

x

ASSISTANCE MONTABILITE



BTS Conception de produits industriels
Session 2015

SLEDE Lucas

REMERCIEMENTS

S'il est vrai qu'un projet est le fruit d'un travail personnel, beaucoup de personnes ont contribué à son élaboration.

Je voulais tout d'abord remercier mes tuteurs Gilles Lepioufle ainsi que Frédéric Barthon de m'avoir accompagné pendant mon apprentissage en entreprise et de m'avoir fait confiance pour les missions effectuées. Ils ont su m'aider dans les recherches dont j'avais besoin sur leur temps de travail et m'avoir mis à l'aise dans l'entreprise.

Je remercie Nicolas Frantz de m'avoir accepté au sein de son service, ce qui m'a permis de réaliser mon cursus scolaire dans les meilleures conditions possibles. Je tiens également à remercier mes autres collègues pour m'avoir particulièrement aidé et soutenu tout au long de mon apprentissage et plus particulièrement le fraiseur Philippe Reclus qui a consacré une partie non négligeable de son temps de travail à la réalisation des pièces de mon projet.

Je remercie par ailleurs toute l'équipe de SUPii Mecavenir qui m'a permis d'intégrer leur école et m'a ainsi donné la chance de pouvoir travailler dans le domaine de la mécanique et de la conception. Je les remercie également de m'avoir aidé dans ma recherche d'entreprise et de m'avoir soutenu pendant mon cursus.

PROJET INDUSTRIEL

Introduction.....	3
Etude du besoin.....	4
A.1 - Elément de l'étude.....	4
A.1.1 - Contexte du projet	5
A.1.2 - Objectif du Projet.....	10
A.1.3 - Planification	11
A.2 - Etude fonctionnelle	12
A.2.1 Définition du besoin	13
A.2.2 - Validation du besoin.....	14
A.3 Recherche des fonctions.....	15
A.3.1 - Recherche des fonctions de services	16
A.3.2 - Validations des fonctions	17
A.3.3 - Caractérisation des fonctions.....	18
A.3.4 - Hiérarchisation des fonctions.....	19
A.3.5 - Diagramme de Pareto	20
Analyse de l'existant.....	21
Etude conceptuelle.....	22
B.1 - Choix des solutions	22
B.1.1 - Diagramme FAST (Function Analysis System Technic)	23
B.1.2 - Schéma cinématique de la solution retenu	32
B.2 - Conception.....	33
B.2.1 - Modification de la balancelle de porte	34
B.2.2 - Création de l'interface.....	36
B.2.3 - Création de la liaison glissière de l'interface (Linterface/4)	38
B.2.4 - Création de la liaison pivot glissant (L4/3)	44
B.2.5 - Création de la liaison glissière du bloc (L3/2).....	48
B.2.6 - Placement de la poutre Norcan 45-45	49
Conclusion	52
Annexes.....	53

Introduction

Après ma seconde, j'ai suivi un cursus technologique. Je voulais m'orienter vers le domaine du technique et de la mécanique. C'est pour cette raison que j'ai fait un bac STI2D.

Pendant ces années au lycée j'ai beaucoup apprécié les cours de mécanique et d'industrie. Après plusieurs recherches en terminal, je me suis renseigné sur le BTS CPI (Conception de Produits Industriels) et, après avoir compris son contenu et ses objectifs de formation, j'ai décidé de m'inscrire au sein du CFA Mecavenir en alternance à Puteaux.

C'est au rythme d'une alternance de 15 jours à l'école, 15 jours en entreprise que celle-ci se fait. J'ai fait le choix de l'alternance pour diverses raisons. Tout d'abord, je voulais découvrir le fonctionnement de l'entreprise. Je voulais également augmenter mes chances dans ma future recherche d'emploi. En effet, un BTS en alternance permet de s'insérer plus facilement dans la vie active. Ce choix me permettrait d'acquérir de l'expérience professionnelle, de la maturité et de l'autonomie. Dans les tâches qu'on me donne, j'ai la responsabilité du travail fini. Pour finir, un point qui me semble très important, c'est le fait de pouvoir mettre en pratique les cours que j'apprends au sein du centre de formation.

Au fil de mon projet industriel, je vais tout d'abord présenter l'entreprise Renault dans laquelle l'étude a été menée. Je développerai ensuite les aspects de besoin du projet et de son analyse fonctionnelle. Je continuerai par la suite sur l'étude conceptuelle et les validations par le calcul, puis je terminerai par une conclusion.

Etude du besoin

A.1 - Élément de l'étude

A.1.1 - CONTEXTE DU PROJET

Depuis plus d'un siècle, Renault conçoit et fabrique des véhicules automobiles dans le monde entier. Le technocentre est le centre de recherche et développement pour les véhicules d'Europe occidentale principalement. C'est en ce lieu que tous les véhicules sont pensés et étudiés avant la mise en production en série. Lors des phases d'études qui jalonnent la vie d'un futur véhicule, numérique et physique sont intimement liés. Dans le secteur où j'évolue, nous pratiquons le maquettage physique, ou plus précisément, nous sommes une entité dite support qui propose une aide à la conception numérique par le maquettage physique. L'étude physique est impérative pour résoudre les problèmes non visibles sur la CAO 3D. Dans mon Unité Élémentaire de Travail (UET), plusieurs entités distinctes sont regroupées, aussi bien la face avant et arrière du véhicule que les ouvrants et le poste de conduite. C'est dans la zone du Poste de Conduite que je suis amené à réaliser l'étude d'un moyen de manutention et de montage de cet ensemble, permettant de l'installer dans une maquette carrosserie appelée "caisse en blanc". En effet, il existe des assistances de montage du Poste de Conduite dans les usines de production mais elles sont automatisées et coûtent relativement cher. De plus, l'infrastructure est assez imposante et de ce fait contraignante.

Qu'est-ce qu'un Poste de Conduite (PdC) ?

Un Poste de Conduite est un ensemble de pièces comportant les éléments suivants :



Un volant : il permet à l'automobiliste de choisir une direction.
(Placé après la mise en position du PdC dans le véhicule).

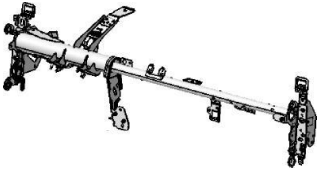


Une colonne de direction : la colonne de direction est la pièce mécanique qui relie le volant aux roues du véhicule via la crémaillère. Elle permet de diriger les roues en tournant le volant.

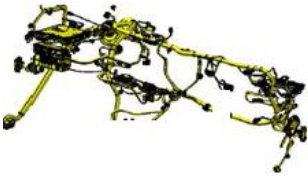


Un tableau de bord + planche de bord : c'est la partie du véhicule regroupant toutes les informations relatives au véhicule : Il indique la vitesse, le niveau de carburant ou encore s'il y a un problème mécanique ou électronique.

Pour le bien-être du conducteur et de ses passagers, on y inclut aussi les fonctions climatisation et multimédia.



Une traverse : la traverse du Poste de Conduite est l'une des pièces les plus importantes, c'est l'ossature du poste de conduite. Elle permet de fixer l'ensemble des pièces et de mettre en position le poste de conduite dans le véhicule.



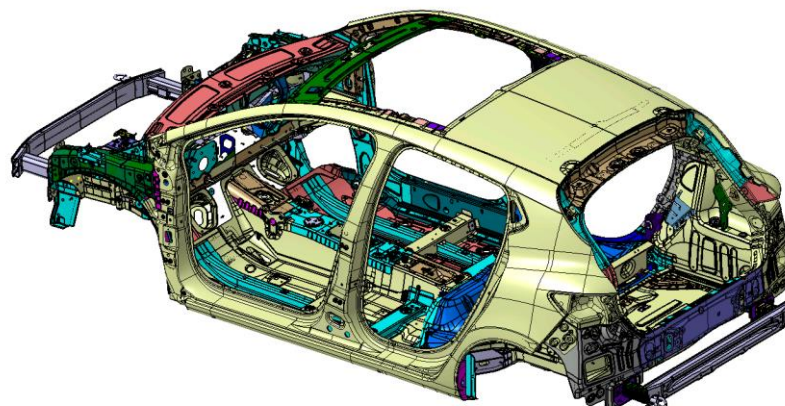
Le câblage : il permet d'alimenter tous les composants électriques et électroniques du véhicule.



Le bloc de climatisation (HVAC) : le HVAC permet la distribution d'air (chaud/froid) dans l'habitacle.

Qu'est-ce qu'une maquette Carrosserie (Caisse en blanc) ?

La maquette carrosserie représente un partiel du véhicule (zone d'étude ne nécessitant pas une voiture dans son ensemble, mais uniquement une partie) servant à la validation et à la résolution de problèmes techniques. Elle peut être réalisée dans différents matériaux, par exemple en fibre de verre, en fibre de carbone ou en tôle.



Qu'est-ce qu'une luette de préparation?

Une luette de préparation est un support permettant le montage et l'assemblage des différents éléments du Poste de Conduite. Cette luette est mise à disposition de l'atelier de maquettage par les usines.



Etape 1 :

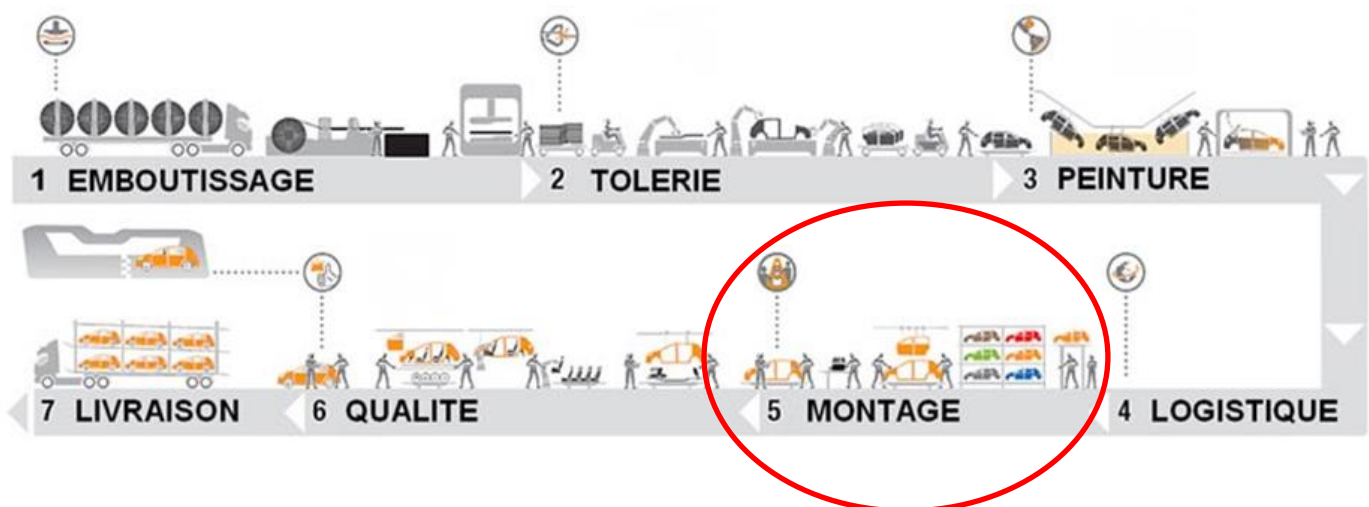
Le monteur place et fixe la traverse seule sur la luette de préparation.

Etape 2 :

Le monteur monte et assemble les autres composants du PdC sur la traverse selon un ordre de montage bien précis (graphe usine).

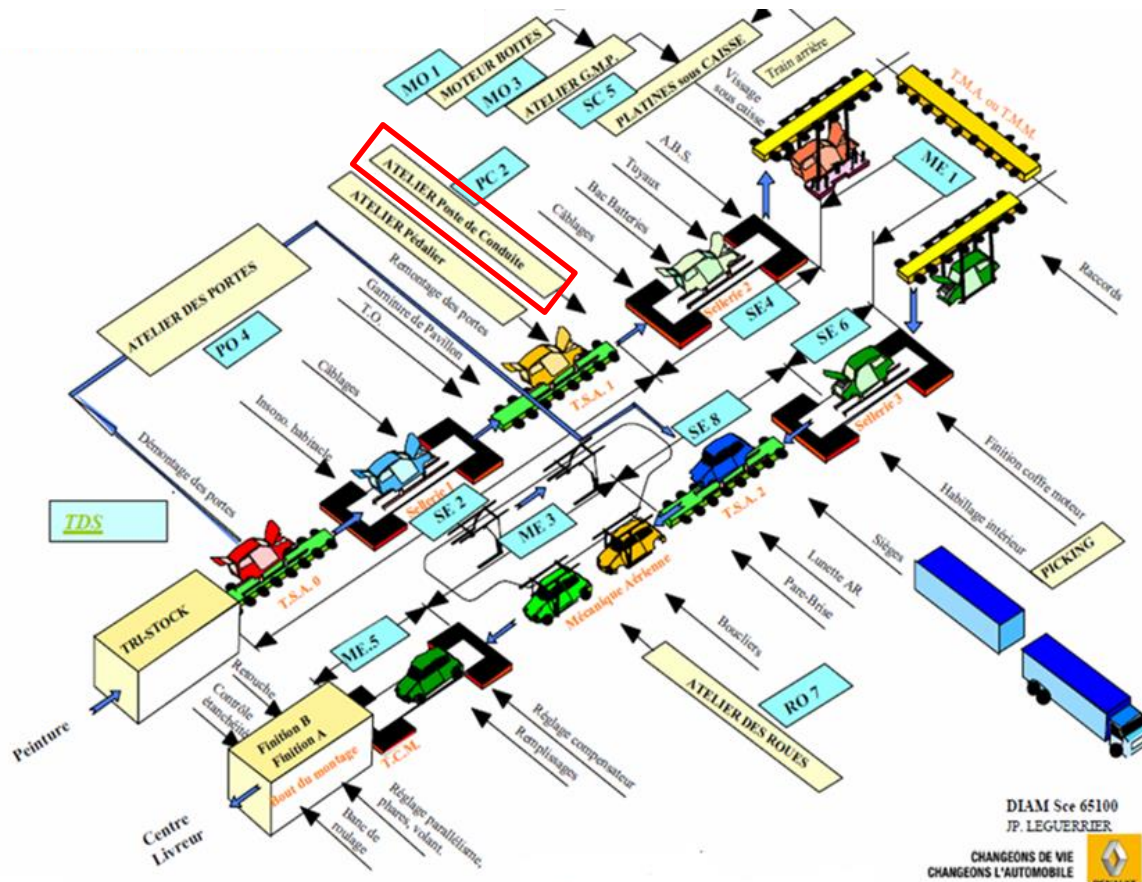
Processus de fabrication

Le montage du PdC est réalisé dans la partie montage du véhicule.



Graphe standard de montage usine

Le montage du PdC est l'une des premières étapes du graphe de montage d'un véhicule. Seule l'insonorisation de l'habitacle, une partie du câblage et la garniture de pavillon sont montés sur le véhicule à ce moment-là.



Accostage du PdC dans la maquette véhicule au sein de mon Unité Élémentaire de Travail (UET)

Nous avons pour tâche de prendre le PdC et de le positionner dans la maquette carrosserie. Cette tâche se fait manuellement et nécessite 3 personnes pour la mettre en position en raison de la masse non négligeable du PdC (environ 60 kilos) mais également en raison de l'environnement du véhicule qui ne permet pas une ergonomie et une posture de travail adéquate (une personne doit monter sur la maquette véhicule avec un côté de la traverse entre les mains pour le transmettre à une autre personne de l'autre côté du véhicule). Cette manipulation peut présenter des risques au regard de la santé des opérateurs.

Une fois cette étape réalisée, les différentes équipes acteurs de l'étude (architectes, préparateurs usine, maquettistes) peuvent étudier et continuer à réaliser le montage usine des autres composants liés au Poste de Conduite et à la caisse en blanc.

Description de la cinématique d'accostage usine

En usine, lorsque le PdC n'est pas en position dans le véhicule, il est maintenu par 2 axes de préhension qui viennent s'insérer dans les flasques* de la traverse (figure 1). Par la suite, l'assistance emmène l'ensemble PdC, le positionne à l'intérieur du véhicule en le faisant passer par l'entrée de porte conducteur et le place en face de 4 pions de centrage placés à l'intérieur (2 à gauche, 2 à droite) (figure 2). Pour certain PdC, le passage par l'entrée de porte nécessite un pivotement autour d'un axe. Ensuite, la traverse effectuera une cinématique pour reposer sur ces 4 pions de centrages et ainsi être en position définitive dans le véhicule avant serrage. On appelle cela l'accostage. Lors de l'avancement de la traverse dans le sens des X- (Annexe A), une partie viendra en butée et, grâce à la pente, effectuera une translation vers le haut (figure 3). Ensuite, on peut observer une fente permettant à ces pions de centrage de s'y loger et ainsi la traverse sera immobilisée grâce aux lois de la gravité (figure 4).

Sur ces images, seule la traverse est apparente et nécessaire à la compréhension du système d'accostage.

