

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU  
FACULTÉ DU GÉNIE DE LA CONSTRUCTION  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



# MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER PROFESSIONNEL  
EN GÉNIE MÉCANIQUE

OPTION : FABRICATION MÉCANIQUE ET PRODUCTIQUE

## THÈME

ÉTUDE ET CONCEPTION D'UN VERTICALISATEUR  
MEDICAL DE TYPE **MOTILO**

---

PRÉSENTÉ PAR :

**Mr. GADRI Hamid**  
**Mr. OUALMI Lounis**

ENCADRÉ PAR :

**Mr. SEDJAL . H**

PROMOTION 2015/2016

## *Remerciement*

*Ce travail a été effectué au sein de l'université mouloud Mammeri, département de génie mécanique, alors nous tenons à remercier tous les enseignants qui nous ont tous donné de leur savoir durant notre parcours universitaire, ainsi que le personnel du département.*

*Nos plus sincères remerciements vont également à notre encadreur monsieur Sedjal Hamid, qui a participé dans le suivi de notre mémoire et a fortement enrichi notre formation. Ses conseils et ses commentaires auront été fort utiles.*

*Nous tenons à remercier aussi tous les membres de jury.*

*Nous voulons exprimer toute notre reconnaissance et notre gratitude pour de nombreuses personnes qui nous ont aidé et soutenu dans notre travail, sans oublier nos chères familles, nos adorables amis et toute la promotion FMP 2015/2016.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à ma famille :*

❖ *À mon très cher père, et à ma précieuse mère, à qui  
je dois mon existence, et le succès dans mon cursus.*

*Que dieu les garde, et les protège.*

❖ *À mes chers frères, et mes sœurs.*

*Aux gens qui me sont les plus chers au monde, à mes très  
chers amis (es),*

*Mes proches, et à mes camarades qui m'aiment.*

*Gadri Hamid ...*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à la mémoire de ma  
chère grande mère ; paix a son âme ;*

*A mes très chers parents, a jamais dans mon cœur ;*

*Mon cher frère Amar et ma très chère petite sœur Tinhinane ;*

*Toute ma famille, cousins, cousines, oncles et tantes ;*

*Tous mes amis (es).*

*Oualmi Lounis.....*

# SOMMAIRE

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : La déficience motrice cérébrale</b> .....	2
I.1 Introduction.....	2
I.2 L’handicape [1].....	2
I.3 Enfant ayant une insuffisance moteur cérébrale (IMC) [1].....	3
I.3.1 Généralités .....	3
I.3.2 Définition.....	3
I.3.3 Etiologie.....	3
I.3.4 Symptomatologie.....	3
I.3.5 Trouble moteur .....	4
I.3.6 Les type de I M C .....	4
I.3.7 Les causes de l’I M C .....	5
I.3.8 Les complications de l’IMC .....	5
I.3.9 L’aide proposée on l’appareillage .....	5
I.4 Analyse du mouvement [2].....	5
I.5 La rééducation motrice des enfants (IMC) [3] .....	6
I.6 Les objectifs de la rééducation .....	7
I.7 Conclusion .....	7
<b>Chapitre II : verticalisation et verticalisateur</b> .....	<b>8</b>
II.1 Introduction .....	8
II.2 La verticalisation [3].....	8
II.2.1 Définition de la verticalisation .....	8
II.2.2 Les bienfaits de la verticalisation.....	8
II.2.3 L’objectif [3] .....	9
II.3 Les verticalisateur.....	10
II.3.1 Définition du verticalisateur.....	10

II.3.2	Catégorie de patients .....	10
II.3.3	Les type de verticalisateur [4] .....	10
II.3.4	Coque mobile de verticalisation (CMV) [5] .....	11
II.3.5	Corset siège mobile (CSM) .....	11
II.4	verticalisateur de type motilo[6].....	13
II.4.1	Généralité .....	13
II.4.2	Définition du motilo .....	13
II.4.3	les avenages du verticalisateur (motilo).....	13
II.4.4	Principe de fonctionnement.....	13
II.4.5	Les tailles principales du verticalisateur .....	14
II.4.6	Les dimensions principales .....	14
II.4.7	Les réglages du verticalisateur : .....	16
II.4.7.1	Réglage de l'empatement et guidon.....	16
II.4.7.2	Réglage de la hauteur et inclinaison de la selle .....	17
II.4.8	Compatibilité.....	18
II.5	Conclusion .....	18
 <b>Chapitre III : Généralité sur les matériaux utilisés</b> .....		<b>19</b>
III.1	Introduction .....	19
III.2	Les aciers [7] .....	20
III.2.1	Génialité sur les aciers .....	20
III.2.3	Diagramme d'équilibre fer-carbone [8].....	20
III.3	Les différents types d'aciers .....	21
III.3.1	Les aciers ordinaires non alliés .....	21
III.3.1.1	Aciers ordinaire ou à usage général (70% des aciers).....	21
III.3.2	Aciers de traitement thermique.....	21
III.3.2	Les aciers alliés ou aciers spéciaux.....	21
III.3.2.1	Les aciers faiblement alliés.....	22
III.3.2.2	Les aciers fortement allié.....	23
III.4	L'acier inoxydable [8].....	23
III.4.1	Les types d'aciers inoxydables .....	24

III.4.2	Le choix de la nuance de l'acier inoxydable.....	24
III.4.3	Désignation d'acier inoxydable X 5 Cr Ni 18 10 .....	25
III.4.4	Les caractéristiques de l'acier inoxydable X5 Cr Ni 18-10.....	26
III.4.4.1	Composition chimique.....	26
III.4.4.2	Les propriétés mécaniques.....	26
III.4.5	Les avantages et domaine d'utilisation.....	27
III.5	Les polymères [9].....	27
III.5.1	Les thermoplastiques: .....	27
III.6	L'ABS [10].....	28
III.6.1	Définition L'ABS.....	28
III.6.2	Les Avantage de l'ABS: .....	28
III.7	Polyéthylène (PE).....	29
III.7.1	Définition .....	29
III.7.2	Propriétés chimiques.....	29
III.7.3	Propriétés mécaniques .....	29
III.7.4	Les avantage de PE .....	30
III.8	Conclusion.....	30
 <b>Chapitre IV : étude et conception du verticalisateur.....</b>		<b>31</b>
IV.1	Introduction.....	31
IV.2	La CAO (conception assistée par ordinateur).....	31
IV.2.1	Définition de la CAO.....	31
IV.2.2	Domaines de la CAO .....	31
IV.2.3	Avantages de la CAO .....	31
IV.2.4	Application.....	32
IV.3	Les étapes de la conception .....	32
IV.4	Module Simulation SolidWorks .....	33
IV.4.1	A propos de SolidWorks Simulation.....	33
IV.4.2	Calculs.....	33
IV.4.3	Le module Simulation.....	34
IV.4.3.1	La nomination de l'étude.....	35

IV.4.3.2 choix du matériau .....	35
IV.4.3.3 Mise en place des conditions frontières .....	37
IV.4.3.4 Application du chargement.....	37
IV.4.3.5 Création d'un maillage.....	38
A - Informations sur le maillage.....	38
B - Informations sur le maillage – Détails.....	39
IV.4.3.6 Résultats de l'étude .....	39
IV.4.3.7 Résultat de nouvelle étude.....	41
a. Contrainte de Von Mises.....	41
b. Le déplacement résultant.....	42
c. Les déformations équivalentes .....	43
IV.5 Réalisation du modèle.....	44
IV.5.1 Nomenclature des pièces .....	44
IV.5.2 Caractéristiques des pièces .....	45
IV.5.2.1 Les pièce fabriquée.....	45
A. Le châssis : .....	45
B. Les caches :.....	46
C. La selle : .....	47
D. La porte selle : .....	48
IV.5.2.2 Les pièces standards .....	49
1. Les roues :.....	49
2. La molète :.....	50
3. Bouchon rond : .....	50
4. Vis CHC : .....	51
5. Vis sans tête CHC : .....	51
6. Vis d'articulation :.....	51
7. Les écrous :.....	52
IV.6 Conclusion .....	52
<b>Conclusion générale</b> .....	53
<b>Bibliographie</b> .....	54
<b>Annexes</b> .....	55

## Liste des figures

<b>Figure II.1:</b> Verticalisateur de Bernard Cavin .....	10
<b>Figure II.2:</b> Coque mobile de verticalisation .....	11
<b>Figure II.3:</b> Corset Siège Mobile.....	11
<b>Figure II.4:</b> Corset Siège Mobil .....	12
<b>Figure II.5:</b> Fauteuil Mobil.....	12
<b>Figure II.6:</b> Dimension principale du verticalisateur .....	15
<b>Figure II.7:</b> Réglage de l'empattement et guidon .....	16
<b>Figure II.8:</b> inclinaison de la selle .....	17
<b>Figure II.9:</b> accessoire du verticalisateur .....	18
<b>Figure III.10 :</b> Diagramme d'équilibre fer-carbone.....	20
<b>Figure III.11 :</b> cartouche de l'imprimante 3D .....	28
<b>Figure IV.112 :</b> interface d'utilisation SolidWorks.....	33
<b>Figure IV.13 :</b> Nom de l'étude .....	35
<b>Figure IV.14 :</b> Choix du matériau.....	37
<b>Figure IV.15 :</b> Blocage des degrés de liberté.....	37
<b>Figure IV.16 :</b> Le chargement.....	37
<b>Figure IV.17 :</b> Maillage .....	38
<b>Figure IV.18 :</b> Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 1-Contraintes- Contraintes1 .....	39
<b>Figure IV.19 :</b> Zone de concentration de contraint.....	40
<b>Figure IV.20 :</b> Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 2-Contraintes- Contraintes1 .....	41

<b>Figure IV.21</b> : Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 2-Déplacements- Déplacements1 .....	42
<b>Figure IV.22</b> : Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 2-Déformations- Déformations1 .....	43
<b>Figure IV.23</b> : Verticalisateur de type motilo .....	44
<b>Figure IV.24</b> : cadre du verticalisateur .....	45
<b>Figure IV.25</b> : cache avant du verticalisateur .....	46
<b>Figure IV.26</b> : cache du verticalisateur .....	46
<b>Figure IV.27</b> : élément de la selle .....	47
<b>Figure IV.28</b> : Fiche de mesure de la selle .....	48
<b>Figure IV.29</b> : porte selle .....	48
<b>Figure IV.30</b> : vue réel de la roue .....	49

## Liste des Tableaux

<b>Tableau II.1</b> : Taille principales du verticalisateur.....	14
<b>Tableau II.2</b> : Dimension du verticalisateur .....	15
<b>Tableau II.3</b> : Réglage de la selle .....	17
<b>Tableau III.4</b> : les caractéristiques des aciers faiblement allié.....	22
<b>Tableau III.5</b> : Coefficients multiplicateurs pour les éléments d'addition.....	23
<b>Tableau III.6</b> : Composition chimique de l'acier .....	26
<b>Tableau IV.7</b> : propriété mécanique du matériau .....	36
<b>Tableau IV.8(A)</b> : information sur le maillage .....	38
<b>Tableau IV.8(B)</b> : information sur le maillage .....	39
<b>Tableau IV.9</b> : Résultat de la distribution des contraintes 1 <sup>er</sup> étude .....	39
<b>Tableau IV.10</b> : Résultat de la distribution des contraintes de la 2 <sup>ème</sup> étude.....	41
<b>Tableau IV.11</b> : Résultat de la distribution des déplacements sur le cadre .....	42
<b>Tableau IV.12</b> : Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 2-Déformations .....	43
<b>Tableau IV.13</b> : nomenclature des pièces .....	44
<b>Tableau IV.14</b> : Les dimensions principales du châssis .....	45
<b>Tableau IV.15</b> : Dimension des éléments de la roue .....	49
<b>Tableau IV.16</b> : Les différent dimensions de la molète .....	50
<b>Tableau IV.17</b> : les différent dimension des bouchon rond .....	50
<b>Tableau IV.18</b> : Dimension des vis CHC .....	51
<b>Tableau IV.19</b> : Dimension des vis sans tête CHC .....	51
<b>Tableau IV.20</b> : Dimension de la vis d'articulation .....	51
<b>Tableau IV.21</b> : Dimension des écrous utiliser .....	52

# Introduction générale

## **Introduction générale :**

Parmi les problèmes de santé liés à la mobilité au quelle le monde scientifique fait face aujourd'hui à travers le monde on trouve le cas des personnes atteintes d'insuffisance motrice cérébrale (IMC) ; une maladie qui cause une difficulté importante à maîtriser l'équilibre du corps en une position quelconque, en particulier être debout, ce qui requière pour son traitement un appareillage spécial conçu sur mesures, cet équipement se trouve indisponible en Algérie ce qui contraint les patients à se déplacer à l'étranger et dépenser des sommes faramineuses afin d'avoir ce dispositif.

Les enfants font le noyau faible de cette catégorie ; une attention très particulière doit être donnée dès le constat de la maladie pour prévoir le type de soins, les appareils à utiliser et aussi la durée que prends leurs utilisation.

Notre travail consiste à étudier et à concevoir un appareil appelé verticalisateur médical de type Motilo qui est déjà utilisé ailleurs, le peu qu'on trouve ici en Algérie sont importés. Ce verticalisateur est une sorte de vélo pour enfant adapté afin de le maintenir en une position verticale et ainsi lui permettre de se déplacer facilement et avoir la possibilité de se reposer. Ce qui lui permet son utilisation dans la majeure partie du temps et non pas pour une durée limitée.

Ce projet passe par plusieurs étapes à commencer avec une recherche bibliographique pour déterminer les besoins, les normes et la forme de l'appareil. Ensuite vient la conception de chaque élément en fixant la géométrie, les dimensions finales et la matière à utiliser. Dans l'étape suivante, on détermine le mode de fabrication de chaque élément et enfin en termine par une étude statique par simulation avec le logiciel Solide Works afin de vérifier la résistance des éléments assemblé sous sollicitation mécanique. Le travail sera accompagné par les fiches techniques des éléments à fabriquer.

# Chapitre 01 :

La déficience motrice cérébrale.

## I.1 Introduction

A la naissance, l'enfant possède une motricité spontanée, alors qu'il n'a pas d'activité à but fonctionnel. En effet, on observe des mouvements individualisés des membres supérieurs (épaules, coudes, poignets, doigts) et des membres inférieurs (hanches, genoux, chevilles) qui s'amplifient, se synchronisent et se complexifient au cours des premiers mois. Le bébé possède un « outil corporel » (os, articulations, muscles,...) qui se modifie en fonction de la maturation cérébrale et des expériences sensori-motrices. Afin de faire des acquisitions motrices, l'enfant valide confronte les informations sensibles visuelles, auditives, musculaires, articulaires et cutanées. Il y répond par une action adaptée en tenant compte des expériences antérieures. Les enchaînements moteurs dirigés vers un but vont devenir plus précis, plus rapide et moins coûteux sur le plan énergétique. Ces mouvements seront ensuite automatisés et permettront de répondre rapidement aux diverses stimulations. Chez les enfants qui ont une insuffisance motrice cérébrale (IMC), ce processus d'automatisation est insuffisant voire inexistant pour certaines fonctions. Les muscles non ou mal utilisés vont se raccourcir ; les articulations et les os vont se déformer, accentuant alors les troubles initiaux de l'atteinte motrice.

