer un dimensionnement correct des caractéristiques du produit. Lors de l'analyse fonctionnelle, chaque fonction doit être recensée, caractérisée, ordonnée, hiérarchisée et valorisée. Ainsi dans ce chapitre, nous déterminons à travers un ensemble de méthodes d'analyse et d'étude fonctionnelle les fonctions principales et les fonctions contraintes du produit à réaliser.

## 3.2 Modélisation du système

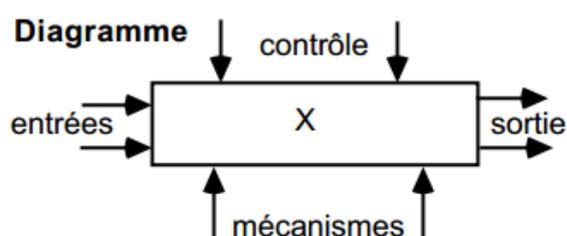
### 3.2.1 Méthode SADT

La méthode SADT, ou méthode d'analyse fonctionnelle descendante, est une méthode graphique qui part du général pour aller au particulier. Elle permet de décrire des systèmes complexes où coexistent différents flux de matière d'œuvre : systèmes automatisés, asservis ou intégrant l'informatique.

**Il s'agit de poser un problème et non de le résoudre :**

- **Spécification : le quoi ?**
- **Conception : le comment ?**

Le diagramme ci-dessous schématise cette méthode où l'objectif à atteindre est reformulé sous forme d'un diagramme.



- **Entrées** : données transformées par l'activité en sortie

- **Sorties** : données créées par l'activité
- **Contrôles**
  - Données dont la présence contrainte l'activité
  - Données non modifiées par l'activité
- **Mécanismes** : processeur qui effectue l'activité (personne, machine)

L'application de cette méthode sur notre cas donne le diagramme suivant :

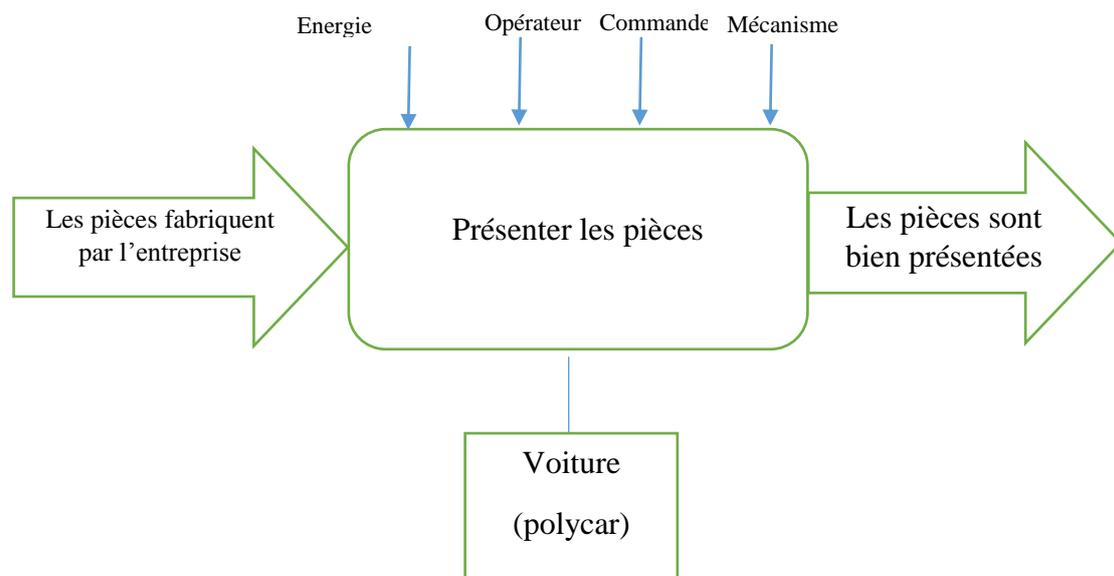


Figure 3. 1 Modélisation du système

### Quelques avantages de cette méthode :

Elle permet l'analyse et la compréhension de systèmes complexes

Elle permet des spécifications :

- de qualité,
- précises,
- complètes.

## 3.3 Analyse fonctionnelle du besoin

### 3.3.1. Etude fonctionnelle

Dans cette partie d'étude, nous allons analyser les besoins demandés par la société Polydesign Systems. De cet effet, les besoins se résument à la réalisation d'une plateforme qui assure

l'assemblage et l'intégration des différents composants d'automobile fabriqués par cette société. Pour ce faire, nous avons fait appel à plusieurs méthodes d'étude fonctionnelle. Notre choix s'est concentré sur la méthode QQQQCP et ce puisque celle-ci présente plusieurs avantages et elle pave la méthode « Bête à cornes » qui sera utilisée par la suite pour compléter notre analyse.

### 3.3.2 Méthode QQQQCP

**Poser des questions** est un vrai art. Le maîtriser permet d'aller chercher **les informations pertinentes** dont nous avons besoin rapidement, grâce à la formulation de bonnes questions aux moments opportuns. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser les bons mots et d'y mettre la forme adéquate.

Les questions **Qui ? Quand ? Où ? Quoi ? Comment ? Combien ? Pourquoi ?** sont des questions dites « ouvertes » qui nécessitent une forme de réponse développée, que ce soit par une phrase courte ou longue. En tout cas, nous ne pouvons pas y répondre par oui ou par non, contrairement aux questions dites « fermées ».

Dans notre cas de figure, les questions à poser sont les suivantes :

- Quoi ? de quel besoin s'agit-il
- Qui ? Quelles sont les personnes concernées par ce besoin ?
- Où ? A quel endroit-peut-on en voir besoin ?
- Quand ? A quel moment peut-on en avoir besoin ?
- Pourquoi ? pour quelle raison peut-on en avoir besoin ?
- Comment ? par quel procédé peut-on satisfaire le besoin ?

Si l'ensemble des questions sont validées alors le produit répond à un besoin

Les repenses à prévoir pour les questions posées ci-dessus sont à notre sens comme suit.

- Quoi : Assembler et exposer les pièces fabriquées par l'entreprise
- Qui : les industriels d'automobile

- Où : la salle accueil des entreprise Polydesign, les forums et les activités qu'elle organise, et sur son portail web.
- Quand : d'une façon permanente et spécialement les jours d'accueil des visiteurs ou l'accueil de nouveaux clients.
- Comment : via une automobile d'exposition présentée sur un podium tournant. Cette automobile regroupe toutes les pièces fabriquées par entreprise.

Pourquoi : présenter les services de l'entreprise (faire publicité aux produits qu'elle peut réaliser selon la demande des clients).

### 3.3.3 Schéma du besoin « Bête à cornes »

La **bête à corne** est un outil d'**analyse fonctionnelle du besoin**. En matière d'innovation, il est tout d'abord nécessaire de formuler le besoin sous forme de fonctions simples (dans le sens de « fonctions de bases ») que devra remplir le produit ou le service innovant. D'une façon générale cette méthode se présente comme à complément pour reformuler le besoin racine du client. La figure ci-dessous illustre le mode opératoire de cette méthode.

Dans notre étude, le schéma de notre besoin est exprimé par la méthode « Bête à cornes » comme présenter ci-dessous.

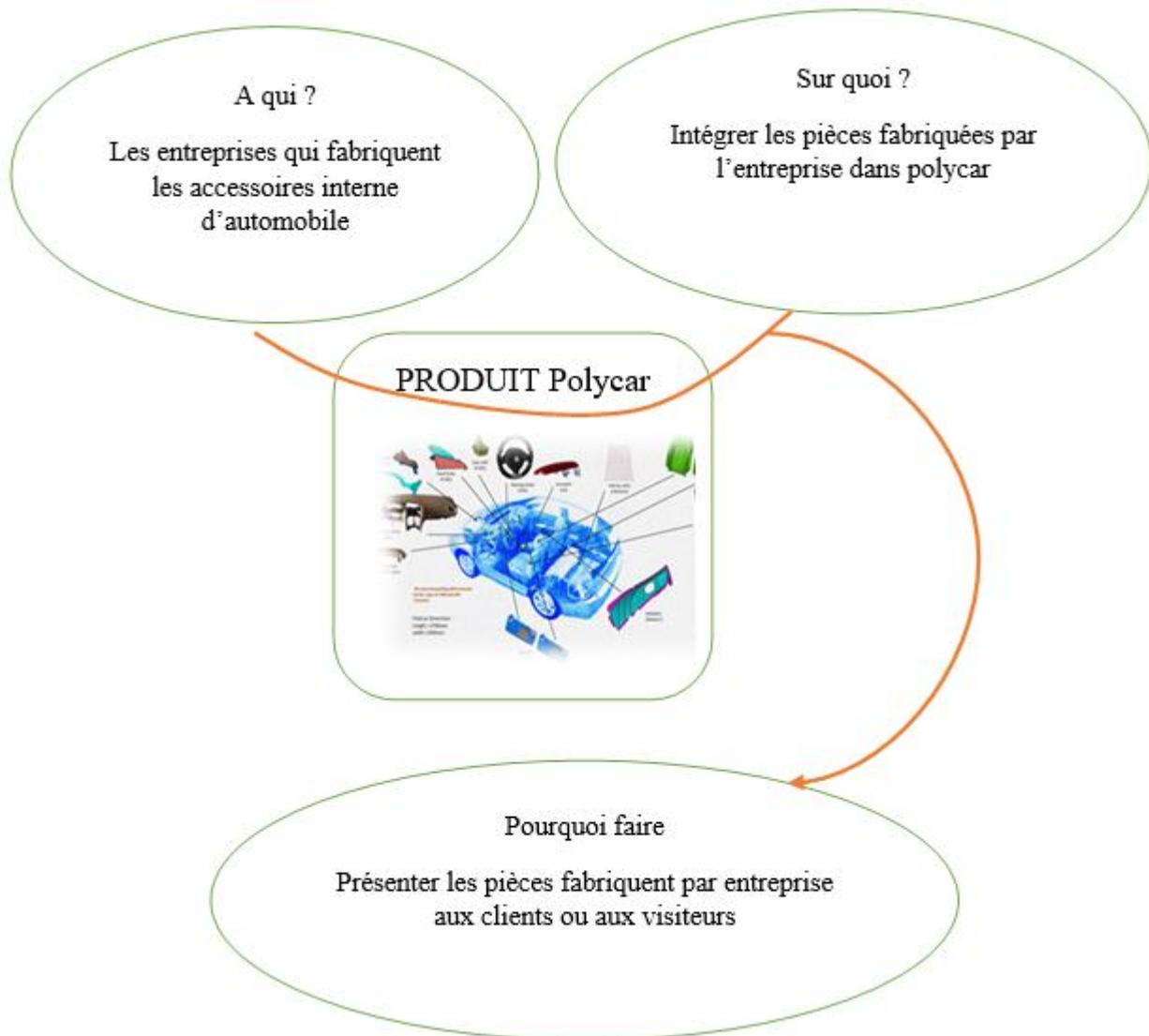


Figure 3. 2 Schéma du besoin « Bête à cornes »

### 3.3.4 Méthode APTE

Cette méthode utilisée pour analyser les besoins et identifier les fonctions de service d'un produit. Son principe consiste à isoler le produit et recenser les éléments extérieurs au produit. Pour s'assurer qu'un produit satisfasse les besoins d'un client, nous nous occupons des services qu'il rend. Le produit est considéré comme un ensemble fonctionnel, assurant un certain nombre de fonctions, et non pas uniquement comme un assemblage de pièces ou de composants.

La mise en œuvre de cette méthode dans notre cas d'étude donne le diagramme ci-dessous.

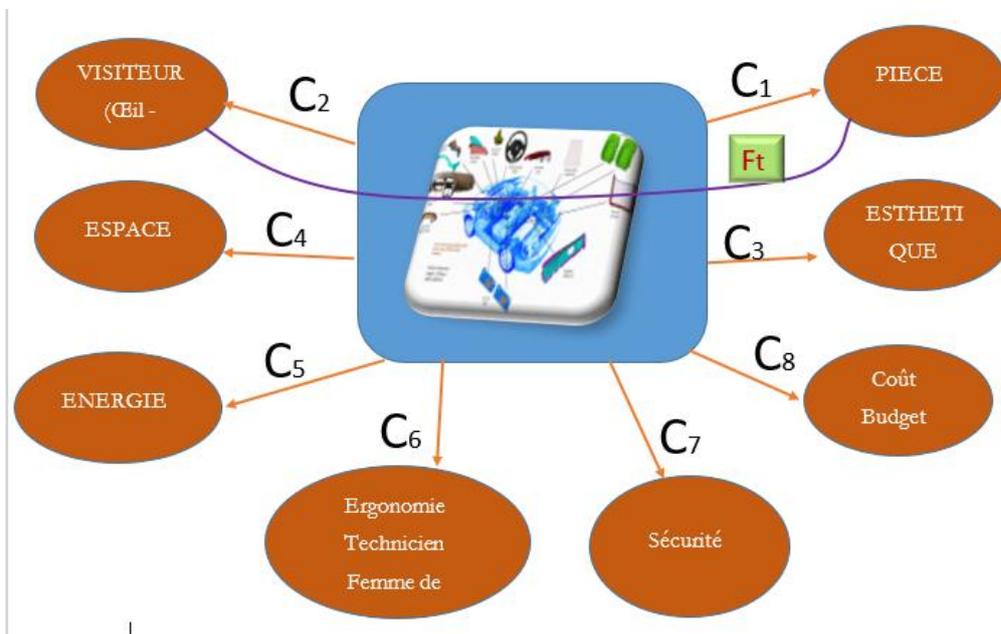


Figure 3. 3 Graphe des interactions

### 3.3.5 Fonctions de service

Fonctions liées au service ou à l'usage d'un produit, elles décrivent ou définissent une action du produit répondant à un besoin ou une attente de l'utilisateur. Elles se déclinent en deux types de fonctions : Fonctions principales (FP) et fonctions contraintes (FC).

Les fonctions principales justifient la création du produit. Elles représentent les relations entre deux éléments du milieu extérieur, tandis que les fonctions contraintes rassemblent toutes les fonctions complémentaires aux fonctions principales du produit en leur imposant ou non des limites.

Pour notre étude, les fonctions principales et les fonctions contraintes sont indiquées dans la table ci-dessous.

**Table** : Fonctions principales et Fonctions contraintes

	<b>Fonction</b>
<b>Ft</b>	Présenter les pièces aux visiteurs avec une manière créative et innovante
<b>C1</b>	Associer les pièces fabriquées par l'entreprise
<b>C2</b>	Exposer clairement les produits aux visiteurs
<b>C3</b>	Etre de forme et de couleur agréable à l'œil (plus convivial dans le côté esthétique)
<b>C4</b>	Etre compatible et respecter les mesures de l'espace
<b>C5</b>	Alimenter le produit
<b>C6</b>	Adapter le produit aux conditions de travail de l'utilisateur, en parlant d'un produit, d'un matériel (plus ergonomique)
<b>C7</b>	Respecter les normes et les règlements de sécurité
<b>C8</b>	Avoir le coût le plus optimal

### 3.3.6 Diagramme FAST

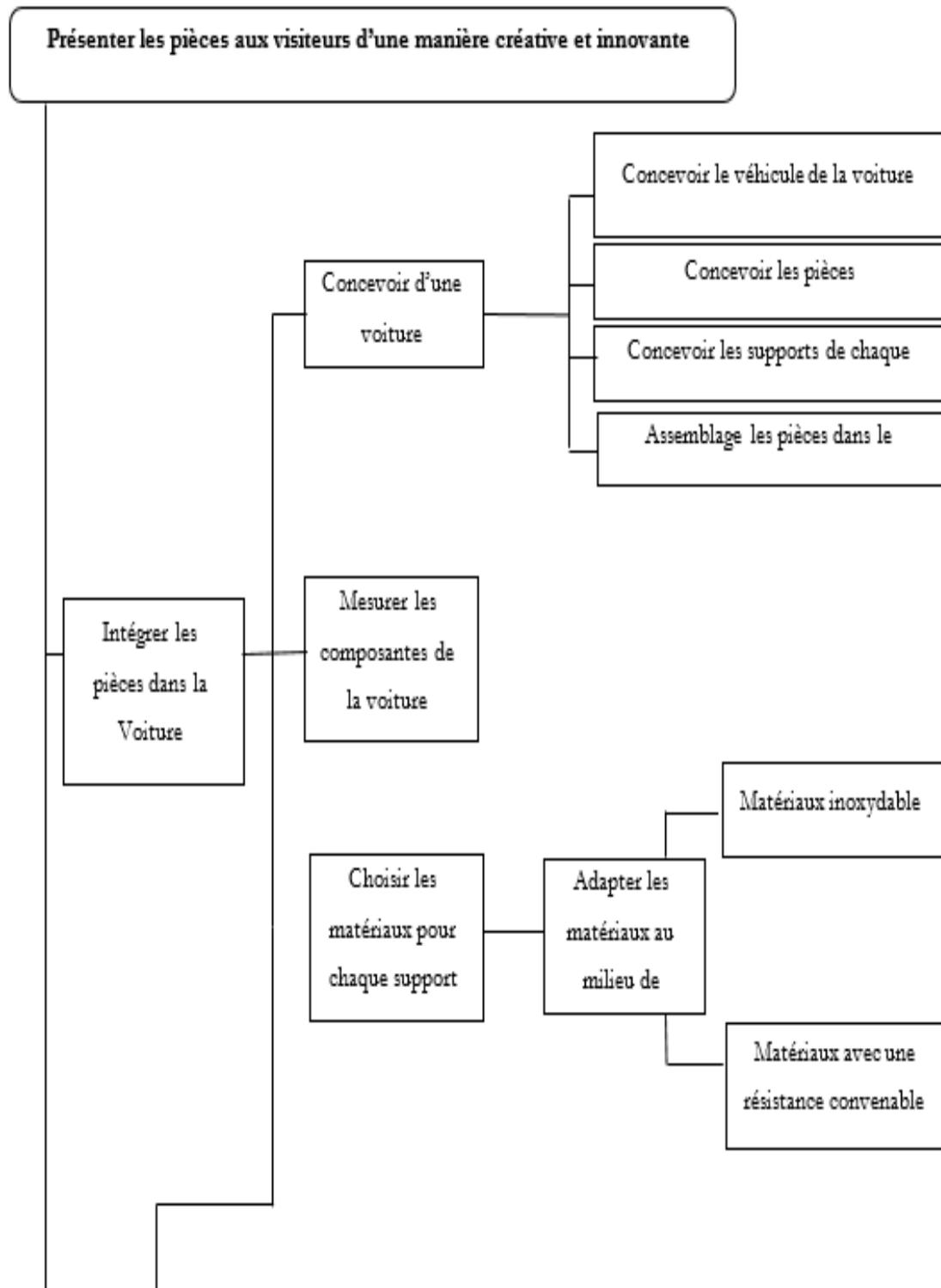
Un diagramme FAST (Functional Analysis System Technic) présente une traduction rigoureuse de chacune des fonctions de service en fonction(s) technique(s), puis matériellement en solution(s) constructive(s). Le diagramme FAST se construit de gauche à droite, dans une logique du pourquoi au comment. L'ingénieur développe les fonctions de service du produit en fonctions techniques. Il choisit des solutions pour construire finalement le produit. Le diagramme FAST constitue alors un ensemble de données essentielles permettant d'avoir une bonne connaissance d'un produit complexe et ainsi de pouvoir améliorer la solution proposée.