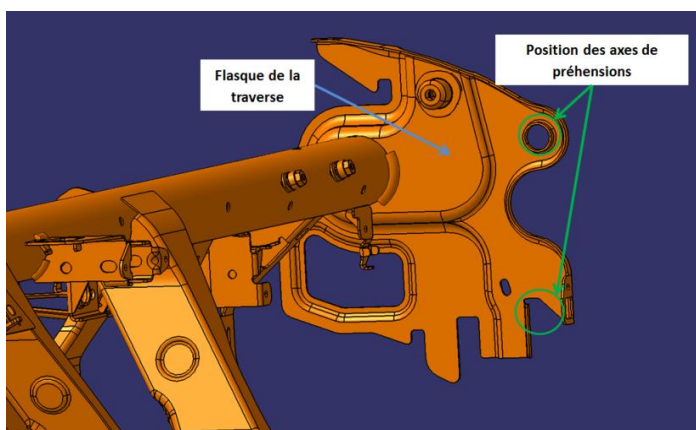


Figure 1

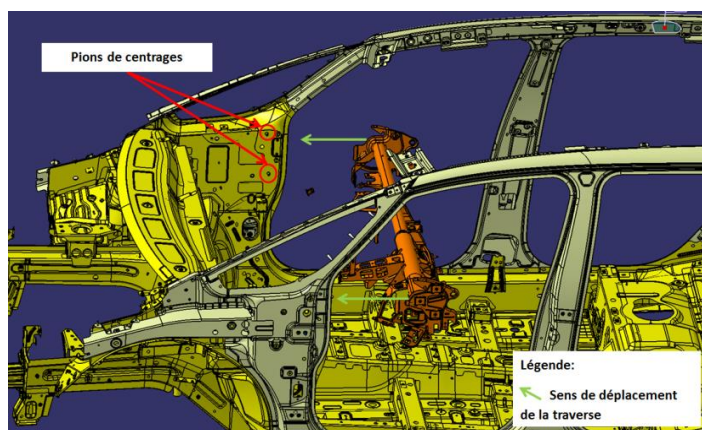


Figure 2

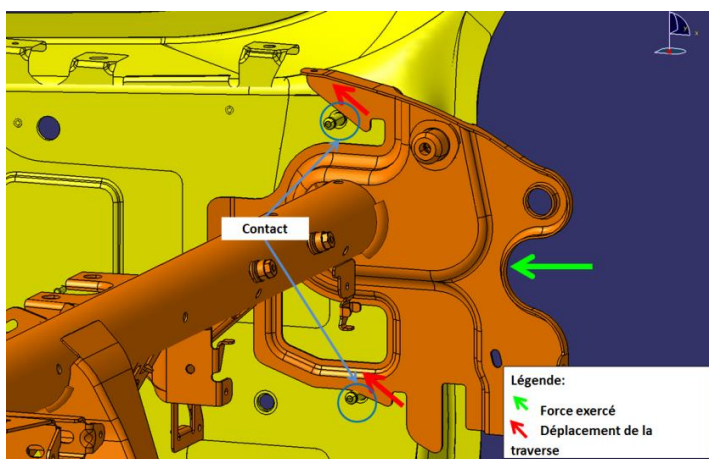


Figure 3

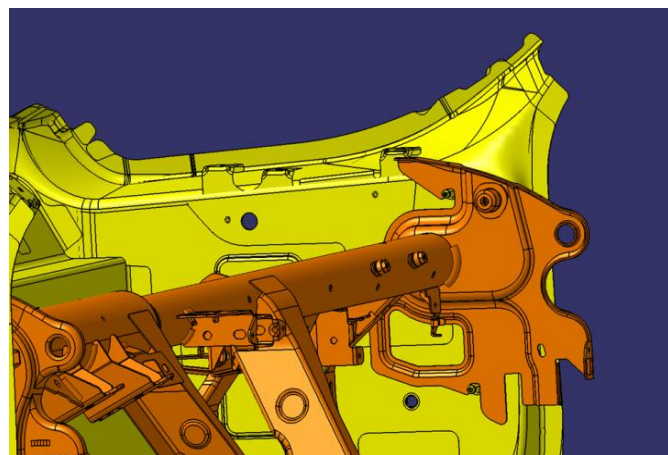


Figure 4

*Flasque : Plaque permettant la fixation de quelques composants du Poste de Conduite ainsi que le maintien de celui-ci.

A.1.2 - OBJECTIF DU PROJET

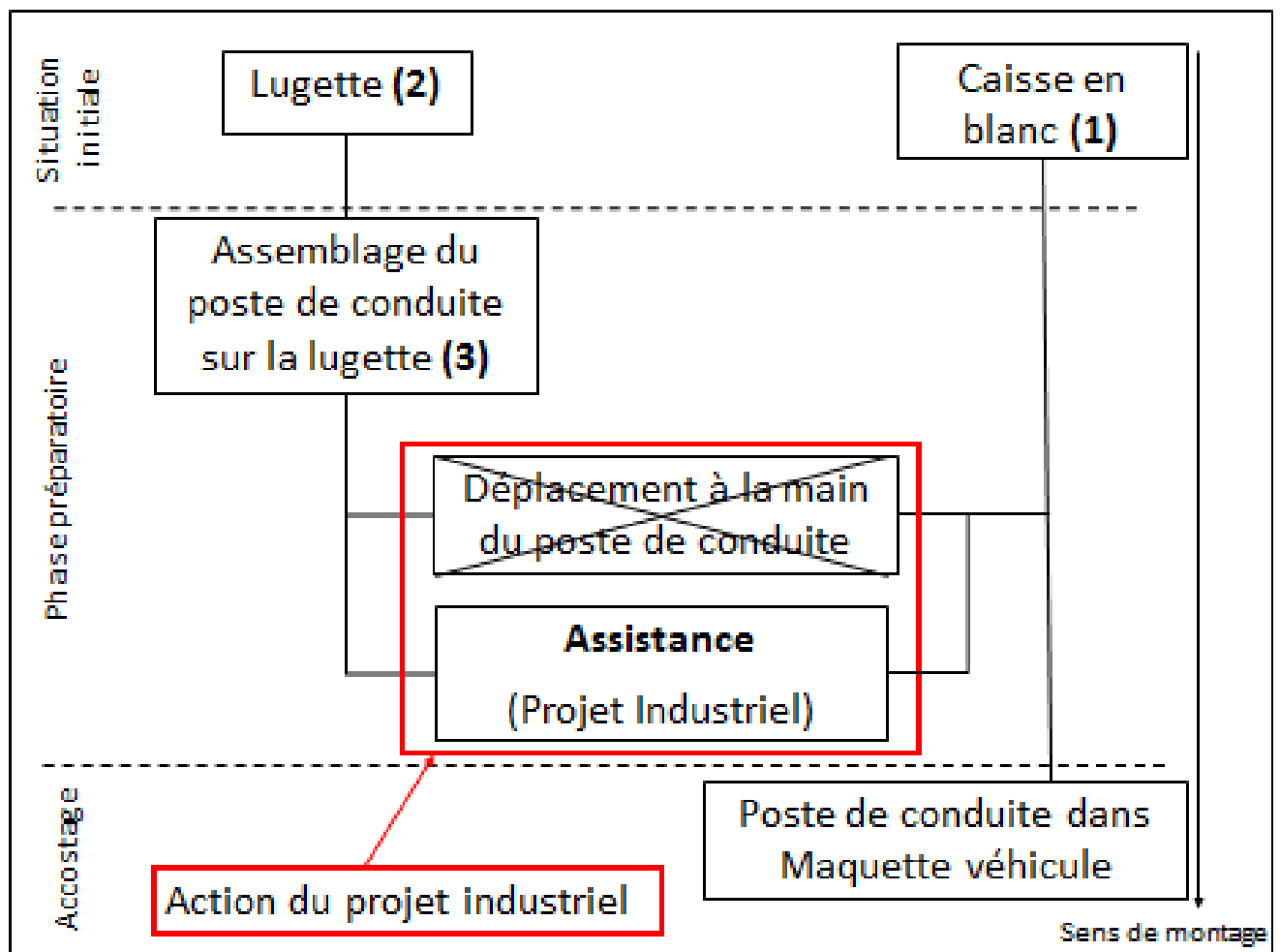
Pour remédier au problème d'ergonomie, de posture très inconfortable et de poids, l'ensemble de mon UET et moi-même avons convenu qu'il fallait que je trouve un moyen d'emmener et positionner un Poste de Conduite dans une maquette carrosserie sans risque de se blesser et également d'effectuer la manipulation sans trop d'effort physique.

De plus, il m'est demandé que l'assistance puisse représenter la cinématique d'accostage usine (cinématique qui n'existe pas lors de la manipulation manuelle).

Les véhicules Renault et Nissan diffèrent selon la taille et la gamme. Il n'y a donc aucune largeur (dimension Y des véhicules, voir annexe A) de Poste de Conduite similaire. Par ailleurs, il existe 3 types de traverses parmi les deux constructeurs : 2 traverses différentes pour Renault et 1 traverse pour Nissan. La position des axes de préhension n'est pas la même (repères différents). L'assistance devra pouvoir s'adapter à tous les modèles de traverses de la gamme Renault – Nissan.

Elle devra mobiliser 2 personnes au maximum lors de son utilisation.

But du projet



A.1.3 - PLANIFICATION

Afin d'encadrer au mieux mon projet, j'ai décidé créé mon planning à l'aide d'un Diagramme de Gantt.

PLANNIFICATION	2014															2015																						
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
Tâches																																						
Analyse des fonctions	■	■	■	■	■	■	■																															
Caractériser fonct. de service		■	■	■	■	■	■	■																														
Analyse de l'existant				■	■	■	■	■	■																													
1 ^{ère} revue de projet									■																													
Recherche des solutions						■	■	■	■	■	■	■	■																									
Schématiser les solutions								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Choix techniques										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Choix technologiques													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2 ^{ème} revue de projet																				■																		
Réaliser maquette «3D »																																						
Réaliser la maquette physique																																						
Valider les composants																																						
Evaluer les coûts																																						
3 ^{ème} revue de projet																																						
Dossiers techniques	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Dossier personnel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

La réalisation des pièces ayant pris du retard pour une raison de charge de travail du fraiseur, le montage de l'assistance a pris du retard et n'a toujours pas pu être effectué.

	Prévision
	Allongement du planning
	Revu de projet

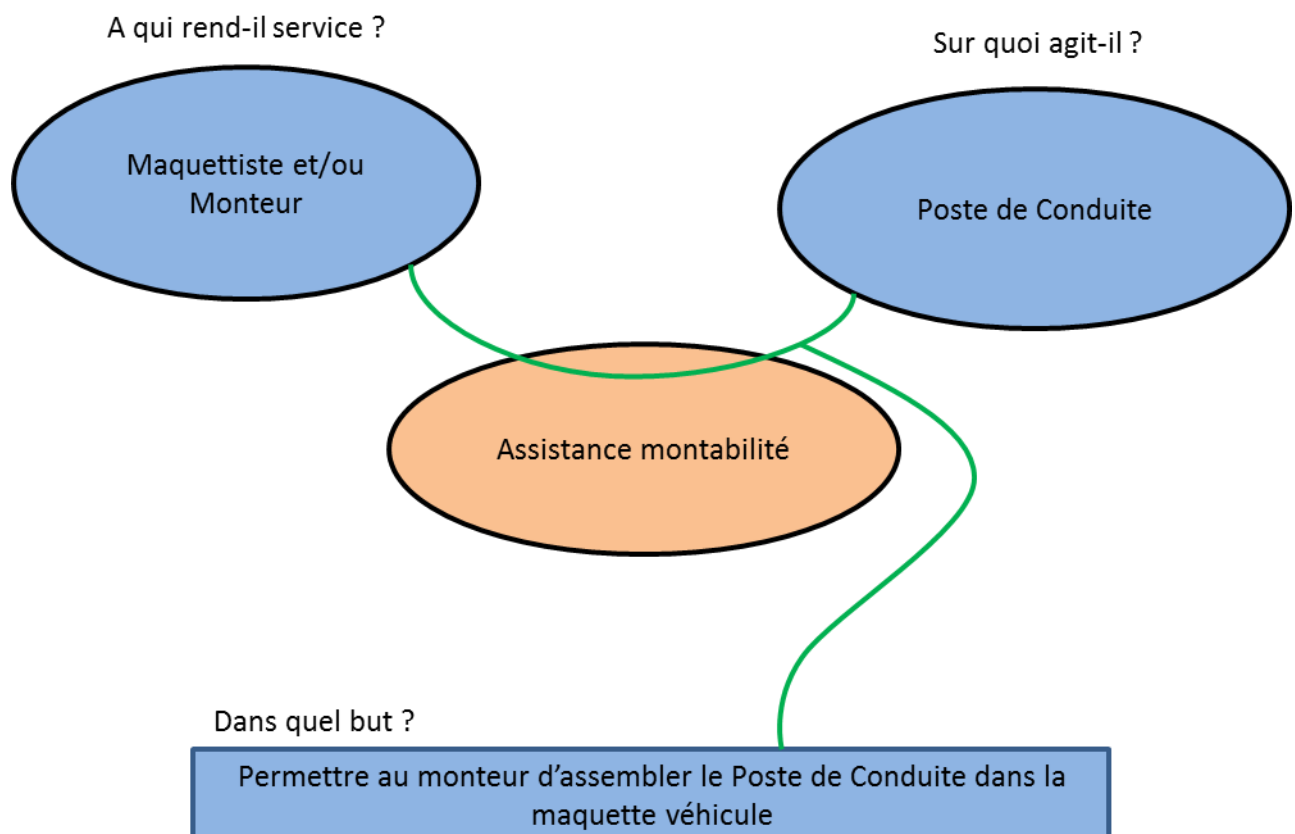
Etude du besoin

A.2 - Etude fonctionnelle

A.2.1 DEFINITION DU BESOIN

L'expression du besoin a été réalisé à l'aide de l'outil méthodologique APTE "Bête à Cornes".

Bête à Cornes



A.2.2 - VALIDATION DU BESOIN

Nous savons à ce stade que le besoin existe. Cependant, il nous faut à travers différentes questions, valider l'existence de ce besoin. Ces questions vont nous permettre de vérifier que le produit ne va pas être amené à disparaître suite à une évolution du besoin ou des technologies.

- Pourquoi le besoin existe-t-il?

L'insertion du Poste de Conduite dans la maquette se fait aujourd'hui à la main. L'ergonomie, la posture et le poids des Postes de Conduite sont les principaux obstacles.

De plus, la cinématique d'accostage doit être réalisée et n'existe pas dans notre UET aujourd'hui.

- Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer ou disparaître le besoin ?

1. Disparition des Postes de Conduite.
2. Modification des flasques des traverses.
3. Nouveau moyen de montage du Poste de Conduite.

- Quel est le risque de voir disparaître ou évoluer le besoin ?

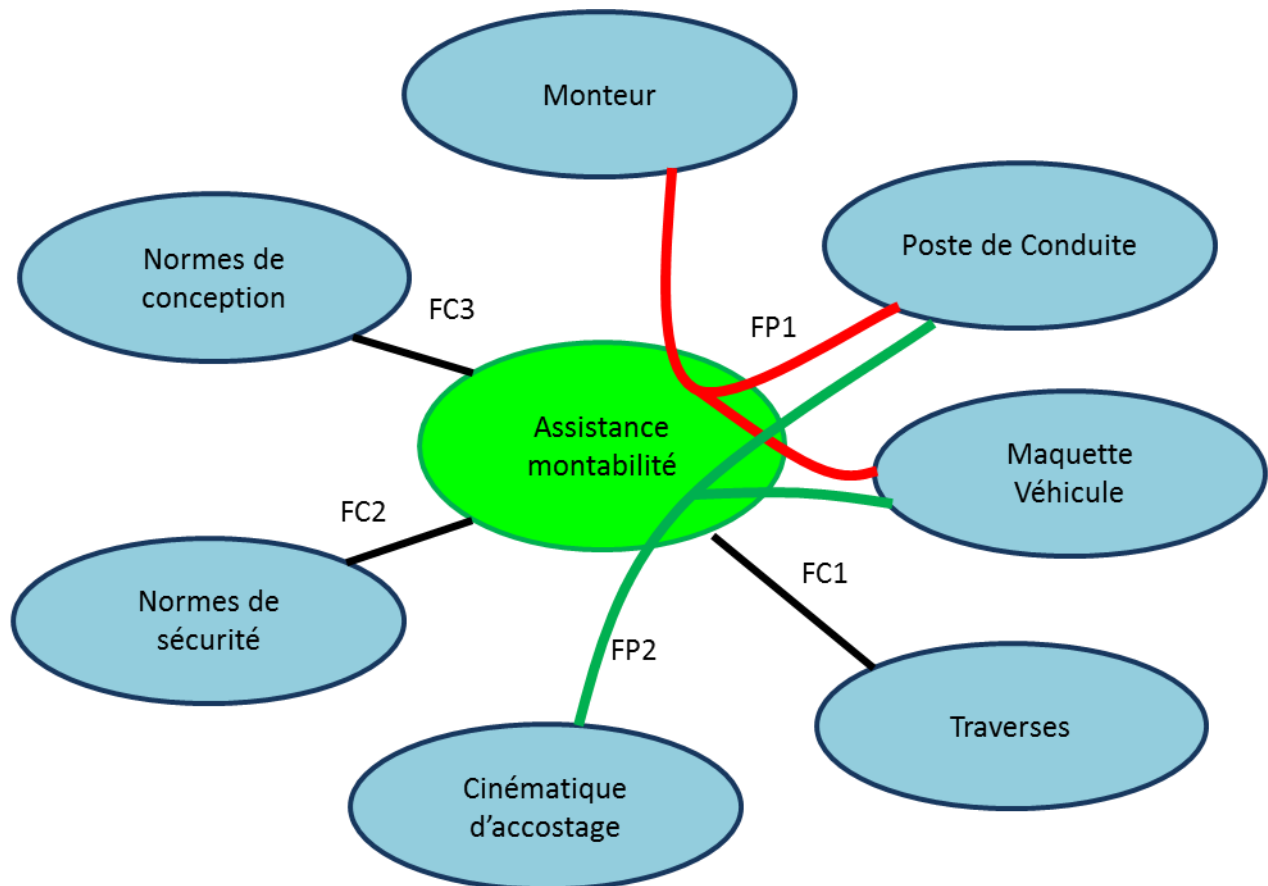
1. Disparition des Postes de Conduite impossible.
2. Modification des flasques des traverses non prévue.
3. Aucun nouveau moyen de montage du Poste de Conduite n'est possible.