## I.2 L'handicape [1]

Le handicap est une notion dont la définition a toujours posé « souci ». En effet, le terme handicap est emprunté au vocabulaire des courses de chevaux pour traduire l'égalisation des chances entre les différents concurrents en attribuant des efforts supplémentaires (poids ou longueurs) aux plus forts. Dans le domaine de la médecine, le terme de « déficience » est associé à celui de « classification ». Ces deux termes peuvent avoir une connotation péjorative. Définir et classer induit la crainte de voir transformer les problèmes quotidiens en lignes de tableaux et statistiques diverses. Le terme handicap n'apparaît que tardivement dans les années 1945, afin de remplacer les termes péjoratifs précédents tels qu'infirme ou invalide.

La notion de handicap et sa connotation ont évolué en parallèle des modèles qui lui sont associés. Avant la fin des années 1970, le modèle de handicap était copié sur celui du diagnostic médical. Autrement dit, le handicap était fortement associé à une maladie.

### I.3 Enfant ayant une insuffisance motrice cérébrale (IMC) [1]

#### I.3.1 Généralités

C'est des lésions irréversibles qui surviennent pendant la période péri-natale l'atteinte est en rapport avec une souffrance cérébrale et ne sont pas d'origine héréditaire, ne sont pas évolutive et sont compatible vers une amélioration avec la rééducation.

#### I.3.2 Définition

L'infirmité motrice cérébrale est un trouble du mouvement et de la posture dû à une lésion non évolutive du cerveau immature (par convention avant 2 ans) selon la définition anglo-saxonne du terme cérébral palsy. La prévalence est estimée à 2 ‰ naissances.

#### I.3.3 Etiologie

Prématurité (naissance avant 37 semaines d'aménorrhée), avec un risque d'autant plus important que la naissance est précoce (La prématurité concerne 6 à 7% des naissances. Environ 20% des prématurés, tout âge de prématurité confondu, auront une IMC quelque soit sa gravité. Les Prématurés de moins de 24 semaines d'aménorrhées ont 50% de survie et 10 à 15 % de risques séquelles graves)

Souffrance fœtale aigüe.

Infections (méningite, encéphalite).

Traumatismes crâniens de toute origine, noyade....

#### I.3.4 Symptomatologie

La symptomatologie est d'abord motrice (trouble du mouvement et de la posture) et peut s'accompagner de troubles associés qu'il ne faut pas assimiler aux complications neuro-orthopédiques.

### I.3.5 Trouble moteur

La topographie du trouble moteur dépend de la topographie de la lésion cérébrale comme dans une atteinte cérébrale acquise chez un adulte, mais elle dépend aussi de la maturation cérébrale.

La maturation cérébrale de l'enfant suit un processus bien défini.

A la naissance il existe une hypertonie des 4 membres et une hypotonie du tronc (la tête ne tient pas et les membres sont en triple flexion). Petit à petit l'hypotonie du tronc disparaît laissant place à un contrôle automatique et volontaire du tronc, ce qui permet à l'enfant de tenir sa tête puis de tenir assis (6 mois). Ensuite l'hypertonie des membres diminue pour laisser place aux mouvements volontaires. Cette évolution se fait de haut en bas c'est-à-dire que ce sont les membres supérieurs qui sont d'abord « libérés de l'hypertonie » puis les membres inférieurs en commençant par la racine des membres et en finissant par les pieds.

Ainsi après l'acquisition de la station assise, l'enfant peut expérimenter la préhension (8 mois). Il pourra se mettre debout que vers 10 mois et la motricité volontaire globale du corps sera acquise vers 1 an, âge d'acquisition de la marche. Ensuite il ne s'agit que de perfectionnement. Cette maturation cérébrale peut être stoppée du fait de la lésion cérébrale à n'importe quel moment de l'évolution.

### I.3.6 Les type de I M C

#### I.3.6.1 Diplégie, Quadriplégie, Hémiplégie

Si la station assise et la préhension sont acquises mais que les membres inférieurs restent hypertoniques, on parle de diplégie. Si les membres inférieurs restent hypertoniques et que la libération des membres supérieurs n'a pas eu lieu, on parle de quadriplégie. Si en plus de cette quadriplégie, l'hypotonie du tronc persiste sans tenue de tête, on parle d'atteinte globale. Ces différentes atteintes sont plus ou moins sévères et on peut parfois observer dans la diplégie une atteinte des membres supérieurs, mais celle ci reste minime.

Certains enfants ont une maturation cérébrale qui s'est bien faite mais du fait d'une lésion cérébrale unilatérale spécifiquement sur le trajet des voies motrices, présentent une hémiplégie.

## **I.3.7 Les causes de l'IMC**

Les insuffisances cérébrale sont causés par :

- Souffrance néo-natale, 04 semaines après la naissance.
- prématurité.
- Post-maturité.
- Circulation ou procidence du cordon.
- Infection.
- Ictère nucléaire.
- Déshydratation.
- Crises convulsives.

## **I.3.8 Les complications de l'IMC**

Le terme d'IMC s'applique à une lésion cérébrale qui n'évolue pas. Cependant, elle est survenue sur un cerveau en pleine maturation et va entraver le développement de l'enfant, entraînant des conséquences sur les possibilités de contrôle moteur, l'appareil orthopédique, les capacités d'apprentissages scolaires, l'équilibre psychoaffectif. Une évaluation régulière des capacités de l'enfant dans tous ces domaines est donc indispensable.

## **I.3.9 L'aide proposée on l'appareillage**

Au vu de l'analyse factorielle ; certains outils d'aide sont venus s'intégrer dans le quotidien de l'enfant.

La fonction de ces appareillages répond à plusieurs objectifs qui vont de la prévention/limitation des déformations osseuses et articulaires à l'assistance ou la suppléance à une fonction.

## **I.4 Analyse du mouvement [2]**

L'analyse du mouvement peut être abordée de plusieurs manières très différentes les unes des autres en fonction de l'objectif que l'on se fixe.

## Chapitre I : La déficience motrice cérébrale

Le but recherché est d'étudier l'anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur, c'est-à-dire de montrer à quoi servent et comment fonctionnent les dispositifs articulaires et les muscles qui animent notre squelette.

Une telle étude peut cependant offrir un grand intérêt, non seulement théorique mais aussi pratique.

C'est le cas, notamment, lorsqu'il s'agit de comprendre les modifications qu'entraînent dans la statique et la cinématique humaines les paralysies et les atrophies musculaires.

C'est aussi sur les mêmes bases de physiologie mécanique que reposent tous les problèmes des suppléances fonctionnelles musculo-articulaires et ceux, souvent si ardu, des appareillages orthopédiques.

L'analyse des mouvements mérite une place importante dans la formation des bases des techniciens appareilleurs pour la compréhension de l'économie du geste et du rendement maximum des appareillages fournis pour une insertion acceptable. Le point de départ de la compréhension du mouvement est le geste. La décomposition s'attache à découvrir la part exacte qui revient dans son exécution, à chacun des éléments anatomiques en jeu.

Le mouvement est toujours la résultante de plusieurs forces, concourantes ou antagonistes qui sont les contractions musculaires, la pesanteur, la force d'inertie, la force centrifuge, le frottement entre autres facteurs. La mise en jeu de ces différentes forces n'aura pas pour conséquence la production d'un mouvement souvent elles aboutissent à l'établissement d'un état d'équilibre.

En somme notre corps ou ses segments fonctionnent comme des leviers auxquels sont appliquées des forces qu'il faut déterminer. Ils obéissent aux lois de la mécanique générale.

L'analyse des mouvements pour être bien comprise demande un effort d'imagination qui fait en quelque sorte vivre et sentir chaque geste au fur et à mesure qu'il se déroule. C'est seulement dans ces conditions que l'on pourra pénétrer dans l'intimité des mécanismes musculo-articulaires et saisir les aspects essentiels.

### **I.5 La rééducation motrice des enfants (IMC) [3]**

La rééducation motrice précoce du jeune enfant IMC, qu'il est juste d'appeler éducation thérapeutique, prend son sens et apporte une aide aux enfants infirmes moteurs cérébraux et d'une certaine manière un soutien à leurs parents par la qualité des techniques

employées et adaptées pour chaque enfant, mais aussi au prix d'une étroite collaboration et d'une concertation prolongée entre le médecin et les rééducateurs.

### I.6 Les objectifs de la rééducation

Inscrire les actions mises en œuvre afin d'optimiser l'usage et l'expression des possibilités sensorimotrices de l'enfant dans son quotidien et ses activités sociales : **collaborer, coopérer, informer** tous les acteurs qui entourent l'enfant.

- ✓ Activités motrices individuelles.
- ✓ Activités éducatives et thérapeutiques de groupe.
- ✓ Loisirs culturels ou sportifs.

### I.7 Conclusion

En concluant, on peut dire qu'il est important de savoir que les personnes atteintes d'IMC ne guérissent pas. Les lésions cérébrales sont en effet irréversibles. La prise en charge doit être précoce et permettre un accompagnement de l'enfant et sa famille face aux difficultés inhérentes au handicap moteur.

Les contraintes de soins sont souvent très lourdes, longues et difficilement compatibles avec les impératifs scolaires et les temps de loisirs nécessaires à l'enfant. Nous devons intégrer au mieux ces éléments dans la vie courante en perturbant le moins possible les loisirs, la scolarité, la vie sociale et affective.

# Chapitre 02 :

Verticalisation et verticalisateurs

## II.1 Introduction

Pour apporter de l'aide à des enfants atteints d'une infirmité motrice cérébrale (IMC), les médecins et les appareilleurs ont développés des machines ou appareilles et orthèses pour les différents cas d'handicaps qui existent.

Dans ce chapitre, on définit la verticalisation et ces bienfaits sur des enfants atteints de « IMC ». Deuxièmement on voit plusieurs types d'appareilles de verticalisation dits « standings dynamiques » moulés sur mesure. Ils permettent à l'enfant avec une paralysie cérébrale d'être en position (posture dynamique) debout tout en favorisant certaines acquisitions nécessaires au développement sensori-moteur et l'importance de bien choisir le type nécessaire à chaque enfant.

## II.2 La verticalisation [3]

### II.2.1 Définition de la verticalisation

Le processus de verticalisation se réalise par le passage d'un système horizontal et quadrupède, à un système vertical et bipède.

Dans notre cas, la verticalisation se fait par l'intermédiaire d'appareils de verticalisation. Ces aides techniques correspondent à un besoin donné, pour un temps donné.

### II.2.2 Les bienfaits de la verticalisation

#### A. Sur le plan psychologique et social :

Les psychologues posent les arguments sur l'importance de l'image que donne un enfant debout, sur l'importance du regard des camarades, sur le rôle social de la tenue debout, etc. ...

#### B. Sur le plan physiologique :

- ✓ Ossification : "lois de Delpech" : la pression sur les os favorise la croissance des ostéocytes (cellules osseuses). L'absence de pression entraîne un appauvrissement de l'os. Sans la verticalisation, on se casse.
- ✓ Circulation sanguine : le cœur a besoin d'entraînement pour se maintenir en forme. Assis et à plus forte raison couché, il ne bosse pas beaucoup puisqu'il n'a pas besoin d'aspérer le sang depuis les pieds. Le corps s'adapte à ce régime de farniente et, après une longue période alitée, généralement, ont fait un malaise orthostatique au relever. On ne connaît pas bien le temps d'entraînement quotidien nécessaire. Il semble que quelques minutes également soient suffisantes mais réparties en plusieurs temps dans la journée.

## Chapitre II : verticalisation et verticalisateur

- ✓ Etat musculaire : les muscles sont composés de myofibrilles elles même composées de sarcomères (unité contractiles). Les myofibrilles sont disposées côte à côte et plus on en a, plus le muscles est fort. Les sarcomères qui composent la myofibrille sont bout à bout. Ce sont de longues chaînes de plusieurs milliers de segments qui, chacun, peut s'allonger ou se raccourcir de moitié sous l'étirement musculaire ou en réponse à l'influx nerveux. Le paquet de myofibrilles est attaché aux deux bouts à des tendons qui n'ont aucune fonction contractile. Si un muscle est maintenu constamment dans la même position, il perd des sarcomères. Il devient donc moins extensible (et aussi moins contractile). Sa course diminue et les articulations ne peuvent plus bouger aussi amplement. Si on veut conserver une bonne amplitude articulaire (pour tenir debout, pour marcher) il faut solliciter les muscles en allongement et en raccourcissement. Il faut les faire bouger. Ne pas seulement les maintenir étirés. Quand on maintient les muscles étirés longtemps, ils souffrent et ils fabriquent surtout du tendon. La chirurgie ne sait pas rajouter des sarcomères. Elle ne fait qu'allonger un peu les tendons ou les déplacer pour qu'ils soient moins gênants. C'est parfois tout de même indispensable, ne serait-ce que pour permettre la reprise de la verticalisation.

### II.2.3 L'objectif [3]

- Permettre le développement d'une posture stable et dynamique.
- Permettre une mise en charge du corps contre gravité, pour favoriser une croissance et un développement ostéo-articulaire harmonieux et symétrique.
- Permettre la maturation d'appuis fonctionnels au niveau des membres inférieurs.
- Contribuer à la construction des axes corporels gauche/droit et haut/bas.
- Favoriser des micromouvements autour de l'axe pour améliorer le redressement et les réactions de redressement.
- Prévenir les déformations orthopédiques.
- Stimuler l'orthostatisme vasculaire.
- Stimuler les fonctions digestives comme le transit, diminuer la constipation.
- Permettre de diminuer la force « contre pesanteur » et offrir accès à des mouvements impossibles en position basses.

## Chapitre II : verticalisation et verticalisateur

Voilà donc ce que cherchent les médecins orthopédiste, en verticalisant les enfants. Pour répondre au mieux à ces objectifs, il faut verticaliser peu de temps, sans tirer trop fort mais souvent.

### II.3 Les verticalisateur

#### II.3.1 Définition du verticalisateur

Le verticalisateur, appelé également releveur, est un appareil médical de transfert actif d'une personne. Il a pour objectif de permettre le transfert assis-debout par exemple du lit vers le fauteuil ou vers les toilettes en passant par la position.

#### II.3.2 Catégorie de patients

Le verticalisateur est conçu pour les patients dont la mobilité est réduite mais qui peuvent cependant prendre appui temporairement sur au moins une jambe, et qui ont besoin d'une aide mécanique pour être mis en station debout et être déplacé.

L'utilisation de ce genre d'appareils requiert une évaluation des capacités du patient debout et d'effectuer des changes.