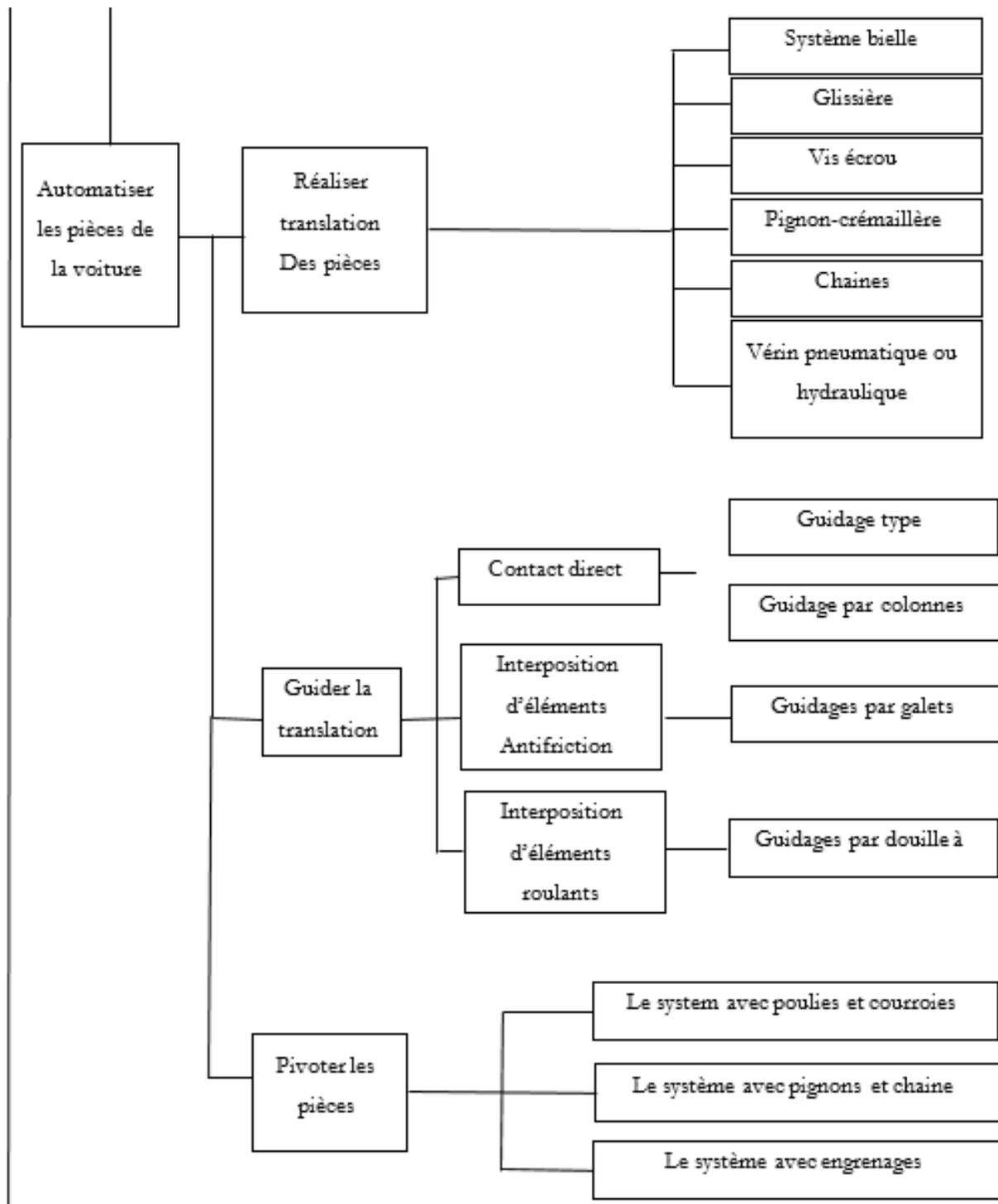
En ce qui concerne notre étude, nous sommes menés à répondre aux questions posées et notre diagramme FAST sera alors :

Fonction de service

Fonction de technique

Solution technique





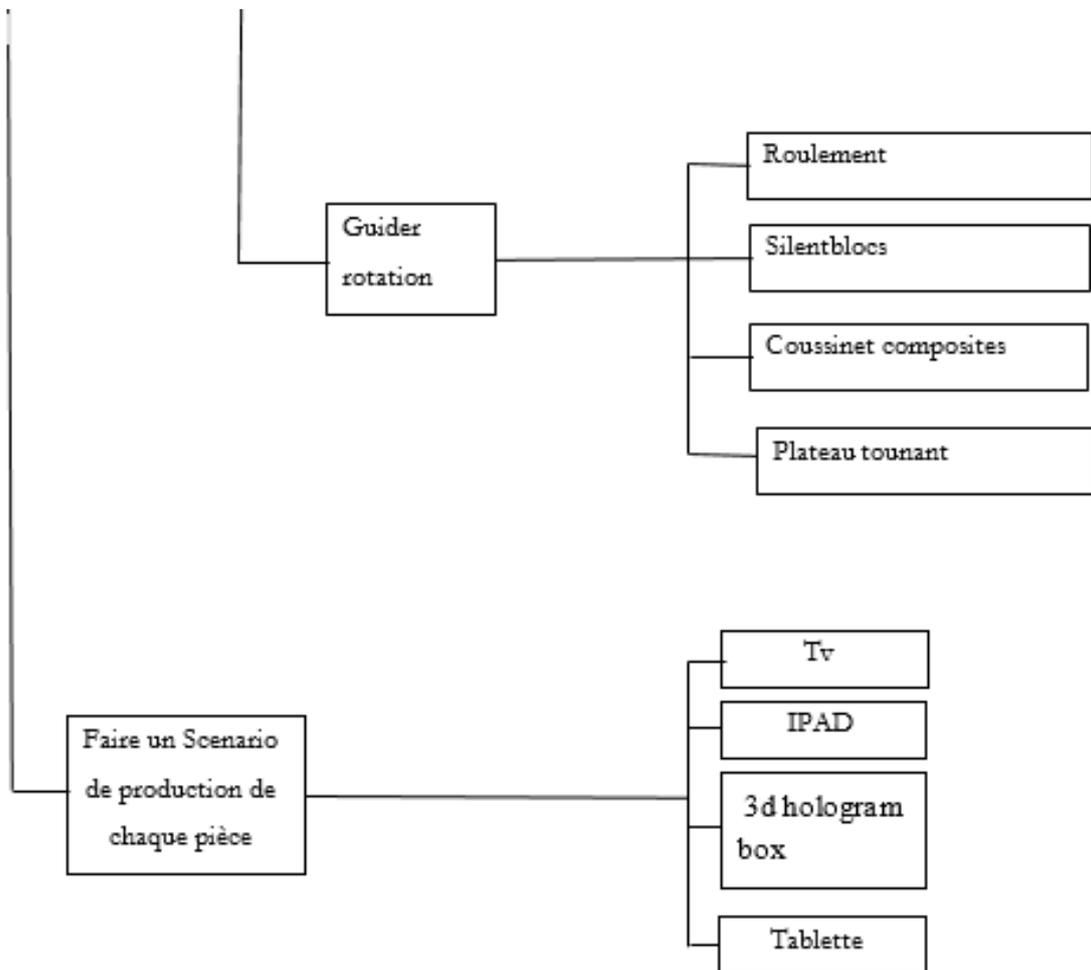


Figure 3. 4 Diagramme de FAST

### 3.4 Méthode C K

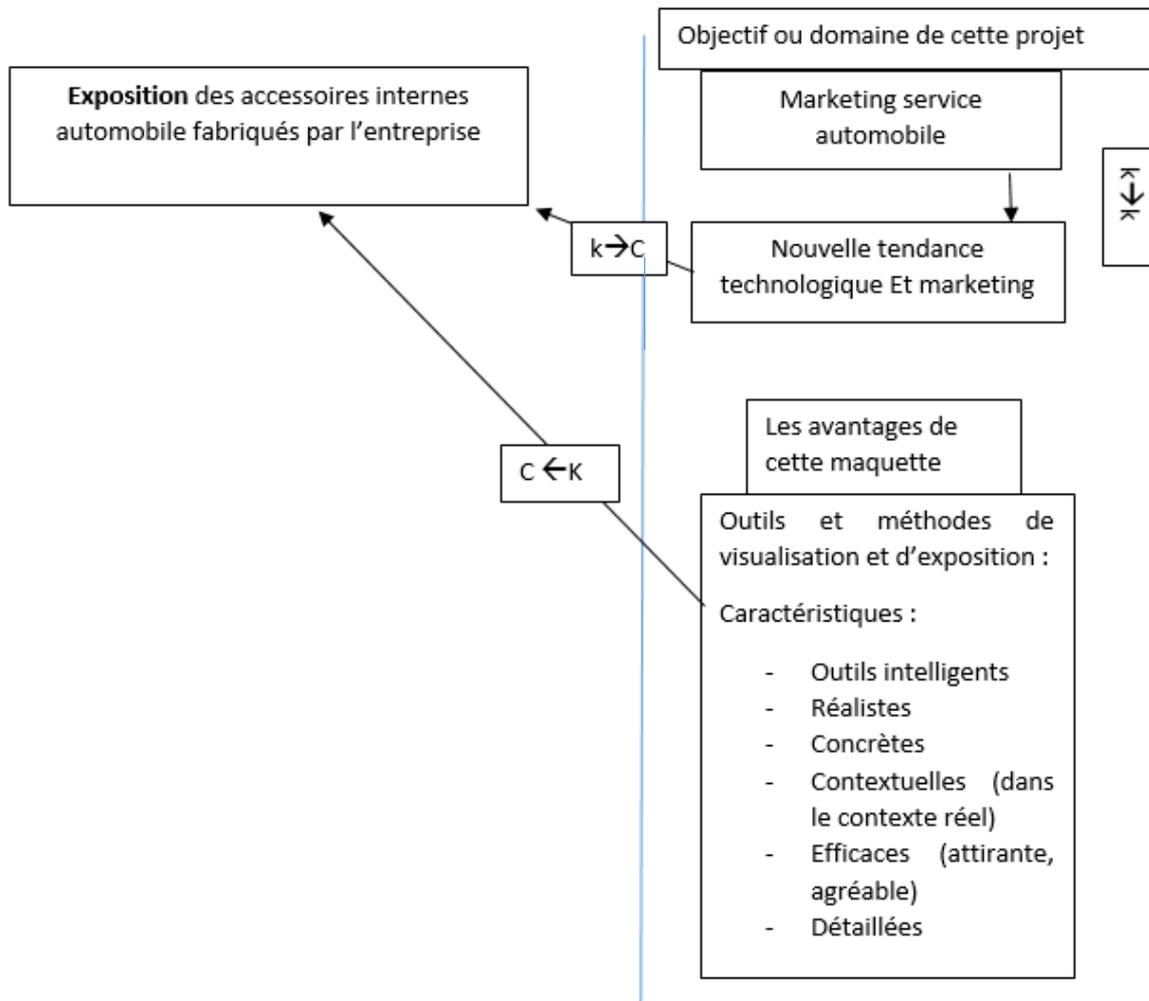
#### 3.4.1 Présentation

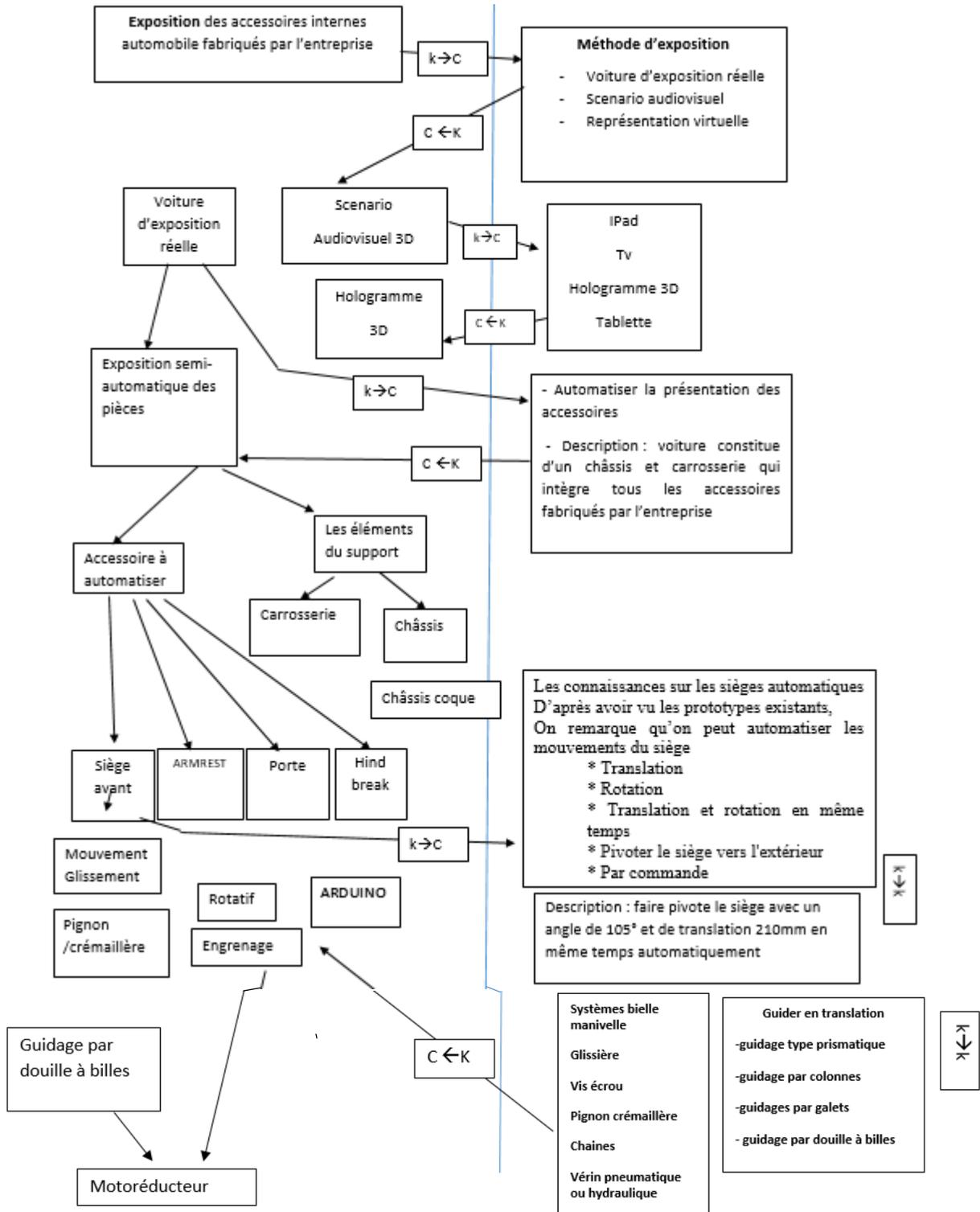
C'est une méthode pour concevoir n'importe quoi par exemple un moteur l'exploration martienne une nouvelle direction pour votre entreprise ou un objet est une personne ne sait encore ce qu'il va être, donc c'est une méthode pour concevoir importe quoi des choses qui n'existaient pas encore, mais pas pour les concevoir n'importe comment

Elle a été mise au point dans le centre de gestion scientifique de l'école des mines paris Tech où les chercheurs se sont posé la question en quoi la conception innovante c'était réellement différente de la conception réglée.

Alors la conception réglée c'est la conception classique de produit et de services qui se base sur un cahier des charges est aux mains des ingénieur et techniciens vont essayer d'optimise pour savoir les meilleurs résultats possibles et il se sont rendus compte que dans le cas de la conception innovante quand on veut créer des produits et des services innovant on a une problématique c'est que l'espace de l'exploration se défini au fur et a mesure du processus et qu'on ne peut pas définir le problème dès le départ ,donc ce cahier des charges qu'on a pas dans la conception réglée on ne l'a pas dans la Innovante et ça va même être notre objectif

3.4.2 Application





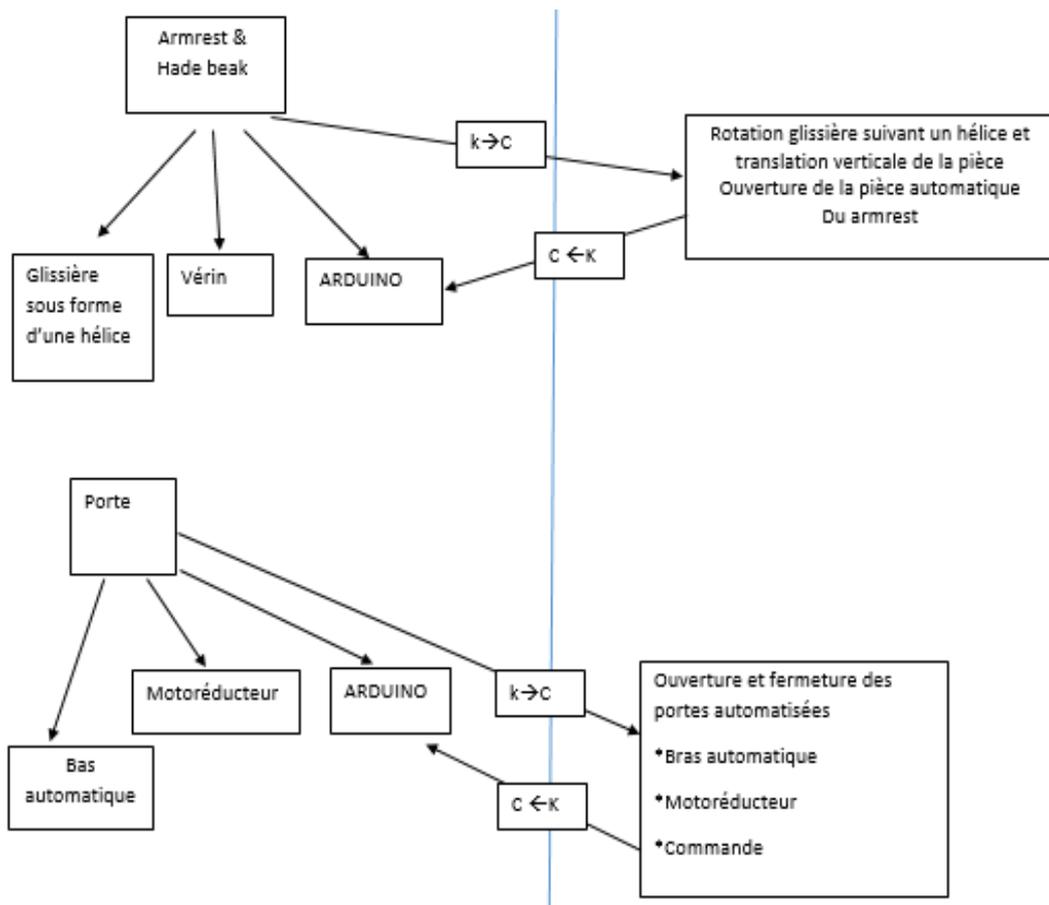


Figure 3. 5 Diagramme CK

## CHAPITRE 4. Dimensionnement et conception en 3D de la partie opérative

*Dans ce chapitre nous avons reproduit plusieurs pièces du monde réel vers le logiciel CATIA (planche de bord, volant, siège d'avant, ...). Ainsi et dans un premier temps nous avons exposé comment à partir de plusieurs photos réelles, prises pour un objet dans différents angles, nous pourrions le reconstituer en 3D sous CATIA. Le principe est de fixer pour chacune de ces photos un repère CAO CATIA et de faire les réglages nécessaires pour obtenir des bonnes mesures. Une fois ce procédé est fait, nous avons et l'aide de l'atelier Sur **Génératives Shape Design** dessiné les courbes 3D, ce qui nous a produit en fin l'objet souhaité en 3D.*

## 4.1 Structure du véhicule

La structure du véhicule désigne les parties tôleries du véhicule, elle contient plusieurs éléments comme montré dans la figure ci-dessous.