Etude du besoin

A.3 Recherche des fonctions

A.3.1 - RECHERCHE DES FONCTIONS DE SERVICES

La recherche des fonctions a été réalisée à l'aide de l'outil méthodologique APTE "Diagramme Pieuvre"



Désignations	Libellé
FP1	Permettre au monteur d'assembler le Poste de Conduite dans la maquette véhicule
FP2	Respecter la cinématique d'accostage du Poste de conduite
FC1	Permettre à l'assistance de s'adapter à toutes les traverses (Renault-Nissan)
FC2	Respecter les normes de sécurité
FC3	Respecter les normes de conception 3D

A.3.2 - VALIDATIONS DES FONCTIONS

Fonctions	Dans quel but la fonction existe-t-elle ?	Qu'est ce qui pourrai le faire disparaître ?	Conclusion
FP1 : Permettre au monteur d'emmener le Poste de Conduite dans la maquette véhicule	Eviter de le faire manuellement	Aucun car cela reviendrait à revenir en arrière c'est-à-dire manuellement	La fonction est validée
FP2 : Respecter la cinématique d'accostage du Poste de conduite	Représenter la cinématique usine	Aucun car l'assistance ne serait plus représentative de la cinématique usine	La fonction est validée
FC1 : Permettre à l'assistance de s'adapter à toutes les traverses	Installer n'importe quel Poste de Conduite sur l'assistance permet de réduire le nombre d'assistance et ainsi gagner de la place	Accorder peu d'importance aux dépenses et avoir plus de place permettraient une éventuelle disparition de cette fonction	La fonction est validée
FC2 : Respecter les normes de sécurité Renault	Eviter toutes blessures	Si les normes disparaissent ou évoluent	La fonction est validée
FC3 : Respecter les normes de conception Renault	Créer une assistance conforme aux règles Qualité Renault	Si les normes disparaissent ou évolue	La fonction est validée

A.3.4 - HIERARCHISATION DES FONCTIONS

➤ Tableau tri-croisé

Niveau de comparaison: 0 : D'importance égale 1 : Légèrement supérieure
 2 : Moyennement supérieure 3 : Nettement supérieure

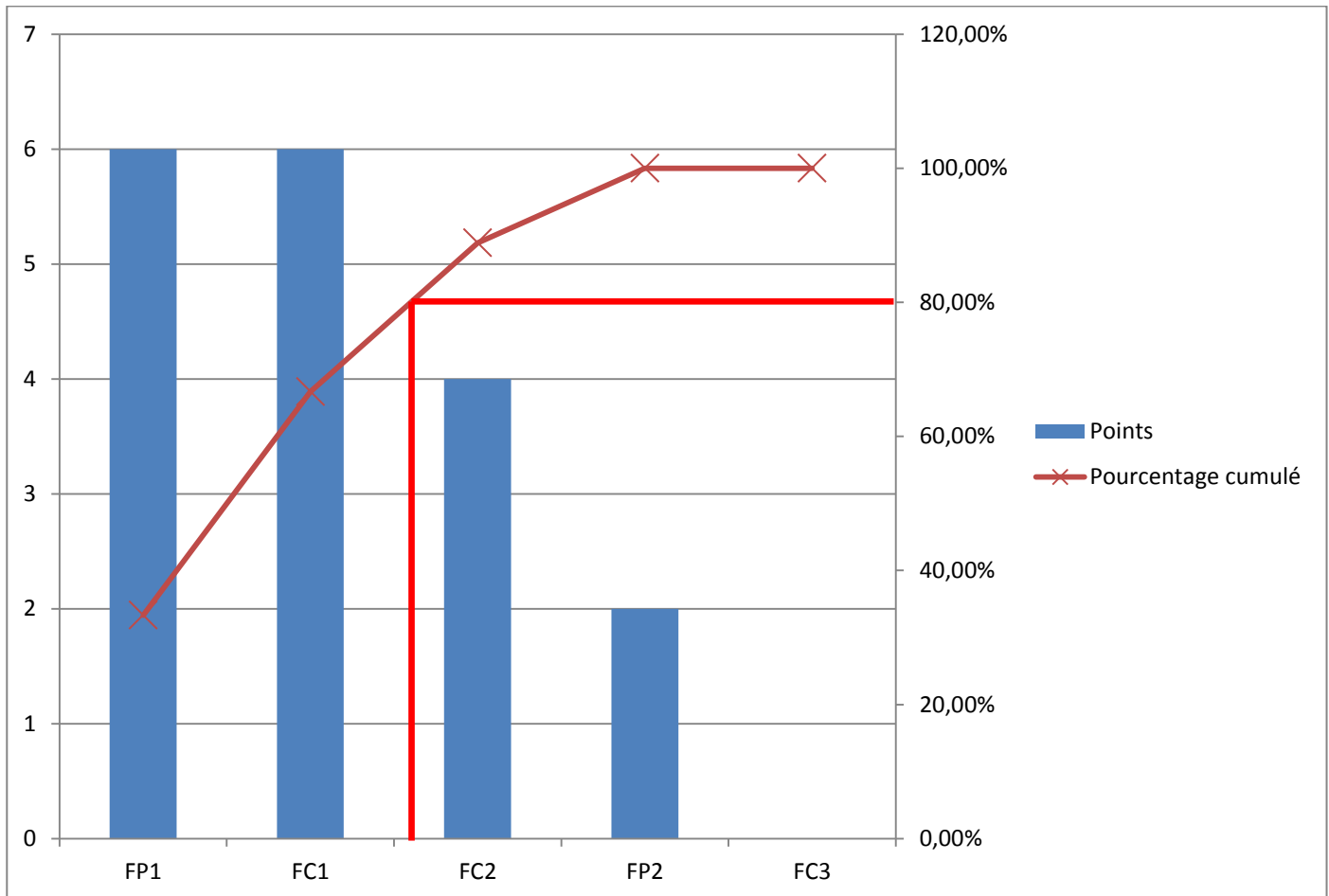
	FP2	FC1	FC2	FC3	Points	%
FP1	FP1 2	FP1 1	FC2 1	FP1 3	6	33.33%
	FP2	FC1 2	FC2 1	FP2 2	2	11.11%
		FC1	FC2 1	FC1 3	6	33.33%
			FC2	FC2 1	4	22.22%
				FC3	0	Δ0%
				TOTAL	18	100%

Le Δ signifie que la fonction à un pourcentage minime car une fonction ne peut être égale à 0.

➤ Tableau de hiérarchisation de fonctions

Fonction	Points	Classement	%	% Cumulé
FP1	6	1	33.33%	33.33%
FC1	6	1	33.33%	66.66%
FC2	4	3	22.22%	88.88%
FP2	2	4	11.11%	100%
FC3	0	5	Δ0%	100%

A.3.5 - DIAGRAMME DE PARETO



Conclusion :

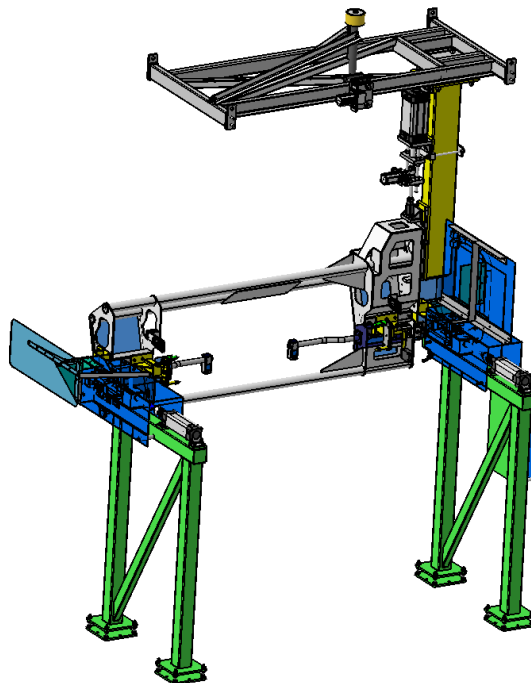
A partir de la courbe du cumulé grâce à la loi du 20/80, on peut dire que les fonctions FP1 et FC1 sont les plus importantes. On leur accordera donc d'avantage de temps pour l'étude. Ceci étant, on ne devra tout de même pas négliger les autres fonctions.

Analyse de l'existant

Dans la conception d'un produit, il peut être intéressant de faire l'analyse de la concurrence ou de l'existant. Mon projet étant interne à Renault, mais les informations très difficiles à se procurer, j'ai tout de même réussi à me procurer le dessin 3D de l'assistance de Flin et étant donné la rude concurrence entre les constructeurs, je n'ai pas eu accès aux solutions de la concurrence.

Il existe aujourd'hui plusieurs assistances de montage pour les postes de conduite avec pour seule différence les axes de maintien de la traverse qui diffèrent selon les véhicules. Toutes sont utilisées dans des usines de production et sont automatisées.

Voici un exemple de l'assistance de l'usine de Flin.



Avantage:

- Semi-automatisation de la mise en place du Poste de Conduite complet dans le véhicule.

Inconvénients :

- Coût relativement élevé.

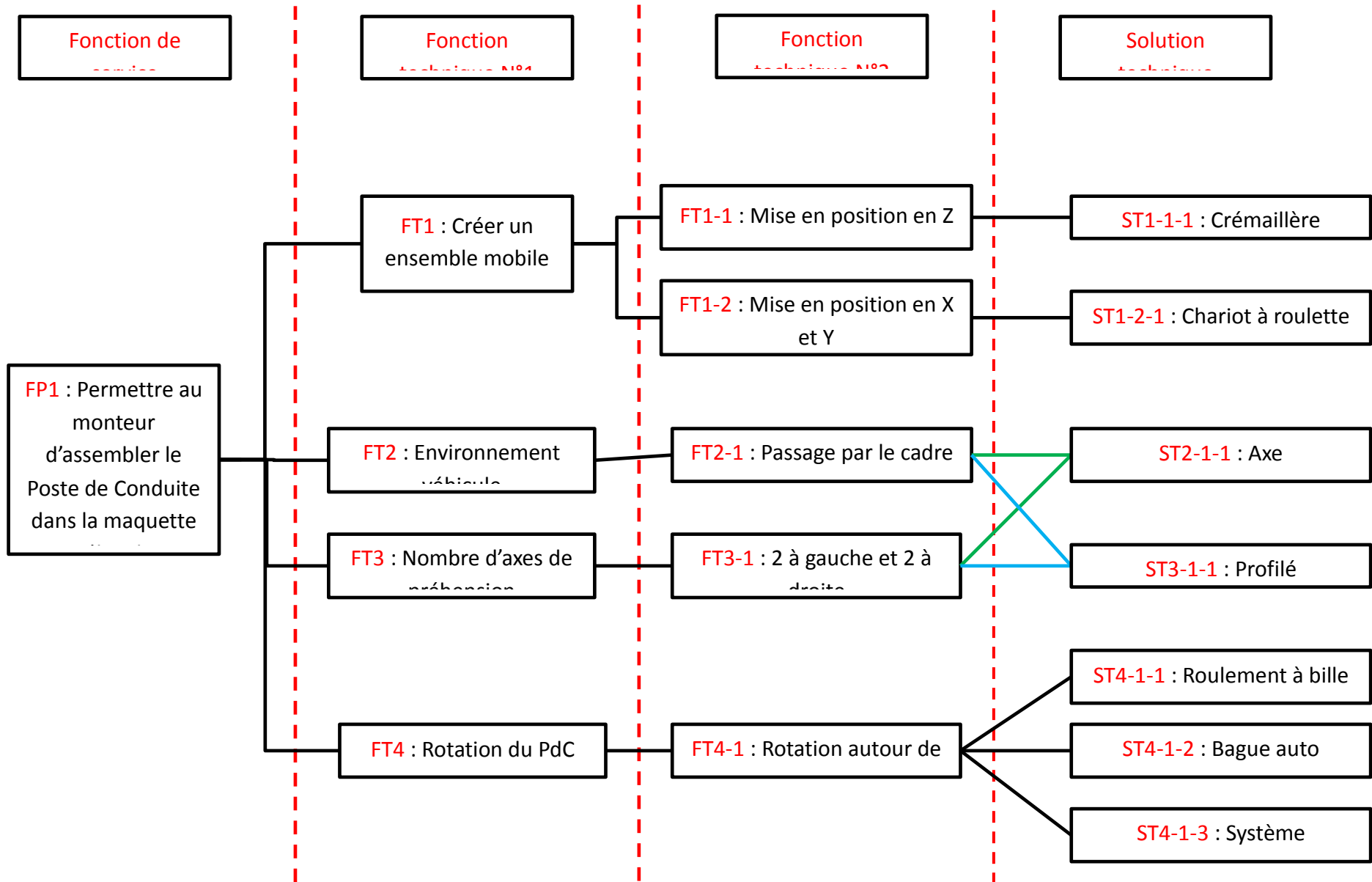
- Assistance non mobile. En usine cela n'est pas un inconvénient mais dans le cadre de mon projet et de l'utilisation de mon service ceci devient indispensable.

- Les assistances en usines ont une taille imposante ce qui pourrait vite devenir problématique dans mon atelier.

Etude conceptuelle

B.1 - Choix des solutions

B.1.1 - DIAGRAMME FAST (FUNCTION ANALYSIS SYSTEM TECHNIC)



Structure du système

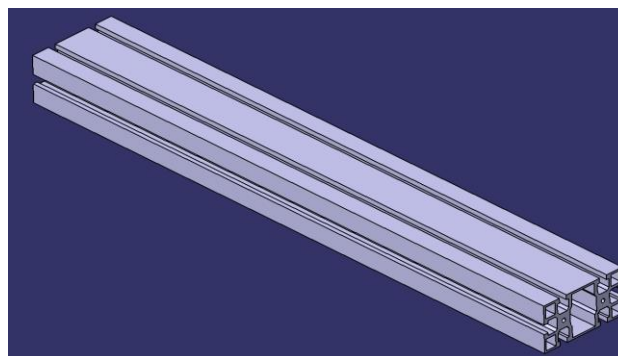
➤ Mobilité du système

Pour emmener le Poste de Conduite de la lugette, sur laquelle il repose, jusqu'à la maquette véhicule, mon système doit pouvoir se déplacer. De plus, les axes de centrage situés sur les véhicules ne sont pas à la même hauteur car tous les véhicules sont différents. Cela implique un réglage en Z. Nous disposons dans notre Service de balancelles de portes qui correspondent exactement aux critères. Il m'a été imposé d'en utiliser une.






➤ Comment lier les côtés gauche et droit ?

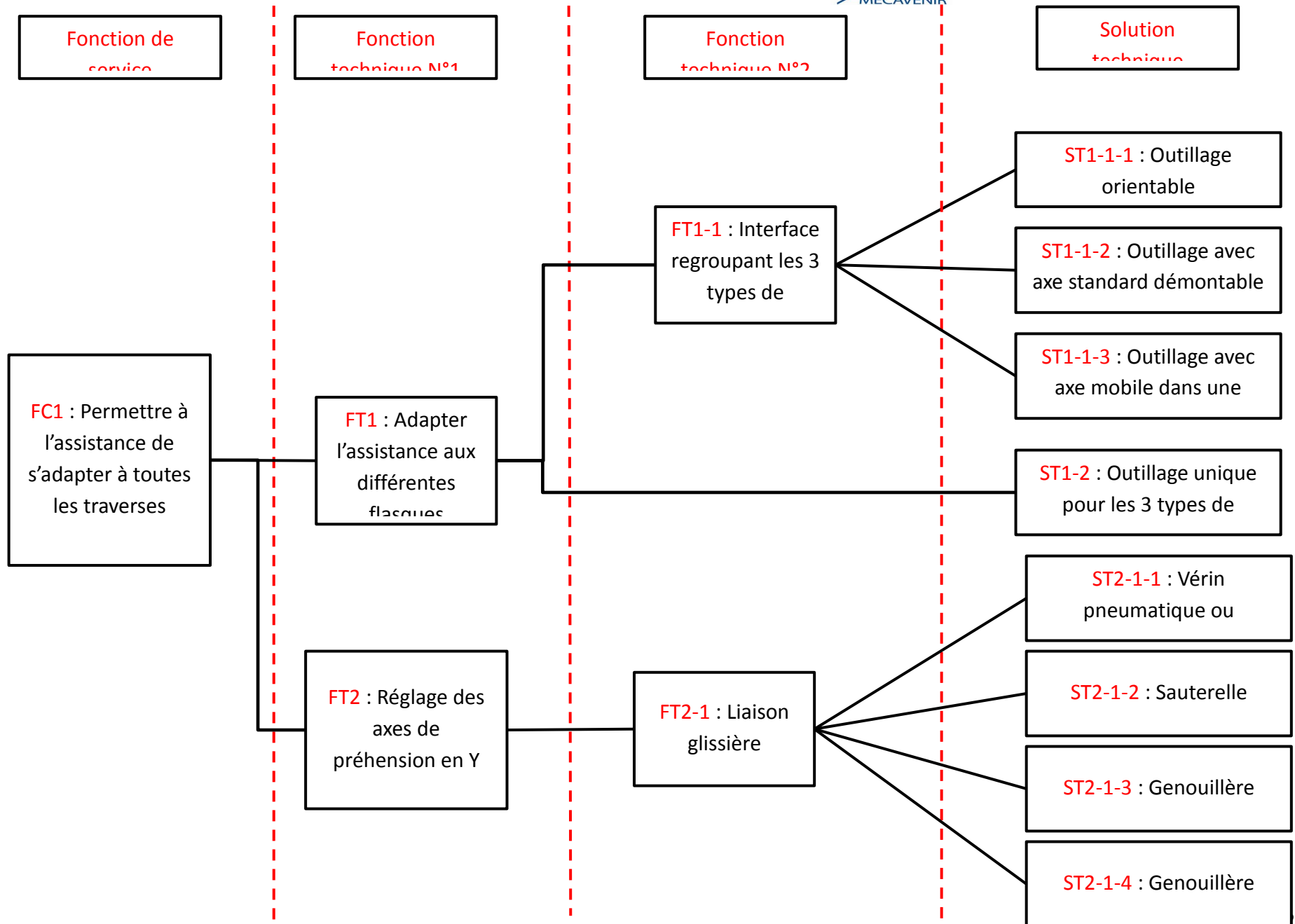
Le PdC doit obligatoirement passer par le cadre de porte comme en usine et les 4 axes de préhension doivent être utilisés. Le passage du PdC par l'entrée de porte ne me laisse que très peu d'espace pour envisager différentes solutions. La seule solution revient donc à utiliser un axe ou un profilé qui permettrait de relier le côté gauche et le côté droit du PdC et ainsi utiliser les 4 axes de préhensions. Il m'a été demandé d'utiliser le profilé Norcan car déjà en stock.