#### II.3.3 Les type de verticalisateur [4]

Ce type de verticalisateur a été inventé par Bernard Cavin et coll. (anciennement, ergothérapeute chef de l'Hôpital Orthopédique de la Suisse Romande).

Il s'agit d'une approche moulée antérieurement à l'enfant. Il est dédié, selon notre analyse, aux enfants adoptants un schéma de flexion global et avec un contrôle de tête satisfaisant. Il possède principalement une composante de mouvements dans le plan sagittal avec quelques micromouvements dans le plan frontal et transverse.

Le centre de gravité est intériorisé ou en position neutre. Il offre la capacité à l'enfant de développer un redressement et des réactions de redressement principalement par un mouvement d'avant vers arrière. Il est le seul à pouvoir gérer de manière



**Figure II.1: verticalisateur de Bernard Cavin**

## Chapitre II : verticalisation et verticalisateur

optimale une flexion exagérée des hanches et des genoux.

Le moulage qui se réalise à même le corps stabilise au mieux la position du dos pour prévenir toutes déformations en scoliose chez les enfants quadriplégiques.

Le patron ci-contre est le même que le standing postérieur.

Lors du moulage, on pose le matériel Thermo formable sur un plan puis l'enfant y est couché en décubitus ventral.

### II.3.4 Coque mobile de verticalisation (CMV) [5]

Le CMV en acier simple monté avec une barre d'abduction.

Le CMV doit être utilisé dans les limites de poids conseillées et suivent l'appréciation de l'orthoprothésiste en fonction du patient à appareiller. Limite de poids 40, 60 et 100 Kg.

Il est destiné pour les malades atteints d'une IMC (insuffisance motrice cérébrale).

Ce matériel procure : autonomie – meilleure digestion – moins de risque d'ostéoporose – moins de risque d'escarres – sensation de bien être – socialisation.

### II.3.5 Corset siège mobile (CSM)

Destiné aux enfants IMC et polyhandicapés.

Le CSM est un support roulant, pivotant et réglable en hauteur, comportent un système de freinage et un dispositif inclinable pouvant recevoir plusieurs types d'assises pour corset siège.

Il dispose de nombreuses options qui permettront, à partir du module de base, la réalisation de plusieurs configurations en fonction des avantages recherchés. La modularité du CSM, allié à son faible encombrement et à son coût, en font une solution idéale pour une utilisation à domicile, en centre de rééducation et en milieu scolaire.

- ✓ Base roulante très stable grâce au réglage du centre de gravité, assure une sécurité optimale.
- ✓ Une assise innovante dans la fixation du socle du corset-siège, facilite l'adaptabilité et la mise en place.
- ✓ Réglable en hauteur et en déclive.



Figure II.2 : Coque mobile de verticalisation



Figure II.3: Corset Siège Mobile

## Chapitre II : verticalisation et verticalisateur

- ✓ Une gamme d'accessoires fonctionnels pour adapter accoudoirs, tablette, repose pieds...
- ✓ Un large choix de coloris.



**Figure II.5: Corset Siège Mobile**



**Figure II.4: Fauteuil Mobile**

### II.4 verticalisateur de type motilo[6]

#### II.4.1 Généralité

Le motilo se compose d'un châssis tubulaire ergonomique facilitant la déambulation disposant de nombreux réglages, et d'un corset-selle réalisé en fonction des mesures de chaque patient. Indiqué pour les enfants atteints d'une infirmité motrice cérébrale (IMC).

Le motilo, c'est la cohérence entre la posture et son déplacement.

#### II.4.2 Définition du motilo

Mobilité sur mesure le motilo est une aide à roues ambulation se compose de deux parties distinctes et complémentaires:

**Chassie:** construction industrielle avec 4 tailles disponibles en plusieurs couleurs.

**Selle posturale:** Fabriqués sur mesure individuellement pour chaque utilisateur.

#### II.4.3 les avantages du verticalisateur (motilo)

- Pelvienne latérale et contrôle du tronc en ambulation.
- Acquérir un modèle progressivement correct, stable et de manière contrôlée.
- Créer un producteur esthétique pour promouvoir la motivation de l'enfant et de leur environnement.
- Avoir l'autonomie dans sa vie quotidienne.
- C'est une posture adaptée à chaque enfant pour faciliter la marche.
- Etablir une cohérence entre la posture et son déplacement.

#### II.4.4 Principe de fonctionnement

##### Le châssis :

Dispose de 4 roues multidirectionnelles qui assurent la stabilité, deux d'entre eux contiennent le blocage des freins. La hauteur du guidon et l'inclinaison support réglable permet à l'enfant de mieux contrôler le véhicule et éviter l'excessive rotation du tronc. Il comprend un écran en plastique qui protège les jambes et empêche la marche. Il existe différentes options pour personnaliser le Motilo (roues directionnelles, extérieures, poussées, couleurs ...).

##### Selle posturale :

Est fixé au châssis par un mécanisme qui permet le réglage en hauteur et en inclinaison en fonction de l'utilisateur et de sa progression dans la déambulation.

## Chapitre II : verticalisation et verticalisateur

Règlement sont toujours effectués avec le patient. Le point d'inclinaison de départ est de 70 ° favorisant la propulsion par l'extension des membres inférieurs, comme l'utilisateur acquiert le motif de marche permet d'ajuster l'inclinaison par étapes jusqu'à 90 ° si l'utilisateur le permet.

Forme de selle posturale (qui est toujours aussi) devrait être maintenue et empêcher une attitude scoliotique ou de maintenir une échelle latérale causée par un hémiplegique de tendance. Si nécessaire, vous pouvez replacer un appui-tête pour contrôler le motif extenseur.

La conception de la selle posturale est déterminée par la pathologie et des indications de matériel thérapeutique, qui peuvent être des options symétriques ou asymétriques et différentes pour faciliter le placement de l'enfant.

### II.4.5 Les tailles principales du verticalisateur

Dans ce tableau en limite pour chaque taille du verticalisateur un poids, une taille, un Age de l'enfant, a partir de la 3ème année jusqu'à 15 / 16 âne, La base roulante est fabrique en 04 tailles.

<b>Tailles</b>	<b>Limite de taille</b>	<b>Limite du poids</b>	<b>Age (indicatif)</b>
<b>Taille 0</b>	1,00m	15 Kg	3 / 5 ans
<b>Taille 1</b>	1,20m	20 Kg	4 / 6 ans
<b>Taille 2</b>	1,40m	35 Kg	7 / 12 ans
<b>Taille 3</b>	1,60m	50 Kg	Jeun adulte

Tableau II.1 : Taille principales du verticalisateur

### II.4.6 Les dimensions principales

Les dimensions principale du verticalisateur sont choser par le concepteur en respectent certaine condition, diminuais le poids du châssis au maximum, mètre l'enfant dans une posture confortable, prendre en conte la croissance rapide de l'enfant.

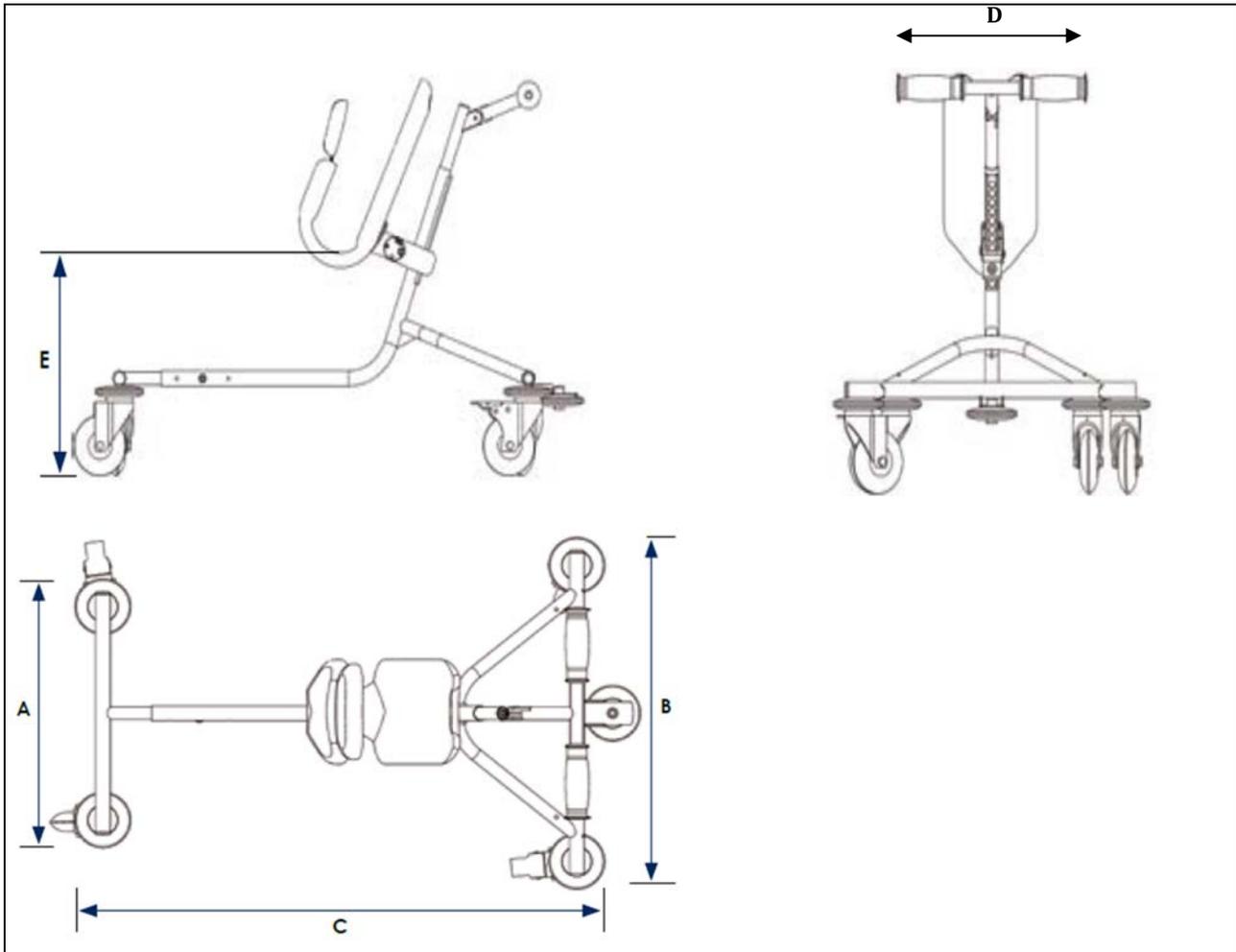


Figure II.6: Dimension principale du verticalisateur

	Taille 0 (T00K)	Taille 1 (T10K)	Taille 2 (T20K)	Taille 3 (T30K)
<i>A -Empattement arrière</i>	370mm	460 mm	530 mm	600mm
<i>B -Empattement avant</i>	480 mm	600 mm	700 mm	800mm
<i>C - Longueur</i>	650/ 700/ 750 mm	850/ 900/ 950 mm	1020/ 1070/ 1120 mm	1200/ 1250/ 1350 mm
<i>D - Largeur guidon</i>	270 mm	350 mm	450 mm	450 mm
<i>E -Sol/entrejambe</i>	de 215 à 380 mm	de 380 à 510 mm	de 500 à 650 mm	de 550 à 800 mm

Tableau II.2 : Dimension du verticalisateur

### II.4.7 Les réglages du verticalisateur :

Au fur et mesure que l'enfant grandit on peut apporter des réglages sur le verticalisateur suivant la longueur, la hauteur de la selle et du guidon et l'inclinaison de la selle pour une meilleure adaptation.

#### II.4.7.1 Réglage de l'empattement et guidon

- ✓ Le poignée (13) pour le hauteur du guidon.
- ✓ La vis (1) pour l'inclinaison du guidon.
- ✓ La vis (7) pour ajuster la profondeur du train arrière.

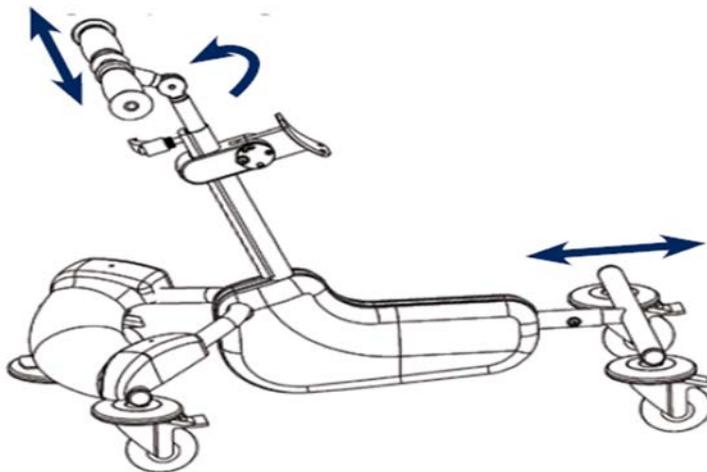


Figure II.7: Réglage de l'empattement et guidon

### II.4.7.2 Réglage de la hauteur et inclinaison de la selle

- Vis (12) la hauteur de selle.
- Vis (2) et (4) pour l'angulation de selle.

	Taille 0	Taille 1	Taille 2	Taille 3
A (mm)	215 / 380	380 / 510	500 / 650	550 / 800
B (°)	65° / 70° / 80° / 90°			

Tableau II.3 : Réglage de la selle

70°/80°/90° : réglages à donner lorsque l'enfant cherche à se redre dans ses déplacement.

65° : inclinaison propice aux débutants.

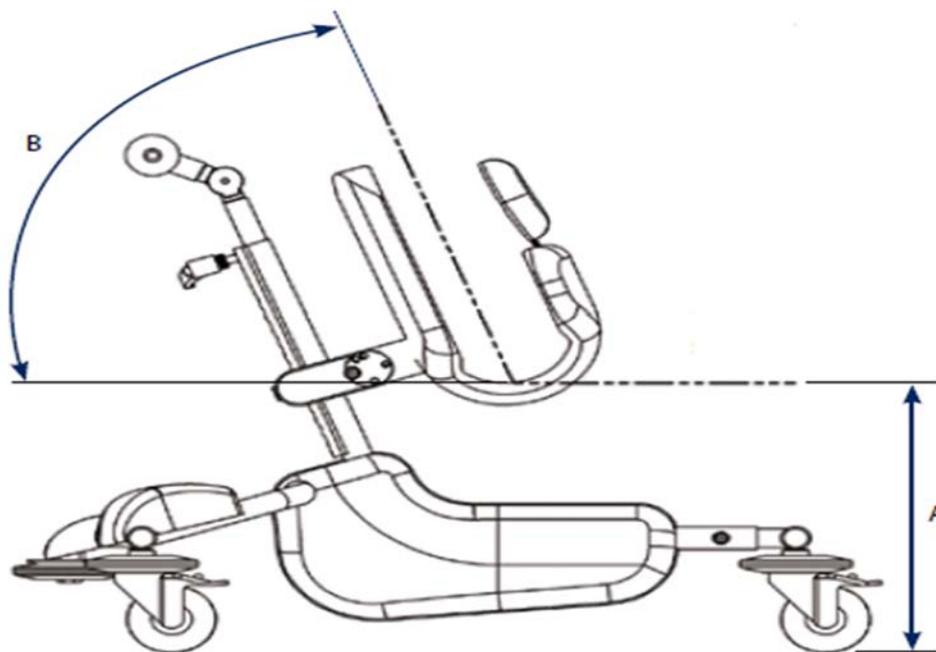


Figure II.8: inclinaison de la selle

### II.4.9 Compatibilité

La base roulante équipée d'une scelle sur mesure peut être utilisée avec les quelques accessoires qui permettent à l'enfant de mener une vie normale le plus possible, parmi ces accessoires on a :

Support de table il aide l'enfant à améliorer ses capacités intellectuelles et artistiques pour s'intégrer dans la société.