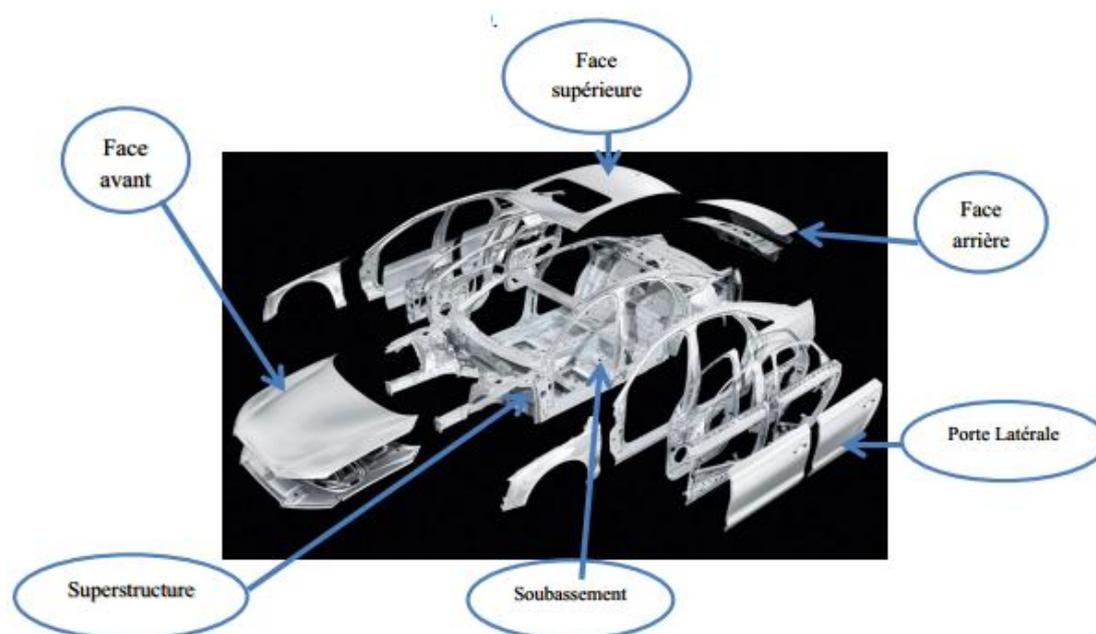


Figure : Structure d'automobile

Cette structure comprend les éléments suivants :

- **Porte latérale** : Élément ouvrant permettant l'accès des personnes ou des marchandises.
- **Capot** : Élément ouvrant donnant accès au compartiment moteur ou au compartiment à bagages.
- **Superstructure carrosserie** : Parties de la carrosserie constituée par la face avant et arrière, et le pavillon ou le toit.
- **Soubassement** : c'est la partie inférieure de carrosserie de véhicule, elle contient des traverses, le passage de roue.

Une vue détaillée sur cette structure est à trouver dans (DUYSINX, 2014).

## 4.2 Matériaux utilisés dans la structure automobile

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

#### 4.2.1 Tôles d'acier

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

A cause de leur traitement, elles se laissent difficilement emboutir. Au moment de l'emboutissage, par opposition à une tôle de qualité normale, elles doivent être retenues par des ancrages additionnels pour éviter toute déformation indésirable. Les aciers peuvent être regroupés en quatre catégories principales selon les valeurs de limites élastiques :

Matériaux	Valeurs de limites élastiques
Aciers doux	Re < 210 MPa
HLE	210 MPa < Re < 350 MPa
THLE	350 MPa < Re < 550 MP
UHLE	550 MPa < Re

Les valeurs de ce tableau sont extraites du document (Dominique, 2014).

#### 4.2.2 Aluminium

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

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

S'ils sont en contact avec d'autres matériaux, p.ex de l'acier, il y aura une corrosion électrochimique en présence d'un électrolyte. La surface d'aluminium crée une grosse couche, d'oxyde, qui a une grande résistance électrique. Ainsi, l'aluminium n'est pas soudable avec des équipements de soudage par points utilisés à l'atelier. Les alliages d'aluminium se laissent bien souder avec le procédé de soudage à l'arc TIG « Tungstène-inerte-gaz » ou à l'arc MIG « Métal-inerte-gaz ».

### 4.3 Modélisation 3D

La modélisation 3D s'effectue sur le logiciel CATIA. Nous avons utilisé plusieurs sources pour approfondir nos connaissances dans ce logiciel, les principales sont à trouver dans (Cours, Tutoriels & Astuces – Logiciel CATIA, 2016) (CATIADOC, 2005)

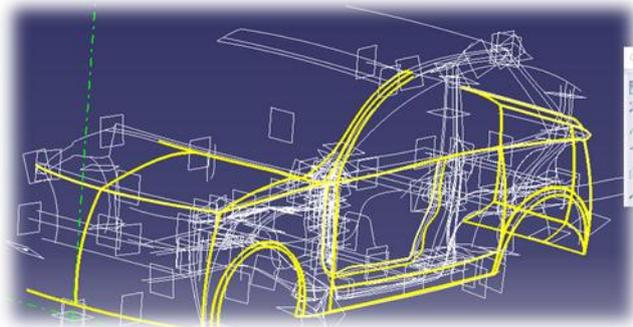
Pour notre modélisation, nous avons utilisé plusieurs ateliers de CATIA v5 à savoir :

1. Part Design
2. Generative Shape Design
3. Wireframe and Surface Design
4. Drafting
5. Assembly design

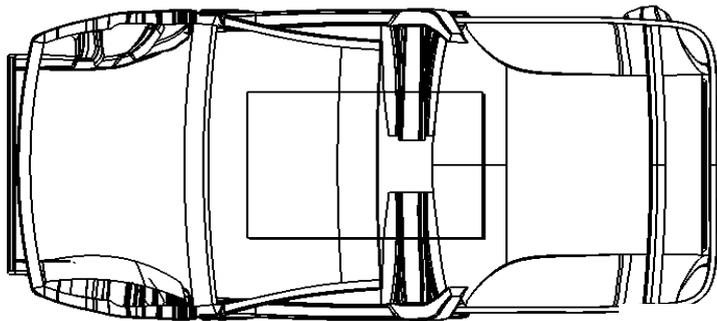
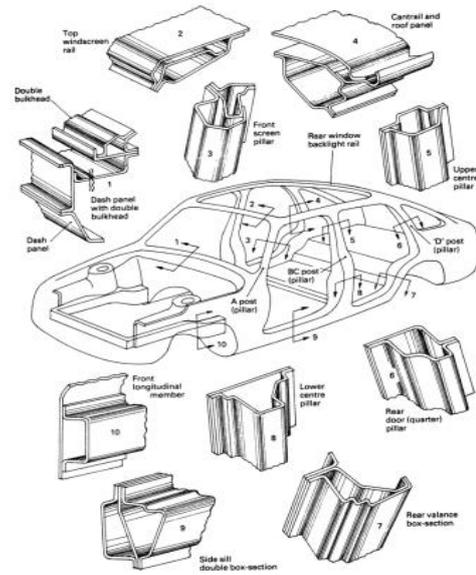
#### 4.3.1 Modélisation du châssis sur logiciel CATIA V5

Pour modéliser un châssis réel qui respecte les normes et les règlement d'automobile internationale et qui peut contenir certains accessoires fabriqués par l'entreprise. A cette étape nous avons fait une étude sur les différents types de châssis existants, et notre choix s'est focalisé sur le châssis-coque, voir (Dominique, 2014) et (trafic, s.d.) , car il répond aux contraintes de notre cahier de charges.

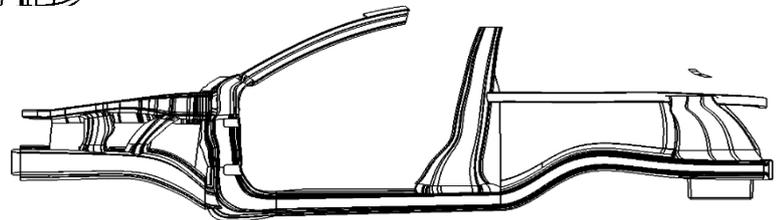
Ainsi et pour réaliser ce châssis, nous avons utilisé l'atelier *Generative Shape Design*. Tout d'abord, nous avons tracé des courbes et des plan en respectant les mesures de longueur et du largeur exigées par le client. Les images ci-dessous décrivent les différentes étapes nous avons parcouru.



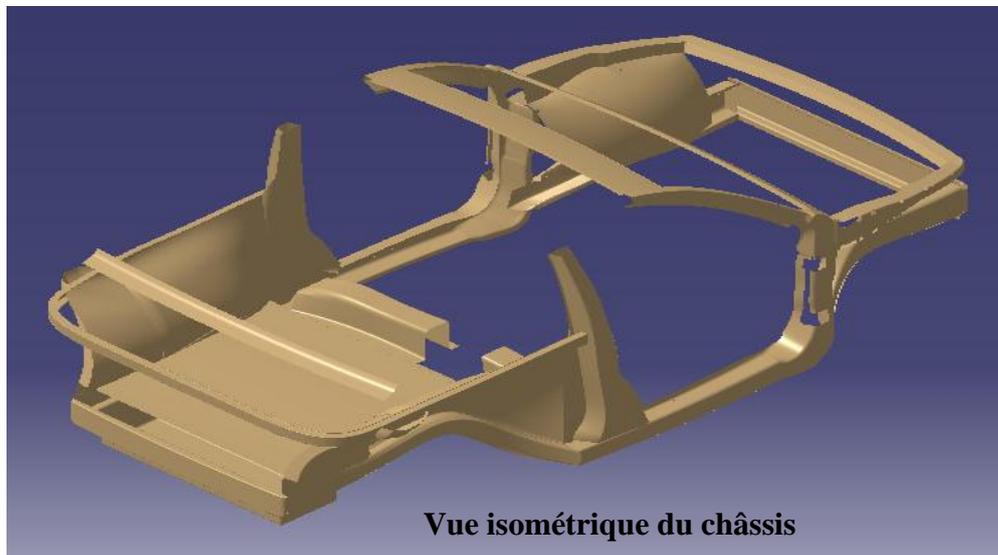
Courbe 3D et esquisse du châssis et carrosserie