Profilé Norcan 45x90

➤ Rotation du PdC

Roulement à bille	Bague autolubrifiant	Système arbre/alésage
		
<p>Avantage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rotation à rendement élevé - Nombre de cycle élevé - Faible frottement - -Supression des jeux 	<p>Avantage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - S'auto-lubrifie - 	<p>Avantage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peu être peu cher -
<p>Inconvéniant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coût d'usinage de l'axe supplémentaire - Coût de roulement à bille - Nécessite d'être lubrifié 	<p>Inconvéniant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 	<p>Inconvéniant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frottement - Rendement raisonable - Nécessite d'être lubrifié

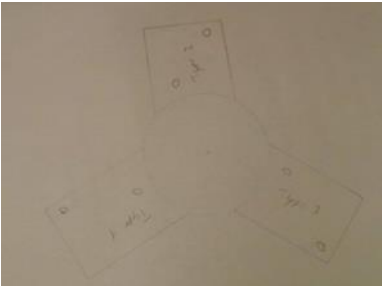




Adaptation aux différentes traverses

➤ Adaptation aux différentes flasques:

En raison des différentes positions des trous de préhension sur les flasques de traverse, il n'est pas possible de positionner tous les axes sur l'assistance car ceux qui ne sont pas utilisés seraient en interférence avec le Poste de Conduite.

• Recherche de solution :

Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Une interface avec un axe de rotation et 3 zones, chaque zone correspond à un type de flasque. Ensuite en fonction du type de flasque à utiliser on pivotera l'interface.	Une interface où un axe commun est utilisé et un autre axe est démontable (par vis) et positionnable selon 3 positions.	Une interface où un axe commun est utilisé et un autre axe mobile dans une lumière et bloqué par un serrage à l'aide d'une vis.	Une interface pour chaque type de flasque que l'on permutera en fonction de la traverse à utiliser.
			
Avantage : - 1 interface	Avantage : - Interface modulable - Faible encombrement	Avantage : - Changement de position rapide	Avantage : - Faible encombrement
Inconvénient : - Encombrement assez conséquent	Inconvénient : - Temps de vissage/dévisage de l'axe pour le changer de position	Inconvénient : - Couple de serrage élevé - Moins de précision	Inconvénient : - Obligation d'avoir 3 interfaces différentes. - Rangement nécessaire pour les 2 interfaces non utilisées

- Confrontation des solutions

Tableau de comparaison des solutions :

Pour comparer les solutions, j'utilise la méthode de BAYES qui, à l'aide de la notation suivante, va permettre de comparer et de mettre en évidence la solution la plus adaptée en fonction des critères suivants :

- Maintenir la traverse
- Praticité
- Encombrement

Enfin, je vais mettre en place une notation « n », comprise entre 1 et 3 représentant l'adaptabilité de chaque solution pour la tâche étudiée. Quant à la lettre « k », elle représente le coefficient de chaque critère compris entre 1 et 5.

		Solution 1		Solution 2		Solution 3		Solution 4	
Critère d'appréciation	K	N	Total	N	Total	N	Total	N	Total
Maintenir la traverse	5	3	15	3	15	2	10	3	15
Praticité	4	1	4	2	12	2	12	2	8
Encombrement	2	1	2	3	6	3	6	3	6
Total			21		29		24		29

2 solutions arrivent en tête avec 29 points chacun. La solution numéro 4 nécessite 3 interfaces et un risque de perdre l'une d'elles. La solution numéro 2 nécessite un temps de vissage/dévisage de l'axe pour le changer de position mais ne dérange pas car la fréquence d'utilisation de l'assistance pour des interfaces différentes sera faible. J'ai donc décidé de retenir la solution numéro 2.

Choix de la solution : **Interface avec axes démontables**

➤ Adaptation aux différentes tailles de traverse:

La taille de traverse diffère suivant le véhicule, il faut pouvoir régler la translation en Y.

- Recherche de solution :
 - Solution 1 :
Vérin pneumatique ou hydraulique.

Avantage :

-Liaison parfaite

Inconvénient :

-Prix élevé

-Encombrement compris avec le vérin (bombe d'air etc...)



- Solution 2 :
Mécanisme manuel. Une simple liaison glissière peut suffire.

Avantage :

-Faible prix

-Simplicité

Inconvénient :

-Opération manuelle

-Verrouillage à sécuriser ? (dépendra de la manière dont je vais la réaliser)

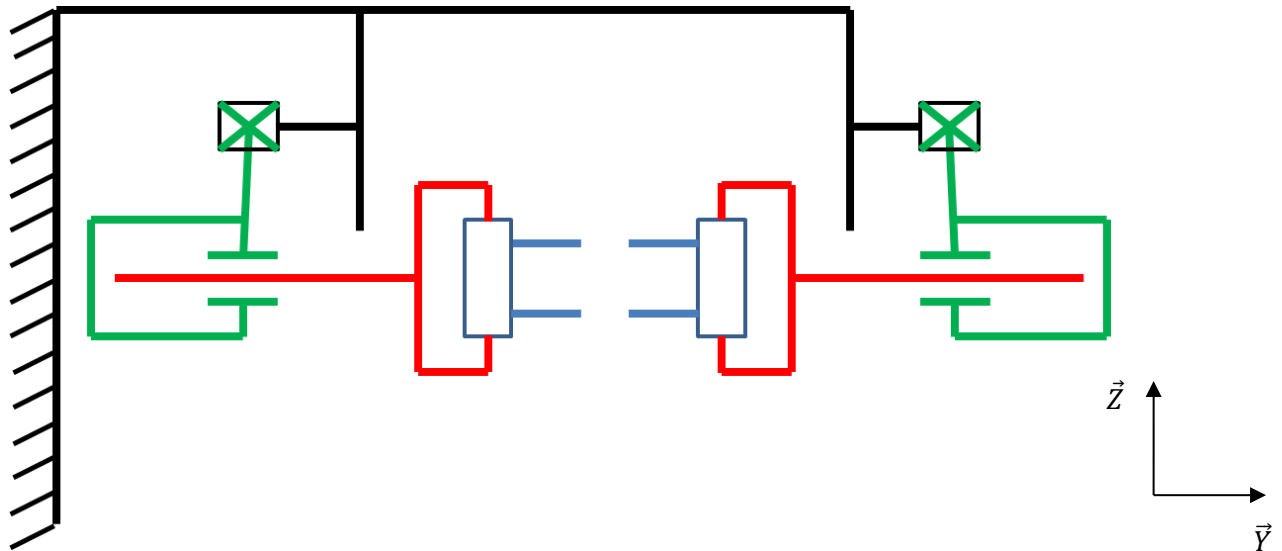
Choix de la solution : **Mécanisme manuel** car on m'a imposé d'utiliser ce que nous avons déjà.

B.1.2 - SCHEMA CINEMATIQUE DE LA SOLUTION RETENU

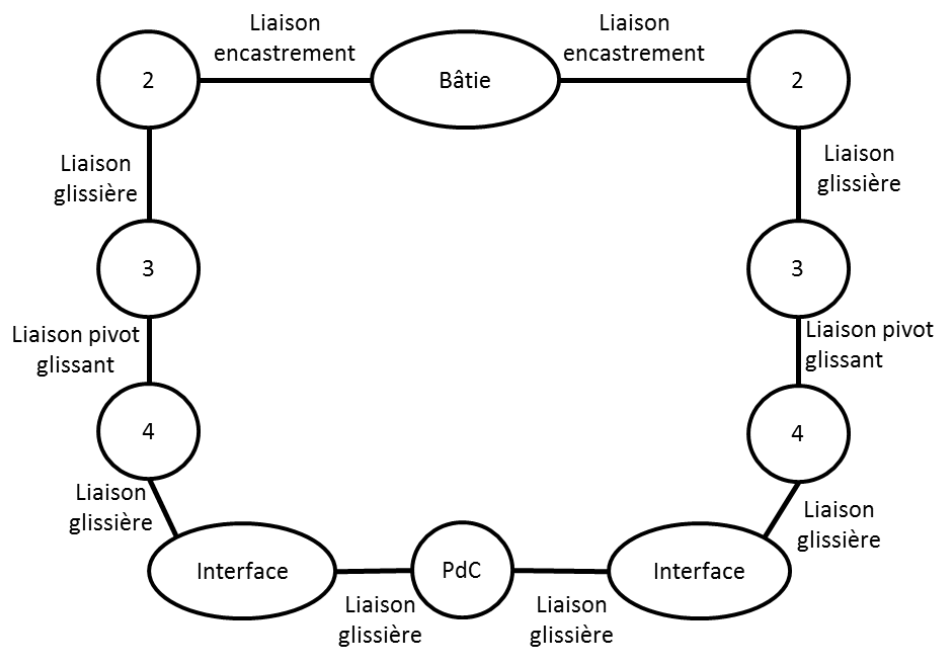
Sur le schéma, la balancelle n'a pas été représentée.

La liaison pivot correspondant à la rotation du PdC et la liaison glissière correspondant au réglage des axes de préhension formeront une liaison pivot glissant.

La cinématique d'accostage est représentée par 2 liaisons glissières.



Graphe des liaisons



Etude conceptuelle

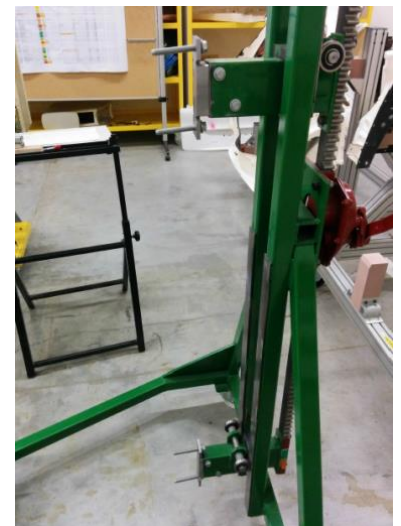
B.2 - Conception

B.2.1 - MODIFICATION DE LA BALANCELLE DE PORTE

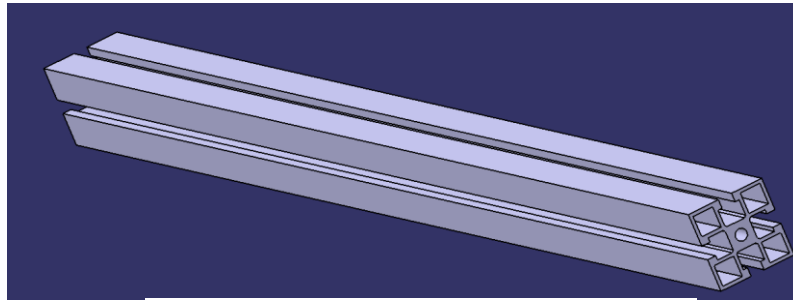
Avant de débiter la conception de mon système, j'ai tout d'abord commencé par modifier la balance de porte qui, comme son nom l'indique est adapté au maintien et à l'étude de portes. J'ai donc sectionné toute la partie servant au maintien des portes.



Il me fallait suite à la découpe, une surface sur laquelle mon système puisse prendre appui. J'ai repris la numérisation existante puis effectué des modifications. Le fraiseur a ensuite réalisé la pièce à l'aide du plan que je lui ai fourni.



Voici le composant que j'ai choisi comme surface d'appui. Il s'agit d'un profilé Norcan.



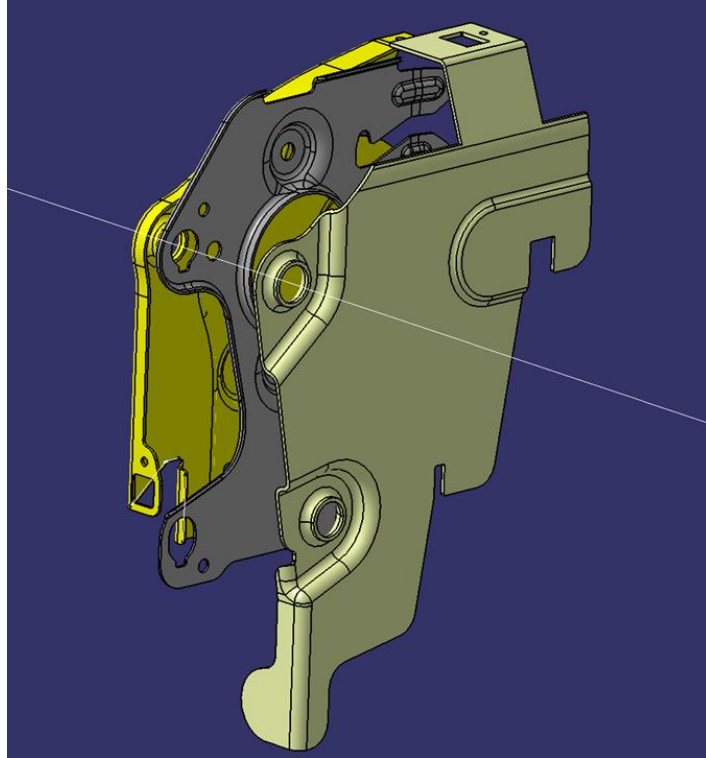
Profilé Norcan 45x45

Sur la photo ci-dessous, on peut voir l'assemblage des 2 éléments (balancelle modifiée + surface d'appui).