Canne de direction et poignées pour sortir l'enfant à l'extérieur.

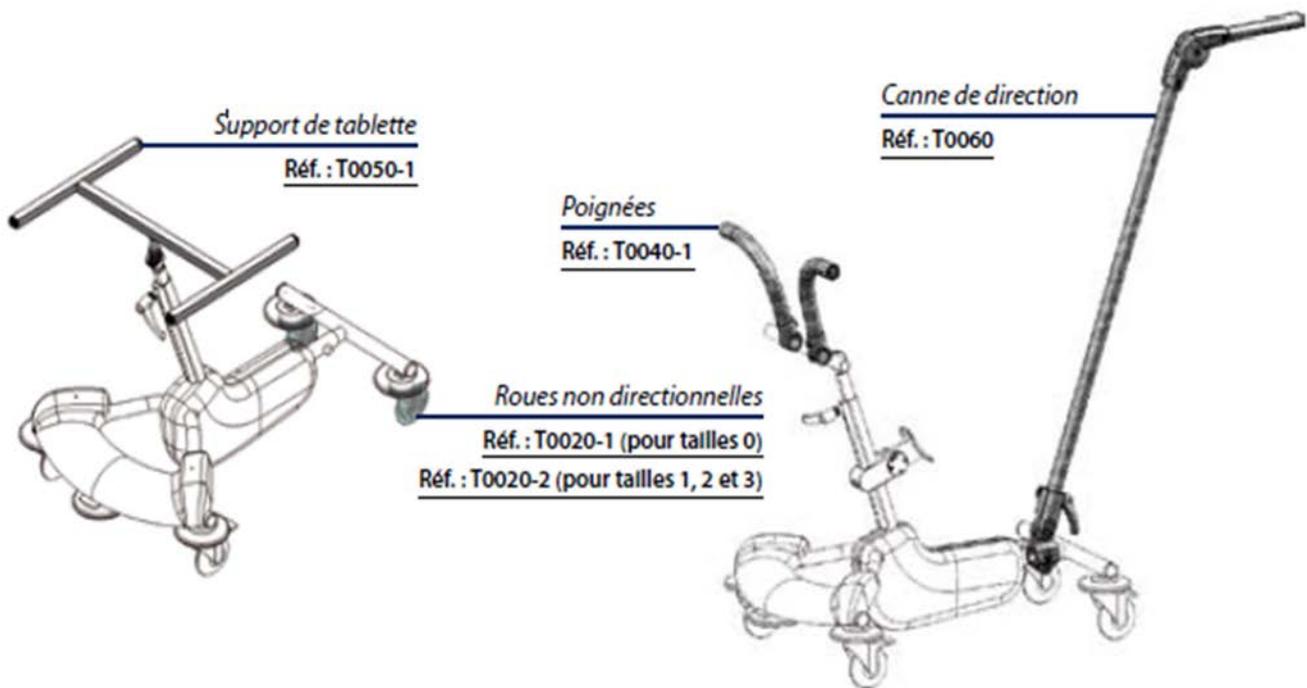


Figure II.9: accessoire du verticalisateur

### II.5 Conclusion

Le contrôle postural demeure un problème essentiel dans le traitement sensori-moteur de l'enfant avec paralysie cérébrale. La position debout aide au développement de mécanismes posturaux automatisés. L'utilisation de ces approches thérapeutiques donne des excellents résultats auprès d'enfants avec paralysie cérébrale, âgés en moyenne de 18 mois à 4 ans. Cette verticalisateur s'adapte à un environnement varié (maison, garderie, école spécialisée, grands-parents, etc...). Elle est bien acceptée par l'enfant et par ses parents et utilisée au minimum 30 minutes le matin et 45 minutes l'après-midi avec un programme progressif. Et rappelons surtout que la technique de fabrication est simple et peu coûteuse.

# Chapitre 03 :

Généralités sur les matériaux utilisés

## III.1 Introduction

Dans ce chapitre on va définir les matériaux, celui du châssis, de la scelle et des caches du verticalisateur.

Le choix d'un matériau pour une application donnée nécessite d'assurer sa durabilité dans les conditions d'emploi, en particulier environnementale et sa disponibilité sur le marché.

Un des meilleurs matériaux que l'on puisse utiliser pour la fabrication du châssis est l'acier. Ce matériau attire une attention croissante des chercheurs en raison de ses applications multiples. L'acier est un alliage composé essentiellement du Fer (Fe) très majoritaire et du carbone (C).

L'intérêt majeur des aciers réside dans leurs propriétés mécaniques satisfaisantes tel qu'une forte résistance à la déformation élastique, résistance au choc, néanmoins on peut leur reconnaître quelques inconvénients, notamment leur mauvaise résistance à la corrosion, à laquelle on peut toutefois remédier, soit par divers traitements de surface (peinture, galvanisation à chaud, brunissage) soit par ajout d'autres éléments d'alliages pour obtenir un acier inoxydable.

Dans la réalisation des caches et de la scelle, on a utilisé des polymères de type thermoplastique.

Les caches seront réalisés à l'aide d'une imprimante 3D, et parmi les thermoplastiques les plus utilisés, il y a deux types : le « PLA » et le « ABS », qui deviennent mous et malléables lorsqu'ils sont chauffés et qui reviennent à un état solide lorsqu'ils sont refroidis.

La selle est fabriquée avec la polyoléfine (polyéthylène, polypropylène...) elle appartient à la famille thermoplastique.

# Chapitre III : Généralité sur les matériaux utilisés

## III.2 Les aciers [7]

### III.2.1 Généralité sur les aciers

On appelle aciers les produits ferreux qui sont en général aptes au façonnage à chaud. A l'exception de certains aciers à haute teneur en chrome, ils contiennent moins de 2,1% de carbone, teneur limite qui les sépare des fontes définies par le diagramme d'équilibre fer-carbone.

### III.2.2 Définition

La norme définit l'acier comme un matériau contenant en masse plus de fer que tout autre élément et dont la teneur en carbone est généralement inférieure à 2,1 % et qui contient d'autres éléments.

*NOTE : Un nombre limité d'aciers au chrome peut avoir une teneur en carbone supérieure à 2,1%, mais cette valeur est la teneur limite courante qui sépare l'acier de la fonte*

### III.2.3 Diagramme d'équilibre fer-carbone [8]

Cette représentation graphique présente l'étendue des domaines de stabilité des différentes phases de l'acier en fonction des variables de composition et température.

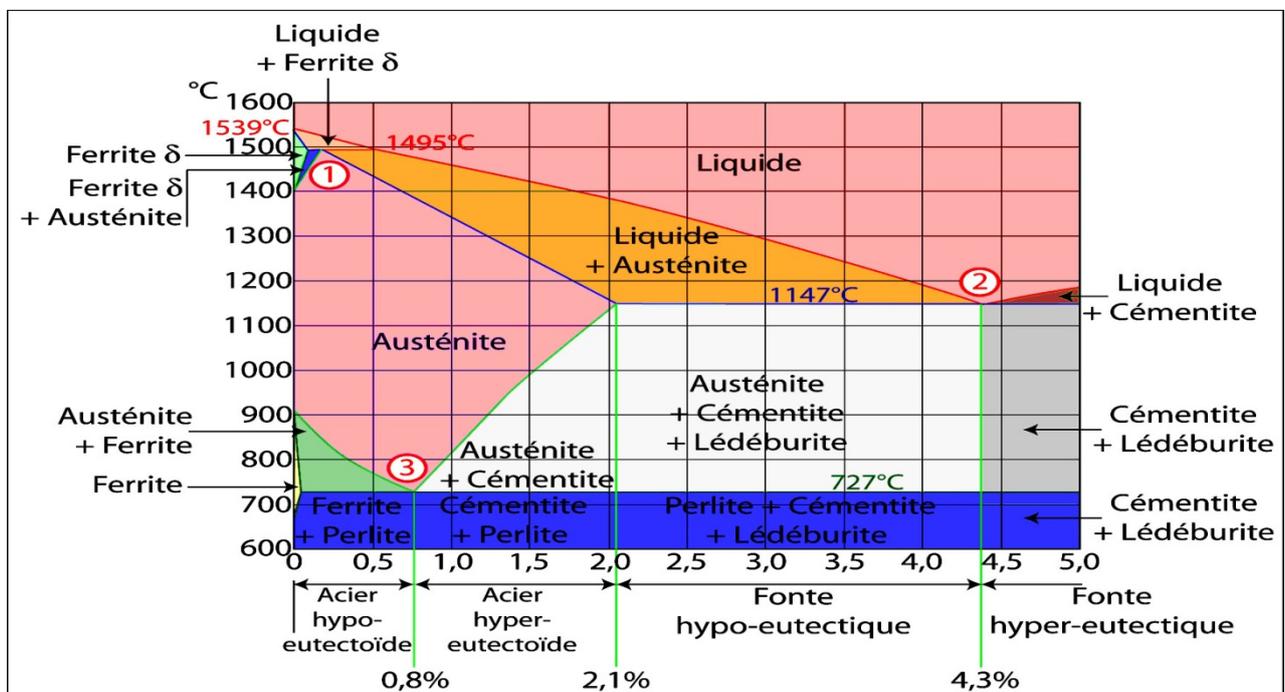


Figure III.10: Diagramme d'équilibre fer-carbone

## III.3 Les différents types d'aciers

### III.3.1 Les aciers ordinaires non alliés

Ce sont des aciers standards qui sont parfois improprement appelés aciers au carbone.

#### III.3.1.1 Aciers ordinaire ou à usage général (70% des aciers)

Ils sont caractérisés par une faible teneur en carbone, ce sont les plus utilisés est parmi les

Propriétés spécifiées: ténacité, formabilité, grosseur de grain...

#### Désignation:

Lettre (S, E, etc.) représentant la classe, suivie de la limite élastique à la traction en MPa ou N/mm<sup>2</sup> et d'indications complémentaires (S : soudable ; M : moulable ; TS : trempe superficielle.

S'il s'agit d'un acier moulé la désignation est précédée de la lettre G.

#### Exemple :

S355	Classe S: acier a usage général, Non moulé,
------	---

### III.3.2 Aciers de traitement thermique

Destinés aux traitements thermiques (trempe, cémentation) des pièces petites ou moyennes, ils sont caractérisés par une grande pureté et des éléments d'addition en très faible quantité.

**Application:** pièces moulées, forgées, engrenages, ressorts, lames, forets...

#### Exemple :

GC 35 E	Classe C: aciers spéciaux G : Acier moulé 0. 35% de carbone E: teneur en soufre
---------	--

### III.3.2 Les aciers alliés ou aciers spéciaux

Un alliage en acier est considéré comme fortement allié si l'un des éléments qui le compose représente plus de 5% du mélange. Dans le cas contraire, on dit qu'il est faiblement allié. Les alliages d'acier possèdent des caractéristiques spécifiques selon le ou les composant(s) qui sont ajoutés : nickel, chrome, manganèse ou étain.

## Chapitre III : Généralité sur les matériaux utilisés

### III.3.2.1 Les aciers faiblement alliés

Ce tableau représente les caractéristiques et la capacité de tous les aciers faiblement alliés.

Propriétés	Elément d'addition									
	Carbone	Si	Mn	Ni	Cr	W	Va	Mo	Co	Ti
Résistance à la traction	++	+	++	+	++	+	+	++	+	+
Dureté	++	+	++	+	++	+	+	++		
Malléabilité	-		+	++	+	+	+	+		+
Résilience	-		+	+	+	+	+	+	+	+
Magnétisme		-		-	+	++			++	
Résistance au feu	-	-	-	+	++	+		+		+
Elasticité	+	++	+		+		+	+		
Forgeabilité			+	+			+	+		+
Soudabilité	-	-	+				+	+		
Qualité de coupe	+	-			+	++	++	+	++	+
Commentaires: + Augmentation ++ Augmentation importants - Diminution										

**Tableau III.4 : les caractéristiques des aciers faiblement allie**

#### Désignation :

Pourcentage de carbone multiplié par 100, suivi des symboles chimiques des principaux éléments d'addition classés en ordre décroissant. Puis, dans le même ordre, les pourcentages de ces éléments multipliés par 4, 10, 100 ou 1000, suivant des normes précises représentées dans le tableau III.5.

#### Exemple :

G 35 Ni Cr Mo 16-8	G:Acier moulé 35: 0.35% de carbone 4% de nickel et 2% de chrome
--------------------	---

# Chapitre III : Généralité sur les matériaux utilisés

**Tableau III.5 : Coefficients multiplicateurs pour les éléments d'addition**

Coefficients multiplicateurs pour les éléments d'addition	
4	Cr, Co, Ni, Si, Mn, W
10	Pour tous les éléments : Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr
100	Ce, N, P, S
1000	B

## III.3.2.2 Les aciers fortement allié

Un alliage d'acier est considéré comme fortement allié si l'un des éléments qui le compose représente plus de 5% du mélange, c'est le cas des aciers inoxydables.

### Désignation :

La lettre X, symbolisant la famille, suivie des mêmes indications que pour les aciers faiblement alliés. La seule différence: pas de coefficient multiplicateur pour le pourcentage des éléments d'addition.

### Exemple :

G X 6 Cr Ni Ti 18-11	G : acier moulé X : catégorie des aciers fortement alliés 0.06% de carbone 18% de chrome 11% de nickel Des traces de titane
----------------------	--

## III.4 L'acier inoxydable [8]

L'histoire des aciers s'est heurtée, pendant des siècles à un problème majeur de résistance à la corrosion, qui n'a pu être résolu qu'à partir de l'année 1910.