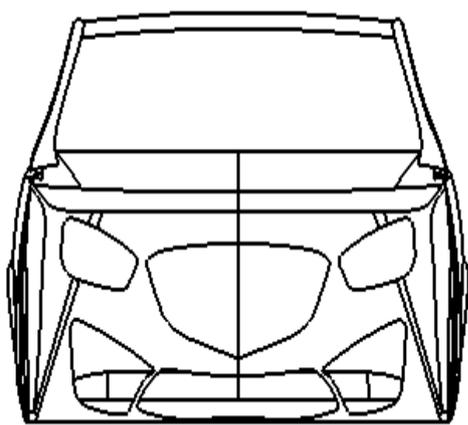
Vue dessous du châssis



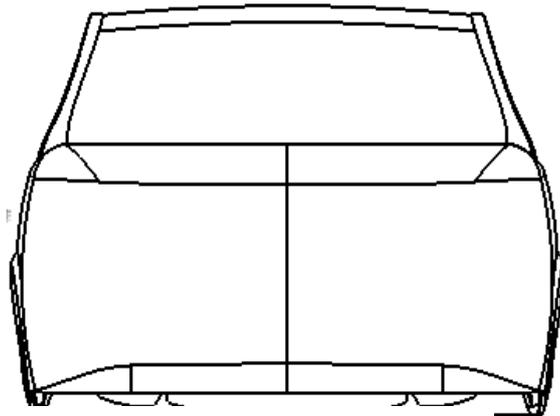
Vue droit du châssis



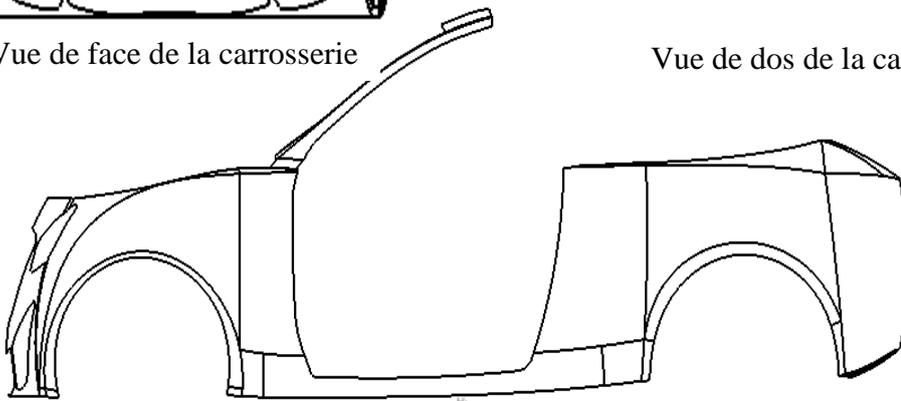
Vue isométrique du châssis



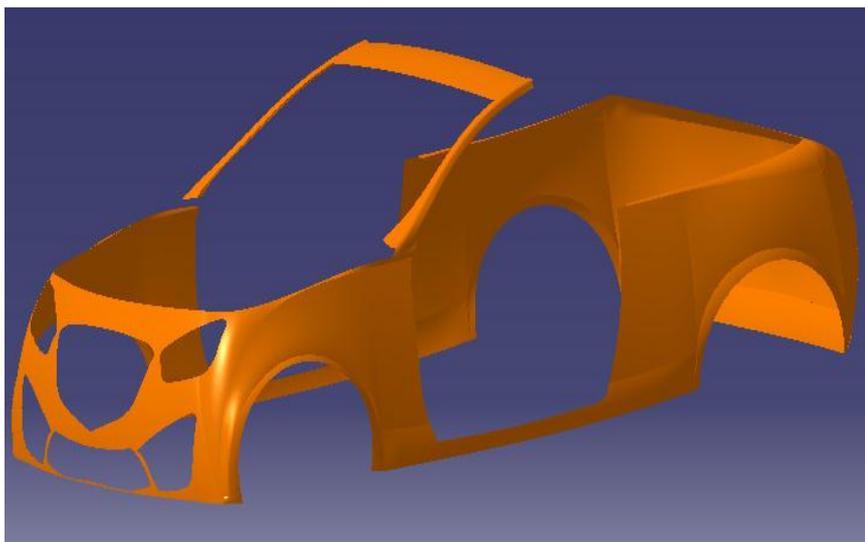
Vue de face de la carrosserie



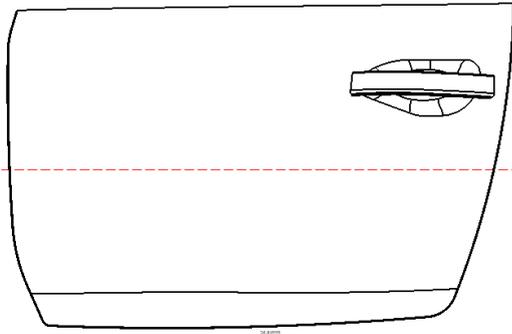
Vue de dos de la carrosserie



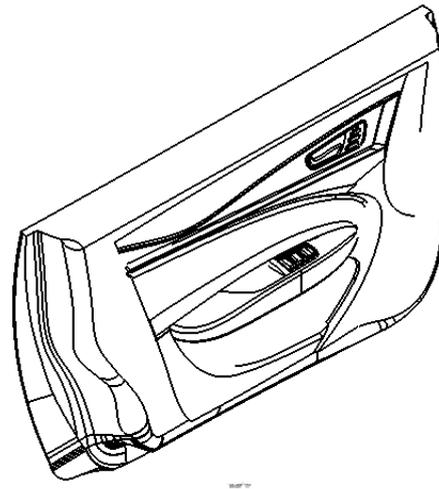
Vue droit de la carrosserie



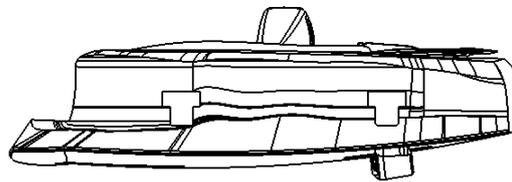
Vue isométrique de la carrosserie



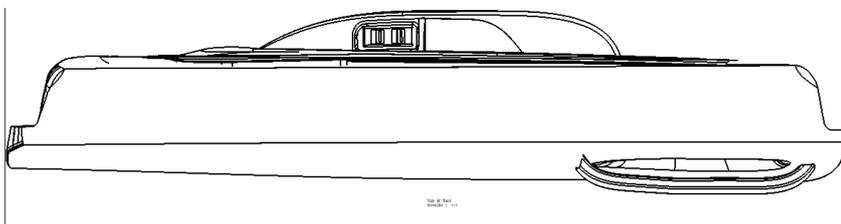
Vue droit du porte



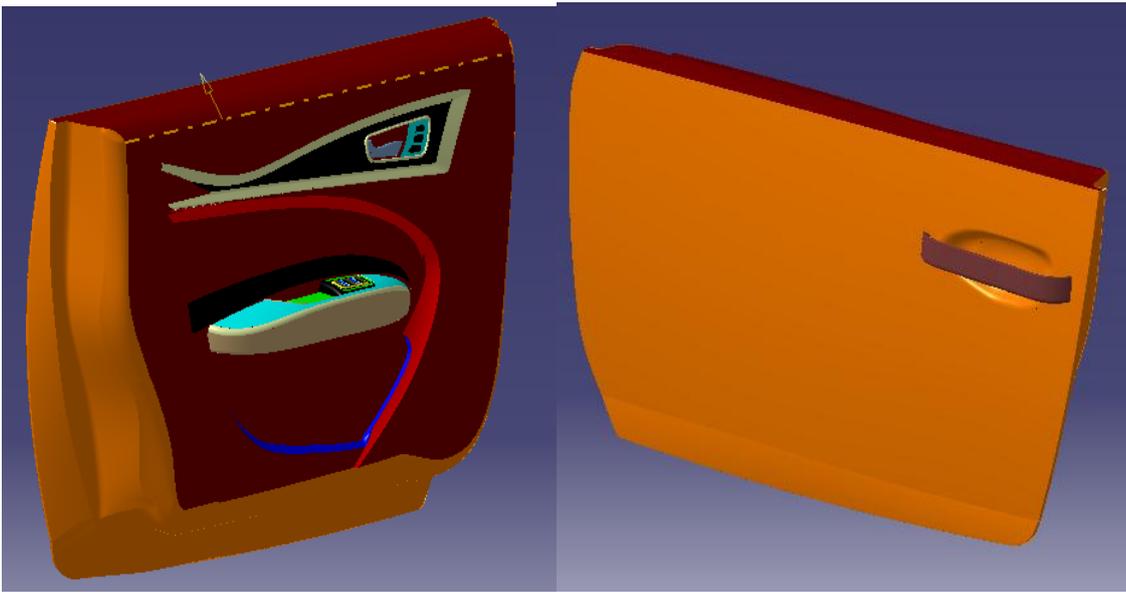
Vue gauche du porte



Vue de face



Vue dessus



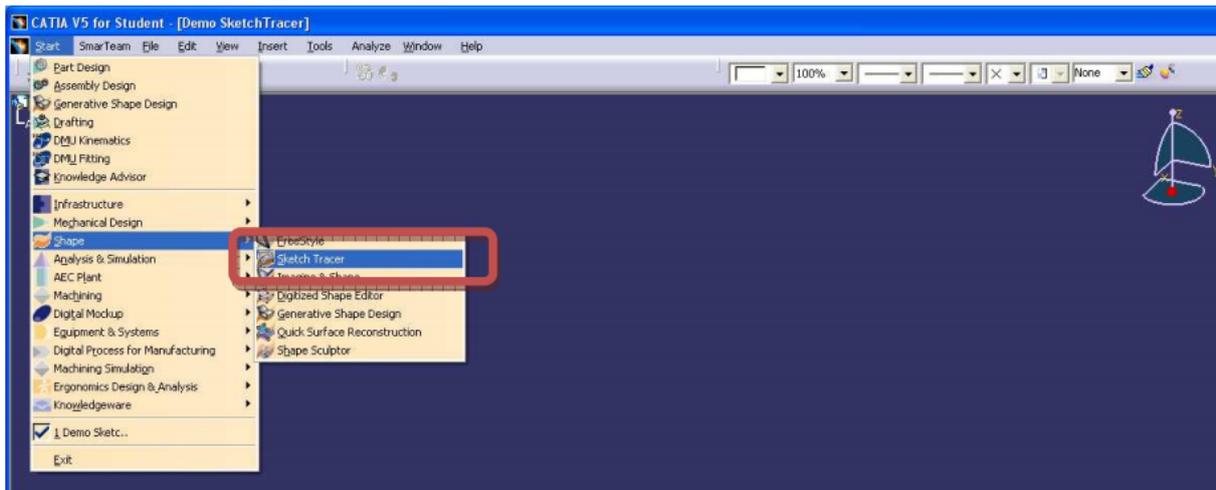
Vue isométrique de la porte

Dans la suite nous allons présenter les étapes la réalisation d'un objet sur CATIA. Pour expliquer les différente étapes de modélisation, nous avons choisi le les expliquer avec la conception d'un planche de bord et ce par ce qu'elle est simple à réaliser. Ainsi, les mêmes démarches utilisées pour concevoir cet objet seront utilisées dans les autres objets (chassis, volant, chaise, ...).

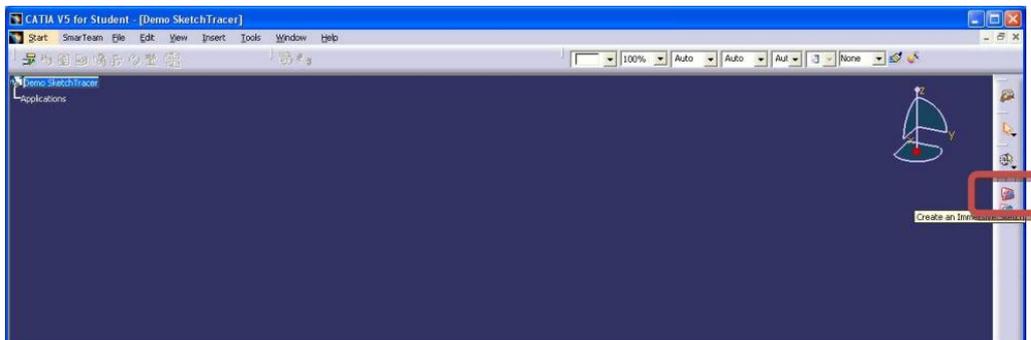
#### 4.3.2 Conception de la planche de bord

Pour concevoir une planche de bord nous avons d'importer une photo du monde réelle et de retrouver les mesures réelles en se basant sur des mesures faites à la main. Il va sans dire que l'ensemble des objets que nous avons manipulé, c'est nous même qui les a conçus et ce vue le caractère confidentiel des conceptions originales. Ci-dessous nous présents les étapes suivies pour concevoir une planche de bord d'une voiture Citroën.

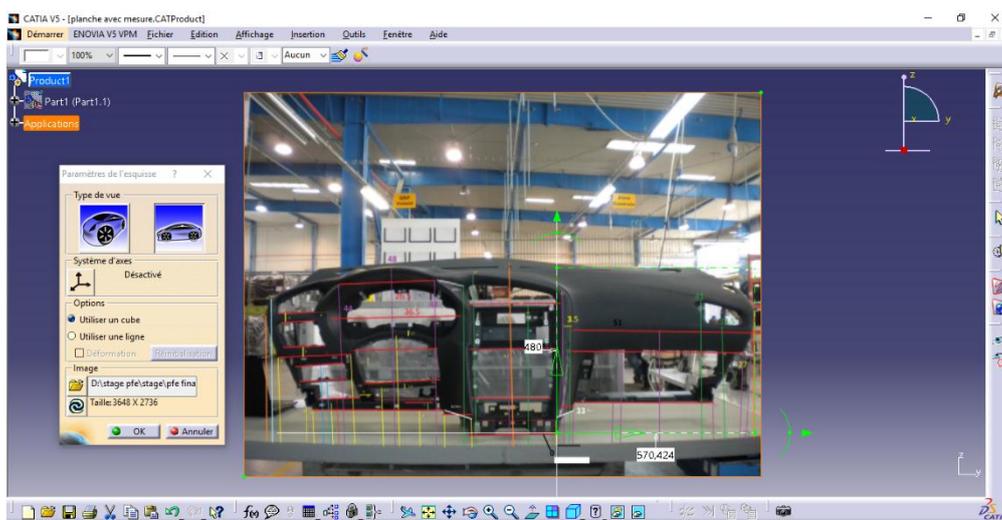
1. Lancer l'atelier Sketch Tracer

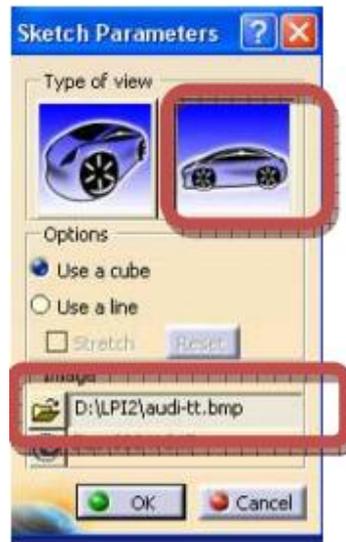


2. Insérer un nouveau tableau (immersive sketch)



3. Sélectionner le fichier image contenant les « n vues »



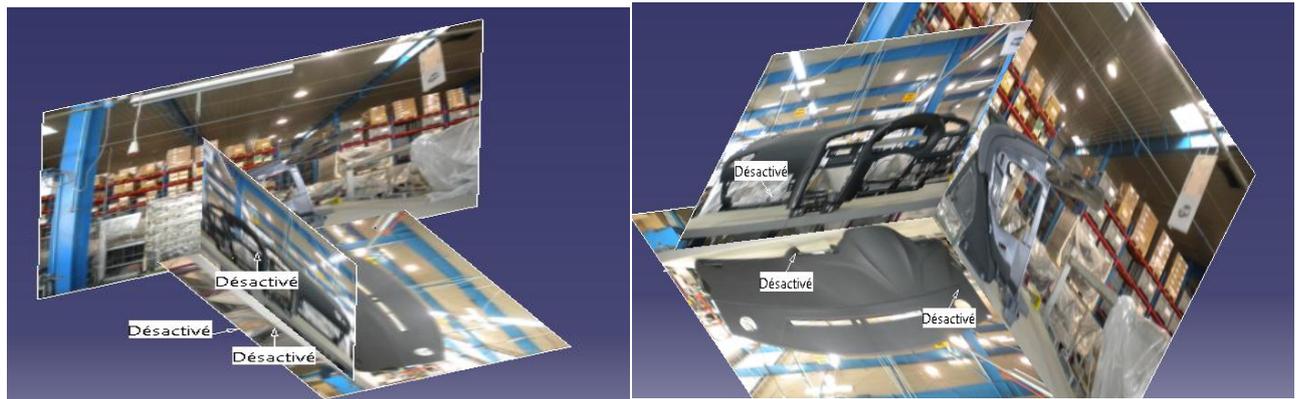


4. Activer la vue de face – barre d’outil « Vues » . Il est plus aisé d’importer une vue en premier et positionner le repère CAO de CATIA. Cette vue servira de référence pour recalibrer les vues suivantes Gauche, Droite, Dessus, etc ...

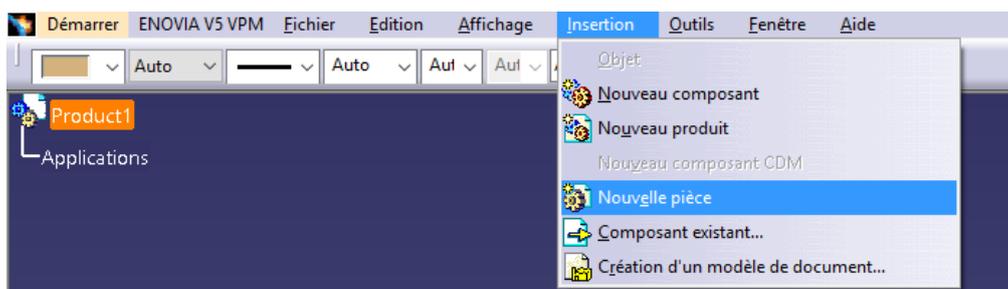
5. Effectuer les réglages

- a. Définition de l’Origine du repère du tableau. Puis selon un axe (X ou Y ou Z)
- b. Dimension de référence réelle.
- c. Définition de la seconde référence (Dist Réf2-Origine = Correspondance réelle)
- d. Définir l’orientation du repère du tableau (pour corriger les défauts d’horizontalité et de verticalité de l’image)

Par conséquent, nous avons filmé la planche réelle de différents angles et ce pour avoir plusieurs vues qui vont nous permettre de manipuler l’objet en 3D. Ainsi et pour l’ensemble des photos réelles importées au logiciel CATIA, nous avons procédé de la même façon citée ci-dessous pour positionner les repères des différentes vues et calculer les différentes mesures.



Après les différents réglages effectués, nous sélectionnons le titre de notre produit puis nous allons vers le menu **Insertion** et nous choisissons **Nouvelle pièce** comme montré dans la figure ci-dessous.



Il est à noter qu'il faut sauvegarder les images en format JPEG ou Bitmap dans le même répertoire de travail « workspace ». Cela permettra d'éviter des problèmes de liens cassés lors du transfert du projet.

### 4.3.3 Courbes 3D

1. Grâce à l'atelier Génératives Shape Design (Surfacique), nous avons dessiné les courbes 3D.

Ces courbes permettent de modéliser l'objet en 3D

Ces courbes peuvent être créées dans l'espace ou reposer sur un élément géométrique, ou les deux. Lorsqu'une courbe repose sur un élément géométrique et que ce dernier est modifié, la courbe est automatiquement mise à jour si vous avez activé l'option Automatique dans l'onglet Outils → Options → Forme → Général.



a) Cliquez sur l'icône Courbe 3D. 

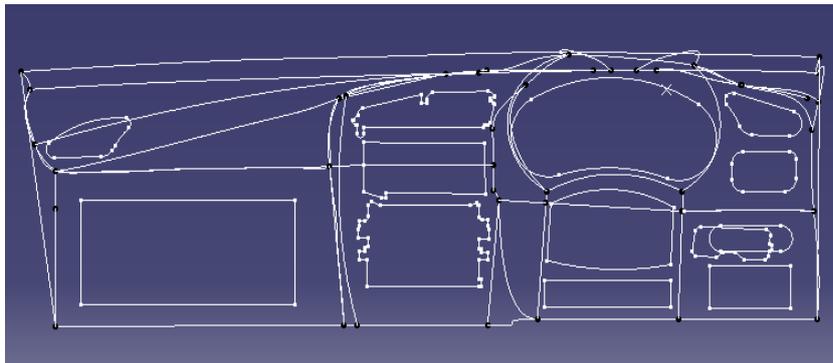
La boîte de dialogue de création de courbe 3D s'affiche.

b) Choisissez le type de création de courbe.

Quel que soit le type choisi, la courbe est pré-visualisée en traits pointillés, à tout déplacement de pointeur.

Pour plus d'information sur les courbes 3D et leurs caractéristiques, le lecteur pourra se référer au document suivant (Dassault-Systems, s.d.)

L'image ci-dessous expose les courbes que nous obtenons lors de la conception notre planche de bord



*Figure 4. 2 Courbes 3D de la planche de bord*

#### 4.3.4 Création de surfaces

Une surface est un élément 3D qui est contrôlé par des courbes. Une surface n'a pas d'épaisseur. Il faut imaginer une surface comme une feuille mince. La complexité d'une surface est en relation directe avec le nombre de courbes utilisées pour la définir. Un petit ensemble de courbes sous-jacentes donnera une surface relativement simple, cependant une face complexe consistera d'un grand nombre de courbes. Dans le cas de modélisation avec CATIA, une surface comprend des sections transversales et des courbes guides, ces dernières sont soit pré-existantes, soit interpolées à partir des éléments des sections transversales.

CATIA permet de modéliser des surfaces simples et complexes en utilisant des techniques telles que l'extrusion, les surfaces guidées et le balayage.

La barre d'outils de la figure ci-dessous contient les outils de création de surface géométrique.

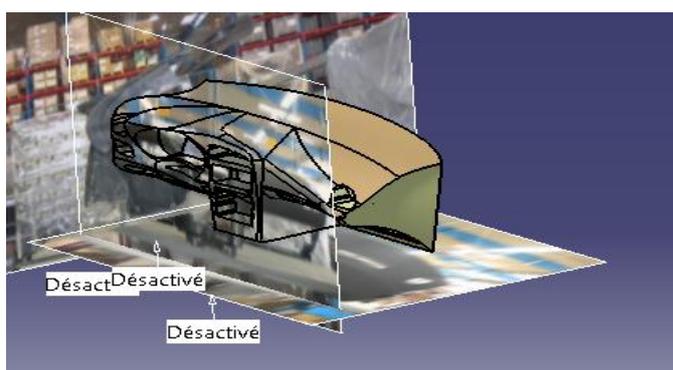


Figure 4. 3Création de surface pour la planche de bord

Les figures ci-dessous présente le produit fini et le produit conçu sur CATIA. Une comparaison de ces deux produits montre qu'ils sont tellement semblable. Cette pièce conçue va être intégrée dans le prototype final de la voiture à concevoir.

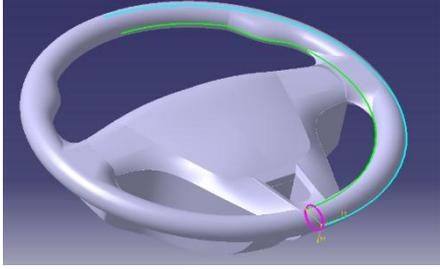
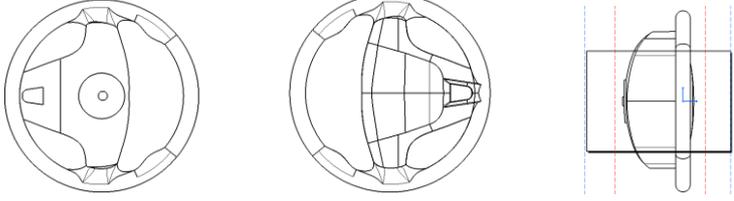
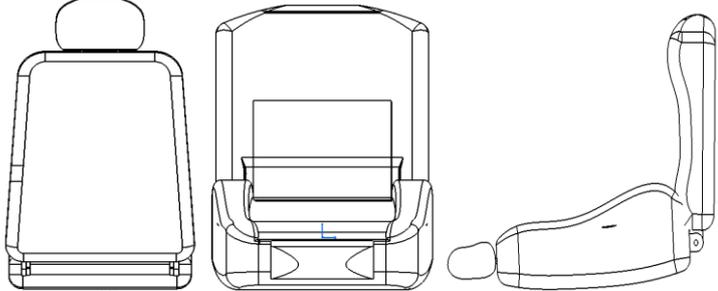
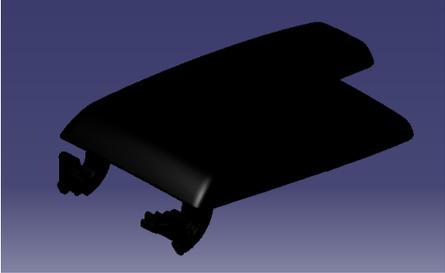
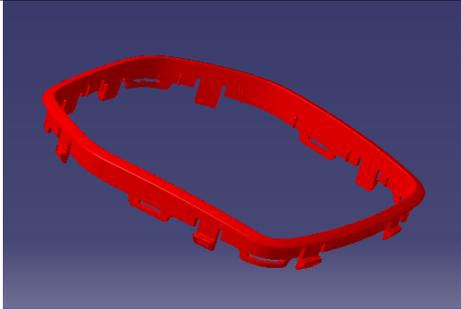


Figure : Comparaison entre le produit fini et le produit conçu sur CATIA

#### 4.3.5 Autres conceptions réalisées

Puisque dans ce projet, Il nous a été confié de réaliser une voiture d'exposition. Il faut donc réaliser les objets de A jusqu'à Z. Ainsi nous avons réalisé les autres pièces de la voiture, châssis, volant, chaises, ....

L'ensemble des pièces réalisées sera regroupé dans une seule conception. Pour ce faire, nous avons dû suivre les mêmes démarches comme celle pour modéliser en 3D la planche de bord de la section précédente. Le tableau suivant donne les pièces que nous avons réalisées ainsi que certains de leurs caractéristiques.