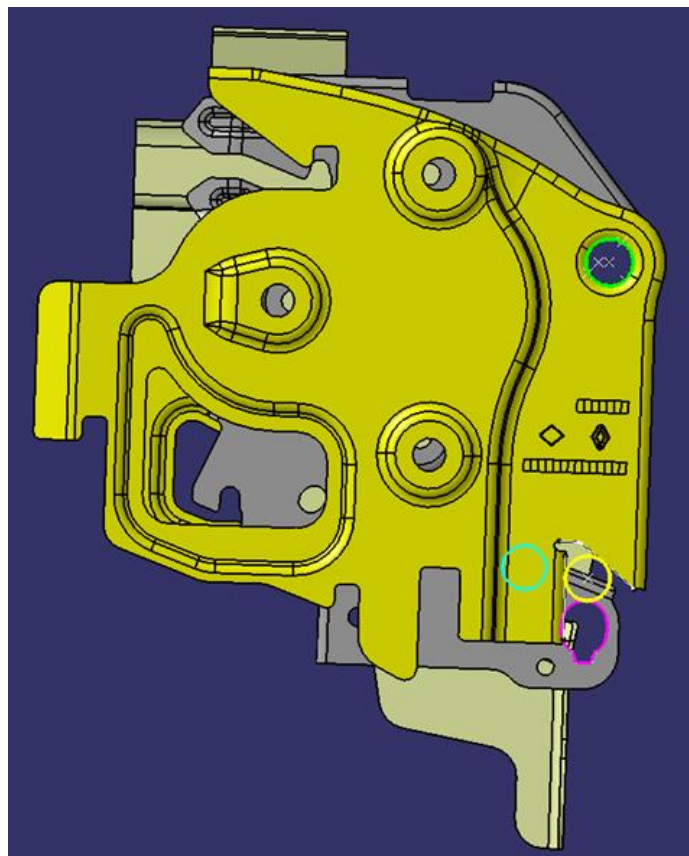


B.2.2 - CREATION DE L'INTERFACE

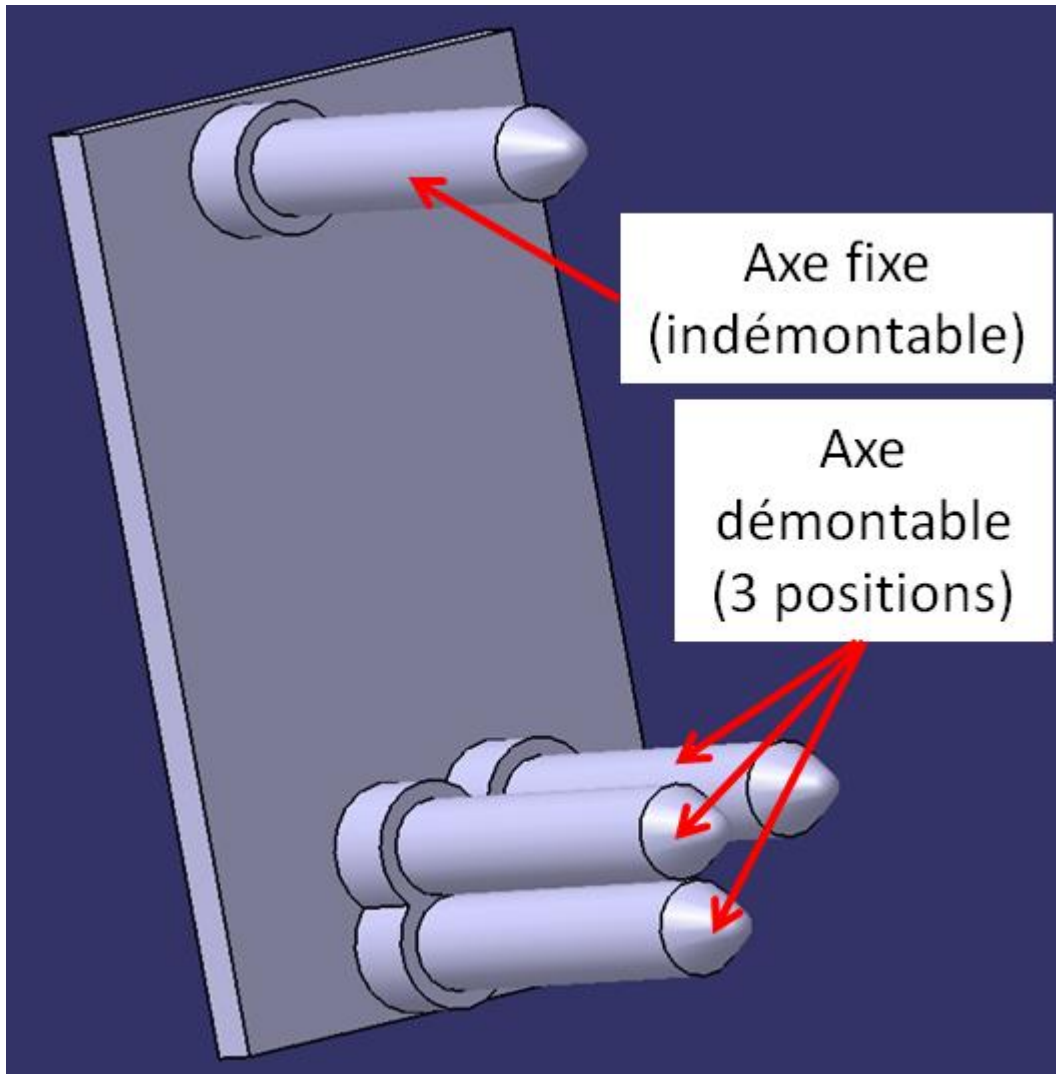
Afin que les traverses puissent être toutes maintenues par les axes de préhension de l'assistance, il a fallu que je trouve un axe commun parmi les 6 qui me servira d'axe de référence pour ensuite positionner les 3 autres. J'ai choisi l'axe supérieur des 3 types de traverses comme référence.



Je les ai ensuite superposés, ce qui m'a permis de connaître la position des 2^{èmes} axes de préhension en jaune, bleu et rose (voir ci-dessous les flasques).



Grâce à ces positions, j'ai pu créer tous les axes sur une même interface. L'axe de référence sera non-démontable et l'autre axe sera fixé à l'aide d'une vis dans la position (sur les 3 possibles) qui correspond à la traverse étudiée.



B.2.3 - CREATION DE LA LIAISON GLISSIERE DE L'INTERFACE ($L_{interface/4}$)

Cette liaison correspond à la translation en Z de la cinématique d'accostage.

Etude de la liaison :

Pour effectuer une liaison glissière, il y a 2 possibilités : le guidage par glissement et le guidage par roulement.

- Le guidage par roulement consiste à remplacer le déplacement par glissement par un déplacement par roulement. Il suffit d'intercaler entre le coulisseau (pièce mobile) et la glissière (pièce prise comme référence fixe) des éléments roulants (billes). C'est le principe de la liaison glissière avec le meilleur rendement. En revanche, ce principe coûte relativement cher et est adapté pour des vitesses de déplacement de 3 à 5 m/s. On utilise ceci dans la mécanique de précision (automatisation, dispositif de contrôle et de mesure...).

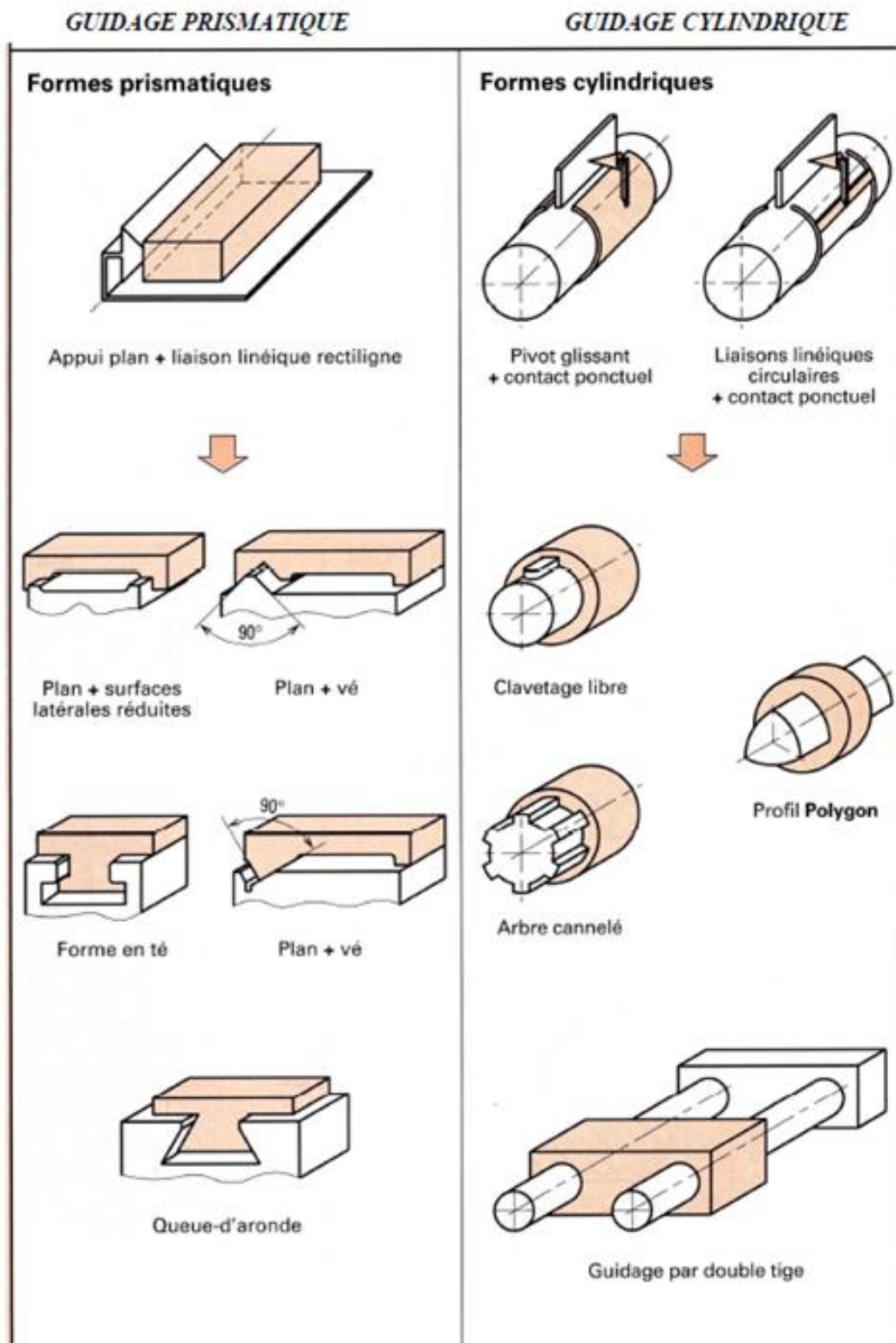
Le guidage par roulement n'est donc pas adapté à ce que je recherche et m'aurait sûrement été refusé par le service pour cause de coût trop élevé.

- En revanche, le guidage par glissement convient pour des vitesses de déplacement faibles ou modérées et avec un coût de réalisation moins onéreuse. Plus intéressant donc dans le cadre de mon projet.

Avec ce type de guidage il y a forcément un frottement entre la glissière et le coulisseau. Cela entraîne une perte d'énergie, une augmentation de la température et donc une usure. Ceci étant, la mise en position d'un PdC dans une maquette véhicule ne se fait pas tous les jours. Par conséquent, ces facteurs ne sont pas importants.

En ce qui concerne le frottement f , il dépend de la nature des matériaux et de l'état de surface dont l'étude se fera après. De plus, pour diminuer f , il est utile d'utiliser un lubrifiant.

Il existe 2 types de guidage par glissement. Le guidage prismatique et le guidage cylindrique dont voici un tableau des différentes possibilités.



Je vais maintenant étudier ces 2 solutions.

Avant de commencer, il est important de savoir que l'on m'a demandé de privilégier fortement la réalisation de pièces en interne du service. Tout ce qui n'est pas réalisable au sein de mon service sera fait par d'autres secteurs ou par des entreprises extérieures spécialisées entraînant des coûts supplémentaires. Seule une nécessité de conception n'ayant pas la possibilité d'être réalisée en interne du service sera envisageable.

➤ Le guidage cylindrique

Le clavetage libre, profil Polygon et arbre cannelé ne sont pas forcément intéressants et nécessitent des outils spécifiques dont le fraiseur du service ne dispose pas. De plus, l'arbre cannelé est complexe à concevoir sur le logiciel 3D et complexe à réaliser sur une fraiseuse. Seul le **guidage par double tige** pourrait être intéressant.

➤ Le guidage prismatique

Les guidages plan + [vé] ainsi que plan + surfaces latérales réduites ne sont pas adaptables dans mon système car non fixes.

La forme en [té] ainsi que la Queue-d'aronde sont 2 options très intéressantes. La Queue-d'aronde présente légèrement moins de frottement possible mais le fraiseur ne possédait malheureusement pas l'outil nécessaire.

La **forme en [té]** est donc possible.

J'ai donc 2 possibilités pour réaliser ma liaison glissières :

-Guidage par double tige

-Forme en [té]

Le risque du guidage par double tige serait de ne pas avoir les 2 tiges dans le même axe. La liaison serait alors compromise.

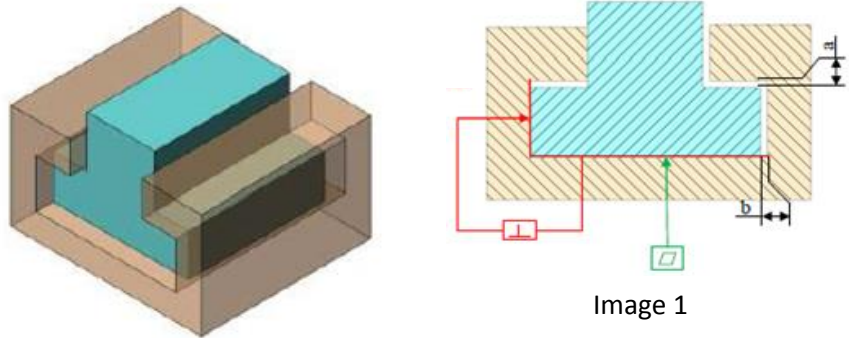
La forme en té réalisera donc ma liaison glissière.

Réalisation de la Liaison :

Il faut savoir que pour réaliser le maintien en position, il faut assurer des surfaces complémentaires entre lesquelles doivent exister des jeux fonctionnels.

La réalisation du guidage dépendra de conditions fonctionnelles :

- dimensionnelles : jeu a et b
- de forme : planéité \square
- de position : perpendicularité \perp



Pour avoir une liaison glissière, il me faut donc un ajustement avec jeu. Ma conception devra donc être pensée à la précision de mes cotations pour ne pas avoir un ajustement incertain ou avec serrage.

J'ai donc repris la plaque avec les axes de préhension puis j'y ai ajouté 2 formes en [té] permettant ainsi d'avoir une liaison plus contrôlée car il faut savoir que la forme en [té] entraîne une imprécision angulaire à cause des jeux.

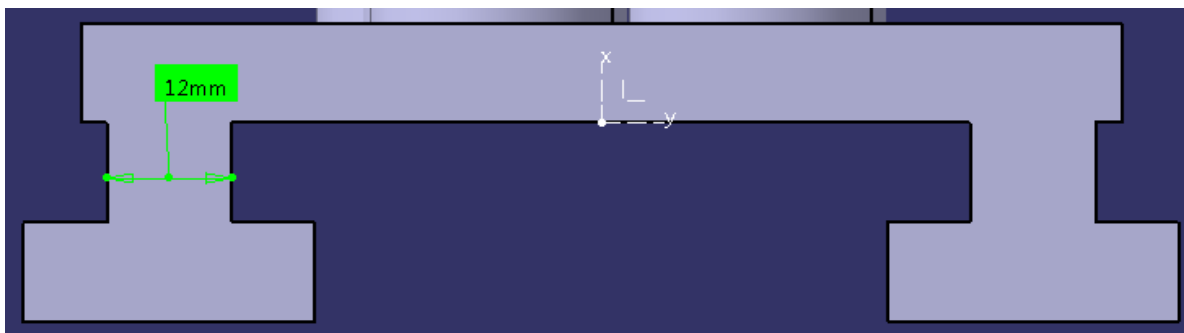


Image 2

J'ai choisi la plaque avec les axes de préhension pour la partie coulisseau et l'autre pièce pour la partie glissière. Les jeux a et le jeu b auront la même référence (image 1).

D'après le tableau (voir annexe B), pour avoir un guidage précis pour mouvement de faible amplitude, je dois prendre la référence $g5/H6$ ou $g6/H7$. La différence de précision entre les 2 étant assez similaire, le choix n'est pas important. J'ai donc choisie $g6/H7$. Ensuite, comme on peut le voir sur l'image 2, j'ai pris une cote de 12mm ce qui m'amène au résultat suivant : $g6 = -6/ -17$ et $H7 = +18/ 0$

	$g6$	$H7$
Cote nominale	12	12
Ecart supérieur	-0.006	+0.018
Ecart inférieur	-0.017	0
Cote maxi	11.994	12.018
Cote mini	11.983	12
IT	0.011	0.018

Jeu max = 12.018-11.983

Jeu max = 0.035mm

Jeu min = 12-11.994

Jeu min = 0.006mm

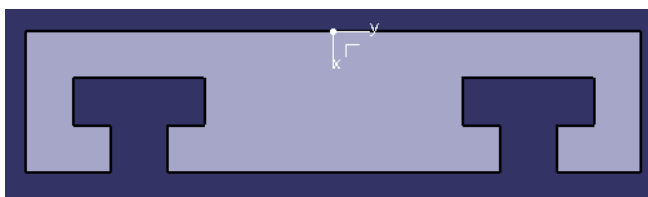
IT = 0.011+0.018

IT = 0.029mm

Conclusion : Avec de telles valeurs, mon guidage en translation est suffisamment précis pour répondre à ce que je recherche. Malheureusement le fraiseur m'a informé ne pas avoir les outils adaptés pour ces valeurs ; la machine qu'il utilise était précise à environ 0.05mm. Mon assistance étant un prototype, la cote de 12mm sera gardée pour l'arbre et l'alésage puis affiné au fur et à mesure pour avoir la liaison. En plus de cela, du lubrifiant sera ajouté pour un frottement plus faible.

Création du coulisseau :

La partie coulisseau doit avoir les mêmes cotes que la partie glissière car le jeu est effectué avec les tolérances.