Aujourd'hui, nous vivons un extraordinaire développement des aciers inoxydables, cela est dû en grande partie à la disponibilité des éléments métalliques entrant dans leur composition, c'est-à-dire le chrome, le nickel, le molybdène et le manganèse, ces derniers peuvent être utilisé comme substitut au nickel. Un métal est dit inoxydable s'il résiste bien à l'action de l'atmosphère à divers degrés d'humidité et de salinité, à des attaques chimiques (acides, bases, sels, tout autre agent de corrosion). Dans de nombreuses applications devenues de plus en plus sévères en termes de corrosion, on a dû substituer des aciers spéciaux et alliés à l'acier ordinaire. Les aciers réfractaires sont destinés au travail à chaud (températures supérieures à 500°C).

## Chapitre III : Généralité sur les matériaux utilisés

Dans des milieux agressifs tels que les milieux oxydants de toute nature (présence d'oxygène, soufre .....), réducteur hydrogène, les métaux et sels fondus etc. la température de fonctionnement élevée nécessite, de plus, une bonne tenue mécanique à chaud, en particulier une bonne résistance au fluage. La plupart de ces aciers réfractaire sont des aciers inoxydables dont les propriétés sont améliorées par des additions de molybdène, titane, niobium, etc. les aciers inoxydables comprennent un ensemble de familles d'alliages métallique qui contiennent tous du fer et du chrome : c'est essentiellement le chrome qui confère aux aciers une bonne résistance à la corrosion par formation en extrême surface d'une très fine couche d'oxyde de chrome non poreuse. Suivant leur teneur en chrome dont le seuil minimal est de 13% et les traitements métallurgiques qu'ils ont subis. Ils présentent un large éventail de propriétés.

### III.4.1 Les types d'aciers inoxydables

- a) **Aciers martensitiques** : leur teneur en chrome ne dépasse pas 17% et leur teneur en carbone, qui est en fonction de la teneur en chrome peut atteindre 1,1%.
- b) **Aciers ferritiques** : leur teneur en carbone est faible (inférieure à 0.08%). Un acier qui contient plus de 12% de chrome demeure ferritique, à toutes les températures : il ne peut plus prendre la trempe martensique. Ils peuvent contenir entre 12 et 30% de chrome. Ils sont aux chauffages sensibles au grossissement des grains, ce qui entraîne une dégradation de leur ductilité et de leur ténacité.
- c) **Aciers austénitiques** : malgré les progrès incontestables réalisés, en matière de ductilité et de ténacité par l'acier inoxydable ferritique, les aciers inoxydables austénitiques du type Fe-Cr-Ni représentent encore 80% du marché mondial. Comme le nickel est un élément gamma gène, il a tendance à stabiliser l'austénite. Selon leurs teneurs en chrome, en nickel et en carbone.

Outre ces trois familles inoxydables, il existe également des aciers qui contiennent, en proportion variable de l'austénite et de la ferrite, ce sont des aciers inoxydables austénoferritiques.

### III.4.2 Le choix de la nuance de l'acier inoxydable

Dans notre étude, on a trouvé que l'acier inoxydable doit avoir quelques caractéristiques indispensables pour la fabrication du châssis :

## Chapitre III : Généralité sur les matériaux utilisés

- Il doit être inoffensif pour la santé de l'enfant.
- Il résiste aux conditions atmosphériques et environnementales
- Disponible sur le marché.
- Soudable et malléable.

Pour satisfaire ces conditions, on a choisi l'acier inoxydable de type 304 est de désignation : X5Cr Ni 18 10

Le chrome assure la résistance à la corrosion. Le nickel améliore la ductilité et la résistance à certaines formes de corrosion.

### III.4.3 Désignation d'acier inoxydable X 5 Cr Ni 18 10

Les normes relatives à la classification des aciers inoxydables sont variables d'un pays à l'autre. Les nuances d'aciers inoxydables sont désignées en Europe par une série de chiffres de type 1.400 (norme EN 10088) et aux États-Unis par trois chiffres (norme AISI : American Iron and Steel Institute). Par exemple : 1.4301 (ou AISI 304) correspond à un inox austénitique qui comprend 18% de chrome et 10% de nickel. L'Euronorme indique aussi de manière plus détaillée la composition de l'acier inox X5 Cr Ni 18-10 (acier fortement allié désigné par la lettre X, la teneur en carbone multipliée par 100, les principaux éléments suivis de leur teneur en %).

## Chapitre III : Généralité sur les matériaux utilisés

### III.4.4 Les caractéristiques de l'acier inoxydable X5 Cr Ni 18-10

#### III.4.4.1 Composition chimique

La structure de ces aciers est une austénite  $\gamma$  (phase gamma amagnétique) avec présence éventuelle d'une phase ferritique  $\delta$  (delta) résiduelle. L'austénite métastable peut se transformer en martensite, par déformation plastique et/ou refroidissement à basse température. La stabilité de l'austénite peut-être augmentée par addition d'éléments gamma gènes : carbone, nickel, manganèse, azote, cuivre.....

Fe	C	Cr	Ni	Si	Mn	P	S	N
reste	Max 0.07	17.0 - 19.5	8.0 - 10.5	-	-	-	-	-

Tableau III.6 : Composition chimique de l'acier

#### III.4.4.2 Les propriétés mécaniques

Les aciers austénitiques possèdent une bonne résistance à la corrosion en général. Ils ne présentent pas de durcissement après traitement thermique, leurs caractéristiques mécaniques peuvent être augmentées par addition d'azote ou par déformation à froid.

Ces aciers sont en général livrés à l'état hypertrempe : ils ont subi un réchauffage à environ 1050°C (mise en solution des carbures chrome), puis un refroidissement rapide à l'air ou à l'eau (pour empêcher la précipitation des carbures de chrome).

Ils sont caractérisés par une bonne soudabilité associée à une bonne résilience à basse température, et une bonne sécurité vis-à-vis du risque de rupture fragile, ce qui justifie leur emploi dans le domaine des équipements sous pression.

En principe, voici les principales propriétés des aciers inoxydables austénitiques :

- Ductilité et résilience importantes, y compris à basse température.
- Acier facilement écrouissable sans fragilité.
- Pas de limite élastique.
- Léger fluage à température ambiante.
- Bonne soudabilité.
- Faible conductibilité thermique.
- Coefficient de dilatation élevé.

### III.4.5 Les avantages et domaine d'utilisation

La principale propriété de ces aciers est leur excellente résistance à la corrosion, ce qui leur donne une durée de vie quasi exceptionnelle dans la très grande majorité des milieux. A cette propriété fondamentale, s'ajoutent les caractéristiques mécaniques élevées à hautes comme à basses températures (résistance mécanique, ductilité, ténacité.....)

En raison de leur résistance à la corrosion et de leurs finis de surface de tout premier rang, les aciers inoxydables jouent un rôle prépondérant dans l'industrie aéronautique, chimique pharmaceutique et agroalimentaire, l'architecture et même la bijouterie.

### III.5 Les polymères [9]

Le mot polymère vient du grec « polus » plusieurs, et « meros » partie. Le concept de polymère a moins d'un siècle, parce que pendant longtemps les chimistes n'ont pas admis qu'une molécule pouvait être très grosse. Un polymère est en effet une macromolécule obtenue par la répétition d'une unité constitutive, encore appelée unité de répétition, comportant un groupe d'atomes liés par des liaisons covalentes.

Ils sont classés en deux catégories: les thermoplastiques et les thermodurcissables.

#### III.5.1 Les thermoplastiques:

Ils se ramollissent à chaud et peuvent être moulés en conservant la forme après refroidissement; c'est ceux que l'on étudie dans la suite (ex: PVC, polyéthylènes, ABS). Les propriétés macroscopiques sont essentiellement dues à la structure et aux liaisons intermoléculaires.

## III.6 L'ABS [10]

### III.6.1 Définition L'ABS

Fabriqué à base de pétrole, il s'agit du matériau le plus polyvalent car compatible avec presque toutes les imprimantes 3D, y compris les dérivés de l'ABS, qui est soluble dans l'acétone permet de souder les pièces métalliques avec une goutte ou deux, ou de lisser et créer un effet brillant par brossage ou trempage de pièces entières dans l'acétone. Sa force, sa souplesse et sa meilleure résistance à la température font de lui le matériau préféré pour les ingénieurs, et les applications professionnelles.

Une bobine de 1kg d'ABS de 1,75 mm mesure en moyenne 410 mètres et 140 mètres en 3 mm.

- Température d'impression : entre 220 et 260 °C / Plateau chauffant entre 60 et 110°C
- Densité : 1,01g/cm<sup>3</sup>
- Points forts : Matériau polyvalent et particulièrement résistant, supporte bien les écarts de température.
- Points faibles : Odeurs pendant l'impression et parfois sujet au warping (décollement des bords de la pièce)



Figure III.11 : cartouche de l'imprimante 3D

### III.6.2 Les Avantages de l'ABS:

- Il est bon marché ;
- inodore et non toxique ;
- Indéchirable ;
- Très résistant à la fatigue et à la flexion (fabrication de charnières) ;
- Chimiquement inerte ;
- Stérilisable et recyclable ;

- Un excellent isolant électrique

### III.7 Polyéthylène (PE)

#### III.7.1 Définition

Le polyéthylène, ou polythène (sigle générique PE), est un des polymères les plus simples et les moins chers.

C'est un matériau semi cristallin obtenu par la polymérisation de l'éthylène.

C'est le plus important polymère de synthèse, devant le polypropylène (PP), le polychlorure de vinyl (PVC) et le polystyrène (PS). Sa production mondiale était d'une quarantaine de millions de tonnes en 2010.

#### III.7.2 Propriétés chimiques

Propriétés chimiques du PE vis-à-vis des agents chimiques sont déterminées par leur structure paraffinée apolaire, par son caractère cristallin et sa très haute masse moléculaire. Il résiste bien aux acides forts (les acides inorganiques) et les bases fortes (les solutions salines), mais il est attaqué par les acides oxydants (les acides nitriques concentrés).

Il se gonfle dans les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques et dans leurs dérivés halogénés, dans lesquels il se dissout à température élevée, ce qui explique sa grande perméabilité aux vapeurs de ces produits. Il est également peu perméable à la vapeur d'eau, à cause de son caractère hydrophobe (l'absorption d'eau est d'environ 0.01% et 0.5 % pour le PE contenant du noir de carbone).

#### III.7.3 Propriétés mécaniques

Le PE est un thermoplastique résistant au choc et à l'impact, même à des basses températures ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ), due à sa faible température de transition vitreuse « $T_g$ » (jusqu'à  $-110^{\circ}\text{C}$ ). Cette résistance est d'autant meilleure que :

- La masse molaire est plus élevée.
- La cristallinité est plus faible.
- La distribution des masses moléculaires est plus large.

Le touché paraffinée du PE lui assure un faible coefficient de friction. Sa résistance à l'abrasion augmente avec la masse moléculaire et la cristallinité.

### III.7.4 Les avantages de PE

- ✓ Mise en œuvre aisée.
- ✓ Excellentes propriétés d'isolation électrique.
- ✓ Résistance aux chocs.
- ✓ Grande inertie chimique.
- ✓ Qualité alimentaire
- ✓ Perte du caractère perméable des PE que ce soit à l'eau, mais aussi à l'air et aux hydrocarbures.

### III.8 Conclusion

Pour la réalisation de cet appareil, nous avons choisi ces matériaux pour leur disponibilité sur le marché, leur prix abordable et leur qualité médicale qui est inoffensive pour la santé de ces enfants.

Toutefois ces matériaux peuvent être changés ou remplacés, lors de la réalisation si ils deviennent trop chères.

# Chapitre 04 :

Étude et conception du verticalisateur

## IV.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude statique du châssis et à la conception des pièces (châssis, cache et scelle) du verticalisateur avec les éléments standards (vis, boulon, roues) à l'aide de la « CAO » conception assistée par l'ordinateur précisément avec un logiciel dénommé SolidWorks.

## IV.2 La CAO (conception assistée par ordinateur)

### IV.2.1 Définition de la CAO

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits.

Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Le résultat, appelé maquette numérique qui constitue alors un véritable prototype évolutif.

### IV.2.2 Domaines de la CAO

Le développement rapide de la CAO a permis presque à tous les domaines de l'industrie d'en profiter des avantages que présente cette technique, parmi ces domaines on cite :

- Fabrication mécanique : conception des moules, usinage des pièces, outillage divers.
- Domaine de la mécanique classique : simulation et calcul des matériaux, résistance des matériaux, vibration et acoustique.
- Aéronautique : conception des coques d'avions, calculs d'écoulement et aérodynamique.
- Automobiles et transports divers.

### IV.2.3 Avantages de la CAO

La CAO possède un nombre important d'avantages qui contribuent énormément à l'amélioration de l'industrie en général, de ce fait elle est devenue un élément essentiel. Parmi ces avantages :

- Gain de temps et productivité pour les équipes de conception avec l'utilisation de la modélisation solide.
- Amélioration considérable de la qualité des produits du fait que la CAO permet de contrôler leurs qualités avant même leurs productions.
- Diversification de la production, par la possibilité de conception des formes complexes.

- Importance des échanges entre concepteurs et réalisateurs, du fait d'une définition beaucoup plus complète en CAO.

### IV.2.4 Application

SolidWorks est un logiciel de conception en trois dimension (volumique, surfacique) de nouvelle génération, il est organisé en modules fonctionnelle nommés atelier , permettant chacun de créer ou de modifier un type de l'objet bien précis et peut aussi simuler les différentes déformations qui peuvent solliciter les pièces. Il nous a permet de réaliser les pièces du verticalisateur ainsi de faire l'assemblage et pour éclaircir les détails on a utilisé la mis en plan.

### IV.3 Les étapes de la conception

Premièrement, nous avons conçu les pièces du châssis sous forme de tube, en respectant les dimensions des tailles standards, puis nous avons choisi l'acier inoxydable X5 Cr Ni 18 10 pour étudier sa résistance.

Deuxièmement, nous avons conçu les caches et la selle en plastique.

Ensuite, l'utilisation de la commande « assemblage » nous a permis d'effectuer le montage de toutes les pièces en formant un verticalisateur complet et la détection des interférences qui peuvent exister entre les pièces assemblées.

Enfin, la commande « SolidWorks simulation » nous a permis de vérifier la résistance du châssis par rapport au chargement.