Pièces	Caractéristiques
	<p>D extérieur 32.cm D Intérieur 19cm ; Profondeur 15 cm le poids 10 kg</p>  <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span data-bbox="719 663 826 685">Vue de face</span> <span data-bbox="1007 663 1114 685">Vue de face</span> <span data-bbox="1278 663 1369 685">Vue droit</span> </p>
	<p>Langueur <sub>max</sub> 792mm ; larguer <sub>max</sub> 600mm ; le poids <sub>max</sub> 60kg</p>  <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span data-bbox="719 1155 826 1178">Vue de face</span> <span data-bbox="943 1155 1050 1178">Vue dessus</span> <span data-bbox="1222 1155 1353 1178">Vue de gauche</span> </p>
 <p data-bbox="352 1581 464 1603" style="text-align: center;">Armrest</p>	<p>Langueur 362 mm ; larguer : 66mm ; le poids 1.5 kg</p> 
 <p data-bbox="336 1989 475 2011" style="text-align: center;">Gear sheft</p>	<p>Langueur max 133 mm ; larguer max : 155mm ; le poids 0.1 kg</p> 

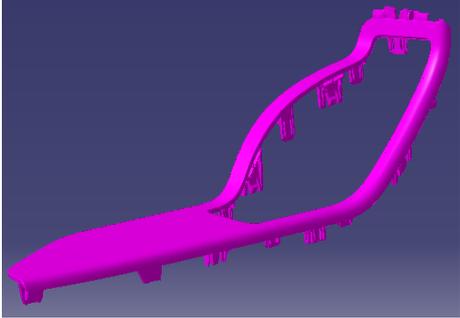
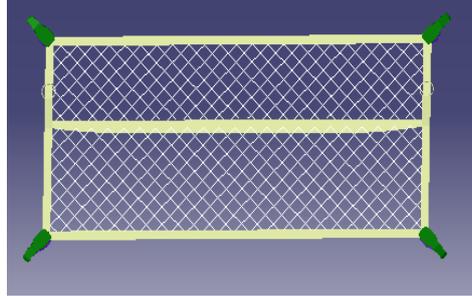
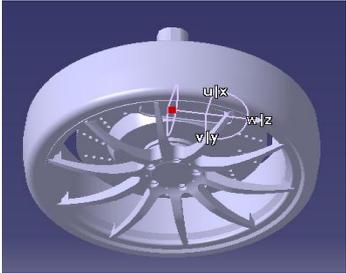
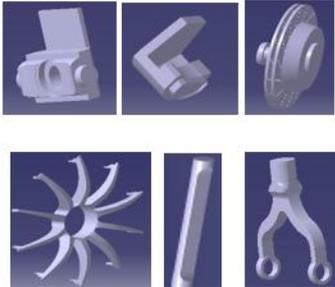
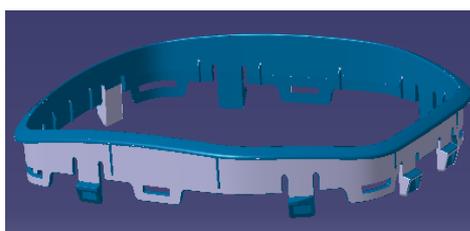
 <p>Hand Brake</p>	<p>Langueur 393 mm ; larguer : 66mm ; le poids 0.2 kg</p> 
 <p>Filet coffre</p>	<p>Langueur 404 mm ; larguer : 853 ; le poids 0.32</p> 
 <p>Roue de voiture complète</p>	<p>La roue composer de plusieurs pièces</p> 

Tableau : Caractéristiques des accessoires interne d'automobile

#### 4.4 Assemblage des pièces

Dans cette section nous montrons comment nous avons assemblé les différentes conceptions des différents accessoires en une seule conception.

L'assemblage de ces pièces nécessite la conception d'abord des supports relatifs à chacune d'elles. Ainsi et lors de la conception de châssis, nous avons intégré les pièces fixes et leurs supports (Planche de bord, Gear shift, Armrest et le volant) comme étant des parties de châssis. Cette propriété caractérise le châssis coque des autres types de châssis



GEAR SHEFT

En ce qui concerne, les pièces mobiles (comme les sièges avant, les portes, ...), nous avons utilisé l'atelier Assembly design de CATIA. Cette atelier nous a permet de créer des liaisons entre les pièces et leurs supports. Cette stratégie nous a aidé tellement dans l'assemblage et la simulation des pièces surtout après l'automatisation des composantes de la voiture.



Support de siège d'avant

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons utilisé CATIA pour reproduire les pièces notre voiture d'exposition. Nous présentons alors via l'exemple de conception d'une planche de bord comment nous avons réussi à modéliser cette pièce. D'abord et à partir des photos d'une planche réelle, nous les avons importées sur CATIA à l'aide de l'atelier « Sketch Trace ». Ensuite nous avons pris des mesures réelles et nous avons procéder à fixer le repère CAO CATIA et nous avons fait les réglages nécessaires pour fixer correctement l'échelle. En fin, nous avons dessiner les courbes 3D en utilisant l'atelier « Générative Shape Design ». Une fois tous les produits sont finis (Châssis, carrosserie, planche de bord, ...), l'ensemble de ces objets sont assemblés dans une même entité. Il reste donc à automatiser les pièces et à faire des simulations sur celles-ci. Le chapitre suivant traitera ces deux aspects.

## CHAPITRE 5. Automatisation des pièces

*Ce chapitre présente l'automatisation des pièces. Pour ce faire nous énumérons les différentes contraintes à respecter lors du choix du bon matériel. Ainsi nous utilisons le logiciel CES EduPack qui permet de sélectionner les meilleurs matériaux en éliminant ceux qui ne satisfont pas nos contraintes. La matrice de décision est utilisée pour extraire le matériel qui respecte le plus les contraintes exigées.*

*Certaines pièces sont contrôlées par un microcontrôleur qui permet de contrôler à la fois le mouvement de rotation et de translation.*

## 5.1 Automatisation du siège avant

### 5.1.1 Définition

Le plateau tournant du siège avant (voir figure 5.1) est une maquette qui fait à la fois pivoter et translater le siège avant de l'intérieur vers l'extérieur. Ce plateau est installé entre le plancher du véhicule et le siège.

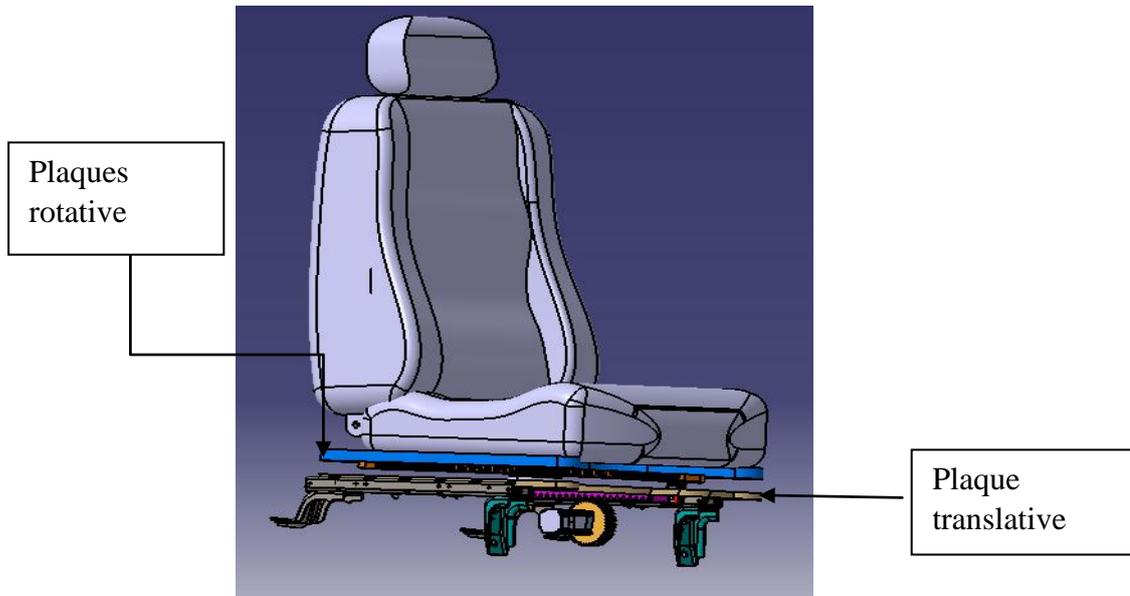


Figure 5. 1 Plateau tournant

Le plateau tournant se compose de deux plaques, une plaque translative et une autre rotative. La plaque rotative est placée au-dessus de la plaque translative. La translation est assurée par système de pignons crémaillères alors que la rotation est effectuée avec un système d'engrenage.

### 5.1.2 Objectif

### 5.1.3 Dimensionnement de la plaque tournante

Pièces du plaque	Caractéristiques
	<p>A= 49 mm</p> <p>B= 50 mm</p> <p>e=1.5 mm</p>

## 5.2 Choix des matériaux

Le choix d'un matériau s'inscrit dans la démarche d'éco-conception. Il est donc nécessaire d'établir un inventaire des fonctions du cahier des charges. Le choix se fera ensuite en suivant une démarche itérative que nous avons trouvé dans les références : (CAVE, 2014), (GOURGUES-LORENZON, 2007).

### 5.2.1 Critères d'évaluations

- **Poids** : Les attentes envers le poids général est inévitablement d'optimiser la masse totale du produit. Pour ce faire, chacune des composantes est regardées et est allégées si possible. Le siège automatique ne fait pas exception à la règle. C'est pourquoi, une valeur de 10% est accordée à ce critère.
- **Prix** : Le prix est un critère important dans le choix du matériau il doit être convenable au budget et respecter le contrainte d'optimisation du prix, une valeur de 20% accordée à ce critère
- **L'esthétiques** : Les aspects esthétiques doivent aussi être pris en compte et influencent directement le choix des matériaux. Une valeur de 20% accordée à ce critère
- **Limite d'élasticité** : La *limite d'élasticité* est la contrainte à partir de laquelle un matériau arrête de se déformer d'une manière élastique réversible et commence donc à se déformer de manière irréversible., Une valeur de 25% accordée à ce critère
- **Le module de Young** : Un matériau dont le module de Young est très élevé est dit **rigide**, Une valeur de 25% accordée à ce critère

### 5.2.2 Etapes de choix des matériaux

#### Etape 1

##### Description de fonctionnement :

La plaque translative supporte un poids maximal de 180kg. Ce poids regroupe le poids du siège, de la plaque rotative et aussi le poids de l'utilisateur. Elle se déplace sur une glissière de longueur maximale 210 mm La vitesse de translation est de 20mm/s. En revanche, la plaque rotative tourne d'un angle de 105° autour d'un axe qui se trouve au coin. La vitesse de rotation est de 0.174 rad /s.

##### Contraintes :

- Les deux plaques doivent supporter l'effort de pression sans qu'elles soient déformées.
- Elles doivent résister à la corrosion
- Ténacité doit être  $> 2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$
- Elles doivent être légères
- Elles doivent être ergonomes (bonne esthétique)

### Objectifs

- Minimiser le prix,
- Maximiser la rigidité
- Maximiser la limite d'élasticité

### Variables libres :

- Choix des matériaux à utiliser
- Fixer d'épaisseur des deux plaques

## **Etape 2**

Dans cette étape, nous allons utiliser le logiciel **CES EduPack** qui aide sur le choix des matériaux à utiliser. Il permet de générer les meilleurs matériaux et éliminer les matériaux qui ne respectent pas les contraintes exigées.

Ce logiciel offre les fonctionnalités suivantes :

- Le module de Young permet de faire une comparaison de la rigidité entre les différents matériaux en fonction du prix.
- Le module de limite d'élasticité **Re** permet de faire une comparaison sur le seuil de la résistance de la déformation.

Le logiciel **CES EduPack** comporte une base de données de 98 matériel

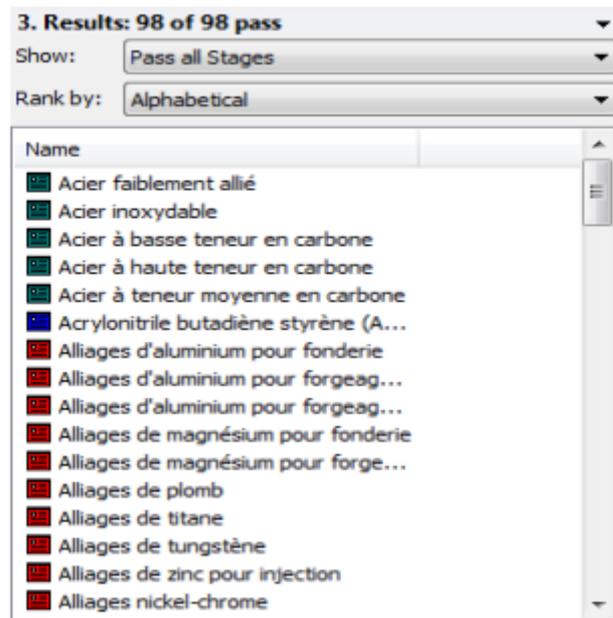


Figure 5. 2 Matériaux disponibles dans le logiciel CES EduPack

### Etape 3

#### LES METHODES DE CHOIX

Les méthodes de choix sont basées sur l'utilisation de bases de données qui associent les matériaux et les procédés. Pour réaliser un choix dans des milliers de références, nous utilisons les critères définis en conception ou identifiés dans le cahier des charges. Plusieurs méthodes sont alors possibles suivant les informations dont nous disposons et suivant aussi le degré d'optimisation souhaité. Ainsi, la sélection pourra être

- Basée sur les propriétés : possibilité de choix direct, de poser des limites ou d'effectuer des comparaisons.
- Par comparaison des indices de performance.
- Multi-contraintes et multi-objectifs.

Les méthodes de sélection peuvent être utilisées simultanément dans le choix de matériaux.

Dans notre cas, nous allons utiliser la sélection à partir des diagrammes de propriétés par choix direct. Nous sélectionnons uniquement les matériaux ferreux.

- $prix = V \times \rho \times Cm$

- $V$  : volumique par  $m^3$
- $\rho$  : la masse volumique par  $kg/m^3$
- $C_m$  : le coût par  $\text{€}/kg$

Nous commençons la comparaison entre les matériaux suivant leur rigidité c.-à-d. module de Young plus élevé et la limite d'élasticité c.-à-d. la résistante la plus élevée en respectant les contraintes de cahier des charges (coût optimal).

### 5.2.2.1 MODULE DE YOUNG

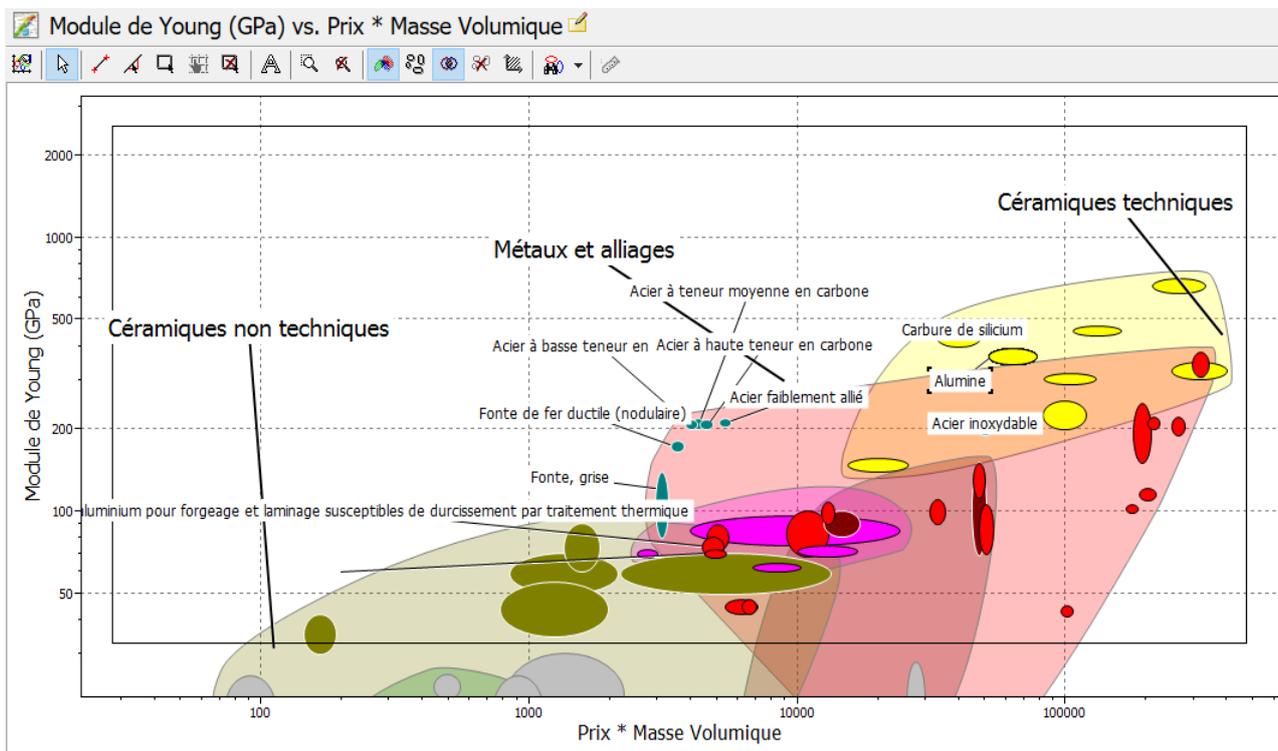


Figure 5.3 Choix des matériaux suivant le module de Young

D'après le résultat graphique du module de Young de la figure 5.3, les matériaux qui répondent à nos exigences sont les matériaux qui se trouvent dans l'intervalle des prix [5000 – 10000] et le module de Young entre 100 à 250 GPa. Il peut s'agir par exemple de fonte grise, font de fer ductile, acier faiblement allié, ...

### 5.2.2.2 LIMITE ELASTIQUE

La figure 5.4 présente le résultat donné par le logiciel CES EduPack sur la limite élastique. Ainsi, les matériaux qui répondent à la contrainte d'élasticité sont alors :

- l'acier faiblement allié,

- l'acier à haute teneur en carbone,
- l'acier à teneur moyenne en carbone,
- la fonte de fer ductile (nodulaire)
- la fonte grise.

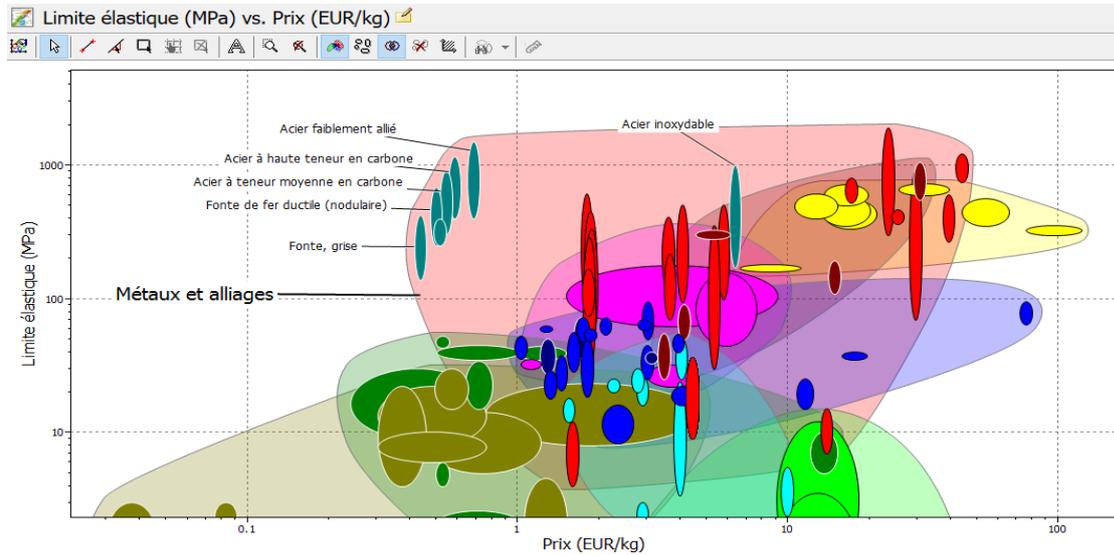


Figure 5. 4 Choix de matériau suivant la limite d'élastique

Après avoir fait la comparaison entre les différents matériaux et extraire certains matériaux qui valide à nos critères, nous allons utiliser dans la section suivante la matrice de décision pour sélectionner le meilleur.