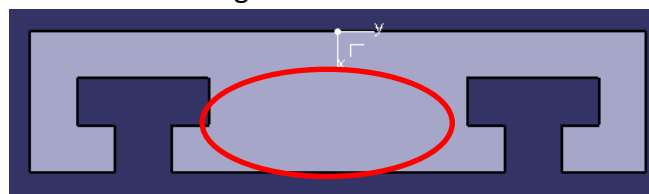


Coulisseau



Glissière

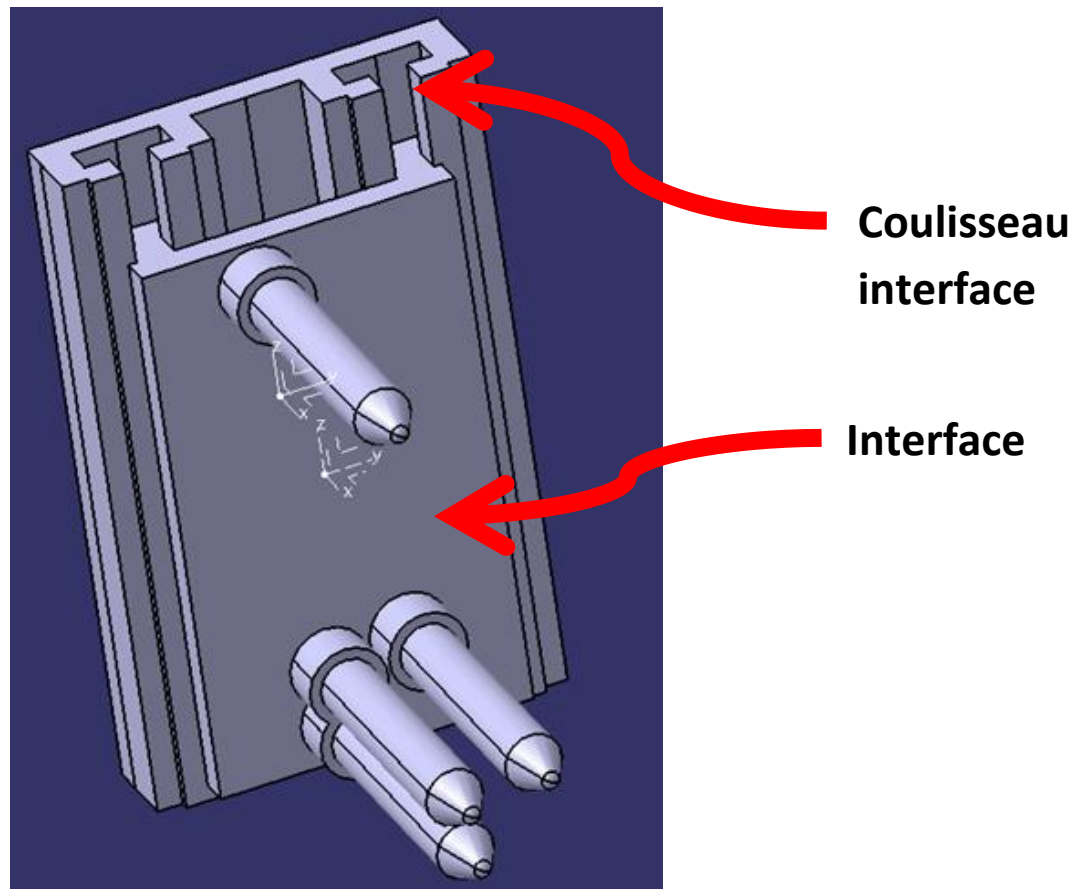
Je me suis rendu compte que la partie entourée en rouge était non seulement de la matière inutile mais engendrait également un frottement avec la glissière.



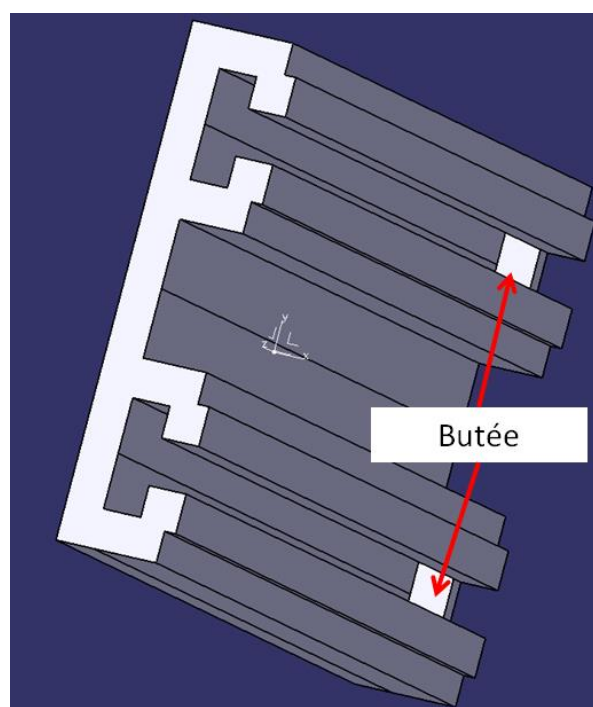
De la matière a donc été enlevée afin d'alléger la pièce et avoir une surface de frottement plus restreinte.



Voici la liaison réalisée :



Avec la gravité l'interface tombera si aucune butée n'est créée. J'ai donc modifié le coulisseau interface.



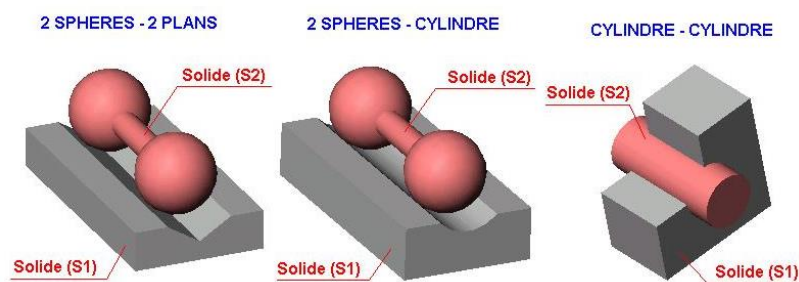
B.2.4 - CREATION DE LA LIAISON PIVOT GLISSANT ($L_{4/3}$)

Le système doit pouvoir s'adapter à toutes les tailles de traverses. Les axes de préhension doivent donc pouvoir translater en Y pour effectuer ce mouvement. En fonction des volumes des Postes de Conduite et de la géométrie des entrées de porte, il est parfois nécessaire de devoir pivoter le PdC pour le faire passer par l'entrée de porte. Il faut donc utiliser un pivot glissant.

Etude de la liaison :

Une liaison pivot glissant apparaît entre deux solides (S1) et (S2) si, au cours de leurs déplacements relatifs possibles, ils peuvent glisser et tourner selon une même droite commune.




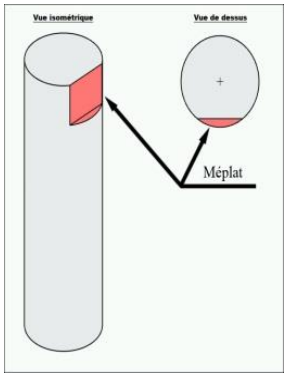
On peut donc rencontrer une liaison pivot glissant dans quelques mises en contact de deux solides : Les figures ci-dessous montrent des situations envisageables :



Comme je l'ai expliqué précédemment, le PdC doit pouvoir pivoter sur lui-même mais il faut pouvoir le bloquer à un angle précis.

Quels moyens existent-t-il pour bloquer une rotation ?

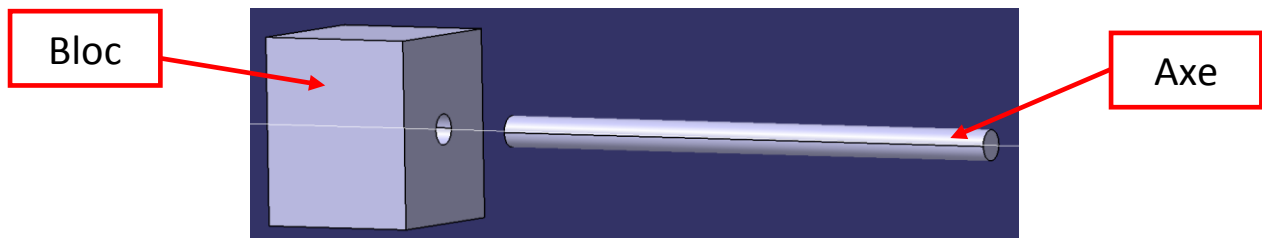
Il existe une multitude de solutions :

Par denture avec un axe de serrage	Par goupille	Par denture avec axe de blocage	Méplat (voir annexe C)
Complexe à mettre en œuvre et non réalisable par le service	Simple et réalisable	Réalisable mais complexe à mettre en œuvre	Très simple et Réalisable
			

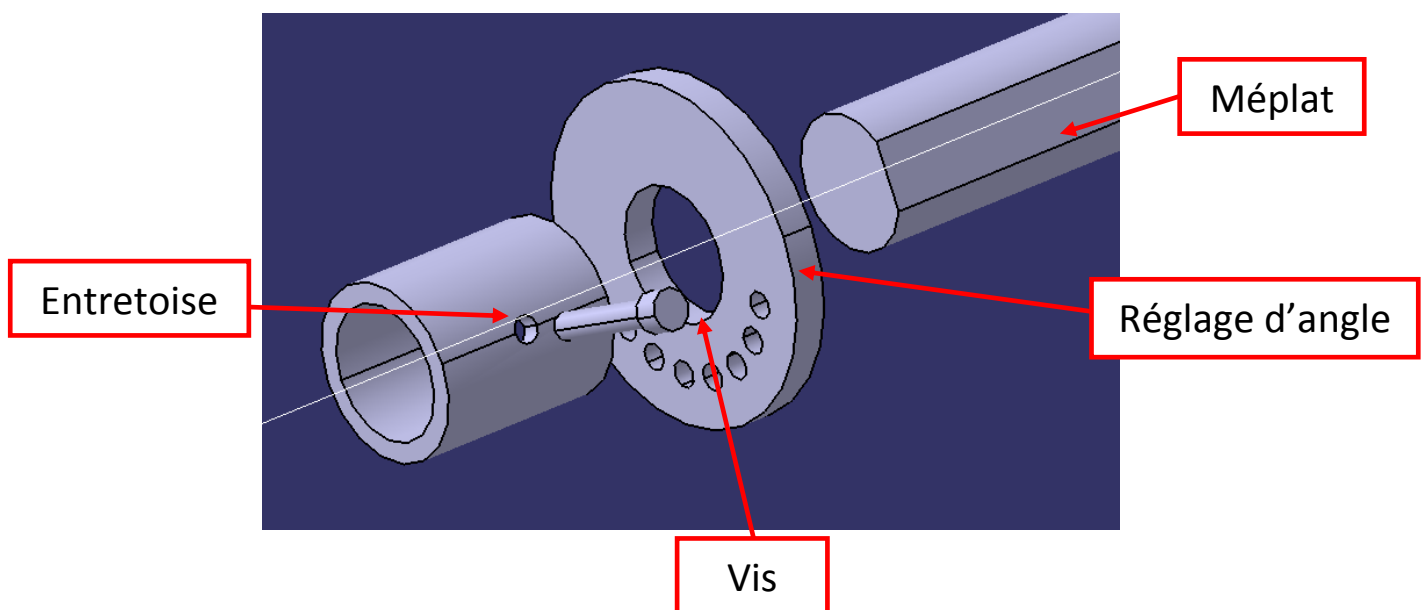
Parmi toutes ces possibilités le système **par goupille** reste la **meilleure solution**. Le méplat sera également utilisé par la suite.

Réalisation de la liaison :

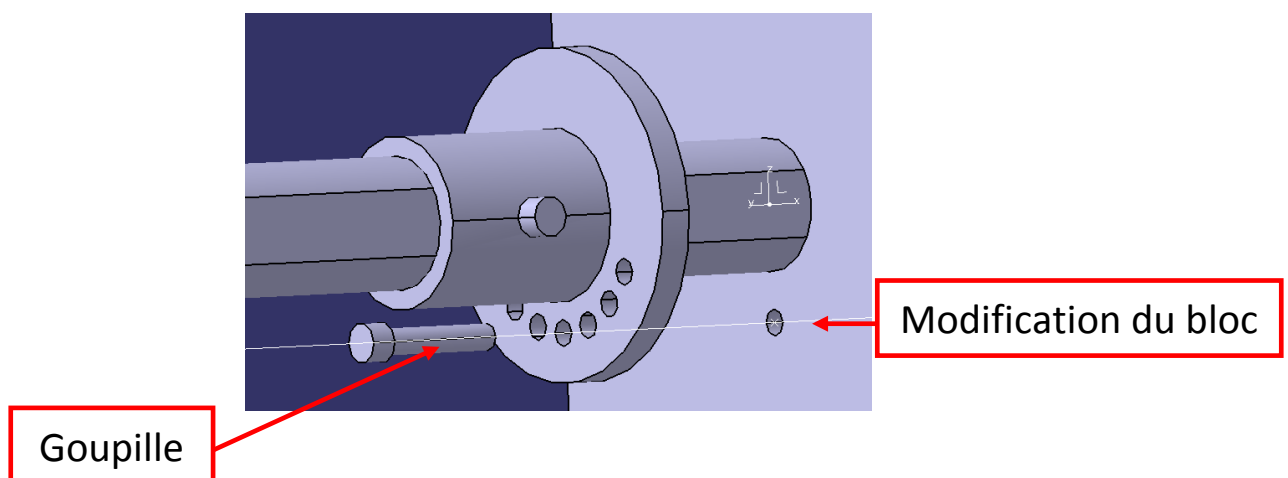
La liaison se fera par un cylindre dans un cylindre.



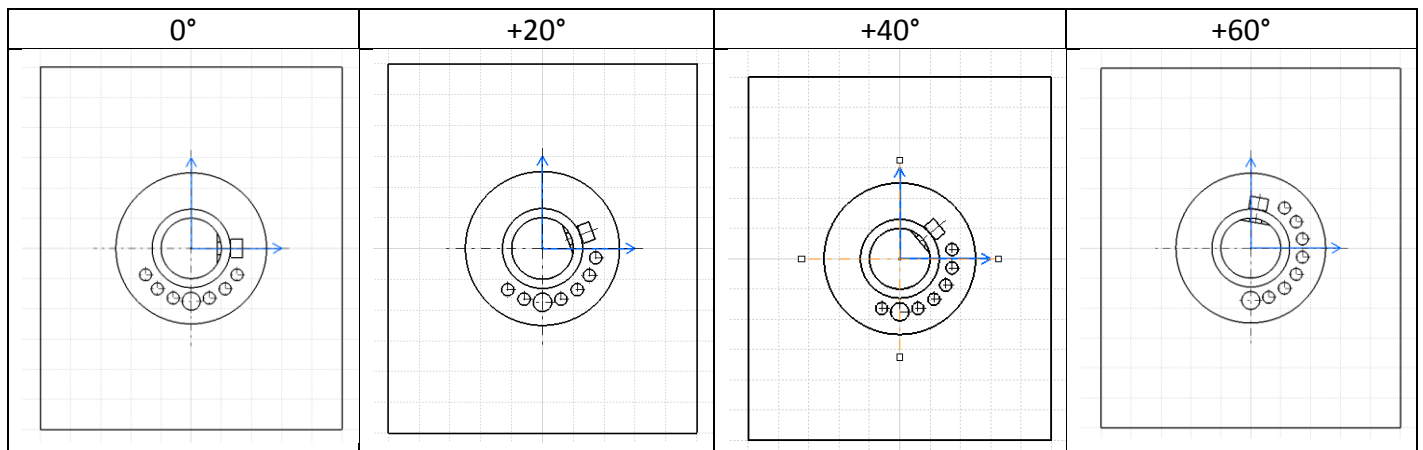
Puis j'y ai ajouté le système par goupille. L'entretoise et la plaque de réglage d'angle seront soudées ensemble et viendront coulisser autour de l'axe. Grâce au méplat, la vis permettra de bloquer la translation et la rotation autour de cet axe.



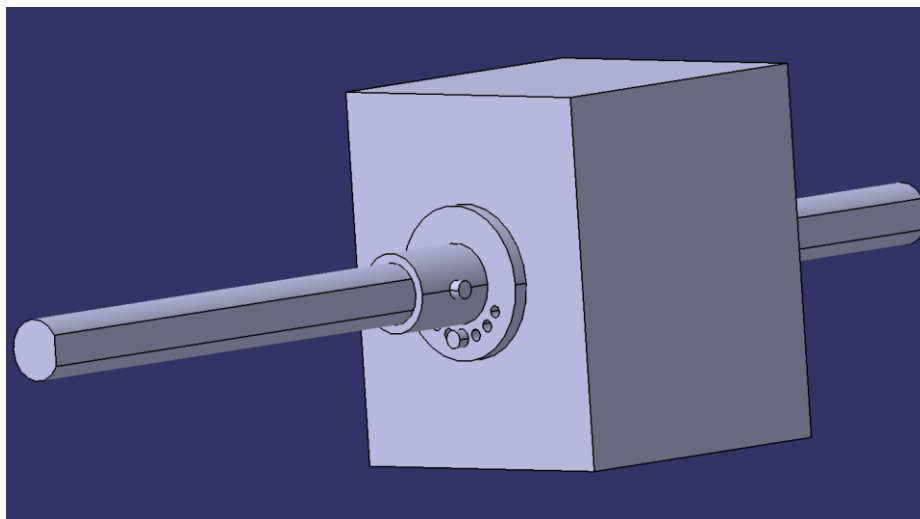
Ensuite, une goupille servira à bloquer l'inclinaison de l'ensemble des pièces en venant se loger dans le bloc.



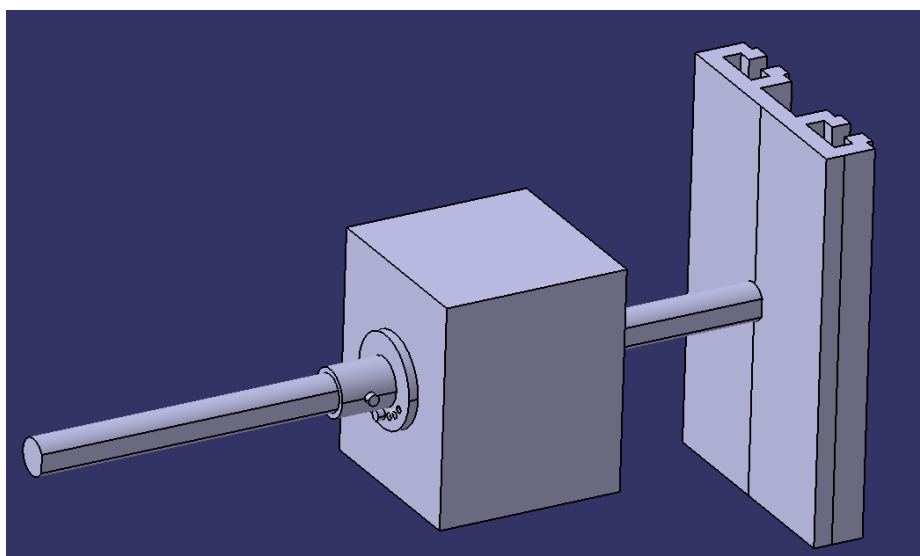
La plaque de réglage d'angle peut avoir 7 positions. Une position initiale et 6 positions pivotées.