# Chapitre IV : étude et conception du verticalisateur

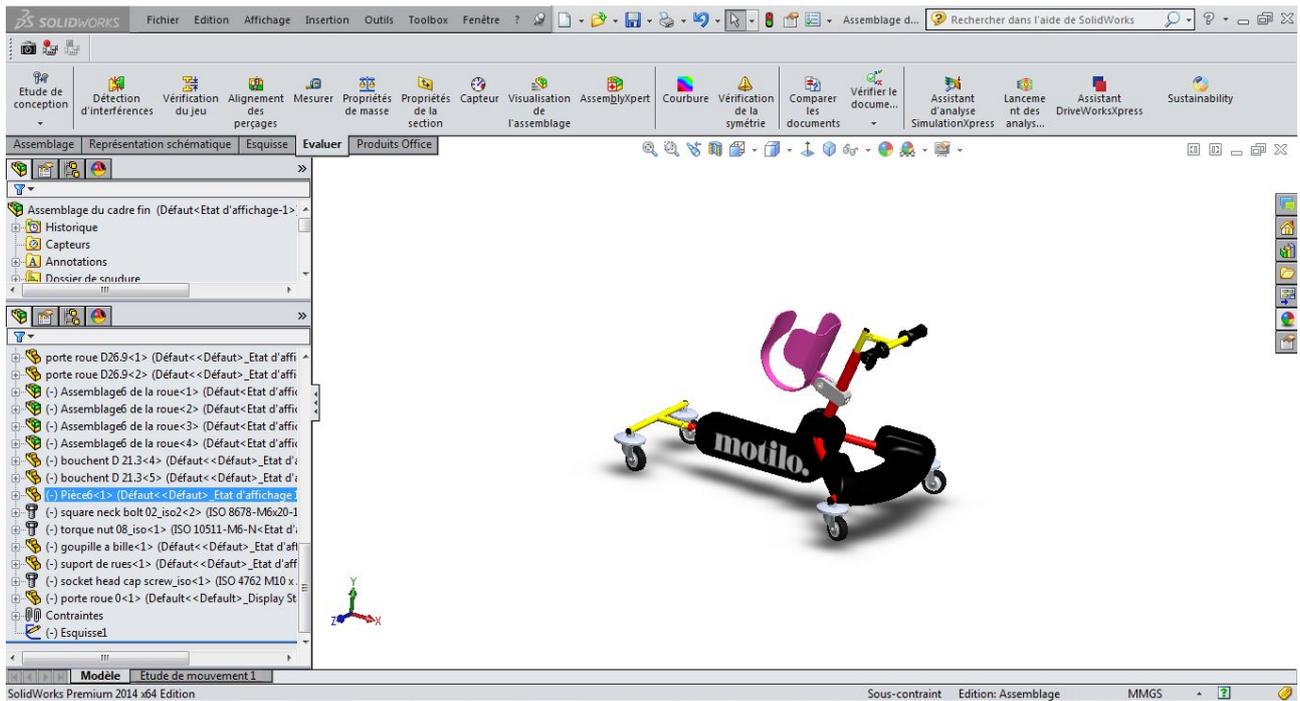


Figure IV.12 : interface d'utilisation SolidWorks

## IV.4 Module Simulation SolidWorks

### IV.4.1 A propos de SolidWorks Simulation

SolidWorks Simulation est un outil d'analyse de conception qui repose sur la méthode des éléments finis. SolidWorks Simulation appartient à la famille des produits logiciels d'analyse mécanique développés par SRAC qui fait aujourd'hui partie de SolidWorks Corporation. Etabli en 1982, la société SRAC est la première à mettre en œuvre l'analyse par éléments finis sur ordinateur de bureau. En 1995, SRAC pénètre le nouveau marché des logiciels d'analyse par éléments finis économiques en s'associant à SolidWorks Corporation et en créant le logiciel COSMOS Works, l'un des premiers produits SolidWorks Gold, le logiciel COSMOS Works devient rapidement le complément d'analyse le plus vendu chez SolidWorks Corporation. Suite à la réussite commerciale du produit COSMOS Works intégré aux logiciels de CAO SolidWorks Simulation pour 2010.

### IV.4.2 Calculs

Chaque degré de liberté à chaque nœud d'un maillage d'éléments finis constitue une inconnue. Dans une analyse de structures, les degrés de liberté affectés aux nœuds s'apparentent à des déplacements nodaux. Les déplacements sont des inconnues principales qui sont toujours calculées en premier.

## Chapitre IV : étude et conception du verticalisateur

Si des éléments volumiques sont utilisés, trois composants de déplacement ou trois degrés de liberté (les trois inconnues) par nœud doivent être des éléments coque utilisés, six composantes de déplacement ou six degrés de liberté (les six inconnues) par nœud doivent être calculés. Tous les autres aspects de l'analyse, tels que les contraintes et les déformations, sont calculés en fonction des déplacements nodaux. En fait, certains programmes d'analyse par éléments finis offrent des solutions avec un calcul de contraintes facultatives.

### IV.4 .3 Le module Simulation

Objectif : La méthode des éléments finis est un outil puissant pour résoudre des problèmes complexes dans des domaines variés tels que le transfert de chaleur, la mécanique des fluides, les vibrations et bien sûr la résistance des matériaux. L'objectif est de simuler le chargement sur le châssis du verticalisateur.

La mise en œuvre d'un problème d'analyse par la méthode des éléments finis nécessite la réalisation des tâches suivantes :

- ✓ Modélisation géométrique de la pièce ou de l'assemblage.
- ✓ Définition des propriétés mécaniques et physiques du matériau.
- ✓ Mise en place des conditions frontière (déplacements imposés).
- ✓ Application du chargement.
- ✓ Création d'un maillage (discrétisation de la géométrie).
- ✓ Exécution de la solution.
- ✓ Analyse des résultats.

Notre modèle sous forme Assemblage .SLDASM. On est prêt à entreprendre notre analyse par éléments finis.

### IV.4.3.1 La nomination de l'étude

Dans l'onglet Options → Compléments → rendre actif SolidWorks Simulation. On patiente cela peut prendre un peu de temps. Dans notre barre d'outils, l'onglet Simulation doit apparaître, on le sélectionne.

On déroule le bouton Étude et on sélectionne «Nouvelle étude». On lui donne le nom «Analyse statique 1 ».

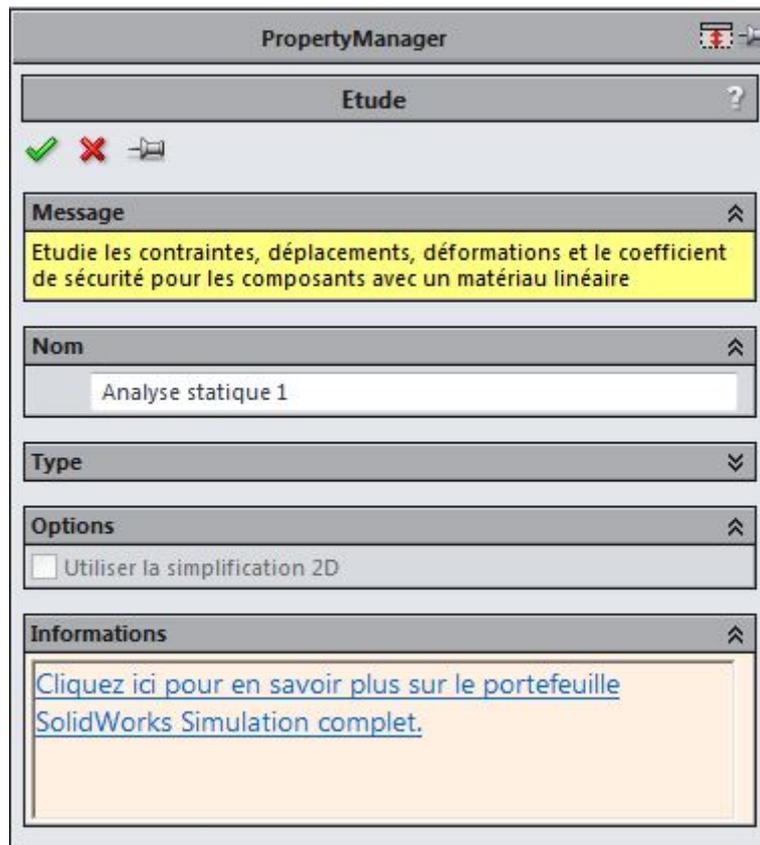


Figure IV.13: Nom de l'étude

### IV.4.3.2 choix du matériau

Sous l'arbre de création apparaît notre étude de simulation. On sélectionne l'assemblage, puis clique bouton droit et on sélectionne Appliquer/Éditer matériau.

On sélectionne Acier inoxydable, puis appliquer.

## Chapitre IV : étude et conception du verticalisateur

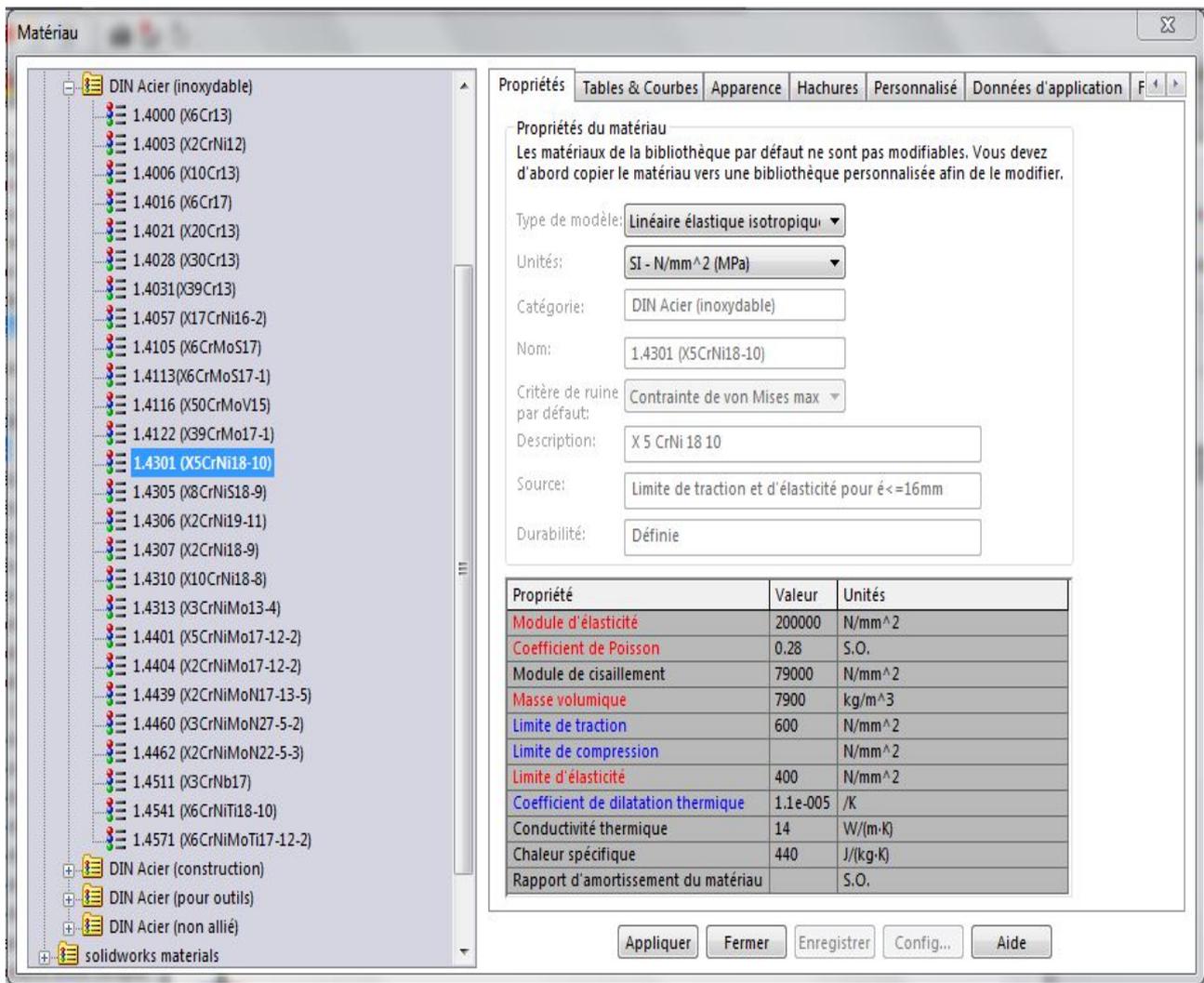


Figure IV.14 : Choix du matériau

Propriété mécanique du matériau donne par SolidWorks

Nom:	1.4301(X5CrNi181)
Type de modèle:	Linéaire élastique isotropique
Critère de ruine par défaut:	Contrainte de von Mises max.
Limite d'élasticité:	400 N/mm <sup>2</sup>
Limite de traction:	600 N/mm <sup>2</sup>
Module d'élasticité:	200000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de Poisson:	0.28
Masse volumique:	7900 g/cm <sup>3</sup>
Module de cisaillement:	79000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de dilatation thermique:	1.1e-005 /Kelvin

Tableau IV.7 : propriété mécanique du matériau

### IV.4.3.3 Mise en place des conditions frontières

Application d'un dépassement impose, nous allons fixer les quarts écrous aux quelle se fixe les roue (blocage de la rotation et de la translation du châssis), on sélectionne Déplacement Imposer, Géométrie Fixe, et on clique sur les faces plane des écrous.

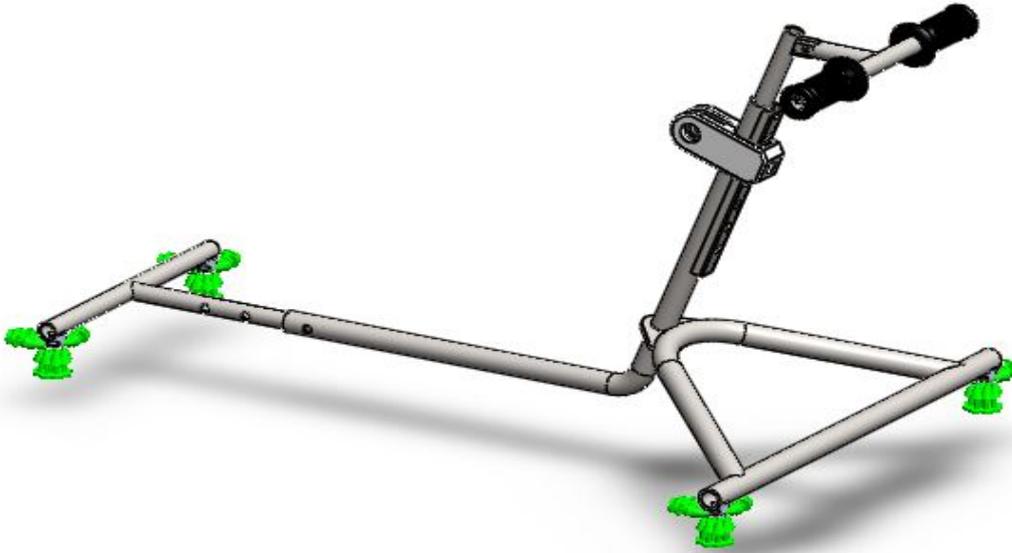


Figure IV.15 : Blocage des degrés de liberté

### IV.4.3.4 Application du chargement

On impose le chargement en sélectionnant Chargements externes, bouton droit — >chargement / masse à distance et régler la force ou niveau de la selle pour simuler la force exercer par l'enfant orienter vers le sol d'une valeur de 400 N.