### 5.2.3 Matrice de décision

La matrice de décision est un outil très utile en ingénierie lors des phases de développement d'un produit. Généralement, à la suite d'un remue-méninge, différentes solutions sont analysées comme potentiellement réalisables. C'est à ce moment que des outils, comme la matrice de décision, sont utilisés. Accordant une valeur aux caractéristiques d'évaluation, elle fait ressortir la solution qui répond le mieux aux besoins des développeurs. Le tableau suivant est la matrice de décision permettant de sélectionner le matériel le mieux adapté à notre conception.

Tableau 2 Matrice de décision

Critères d'évaluation	Valeur (%)	Acier Faiblement Allié	Acier inoxydable	Fonte Grise	Acier à haut teneur en carbone
		l'esthétiques	20	4	4
Le poids	10	3	3	2	2
Le prix	20	4	1	4	3
Rigidité	25	5	5	3	4
Limite d'élasticité	25	5	5	2	4
<b>Total</b>		<b>440</b>	380	285	320

### Méthode de calcul

Les calculs effectués pour la matrice de décision ne sont pas très compliqués. Il suffit de multiplier le pointage attribué à un type de matériaux avec le pourcentage accordé à un critère et par la suite il faut additionner toutes ces valeurs pour obtenir le pointage final pour le type de matériaux donné.

Voici ce que cela donne

#### Acier faiblement allié

$$(20 \times 4) + (10 \times 3) + (20 \times 4) + (25 \times 5) + (25 \times 5) = 440$$

#### Acier inoxydable

$$(20 \times 4) + (10 \times 3) + (20 \times 1) + (25 \times 5) + (25 \times 5) = 380$$

#### Fonte Grise

$$(20 \times 3) + (10 \times 2) + (20 \times 4) + (25 \times 3) + (25 \times 2) = 285$$

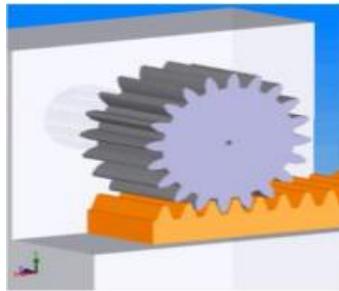
#### Acier à haut teneur en carbone

$$(20 \times 2) + (10 \times 2) + (20 \times 3) + (25 \times 4) + (25 \times 4) = 320$$

Selon ce tableau de la matrice de décision l'acier faiblement allié semble le meilleur matériel pour réaliser notre prototype.

### 5.3 Dimensionnement du système pignon crémaillère

Pour transformer la rotation développée par le moteur en translation horizontale, nous avons choisi le système pignon crémaillère qui n'a pas d'inconvénients majeurs et qui ne nécessite pas d'air comprimé (le cas du vérin). Etudions à présent plus en détail cette solution qui sera utilisée pour le déplacement horizontal



*Figure 5. 6 Système pignon crémaillère*

Le choix du system pignon crémaillère est motivé par les avantages suivants :

- Il n'y a aucun glissement lors de la transformation de ce mouvement.
- La force de ce système est relativement grande.
- Il est moins cher
- Il est facile à réaliser et à trouver

Et pourtant il a quelques inconvénients mais qui ne sont pas tellement significatifs dans notre cas.

Nous pourrions citer :

- Les engrenages qui sont utilisés peuvent nécessiter une lubrification importante.
- Ce mécanisme nécessite un ajustement précis à cause des dents entre la roue et la crémaillère.
- Il y a beaucoup d'usure.
- Ce n'est pas un mouvement cyclique, c'est un mouvement fini (nous devrions s'arrêter lorsque nous sommes rendu au bout de la crémaillère).

#### 5.3.1 Etapes de choix du dimensionnement du système pignon crémaillère

Pour dimensionner le système pignon crémaillère, il faut tout d'abord déterminer le module du système en utilisant la formule suivante :

$$m = 2.34 \sqrt{\frac{T}{K * Re}}$$

Avec :

- T : l'effort tangentiel appliqué sur la dent
- P : la puissance maximale transmise par l'engrenage
- K : un coefficient qui dépend de la puissance transmise par l'engrenage ( $4 < k < 16$ )
- Re : la limite élastique du matériel de la roue

Les puissances avec lesquelles notre système va travailler sont assez faibles donc une valeur de 6 pour le coefficient K va être largement suffisante.

Acier inoxydable			
Layout:	Edu Niveau 2	Show/Hide	
<b>Propriétés générales</b>			
Masse Volumique	7.6e3	- 8.1e3	kg/m <sup>3</sup>
Prix	* 6.07	- 6.68	EUR/kg
<b>Propriétés mécaniques</b>			
Module de Young	189	- 210	GPa
Module de cisaillement	74	- 84	GPa
Module de compressibilité	134	- 151	GPa
Coefficient de Poisson	0.265	- 0.275	
Limite élastique	170	- 1e3	MPa
Résistance en traction	480	- 2.24e3	MPa
Résistance à la compression	170	- 1e3	MPa
Allongement	5	- 70	% strain
Mesure de dureté Vickers	130	- 570	HV
Limite de fatigue	* 175	- 753	MPa
Ténacité	62	- 150	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficient d'amortissement (tan delta)	* 2.9e-4	- 0.00148	

Figure 5. 9 Propriétés de l'acier inoxydable

Pour que le pignon et la crémaillère soient d'une rigidité assez importante pour supporter les efforts appliqués par le système, nous avons utilisé l'acier. Ce matériel a les caractéristiques suivantes :

$$Re = 950 \text{ MPa} ; Re_{0.2\%} = 950 \text{ MPa} ; A = 12.$$

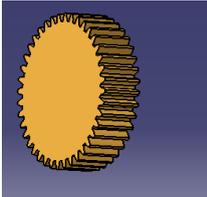
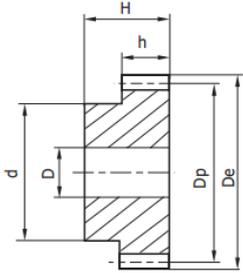
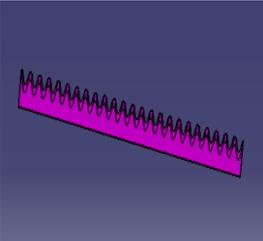
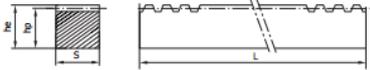
$$\text{Donc } m = 2.34 \sqrt{\frac{1500}{6 \times 950}} \approx 1.2 \text{ alors } m = 2$$

Le diamètre primitif de la roue peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$d=m*Z$$

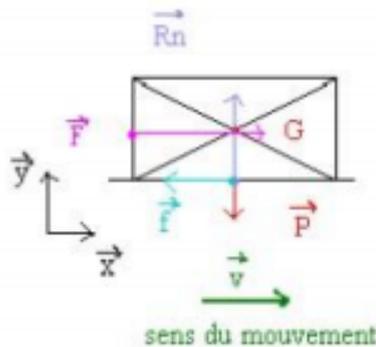
Avec Z : le nombre des dents du pignon.

Dans notre cas nous prenons d=24mm, donc Z=12.

Les pièces	Les caractéristiques
	<p>m=2 (h=20mm ; H=35mm)</p> <p>Z= 12</p> <p>De = 28</p> <p>D<sub>p</sub> =24</p> <p>D=18</p> <p>D 10</p> <p>Poids = 0.08 kg</p> <p>Pour plus d'information voir annexe</p>  
 <p>reference RC 200500</p>	<p>Determination de la longueur d'une crémaillère L :</p> <p><math>L = \pi \times \text{module} \times \text{Nbre de dents}</math></p> <p>hp = 18</p> <p>langueur 500</p> <p>poids 1.41 kg</p> 

### 5.4 Dimensionnement du motoréducteur d'entraînement

Bilan des actions mécaniques qui s'exercent sur le système :



Nous avons :

- Le poids  $\vec{P}$  avec  $P = m \cdot g = 150 \times 10 = 1500 \text{ N}$
- La réaction normale du support  $\vec{Rn}$
- La force de poussée exercée par l'actionneur  $\vec{F}$
- Les frottements  $\vec{f}$

D'après le théorème du centre d'inertie :

Le système est en translation rectiligne, on a donc :

$$\vec{P} + \vec{Rn} + \vec{F} + \vec{f} = m\vec{a}$$

La projection sur l'axe ox donne  $P_x + F_x + R_{nx} + f_x = ma$

Ce qui implique :  $F - f = ma$

Où  $V_x = V = cte \rightarrow ma = 0$

Alors  $F = f = \mu \times P$  avec  $\mu$  : coefficient de frottement

Où  $\mu = \mu_1 =$  coeff de frottement (matériau/matériau)

$$\mu = 0.1 \text{ avoir (annexe)}$$

par suite  $F = \mu \times P = 0.1 \times 1500 = 150 \text{ N}$

La vitesse de la crémaillère est :  $v = 0.02 \text{ m/s}$

et on a  $\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2v}{d} = 1.66 \text{ rad/s}$

$$N = \frac{60 \omega}{2\pi} = 15.92 \text{ tr/min}$$

Et puisque  $C = F \cdot \frac{d}{2} = Mt = 150 \times R = 1.8 \text{ N.m}$

Alors  $P = C \times \omega = F \cdot V = 150 \cdot 0.02 = 3 \text{ w}$

Dans le catalogue de smolka –berlin voir le référence (smolka-berlin, s.d.) nous avons choisi le motoréducteur de puissance **3.9 w** et le **couple 2 Nm** dont les caractéristiques sont présentées dans l'annexe B.

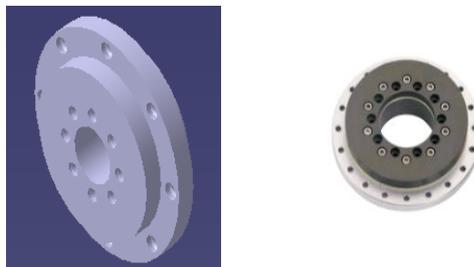


*Figure 5. 12 Motoréducteur*

### 5.5 Dimensionnement et le choix de la base tournante

Le plateau est prévu de pivoter librement le system, de façon fluide et continue, en supportant une force constante (poids d'un siège + poids d'une personne) grâce à un system d'engrenages et motoréducteur

Le plateau doit être robuste et résistant au fonctionnent sans lubrifiant. De même les composants des plateaux tournants doivent être fabriqués à partir de matériaux non corrosifs.



*Figure 5. 15 Base tournant*

Le document ((igus, s.d.)) contient plus d'information sur la base tournante.

## 5.6 Description des glissières du siège

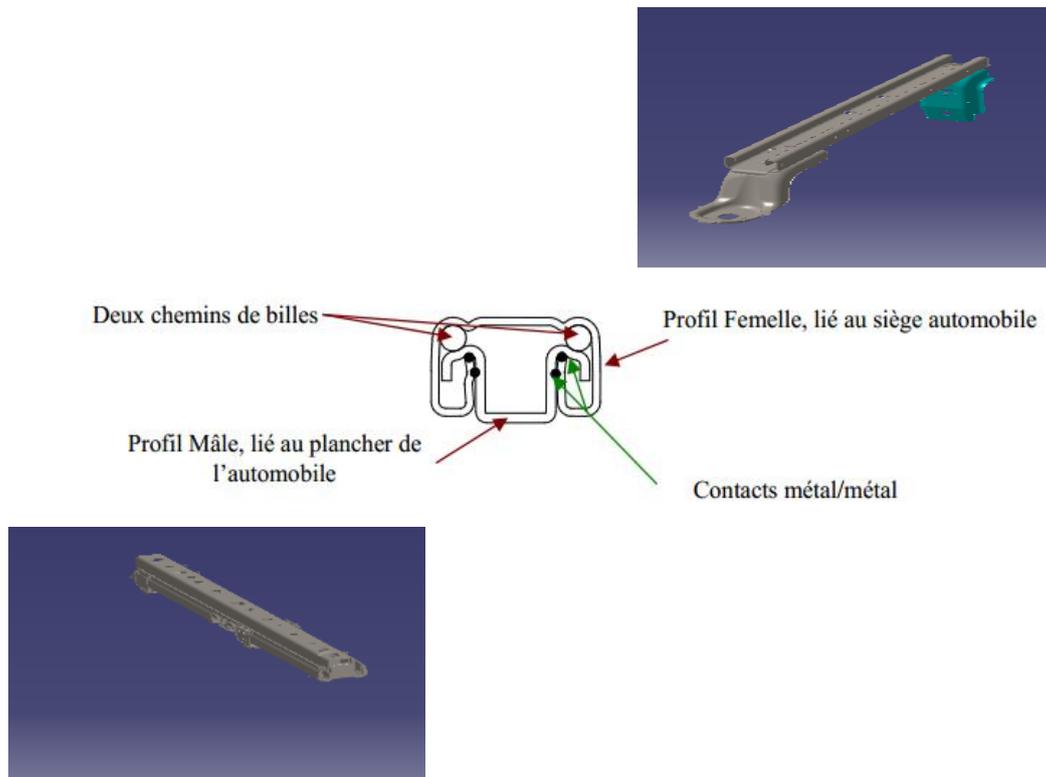


Figure 5. 18 Glissière du siège

Pendant la conception, nous conservons les deux glissières existantes déjà dans le siège et nous ajoutons seulement la plaque rotative. Pour contrôler automatiquement le mouvement des deux plaques nous avons utilisé un système embarqué basé sur une carte Arduino UNO. Cette carte permet de contrôler une ou plusieurs charges en ajoutant des relais.

La session suivante présente une description de cette carte et elle expose aussi comment nous avons procédé pour l'intégrer dans notre système.

## 5.7 Dimensionnement du système engrenages

Pour assurer la rotation du plaque rotative nous choisissons le system engrenages car il a deux engrenages. Un est lié au moteur réducteur qui transmis le mouvement au deuxième engrenage fixé avec le plateau tournant.

## 5.8 Système de commandes

### 5.8.1 Microcontrôleur ARDUINO

La carte ARDUINO est une plate-forme de développement open source et hardware basée sur le microcontrôleur ATMEGA1. Cette plateforme peut être programmée facilement via un ordinateur grâce à un logiciel IDE2 « ARDUINO » afin d'effectuer diverses tâches comme la domotique, le pilotage d'un robot. En effet, le circuit Arduino est en quelque sorte un mini-ordinateur qui dispose d'un certain nombre d'entrées/sorties que l'on peut connecter à de nombreux composants électriques (capteurs, moteurs...)

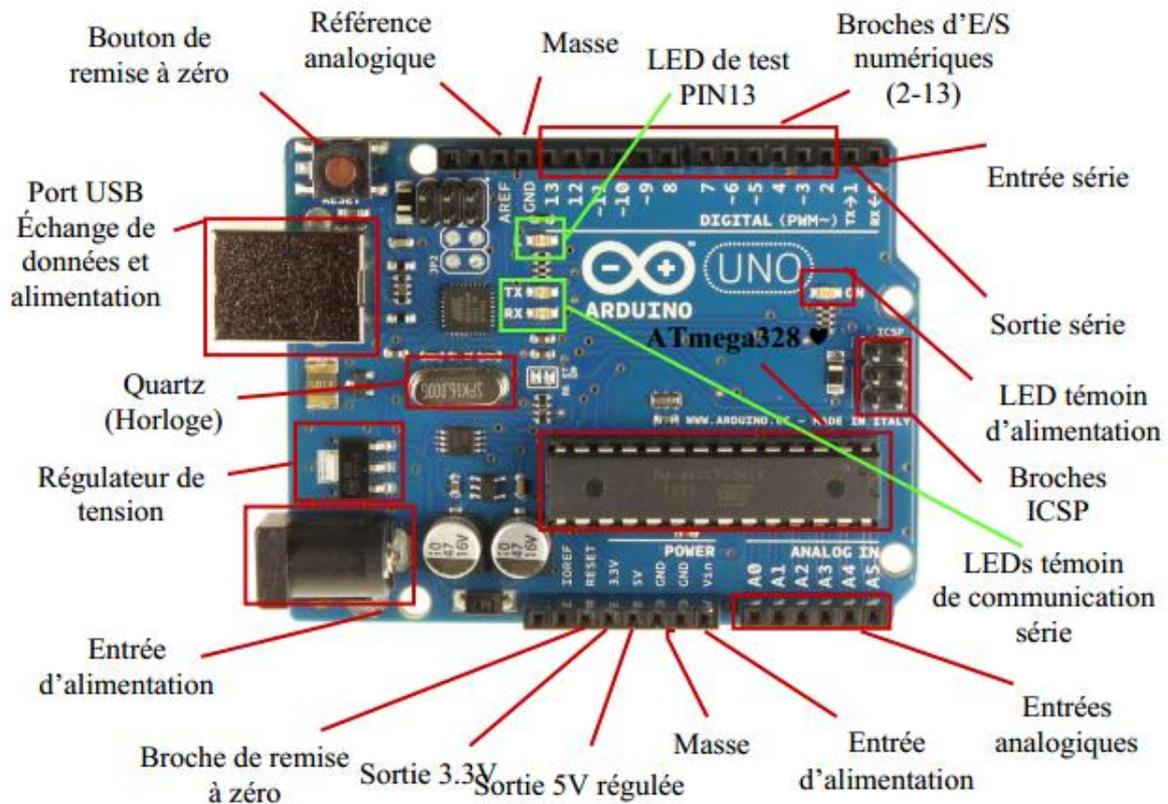


Figure Carte Aduino

### 5.7.2 Arduino Ethernet Shield :

Le module Ethernet Arduino permet à une carte Arduino de se connecter à internet. Ce module est basé sur le circuit intégré Wiznet W51004. Il supporte jusqu'à quatre connexions simultanées. Il suffit d'utiliser la bibliothèque Ethernet pour écrire des programmes, qui communiquent avec internet.