Voici le résultat de la liaison pivot glissant.



J'ai ensuite fixé l'axe avec le coulisseau interface par vis.



Le ΔY correspond à la différence de largeur des PdC. Le plus petit étant celui de la Twingo et le plus grand celui du Scénic, mon axe devra se déplacer de ΔY .

On a donc :

$$\Delta Y = 1500 - 1200$$

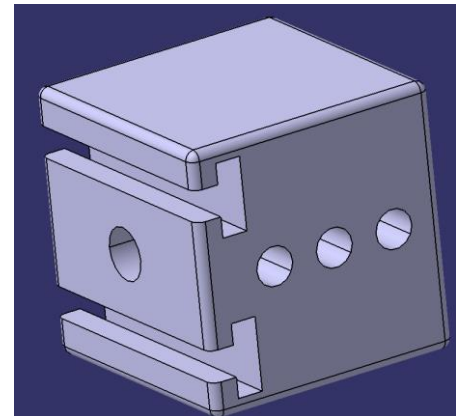
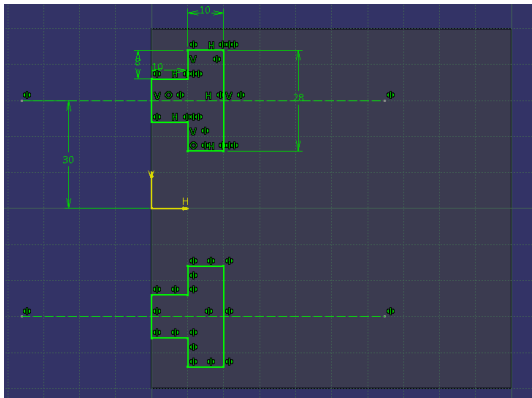
$$\Delta Y = 300\text{mm}$$

Chaque axe devra effectuer $\Delta Y/2$ soit 150mm car nous aurons un axe mobile de chaque côté.

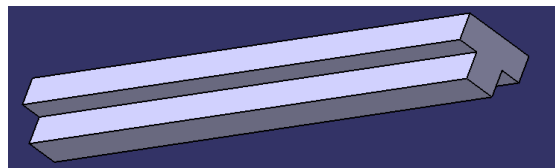
B.2.5 - CREATION DE LA LIAISON GLISSIERE DU BLOC ($L_{3/2}$)

D'après mon schéma cinématique, j'ai une deuxième liaison glissière. C'est cette liaison glissière qui respectera la translation en X de la cinématique d'accostage.

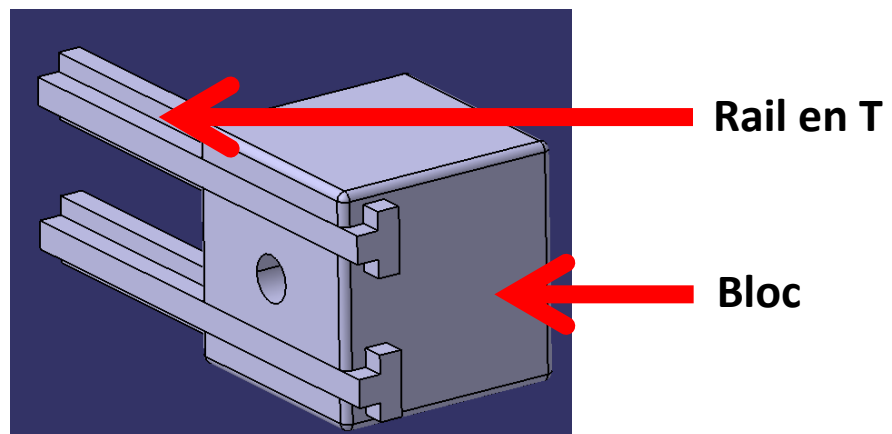
J'ai gardé les mêmes formes et les mêmes caractéristiques que la liaison glissière précédente que j'ai adaptée sur le bloc. J'ai également ajouté des congés sur tous les angles pour éviter de se blesser.



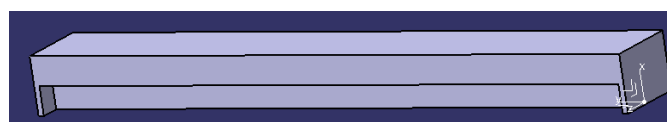
Je considère le bloc comme la partie coulisseau. Je dois donc concevoir la partie glissière. J'ai repris les formes de la partie glissière précédente pour avoir 2 rails que je devrai ensuite fixer sur une plaque.



Voici l'image correspondant à la liaison :



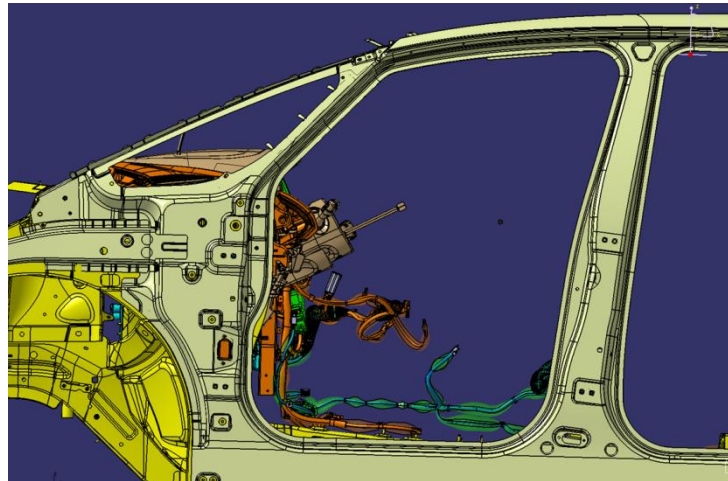
Sur les rails en T viendront des plaques de fermeture de chaque côté pour éviter que le bloc ne sorte de son axe de translation. Elles seront visées sur les rails après la mise en place du bloc. Elles sont utiles pour la sécurité des utilisateurs.



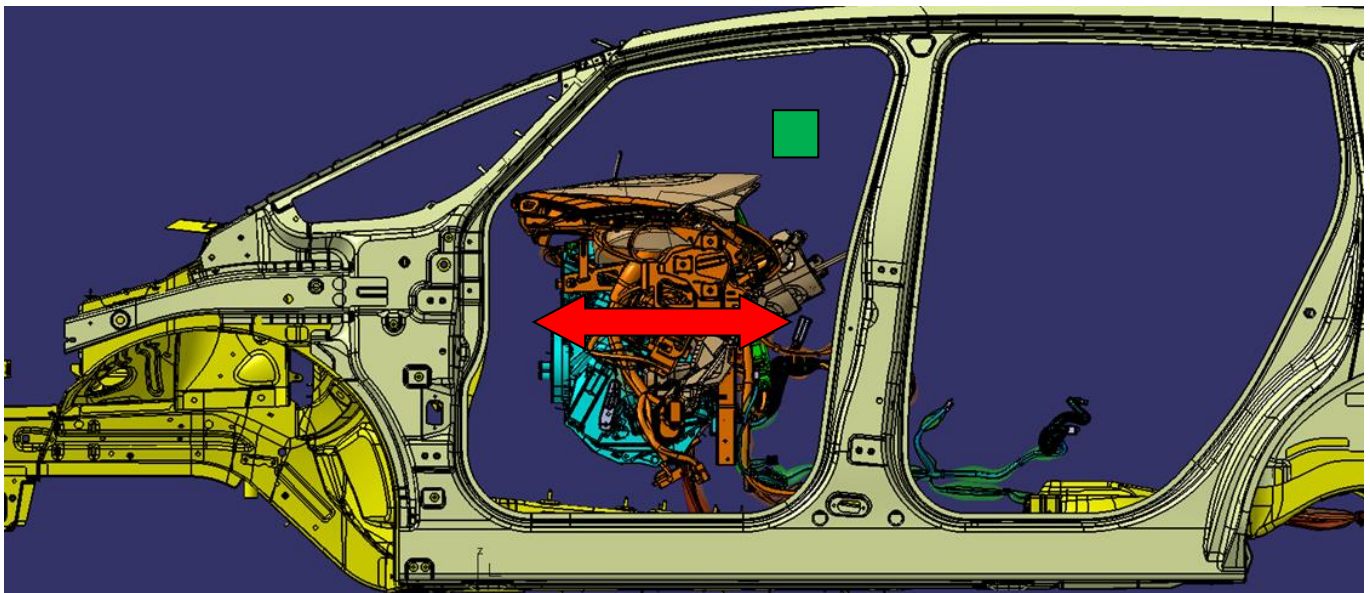
B.2.6 - PLACEMENT DE LA POUTRE NORCAN 45-45

Ayant une symétrie de mon système Gauche/Droit, une poutre se doit de relier les 2 cotés.

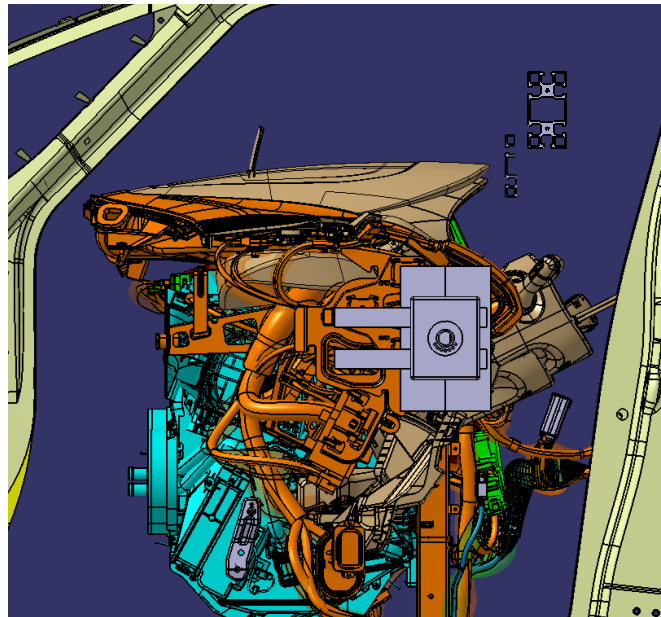
A travers l'image ci-dessous, on peut voir le PdC en position dans la maquette véhicule. Cela nous donne une première idée de l'espace disponible pour insérer un axe.



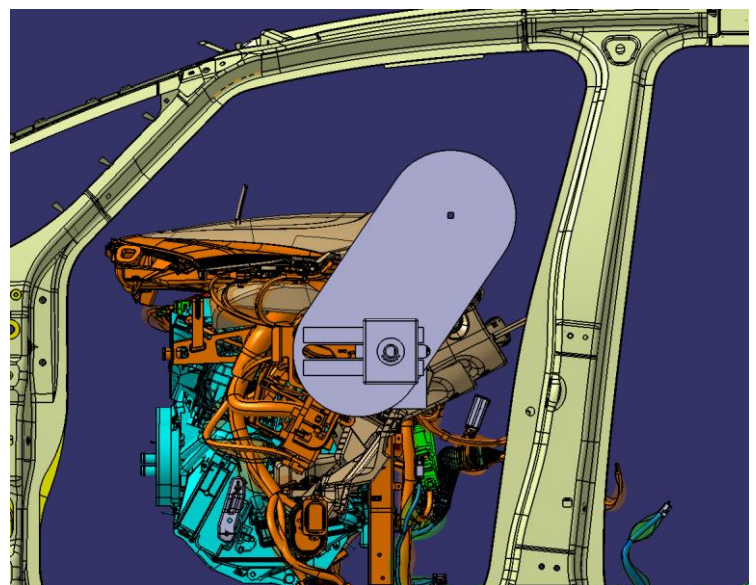
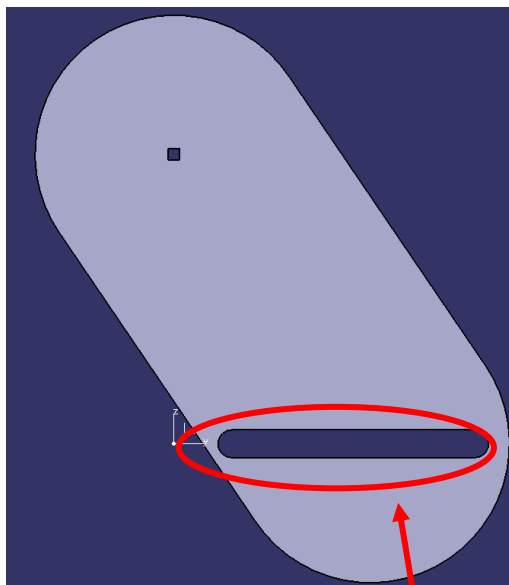
Sur l'image ci-dessous, le PdC est positionné de telle façon à ce qu'on puisse le faire passer par l'entrée de porte. Nous avons maintenant une zone plus restreinte que la première image pour y insérer la poutre. Pour que le PdC puisse translater en X (flèche rouge), il ne faut pas que la poutre (cadre vert) gêne cette translation. J'ai donc décidé de la placer au plus proche au-dessus de lui.



J'ai ensuite inséré les axes de préhension dans le PdC et placé mon profilé Norcan 90x45 à la place du cadre vert de l'image précédente.

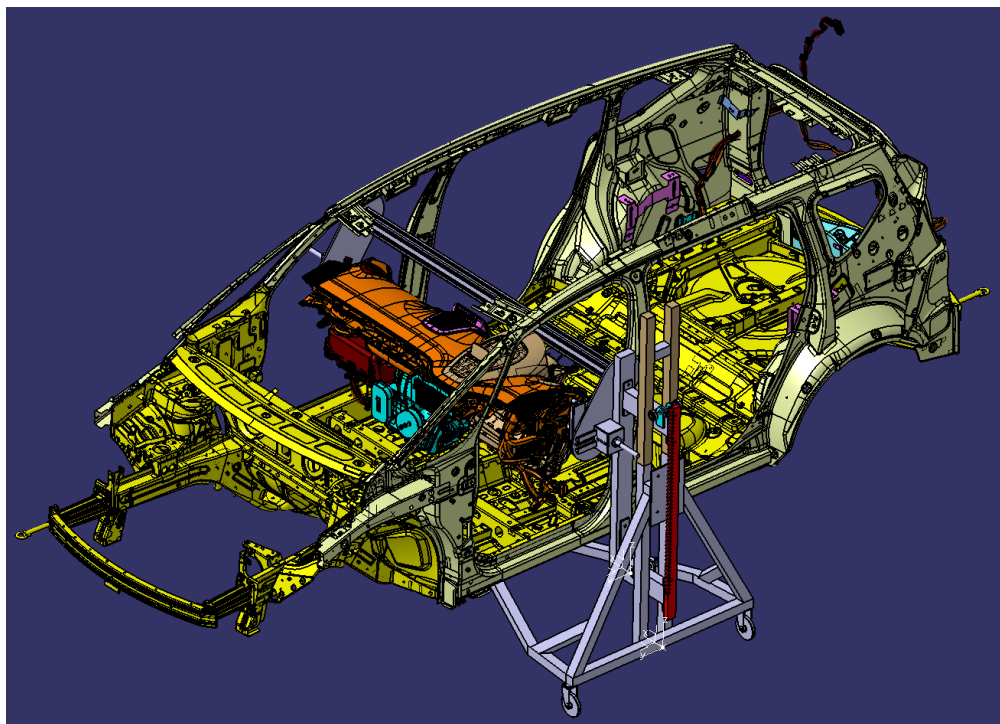
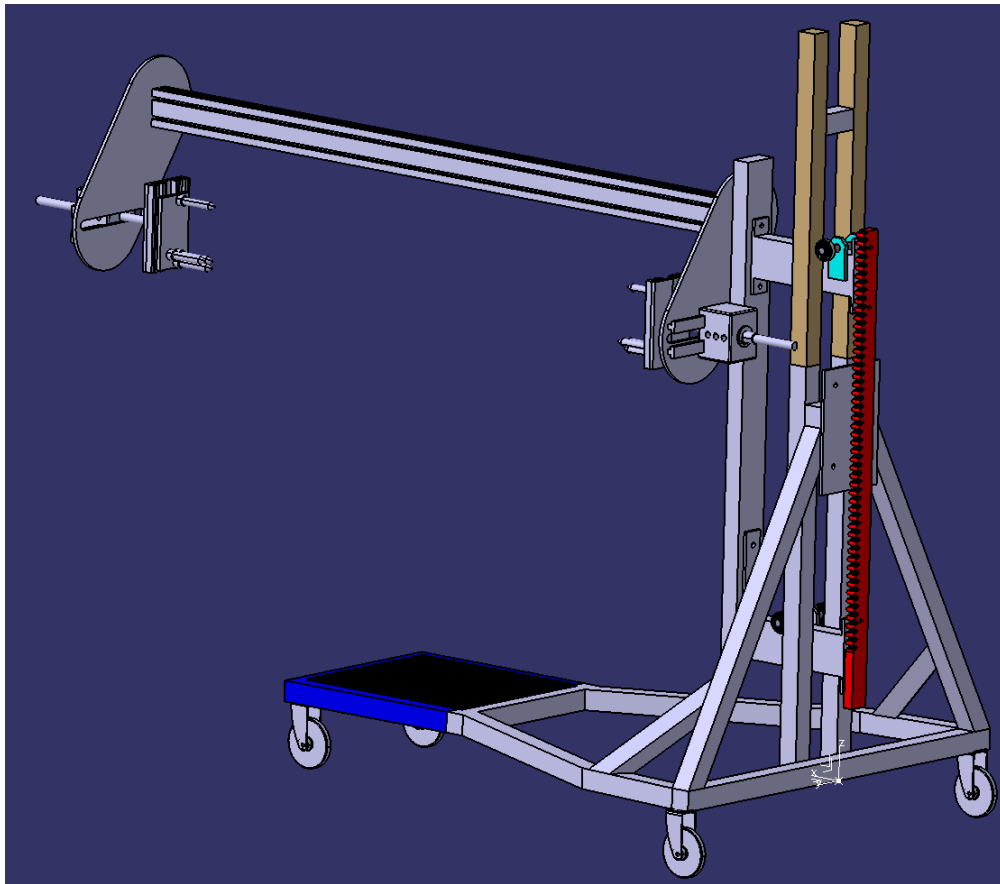


Grace à cela, j'ai pu créer une simple plaque reliant le Norcan 90x45 et les rails en T. L'axe est vissé avec la plaque et la plaque avec les rails en T.