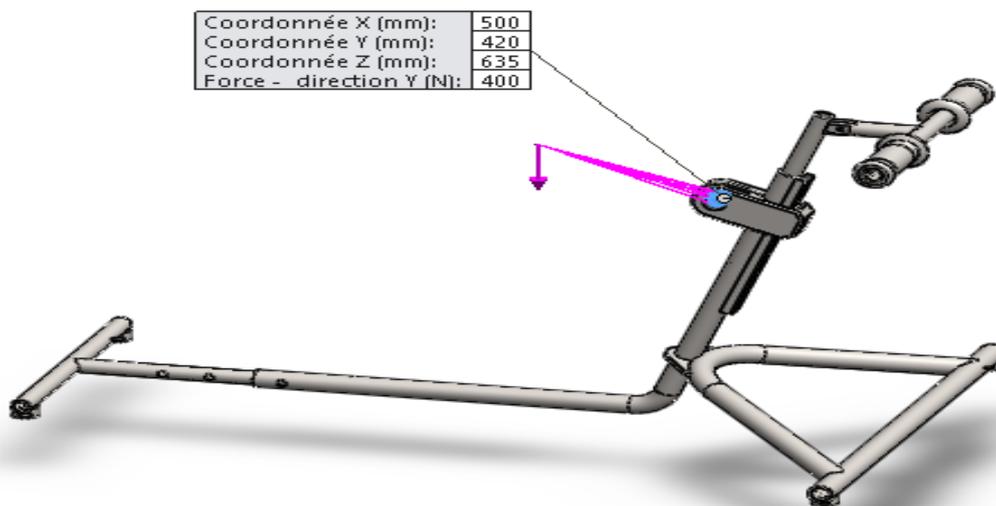


Figure IV.16 : Le chargement

## IV.4.3.5 Création d'un maillage

On sélectionne Maillage, bouton droit → Créer le maillage. Le bouton glissière détermine la finesse du maillage et donc la précision du modèle, mais également la charge de calcul du maillage.

On peut cacher ou montrer le maillage de la géométrie en cliquant bouton droit sur maillage dans l'arbre de simulation.

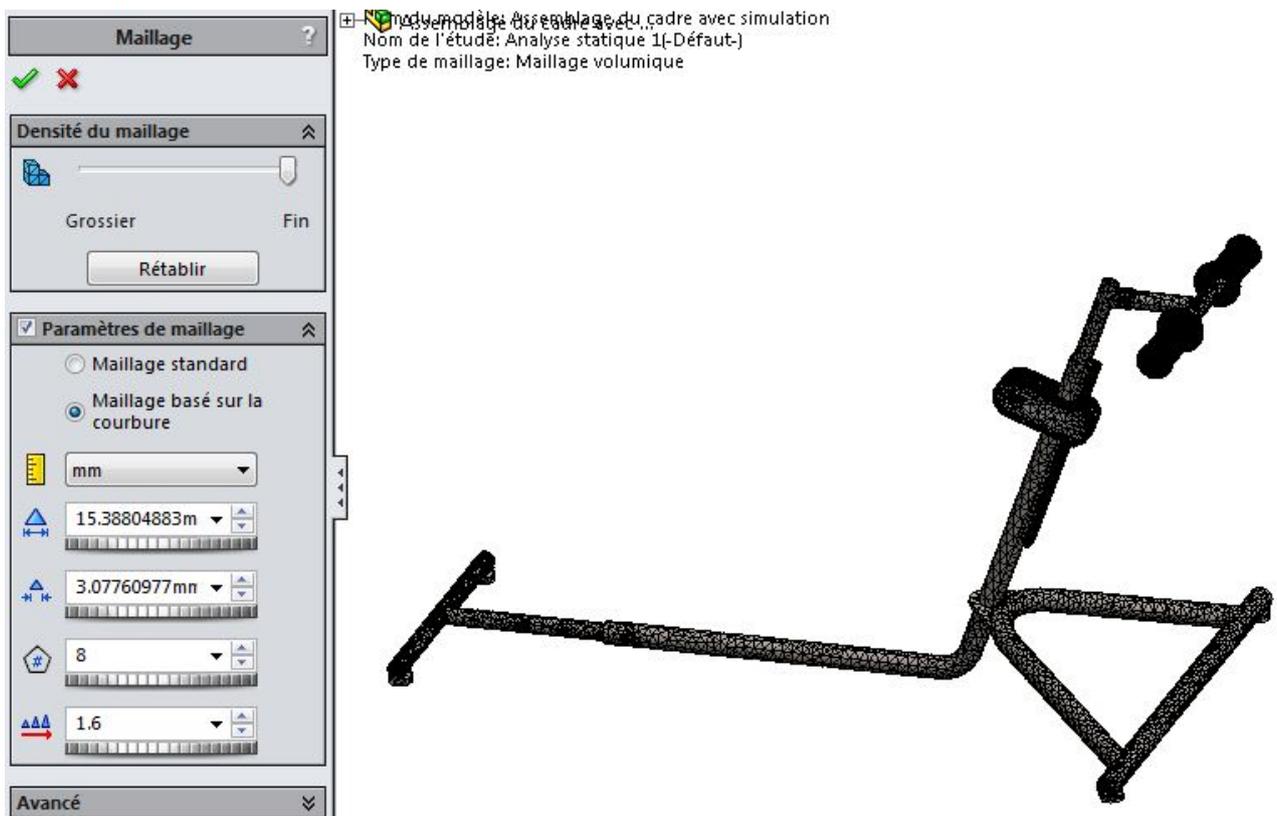


Figure IV.17 : Maillage

### A - Informations sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Maillage utilisé:	Maillage basé sur la courbure
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément maximum	15.388 mm
Taille d'élément minimum	3.07761 mm
Qualité de maillage	Haute
Remailler les pièces en échec avec un maillage incompatible	Désactivé(e)

Tableau IV.8(A) : information sur le maillage

## B - Informations sur le maillage – Détails

Nombre total de noeuds	110604
Nombre total d'éléments	57938
Aspect ratio maximum	21.712
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	76.8
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0.0552
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh:mm:ss):	00:00:12
Nom de l'ordinateur:	CBSCOMPUTER-PC

Tableau IV.8(B) : information sur le maillage

### IV.4.3.6 Résultats de l'étude

Exécuter la simulation. On obtiendra la distribution des contraintes sur le châssis

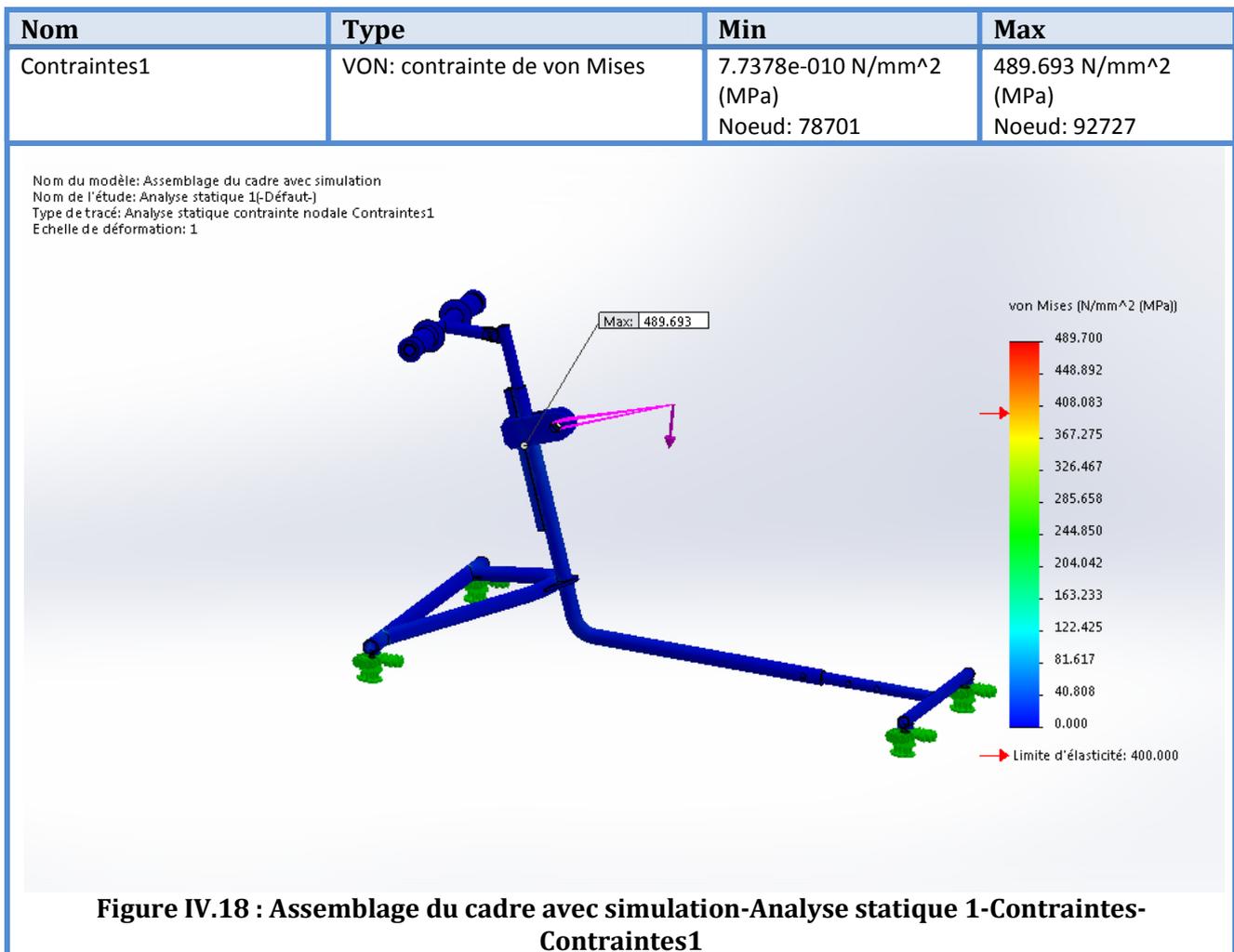
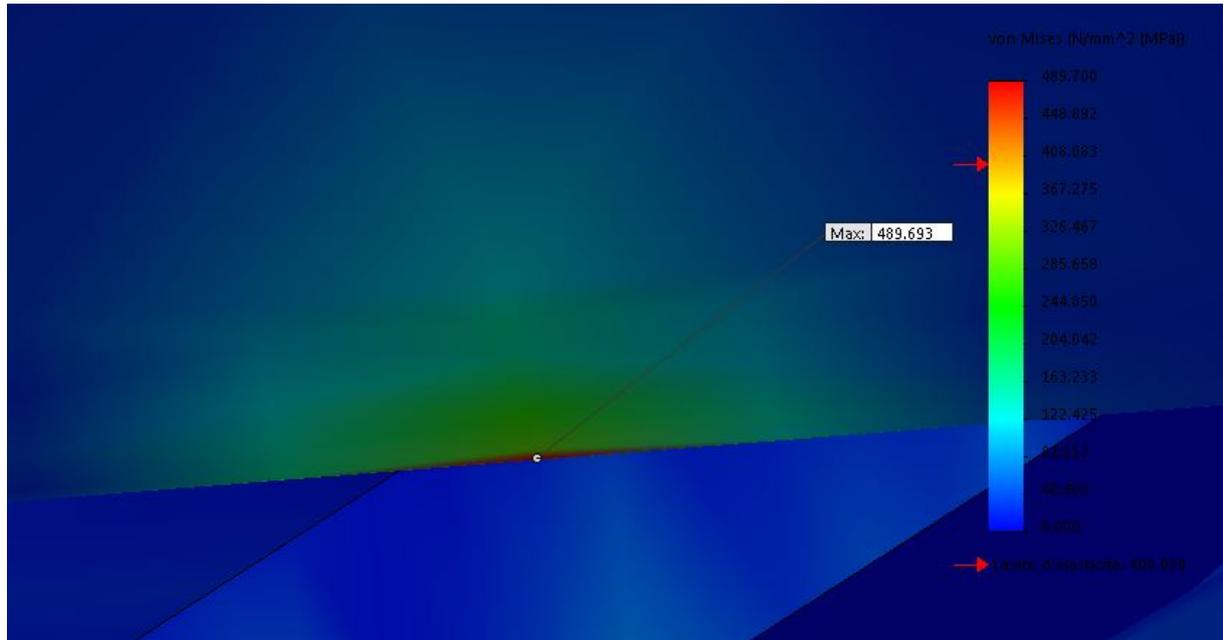


Tableau IV.9 : Résultat de la distribution des contraintes 1<sup>er</sup> étude

On remarque que la contrainte maximale de Von Mises est de  $489.7\text{N/mm}^2$ . On clique sur la zone maximale de la contrainte de Von mises, ensuite celle-ci nous donne son emplacement exacte.



**Figure IV.19 : Zone de concentration de contraint**

On voit une zone rouge qui se forme sur l'arrondi (congé) de la pièce « porte selle » et cela est dû à la concentration des contraintes de chargement sur l'arrondi.

Pour cela on a supprimé l'arrondi et on la remplace par une arête perpendiculaire.

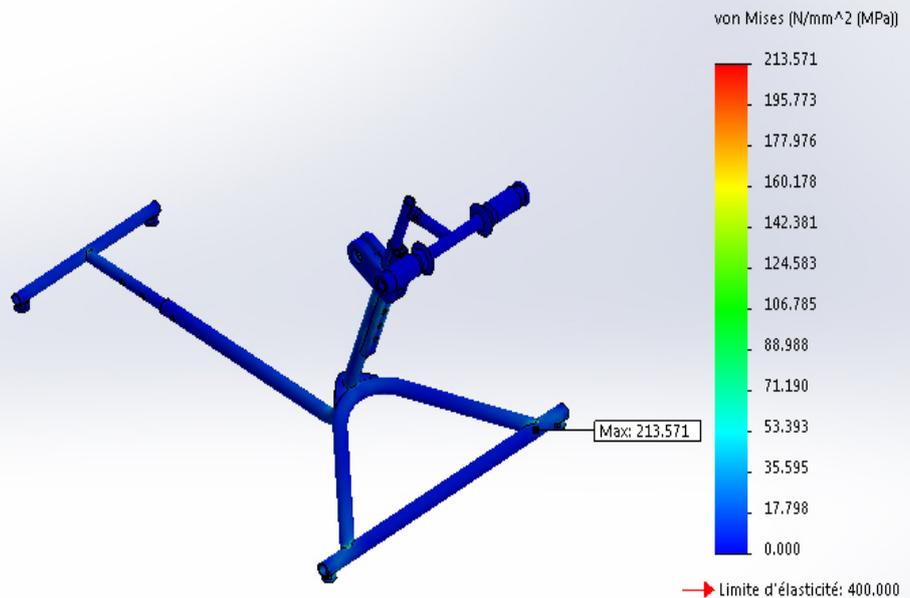
## IV.4.3.7 Résultat de nouvelle étude

On remarque la diminution des contraintes jusqu'à 213.571 N/mm<sup>2</sup>, qui est très inférieure à la limite élastique de 400.000 N/mm<sup>2</sup>.