### 5.8.3 Schéma de montage

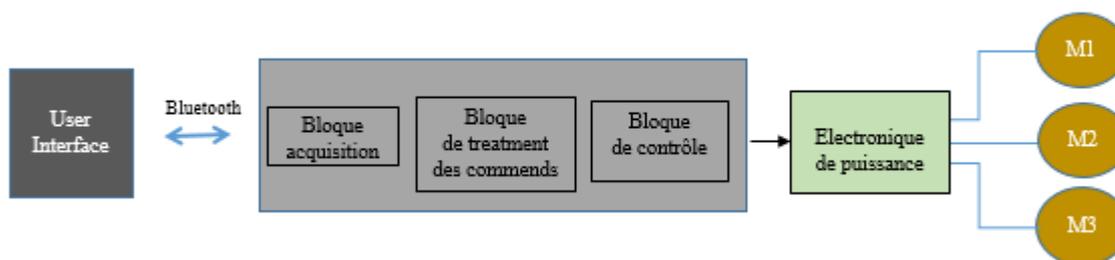


Schéma du montage à réaliser

### Principe de fonctionnement

L'idée de fonctionnement consiste à allumer/Eteindre des moteurs c'est-à-dire alimenter les moteurs par une simple commande via l'application Android ou via le une application Web.

Malheureusement, une carte Arduino a des limites concernant le courant électrique. Arduino ne peut pas délivrer plus de 5V avec une intensité de 40 mA par branche, d'où la nécessité d'utiliser un relais pour contrôler des appareils électriques de grande puissance.

Un relais donc est un organe électrique permettant de dissocier la partie puissance de la partie commande. Il permet l'ouverture/fermeture d'un circuit électrique par un second circuit complètement isolé et pouvant avoir des propriétés différentes.

### 5.8.4 Montage réalisé

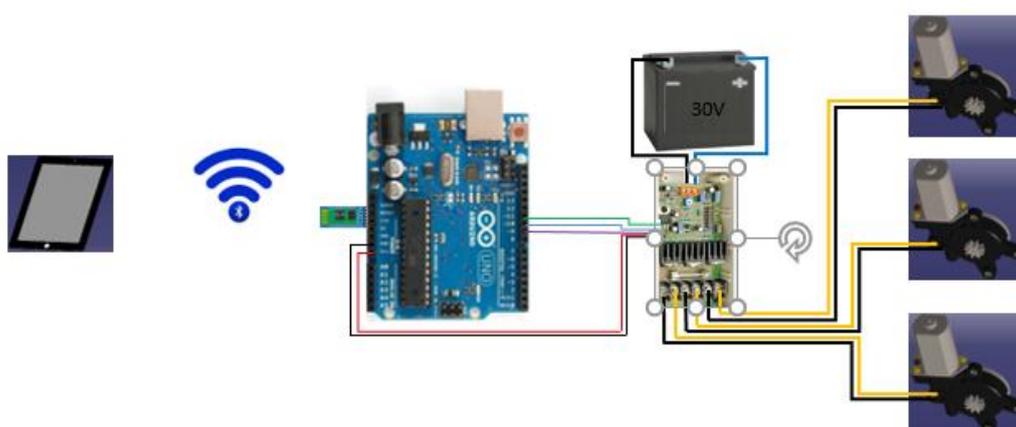


Figure Montage réalisé pour contrôler les moteurs.

## Conclusion

La société Polydesign Systems de Tanger, qui se veut leader mondial de fabrication des équipements automobiles à base des produits textiles et plastiques, planifie de garder sa position dans le marché et conquérir d'autres marchés. Pour ce faire, elle est consciente qu'elle lui faudra améliorer la qualité des services qu'elle offre à ses clients. Ainsi elle a commencé à mettre en place certaines politiques pour prospérer dans le marché mondial et plusieurs projets sont lancés dans ce sens y compris le présent projet. Ce projet consiste à mettre en place un prototype d'exposition sous forme d'une voiture maquette qui sert à présenter les produits fabriqués par la société. Tous produits doivent être visible et accessible facilement par les clients.

Pour atteindre notre objectif, nous avons explorées différentes méthodes des différences outils d'innovation et voir comment nous pourrions les intégrer dans notre cas pour répondre aux exigences de notre client (Direction de Polydesign). Ainsi certaines méthodes explorées se sont montrées obsolètes pour la conception d'objets innovants. Or, nous avons réussi à résoudre la problématique posée en utilisant la théorie C-K (*Concept Knowledge*). Le prototype nous avons innové a été conçu par le logiciel CATIA dans sa version 5 et pour le concrétiser nous avons utilisé certains matériaux recommandés par une étude que nous avons faite sur le choix des matériaux. Dans ce point nous avons utilisé le logiciel CES EduPack qui dispose de plusieurs modules et qui possède une grande base de données de matériaux. Cependant nous avons déployé le module de Young qui permet de faire une comparaison de la rigidité entre les différents matériaux en fonction du prix et le module de limite d'élasticité qui permet de faire une comparaison sur le seuil de la résistance de la déformation. Par la suite, nous nous sommes servis de la matrice de décision pour extraire efficacement le meilleur matériel.

Finalement et à l'aide d'une carte Arduino Uno et des relais, nous avons conçu un système qui commande les mouvements du siège avant.

Comme perspective de ce travail, nous souhaitons généraliser le contrôle automatique du reste des pièces conçues et intégrer un hologramme 3D en utilisant une réalité virtuelle comme offre Microsoft hololens par exemple.

## Bibliographie

- CATLADOC. (2005, 02 09). Récupéré sur catiadoc.free.fr: <http://catiadoc.free.fr/>
- (2016, 5). Récupéré sur Cours, Tutoriels & Astuces – Logiciel CATIA: <http://catia-tutorial.com/>
- CAVE, D. (2014). *caveycee.free.fr*. Récupéré sur [http://caveycee.free.fr/1sti2d\\_SPE/04\\_choix\\_materiaux/cours\\_materiaux.pdf](http://caveycee.free.fr/1sti2d_SPE/04_choix_materiaux/cours_materiaux.pdf)
- Dominique, F. (2014, 7 22). *Les structures des voitures particulières*. Récupéré sur Certificat de Qualification Professionnelle Technicien Service Rapide: [http://ressourcespedagogiquesmaintauto.weebly.com/uploads/1/9/2/4/19240285/les\\_structures\\_des\\_voitures\\_particulieres.pdf](http://ressourcespedagogiquesmaintauto.weebly.com/uploads/1/9/2/4/19240285/les_structures_des_voitures_particulieres.pdf)
- DUYSINX, P. (2014, 3 2). *Conception et analyse structurale des châssis*. Récupéré sur [www.ingveh.ulg.ac.be](http://www.ingveh.ulg.ac.be): [http://www.ingveh.ulg.ac.be/uploads/education/meca-0063/notes/AVChassis\\_2014.pdf](http://www.ingveh.ulg.ac.be/uploads/education/meca-0063/notes/AVChassis_2014.pdf)
- FR-Dassault-Systems\_FreeStyle\_Shaper\_&Optimizer\_&Profile. (s.d.). *FR-Dassault-Systems\_FreeStyle\_Shaper\_&Optimizer\_&Profile*. Récupéré sur <http://catiadoc.free.fr>: [http://catiadoc.free.fr/pdf/FR-Dassault-Systems\\_FreeStyle\\_Shaper\\_&Optimizer\\_&Profilier.pdf](http://catiadoc.free.fr/pdf/FR-Dassault-Systems_FreeStyle_Shaper_&Optimizer_&Profilier.pdf)
- GOURGUES-LORENZON, A.-F. (2007, 02). *Selection des matériaux par l'ingénieur*. Récupéré sur [mms2.ensmp.fr](http://mms2.ensmp.fr): [http://mms2.ensmp.fr/mat\\_paris/duree/exercices/Ch\\_29\\_Selection\\_TD.pdf](http://mms2.ensmp.fr/mat_paris/duree/exercices/Ch_29_Selection_TD.pdf)
- igus. (s.d.). *igus*. Récupéré sur Plateau tournant iglidur® PRT : [http://www.igus.fr/wpck/3344/iglidur\\_PRT\\_Bauform\\_01?C=FR&](http://www.igus.fr/wpck/3344/iglidur_PRT_Bauform_01?C=FR&)
- smolka-berlin. (s.d.). <https://www.smolka-berlin.com>. Récupéré sur [smolka-berlin: https://www.smolka-berlin.de/onlineshop/en/artikel/SWF\\_VALEO\\_NIDEC\\_ITT\\_404.458\\_Motor,\\_Getriebemotor\\_24\\_V\\_DC\\_-\\_Sonderangebot!!!/4398](https://www.smolka-berlin.de/onlineshop/en/artikel/SWF_VALEO_NIDEC_ITT_404.458_Motor,_Getriebemotor_24_V_DC_-_Sonderangebot!!!/4398)

## Annexe A : Méthode CK

### Historique

- Dans les années 1960, l'américain **Herbert Simon** (**rationalité limitée**) affirme l'existence d'une science de la conception. Il émet l'idée d'une approche structurée de la création. Un chercheur français s'inspire de ses travaux ...
- Au début des années 2000, Hatchuel publie le résultat de ses recherches : une généralisation du processus de conception appelé Théorie C-K.



Simon va développer à partir des hypothèses des courants néo-classiques une construction éthologique du processus de décision dans l'entreprise et focalise ce processus sur l'acteur et non plus sur l'hypothèse de la main invisible<sup>1</sup> de la concurrence.

Il propose deux "déblocages" de la conception de l'entreprise comme lieu privilégié de la décision rationnelle : Le comportement de l'homme est induit par l'information (l'acteur réagit aux stimuli informationnels, et étant donné la rationalité de l'individu limitée, l'organisation doit aider et soutenir la pensée de l'individu.



Simon va développer à partir des hypothèses des courants néo-classiques une construction éthologique du processus de décision dans l'entreprise et focalise ce processus sur l'acteur et non plus sur l'hypothèse de la main invisible<sup>1</sup> de la concurrence.

Il propose deux "déblocages" de la conception de l'entreprise comme lieu privilégié de la décision rationnelle : Le comportement de l'homme est induit par l'information (l'acteur réagit aux stimuli informationnels, et étant donné la rationalité de l'individu limitée, l'organisation doit aider et soutenir la pensée de l'individu.



- **Situations de conception historique**
  - Les fonctions sont connues et il y a un cahier des charges
  - La conception améliore les fonctionnements mais avec une identité stable de l'objet
  - Introduction de nouvelles techniques
  - Dans les phases initiales, recours à la créativité
- **Nouvelle situation**
  - Pas de lien entre l'identité des objets et leurs fonctions
  - Besoins peu précis mais nécessité de concepts innovants

## C K : Innovation ?

Notions de base de l'innovation :

- Raisonnement de conception rendant compte
- La logique fonctionnelle
- De l'expansibilité des connaissances
- De l'expansibilité innovante des propositions Traditions
- Architecte : les connaissances sont larges et peu profondes, l'objet présente des fonctions fortes : ordonnance, disposition, eurythmie, proportion, convenance, distribution et économie
- Artiste : les fonctions prédéfinies ne sont pas une contrainte. La conception doit générer une expansion : de la nouveauté
- Ingénieur : Conception expansive basée sur les connaissances
- Scientifiques et techniques. Les fonctions sont très variées

### Expansion ?

- Un ensemble indéfiniment expansible est illustré par l'ensemble des réels, des figures fractales, etc.
- Lui correspond une notion indéfiniment expansible, comme étant une notion dont on ne peut jamais donner une définition achevée
- Le constat de l'expansion de la notion dépend des connaissances spécialisées de son observateur : l'expansion de la notion est K-relative

### Cette faculté d'expansion est ce qui permet l'innovation

Elle va au-delà :

- De l'exploration, comme recherche de solution déjà existantes de
- L'imagination, présentation spontanée de solutions à l'esprit

### Paradoxe du partitionnement expansif

Le sens commun de la partition consiste à sélectionner

Dans un ensemble les objets répondant à certains critères, sans modifier la définition de l'ensemble :

*Partition restrictive par séparation et évaluation*

**Exemple** : Choisir un bon restaurant au centre de Paris

Pour un ensemble expansible, la partition permet d'augmenter la compréhension de l'ensemble des objets : *Partition expansive, par expansion paradoxale de l'ensemble expansible*

Exemple : Organiser une surprise partie sympa

Les ensembles expansibles sont appelés Concepts C

Les concepts sont étendus et partitionnés en s'appuyant sur des **connaissances K**, elles-mêmes en expansion

## Postulat fondamental : 2 espaces associés C et K

Opposition entre concept C et connaissance K

- Connaissance K = proposition ayant un statut logique pour le concepteur ou pour le destinataire de la conception
- Concept C = notion ou proposition sans statut logique (vérité, probabilité, etc.), inconnue relativement à la connaissance disponible

Ex : un bateau qui vole

- C'est défini sur les ensembles ZF (sans choix), par compréhension partielle, excluant l'extraction d'éléments de cet ensemble qui par nature sont incomplètement définis
- C'est défini relativement à K, pour un concepteur particulier
- K lui est défini sur CAT (ensemble des catégories)

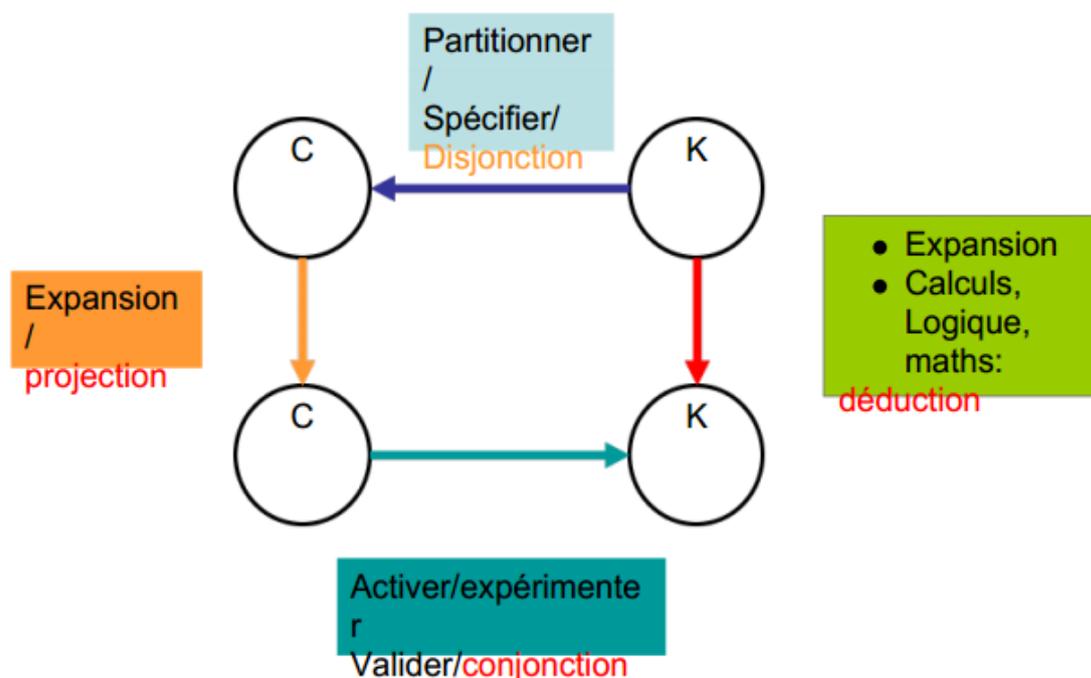
# Que peut-on faire à partir d'un concept C et de connaissances existantes ?

Dans C : on peut seulement ajouter ou enlever des propriétés

- Partitionner ou dé-partitionner (inclure dans une proposition plus large): le concept est étendu (disjonction C-K)
- Les propositions (ajoutées ou enlevées) ne peuvent venir que de K
- Les partitions peuvent être restrictives ou expansives. Les partitions expansives sont un processus « créatif » Que peut-on faire en K avec un concept « étendu » ?
- Si le concept étendu est une proposition validée de K, on a une proposition acceptable (conjonction C-K)
- Si le concept « étendu » n'est pas une proposition validée dans K, il reste une disjonction
- Le concept « étendu » peut conduire à générer de nouvelles propositions dans K (K-expansions  $\delta K$ ): Tests, enquêtes, investigations, clients, experts

## Les 4 opérateurs : le design Square

**Etape 1:** Percevoir les opportunités d'innovations sur les marchés de l'entreprise.



**Etape 2:** Retenir une opportunité d'innovation et définir les buts fondamentaux de l'objet à concevoir, correspondant à la stratégie de l'entreprise et au marché visé

**Etape3:** Exprimer le concept initial à l'aide d'une « proposition ni vraie ni fausse » Oxymorons, propriété expansive, phénomène à éviter / à créer, etc.

**Etape4:** Définir l'espace des connaissances nécessaires au développement du concept initial (réseau sémantique). Générer une liste d'attributs de partitionnement

**Etape5:** Dé-partitionner le concept initial pour trouver le concept primitif. Comprendre le sens profond qui se cache derrière le concept initial en recherchant ses hyperonymes. Cette activité permet de trouver les concepts « père », puis « grand-père », et ainsi de suite jusqu'au niveau d'abstraction jugé suffisant

**Etape 6 :** Partitionner le concept primitif par rapport à un ou plusieurs attributs en trouvant les hyponymes qui semblent intéressants pour poursuivre le développement. Cela permet de mettre en lumière les concepts « parents » des concepts primitif et initial.

**Etape 7 :** Evaluer tous les concepts pour choisir le « concept de départ » le plus prometteur. Compléter l'espace des connaissances qu'implique le choix du concept de départ.

**Etape 8 :** Partitionner le concept de départ par rapport à un ou plusieurs attributs en trouvant tous les hyponymes qui semblent intéressants pour poursuivre le développement. Chaque hyponyme correspond en fait à une variante de solution à partir de laquelle on peut poursuivre le développement.

**Etape 9 :** Evaluer toutes les variantes (hyponymes) afin de retenir la plus prometteuse pour continuer le développement. Cette étape permet de restreindre le champ exploratoire du développement et ainsi de converger étapes après étapes vers le concept final.

**Etape 10 :** Partitionner la variante choisie à l'étape précédente par rapport à un ou plusieurs attributs en trouvant les hyponymes intéressants pour poursuivre le développement.