Permet le déplacement de l'axe

J'ai, pour finir, assemblé l'ensemble à la balancelle par vis.



Conclusion

Tous les maquetages qui m'ont été demandé par différents métier correspondant à l'automobile ont été réalisé avec succès. Je sais aujourd'hui réaliser des soudures et utiliser des outils qui nécessitent une certaine expérience. Je vois maintenant l'importance d'effectuer des maquettes physiques et comprendre que le numérique ne peut encore se passer du physique car il aide énormément à la conception. Désormais, je comprends mieux comment est réalisé un véhicule automobile aussi bien dans son étude que dans sa production.

En ce qui concerne le projet, je peux dire que sa a été la première fois que j'ai pu réaliser une étude complète d'un système. Cette étude m'a permis de découvrir les compétences auxquelles le concepteur doit faire appel. Il doit pouvoir comprendre et interpréter le cahier des charges, imaginer toutes les solutions possibles et savoir choisir la plus adéquate. Cette étude m'a été totalement bénéfique dans le cadre de mes études et surtout de mon futur métier. Je suis aujourd'hui capable de concevoir un système dans le respect du cahier des charges et dans les délais imposés.

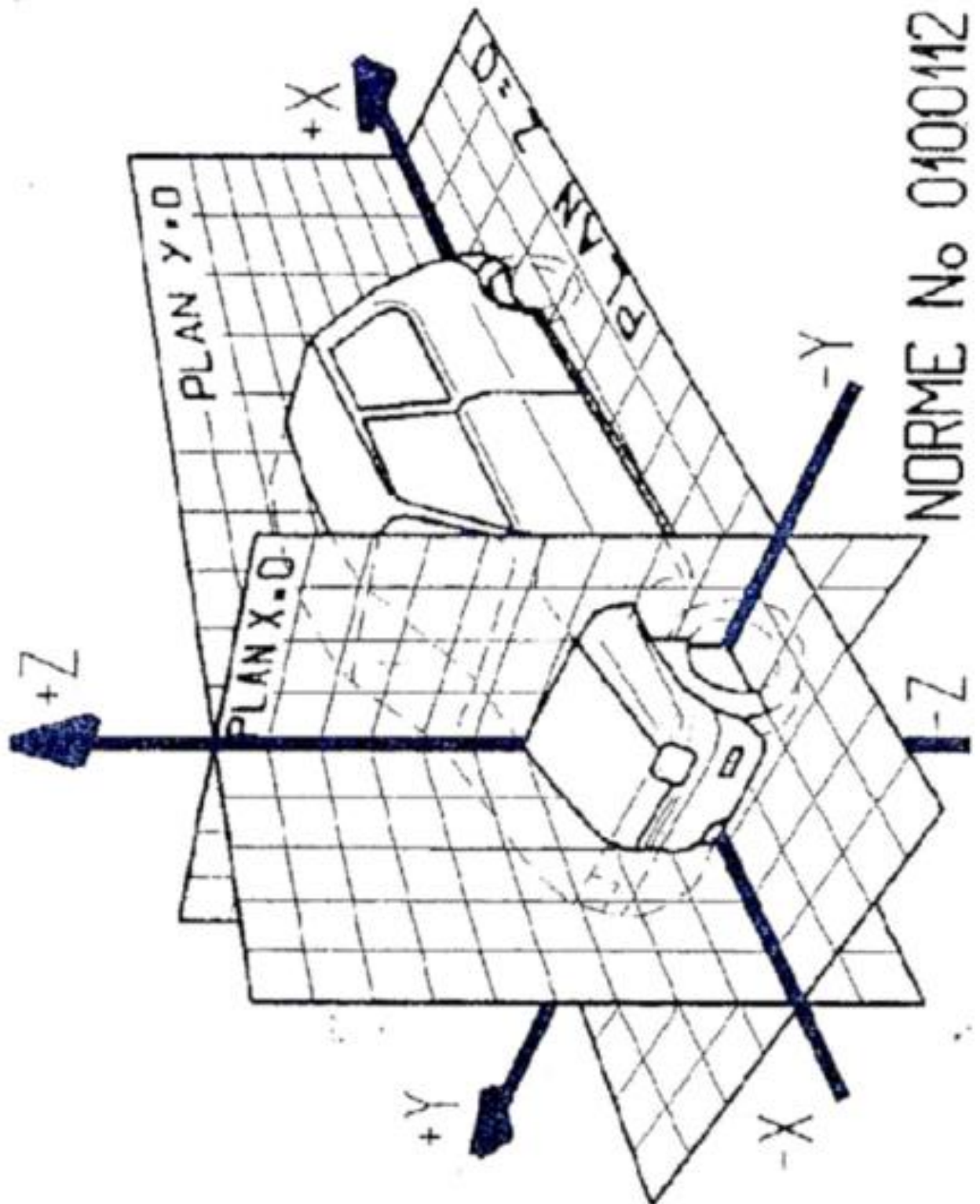
Sur le plan personnel, après deux années au sein de Renault et à Supii Mecavenir, je peux dire que la formation correspond à mes attentes. Le rythme de travail élevé et les nombreuses contraintes ont été difficiles à gérer mais suite à une grande volonté de ma part j'ai su m'y habituer. A travers mon projet industriel, j'ai su apprendre à développer un projet complet en autonomie et cela m'a permis de gagner beaucoup en maturité. J'ai appris à travailler au sein d'un groupe de collègue et à communiquer avec différents métiers de l'automobile.

Annexes

- A. Norme des axes
- B. Cotation et tolérances
- C. Méplat
- D. Plans de pièces

A. Norme des axes

Chez Renault, il existe une norme sur tous les véhicules concernant les positions. Ces positions sont situées dans un référentiel qui a pour origine un point situé sur l'axe de roue avant, au centre du véhicule, comme illustré sur la vue suivante. La partie droite du véhicule est ainsi considéré comme positive et la partie situé entre l'axe de la roue avant et l'extrémité avant du véhicule comme négative.



B. Cotation et tolérances

15.24 Principaux ajustements				Arbres*	H 6	H 7	H 8	H 9	H 11
Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre	Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.).			c				9	11
	Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré).			d				9	11
	Pièces avec guidage précis pour mouvements de faible amplitude.			e		7	8	9	
Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre	Démontage et remontage possible sans détérioration des pièces	L'assemblage ne peut pas transmettre d'effort	Mise en place possible à la main	f	6	6-7	7		
			Mise en place au maillet	g	5	6			
			Mise en place à la presse	h	5	6	7	8	
	Démontage impossible sans détérioration des pièces	L'assemblage peut transmettre des efforts	Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique)	js	5	6			
				k	5				
				m		6			
			p		6				
			s			7			
			u			7			
x			7						

15.25 Principaux écarts en micromètres		Température de référence : 20 °C												
Alésages	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500	
D 10	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 100	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170	+ 400 + 190	+ 440 + 210	+ 480 + 230	
F 7	+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50	+ 108 + 56	+ 119 + 62	+ 121 + 68	
G 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 14 + 5	+ 17 + 6	+ 20 + 7	+ 25 + 9	+ 29 + 10	+ 34 + 12	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 49 + 17	+ 54 + 18	+ 60 + 20	
H 6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0	+ 40 0	
H 7	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0	+ 63 0	
H 8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0	+ 97 0	
H 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0	+ 155 0	
H 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 185 0	+ 210 0	+ 230 0	+ 250 0	
H 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 290 0	+ 320 0	+ 360 0	+ 400 0	
H 12	+ 100 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0	+ 520 0	+ 570 0	+ 630 0	
H 13	+ 140 0	+ 180 0	+ 220 0	+ 270 0	+ 330 0	+ 390 0	+ 460 0	+ 540 0	+ 630 0	+ 720 0	+ 810 0	+ 890 0	+ 970 0	
J 7	+ 4 - 6	+ 6 - 6	+ 8 - 7	+ 10 - 8	+ 12 - 9	+ 14 - 11	+ 18 - 12	+ 22 - 13	+ 26 - 14	+ 30 - 16	+ 36 - 16	+ 39 - 18	+ 43 - 20	
K 6	0 - 6	+ 2 - 6	+ 2 - 7	+ 2 - 9	+ 2 - 11	+ 3 - 13	+ 4 - 15	+ 4 - 18	+ 4 - 21	+ 5 - 24	+ 5 - 27	+ 7 - 29	+ 8 - 32	
K 7	0 - 10	+ 3 - 9	+ 5 - 10	+ 6 - 12	+ 6 - 15	+ 7 - 18	+ 9 - 21	+ 10 - 25	+ 12 - 28	+ 13 - 33	+ 16 - 36	+ 17 - 40	+ 18 - 45	
M 7	- 2 - 12	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46	0 - 52	0 - 57	0 - 63	
N 7	- 4 - 14	- 4 - 16	- 4 - 19	- 5 - 23	- 7 - 28	- 8 - 33	- 9 - 39	- 10 - 45	- 12 - 52	- 14 - 60	- 14 - 66	- 16 - 73	- 17 - 80	
N 9	- 4 - 29	0 - 30	0 - 36	0 - 43	0 - 52	0 - 62	0 - 74	0 - 87	0 - 100	0 - 115	0 - 130	0 - 140	0 - 155	
P 6	- 6 - 12	- 9 - 17	- 12 - 21	- 15 - 26	- 18 - 31	- 21 - 37	- 26 - 45	- 30 - 52	- 36 - 61	- 41 - 70	- 47 - 79	- 51 - 87	- 55 - 95	
P 7	- 6 - 16	- 8 - 20	- 9 - 24	- 11 - 29	- 14 - 35	- 17 - 42	- 21 - 51	- 24 - 59	- 28 - 68	- 33 - 79	- 36 - 88	- 41 - 98	- 45 - 108	
P 9	- 9 - 31	- 12 - 42	- 15 - 51	- 18 - 61	- 22 - 74	- 26 - 88	- 32 - 106	- 37 - 124	- 43 - 143	- 50 - 165	- 56 - 186	- 62 - 202	- 68 - 223	

JS = ± IT/2 (voir tableau 15.24).

* Utiliser de préférence les qualités teintées en jaune.

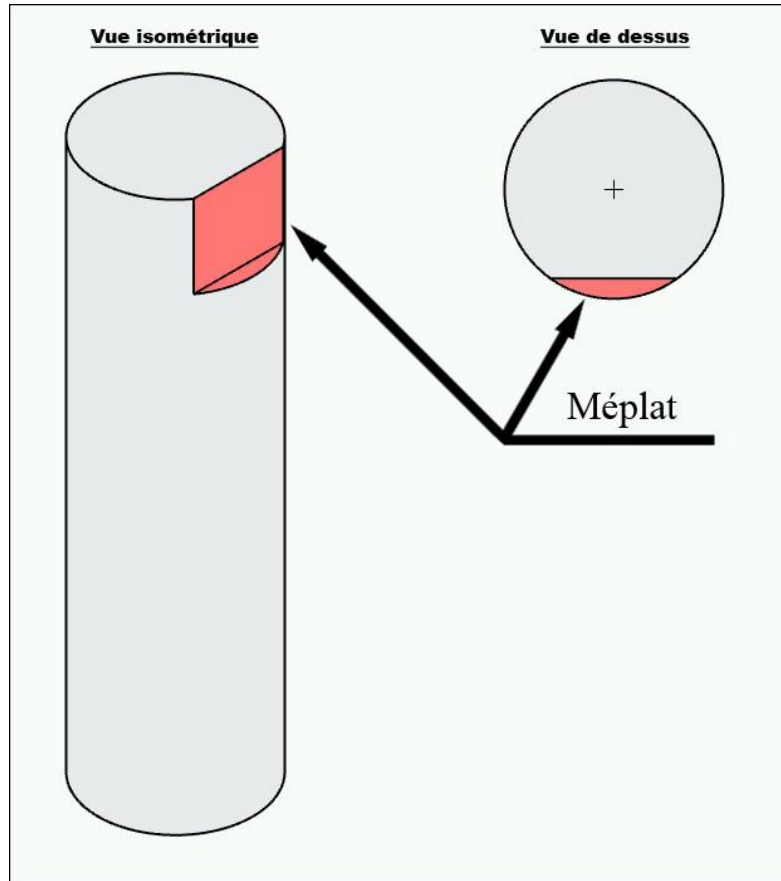
arbre

bres	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
11	-270 -330	-270 -345	-280 -370	-290 -400	-300 -430	-320 -470	-360 -530	-410 -600	-580 -710	-820 -950	-1 050 -1 240	-1 350 -1 560	-1 650 -1 900
c 11	-60 -120	-70 -145	-80 -170	-95 -205	-110 -240	-130 -280	-150 -330	-180 -390	-230 -450	-280 -530	-330 -620	-400 -720	-480 -840
d 9	-20 -45	-30 -60	-40 -75	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285	-190 -320	-210 -350	-230 -385
d 10	-20 -60	-30 -78	-40 -98	-50 -120	-65 -149	-80 -180	-100 -220	-120 -250	-145 -305	-170 -355	-190 -400	-210 -440	-230 -490
d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460	-190 -510	-210 -570	-230 -630
e 7	-14 -24	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146	-110 -162	-125 -182	-135 -198
e 8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172	-110 -191	-125 -214	-135 -232
e 9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215	-110 -240	-125 -265	-135 -290
f 6	-6 -12	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98	-68 -108
f 7	-6 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96	-56 -106	-62 -119	-68 -131
f 8	-6 -20	-10 -28	-13 -35	-16 -43	-20 -53	-25 -64	-30 -76	-36 -90	-43 -106	-50 -122	-56 -137	-62 -151	-68 -165
g 5	-2 -6	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -35	-17 -40	-18 -43	-20 -47
g 6	-2 -8	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44	-17 -49	-18 -54	-20 -60
h 5	0 -4	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -25	0 -27
h 6	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	0 -32	0 -36	0 -40
h 7	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63
h 8	0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46	0 -54	0 -63	0 -72	0 -81	0 -89	0 -97
h 9	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115	0 -130	0 -140	0 -155
h 10	0 -40	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	0 -160	0 -185	0 -210	0 -230	0 -250
h 11	0 -60	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290	0 -320	0 -360	0 -400
h 13	0 -140	0 -180	0 -220	0 -270	0 -330	0 -390	0 -460	0 -540	0 -630	0 -720	0 -810	0 -890	0 -970
j 6	+ 4 - 2	+ 6 - 2	+ 7 - 2	+ 8 - 3	+ 9 - 4	+ 11 - 5	+ 12 - 7	+ 13 - 9	+ 14 - 11	+ 16 - 13	+ 16 - 16	+ 18 - 18	+ 20 - 20
js 5	± 2	± 2,5	± 3	± 4	± 4,5	± 5,5	± 6,5	± 7,5	± 9	± 10	± 11,5	± 12,5	± 13,5
js 6	± 3	± 4	± 4,5	± 5,5	± 6,5	± 8	± 9,5	± 11	± 12,5	± 14,5	± 16	± 18	± 20
js 9	± 12	± 15	± 18	± 21	± 26	± 31	± 37	± 43	± 50	± 57	± 65	± 70	± 77
js 11	± 30	± 37	± 45	± 55	± 65	± 80	± 95	± 110	± 125	± 145	± 160	± 180	± 200
k 5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4	+ 29 + 4	+ 32 + 5
k 6	+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 2	+ 18 + 2	+ 21 + 2	+ 25 + 3	+ 28 + 3	+ 33 + 4	+ 36 + 4	+ 40 + 4	+ 45 + 5
m 5	+ 6 + 2	+ 9 + 4	+ 12 + 6	+ 15 + 7	+ 17 + 8	+ 20 + 9	+ 24 + 11	+ 28 + 12	+ 33 + 15	+ 37 + 17	+ 43 + 20	+ 46 + 21	+ 50 + 22
m 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 + 11	+ 35 + 13	+ 40 + 15	+ 46 + 17	+ 52 + 20	+ 57 + 21	+ 63 + 23
n 6	+ 10 + 4	+ 16 + 8	+ 19 + 10	+ 23 + 12	+ 28 + 15	+ 33 + 17	+ 39 + 20	+ 45 + 23	+ 52 + 27	+ 60 + 31	+ 66 + 34	+ 73 + 37	+ 80 + 40
p 6	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 18	+ 35 + 22	+ 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 50	+ 88 + 56	+ 98 + 62	+ 108 + 68

is = ± IT/2 (voir tableau 15.24).

C. Méplat

En construction mécanique, un **méplat** (aussi plat) est une surface plane sur une pièce cylindrique. Cette surface peut servir par exemple comme surface d'appui pour une vis de pression ou de détrompeur.



D. Plans de pièces