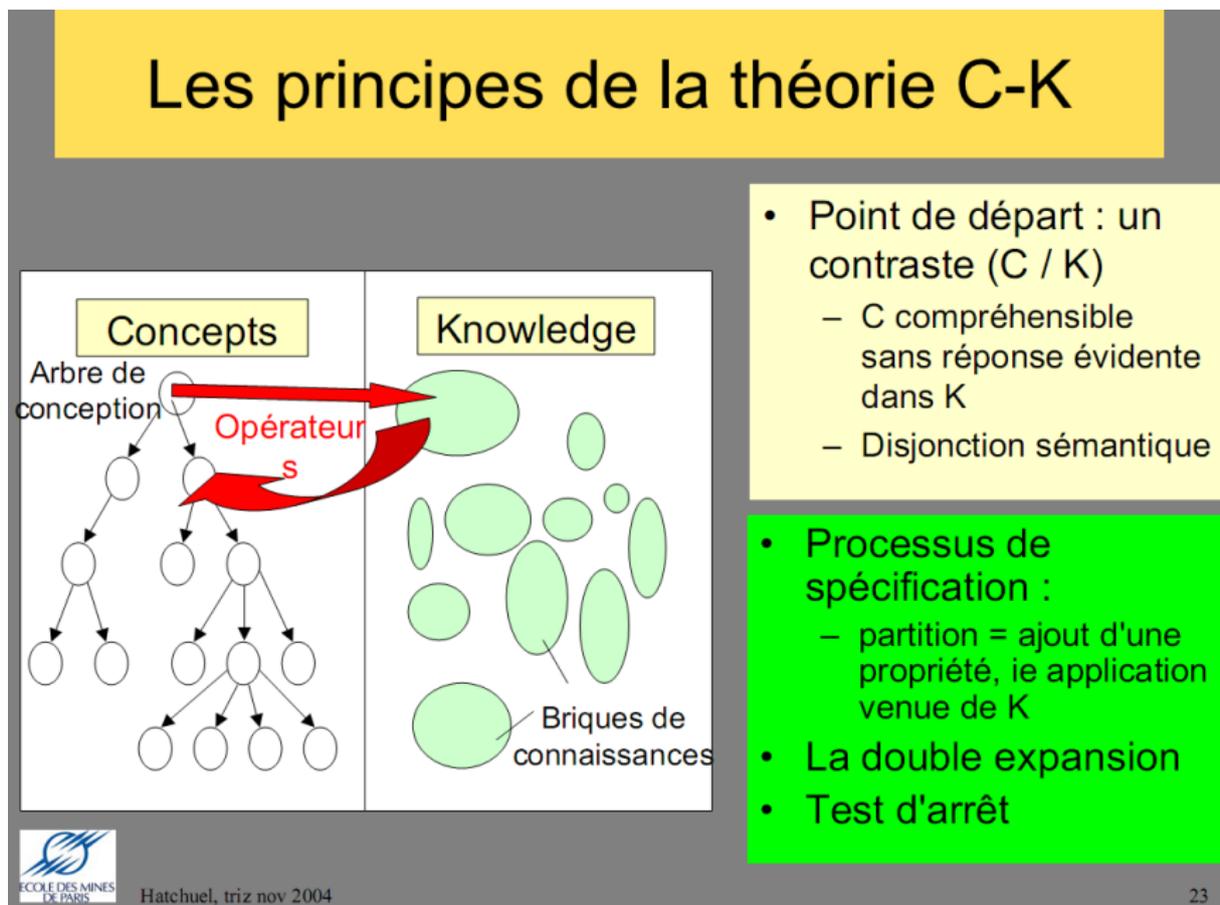
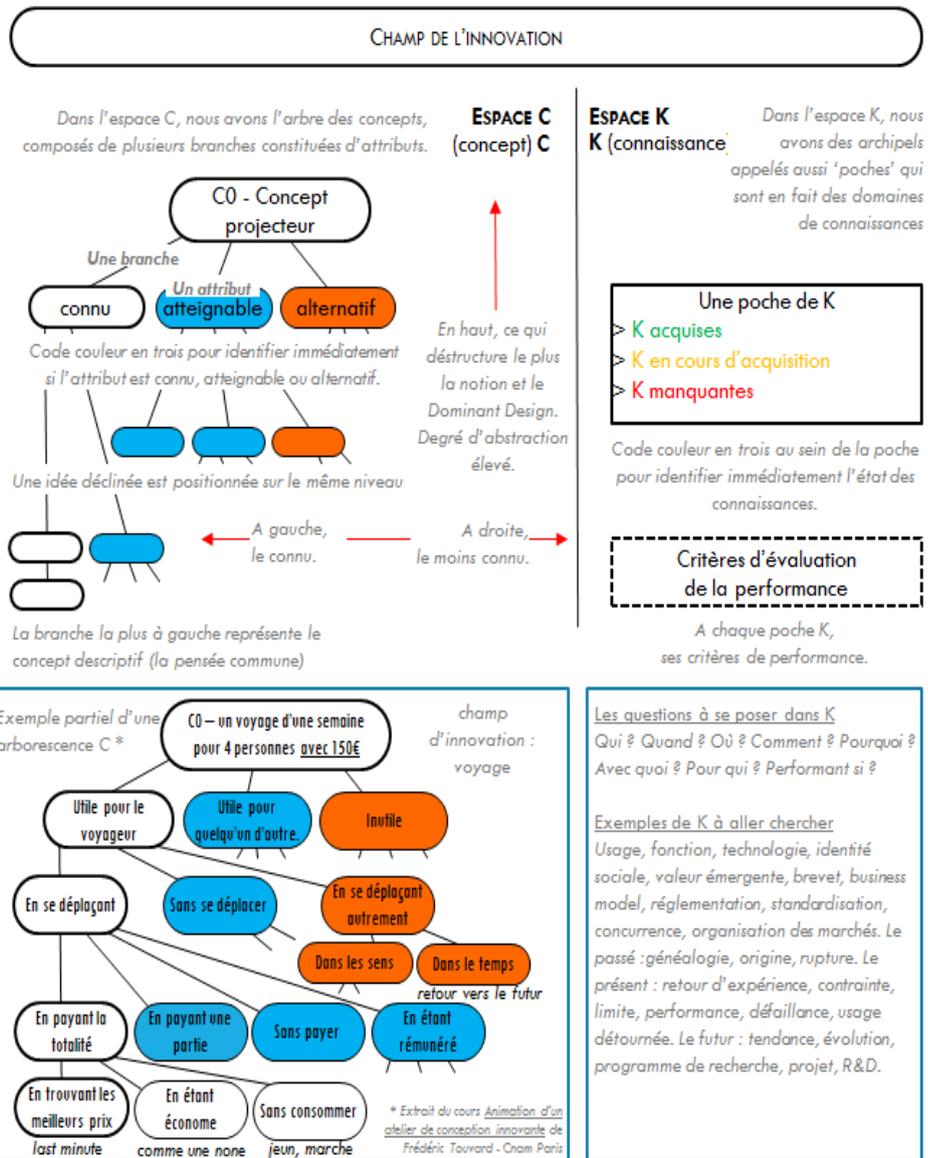
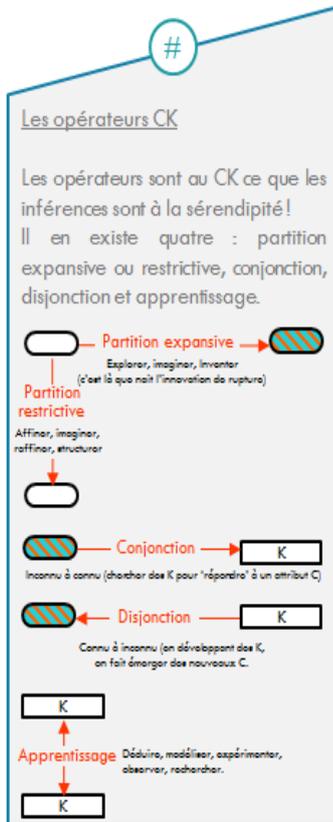


FIGURE 5.  
BASE MÉTHODOLOGIQUE -  
DIAGRAMME CK



Les questions à se poser dans K

Qui ? Quand ? Où ? Comment ? Pourquoi ? Avec quoi ? Pour qui ? Performant si ?

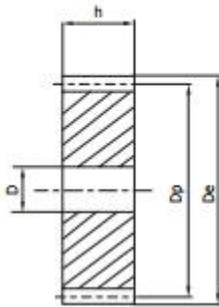
Exemples de K à aller chercher

Usage, fonction, technologie, identité sociale, valeur émergente, brevet, business model, réglementation, standardisation, concurrence, organisation des marchés. Le passé : généalogie, origine, rupture. Le présent : retour d'expérience, contrainte, limite, performance, défaillance, usage détournée. Le futur : tendance, évolution, programme de recherche, projet, R&D.

## Annexe B : Engrenage à denture droite

Engrenages à denture droite.

Matière :  
Acier : C43 UNI 7847  
Angle de pression : 20°



Module 1 (h = 15 mm)					
Référence	Z	De	Dp	D	Kg
ED 100 072	72	74	72	12	0.46
ED 100 075	75	77	75	12	0.51
ED 100 076	76	78	76	12	0.52
ED 100 080	80	82	80	12	0.58
ED 100 085	85	87	85	12	0.65
ED 100 090	90	92	90	12	0.73
ED 100 095	95	97	95	12	0.82
ED 100 100	100	102	100	12	0.91
ED 100 110	110	112	110	12	1.10
ED 100 114	114	116	114	12	1.19
ED 100 120	120	122	120	12	1.32
ED 100 127	127	129	127	12	1.47

Module 1,5 (h = 17 mm)					
Référence	Z	De	Dp	D	Kg
ED 150 072	72	111	108	20	1.19
ED 150 075	75	115.5	112.5	20	1.30
ED 150 076	76	117	114	20	1.33
ED 150 080	80	123	120	20	1.48
ED 150 085	85	130.5	127.5	20	1.67
ED 150 090	90	138	135	20	1.88
ED 150 095	95	145.5	142.5	20	2.09
ED 150 100	100	153	150	20	2.32
ED 150 110	110	168	165	20	2.82
ED 150 114	114	174	171	20	3.03
ED 150 120	120	183	180	20	3.36
ED 150 127	127	193.5	190.5	20	3.77

Module 2 (h = 20 mm)					
Référence	Z	De	Dp	D	Kg
ED 200 072	72	148	144	20	2.50
ED 200 075	75	154	150	20	2.71
ED 200 076	76	156	152	20	2.79
ED 200 080	80	164	160	20	3.09
ED 200 085	85	174	170	20	3.50
ED 200 090	90	184	180	20	3.93
ED 200 095	95	194	190	20	4.39
ED 200 100	100	204	200	20	4.87
ED 200 110	110	224	220	20	5.90
ED 200 114	114	232	228	20	6.34
ED 200 120	120	244	240	20	7.03
ED 200 127	127	258	254	20	7.89

Module 3 (h = 30 mm)					
Référence	Z	De	Dp	D	Kg
ED 300 050	50	156	150	25	4.06
ED 300 052	52	162	156	25	4.40
ED 300 055	55	171	165	25	4.93
ED 300 057	57	177	171	25	5.30
ED 300 060	60	186	180	25	5.89
ED 300 065	65	201	195	25	6.92
ED 300 070	70	216	210	25	8.00
ED 300 072	72	222	216	25	8.47
ED 300 075	75	231	225	25	9.21
ED 300 076	76	234	228	25	9.46
ED 300 080	80	246	240	25	10.49
ED 300 085	85	261	255	25	11.86
ED 300 090	90	276	270	25	13.32
ED 300 095	95	291	285	25	14.86
ED 300 100	100	306	300	25	16.48
ED 300 110	110	336	330	25	19.97
ED 300 114	114	348	342	30	21.40
ED 300 120	120	366	360	30	23.74
ED 300 127	127	387	381	30	26.61

Module 4 (h = 40 mm)					
Référence	Z	De	Dp	D	Kg
ED 400 038	38	160	152	25	5.20
ED 400 040	40	168	160	25	6.11
ED 400 045	45	188	180	25	7.78
ED 400 048	48	200	192	25	8.87
ED 400 050	50	208	200	25	9.65
ED 400 052	52	216	208	25	10.45
ED 400 055	55	228	220	25	11.71
ED 400 057	57	236	228	25	12.59
ED 400 060	60	248	240	25	13.97
ED 400 065	65	268	260	25	16.43
ED 400 070	70	288	280	25	19.09
ED 400 075	75	308	300	25	21.94
ED 400 076	76	312	304	25	22.47
ED 400 080	80	328	320	25	24.93
ED 400 085	85	348	340	25	28.18
ED 400 090	90	368	360	25	31.62
ED 400 095	95	388	380	25	35.26
ED 400 100	100	408	400	25	39.11
ED 400 110	110	448	440	25	47.38
ED 400 114	114	464	456	25	50.91

Module 5 (h = 50 mm)					
Référence	Z	De	Dp	D	Kg
ED 500 032	32	170	160	25	7.62
ED 500 035	35	185	175	25	9.16
ED 500 038	38	200	190	30	10.84
ED 500 040	40	210	200	30	12.04
ED 500 045	45	235	225	30	15.30
ED 500 048	48	250	240	30	17.44
ED 500 050	50	260	250	30	18.86
ED 500 052	52	270	260	30	20.43
ED 500 055	55	285	275	30	22.89
ED 500 057	57	295	285	30	24.62
ED 500 060	60	310	300	30	27.31
ED 500 065	65	335	325	30	32.12
ED 500 070	70	360	350	30	37.31
ED 500 075	75	385	375	30	42.88
ED 500 076	76	390	380	30	44.04
ED 500 080	80	410	400	30	48.84
ED 500 085	85	435	425	30	55.19
ED 500 090	90	460	450	30	61.92
ED 500 095	95	485	475	30	69.03
ED 500 100	100	510	500	30	76.53
ED 500 110	110	560	550	30	92.69
ED 500 114	114	580	570	30	99.59

Module 6 (h = 60 mm)					
Référence	Z	De	Dp	D	Kg
ED 600 028	28	180	168	25	8.41
ED 600 030	30	192	180	25	9.69
ED 600 032	32	204	192	25	11.05
ED 600 035	35	222	210	25	13.27
ED 600 038	38	240	220	25	15.89
ED 600 040	40	252	240	25	17.42

### Annexe C : Motoréducteur



Résistance mécanique réducteurs : 2 Nm, rouages plastiques performants  
 Moteurs : puissance nominale 3 W antiparasités pour produits standards stockés  
 Gamme de vitesses étendue : 0,3 à 430 tr/min  
 Option codeur intégrée dans le moteur

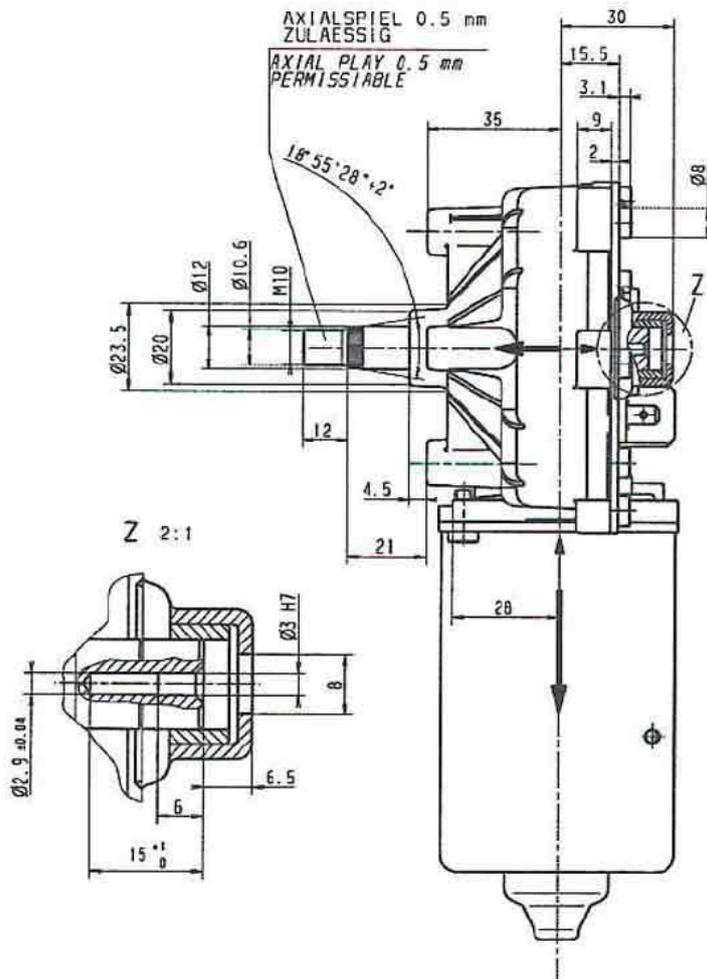
**Références**

	Type	Type	Tension	Vitesses de sortie (tr/mn)	Rapports (i)
82869012	3,9 W	828690	24 V	54	80

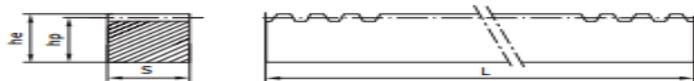
**Caractéristiques**

**Caractéristiques générales**

Moteur	828600
Réducteur	810330
Couple maximum admissible sur le réducteur en régime permanent pour 1 million de tours (Nm)	2
Charge axiale statique (daN)	1
Charge radiale statique (daN)	10
Puissance utile maximum (W)	3,9
Puissance utile nominale (W)	3
Echauffement boîtier (°C)	50
Masse (g)	240



## Annexe D : Crémaillères Acier Section Carrées



Module	he x S	hp	Longueur	Kg	Référence
1	15 x 15	14.0	500	0.824	RC 10 0500
	15 x 15	14.0	1,000	1.648	RC 10 1000
	15 x 15	14.0	2,000	3.050	RC 10 2000
1,5	17 x 17	15.5	500	1.035	RC 15 0500
	17 x 17	15.5	1,000	2.070	RC 15 1000
	17 x 17	15.5	2,000	3.830	RC 15 2000
2	20 x 20	18.0	500	1.410	RC 20 0500
	20 x 20	18.0	1,000	2.820	RC 20 1000
	20 x 20	18.0	2,000	5.115	RC 20 2000
2,5	25 x 25	22.5	500	1.985	RC 25 0500
	25 x 25	22.5	1,000	3.970	RC 25 1000
	25 x 25	22.5	2,000	7.350	RC 25 2000
3	30 x 30	27.0	500	3.100	RC 30 0500
	30 x 30	27.0	1,000	6.200	RC 30 1000
	30 x 30	27.0	2,000	11.470	RC 30 2000
4	25 x 25	21.0	500	1.825	RCS 40 0500
	25 x 25	21.0	1,000	3.650	RCS 40 1000
	25 x 25	21.0	2,000	7.300	RCS 40 2000
	30 x 30	26.0	500	3.050	RCT 40 0500
	30 x 30	26.0	1,000	6.100	RCT 40 1000
	30 x 30	26.0	2,000	11.700	RCT 40 2000
	40 x 40	36.0	500	5.500	RC 40 0500
40 x 40	36.0	1,000	11.000	RC 40 1000	
40 x 40	36.0	2,000	20.350	RC 40 2000	
5	50 x 50	45.0	500	7.950	RC 50 0500
	50 x 50	45.0	1,000	15.900	RC 50 1000
	50 x 50	45.0	2,000	29.415	RC 50 2000
6	60 x 60	54.0	500	12.650	RC 60 0500
	60 x 60	54.0	1,000	24.300	RC 60 1000
	60 x 60	54.0	2,000	50.200	RC 60 2000
8	80 x 80	72.0	500	16.870	RC 80 0500
	80 x 80	72.0	1,000	32.400	RC 80 1000
	80 x 80	72.0	2,000	97.200	RC 80 2000

**Données techniques :**

- Tolérance sur le pas +/- 20 microns
- Tolérance sur la somme des pas +/- 30 microns sur 500 mm
- Degré de qualité de denture : de 8 à 9 mm suivant norme DIN 3662/63/67
- Denture droite

Toutes nos crémaillères sont raboutables pour un montage en continu.

Détermination de la longueur d'une crémaillère L:

$$L = \pi \times \text{module} \times \text{Nbre de dents}$$