### a. Contrainte de Von Mises

Nom	Type	Min	Max
Contraintes1	VON: contrainte de von Mises	7.1738e-010 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Noeud: 78929	213.571 N/mm <sup>2</sup> (MPa) Noeud: 46881

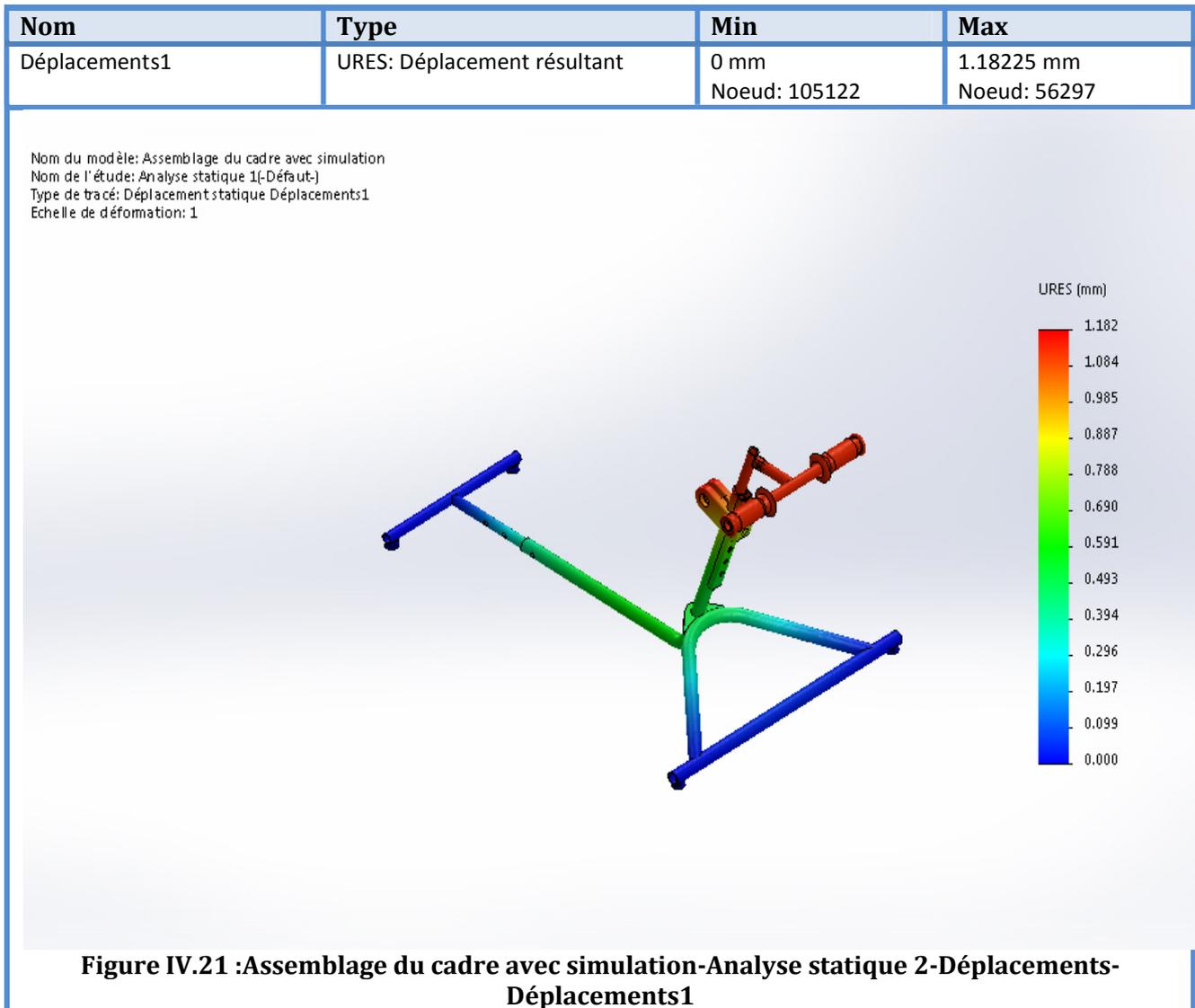
Nom du modèle: Assemblage du cadre avec simulation  
 Nom de l'étude: Analyse statique 1(-Défaut-)  
 Type de tracé: Analyse statique contrainte nodale Contraintes1  
 Echelle de déformation: 1



**Figure IV.20 : Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 2-Contraintes-Contraintes1**

**Tableau IV.10 : Résultat de la distribution des contraintes de la 2ème étude**

## b. Le déplacement résultant



**Tableau IV.11 : Résultat de la distribution des déplacements sur le cadre**

## c. Les déformations équivalentes

Nom	Type	Min	Max
Déformations1	ESTRN: Déformation équivalente	7.53765e-015 Elément: 39829	0.000872785 Elément: 54962

Nom du modèle: Assemblage du cadre avec simulation  
 Nom de l'étude: Analyse statique 1(-Défaut-)  
 Type de tracé: Déformation statique Déformations1  
 Echelle de déformation: 1

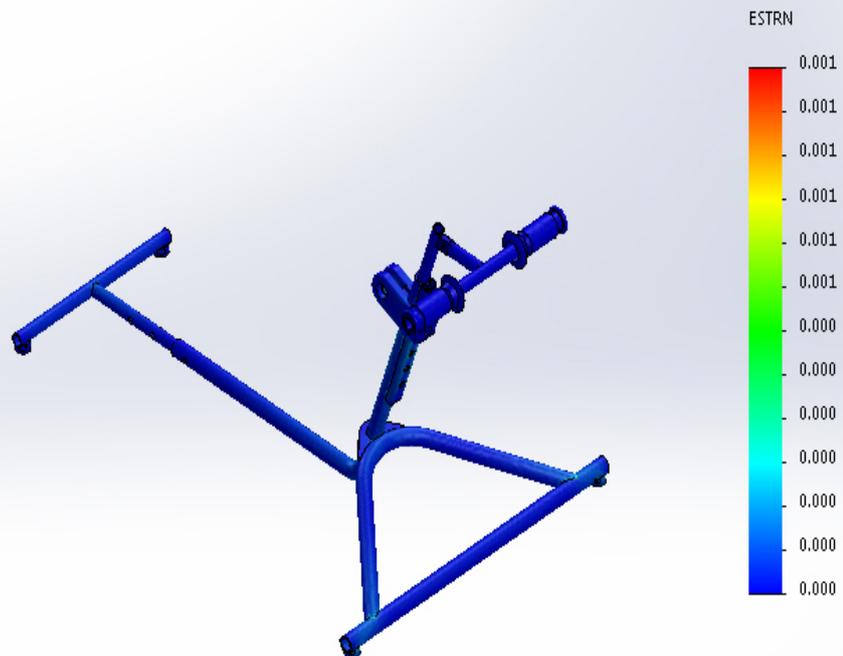


Figure IV.22 : Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 2-Déformations-Déformations1

Tableau IV.12 : Assemblage du cadre avec simulation-Analyse statique 2-Déformations

## IV.5 Réalisation du modèle

### IV.5.1 Nomenclature des pièces

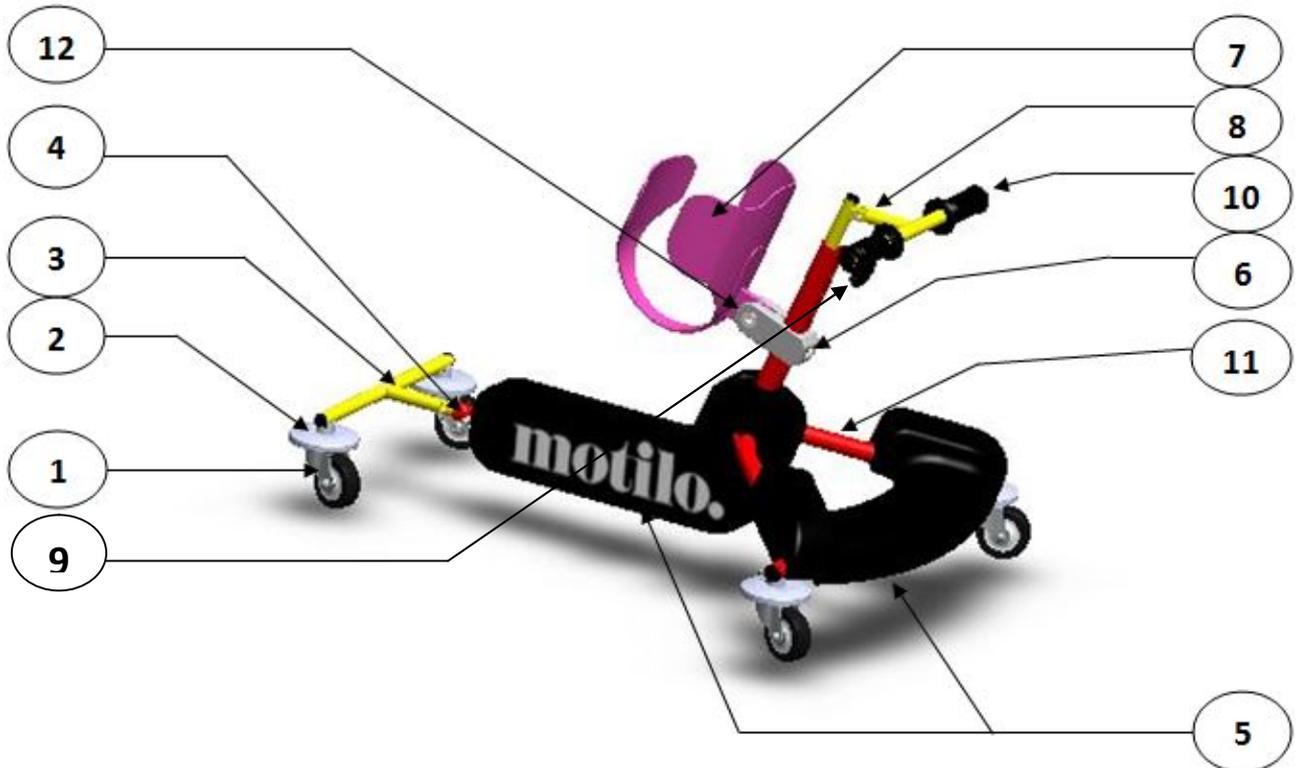


Figure IV.23 : Verticalisateur de type motilo

Tableau IV.13 : nomenclature des pièces

Numéros	Nom
1	Roue directionnelle
2	Butoir
3	Empâtement arrière
4	Goupille
5	Cache
6	Emplacement de la vis son tête
7	Selle
8	Guidon
9	Molète
10	Poigne
11	Empâtement avant
12	Emplacement d'une vis CHC

### IV.5.2 Caractéristiques des pièces

#### IV.5.2.1 Les pièces fabriquées

##### A. Le châssis :

Le châssis se compose d'un guidon et d'un empâttement avant et arrière en tube d'acier inoxydable, on a la possibilité d'augmenter sa longueur et sa hauteur, les éléments du châssis sont assemblés sans soudage.

Le type de soudure qu'on peut utiliser c'est la soudure MIG (Metal Inert Gas) :

Encore appelé semi-auto, il est très adapté à la petite industrie : facile à l'emploi ; arc visible ; pas de laitier ; grande vitesse de soudage ; temps de formation réduit. Il utilise une électrode fusible (fil déroulant automatiquement) travaillant en atmosphère inerte (gaz protecteur : argon, argon + hélium, etc.) afin de protéger le bain de fusion.

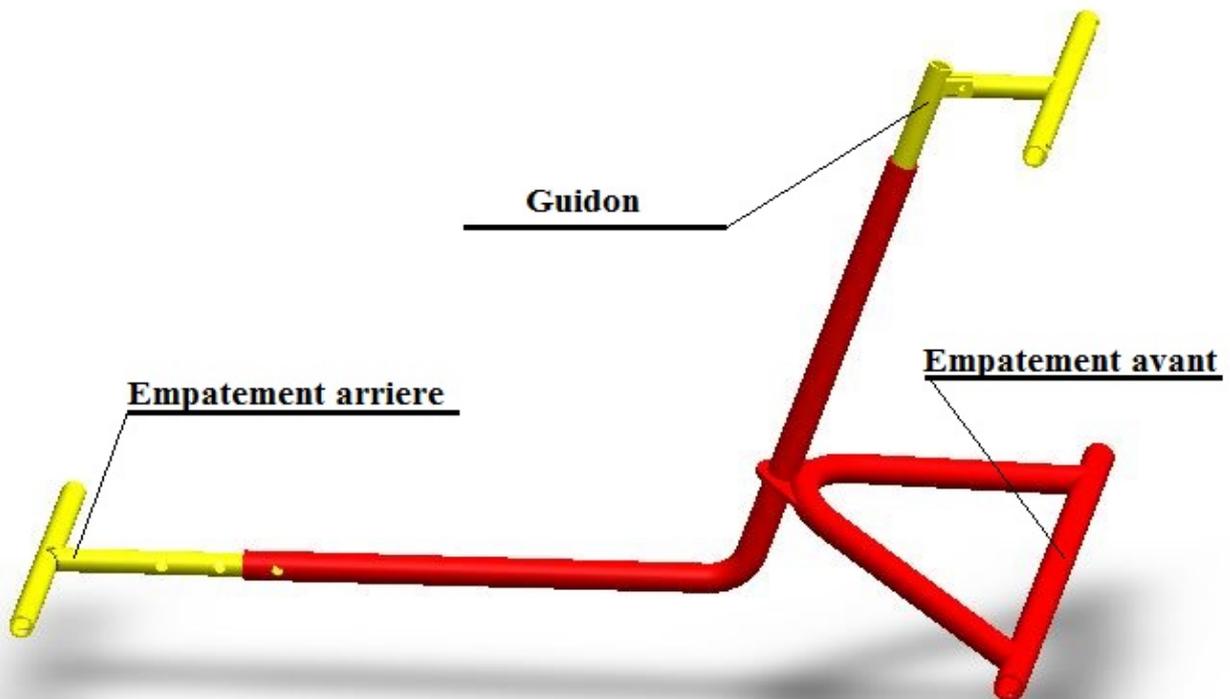


Figure IV.24 : cadre du verticalisateur

##### Dimensions :

Longueur	Réglable de 850 à 950 mm
Hauteur	Réglable de 380 à 530 mm
Largeur	600 mm
Poids	9000 gramme

Tableau IV.14 : Les dimensions principales du châssis

### B. Les caches :

Élément en plastique « thermoplastique ABS » qui se fixe sur le châssis, ils sont fabriqués avec l'impression 3D, car ces derniers ne sont pas sollicités aux efforts extérieurs.

Conçus d'une manière, et avec des couleurs qui peuvent attirer et plaire à l'enfant, qui utilise cette appareille.



Figure IV.25 : cache avant du verticalisateur

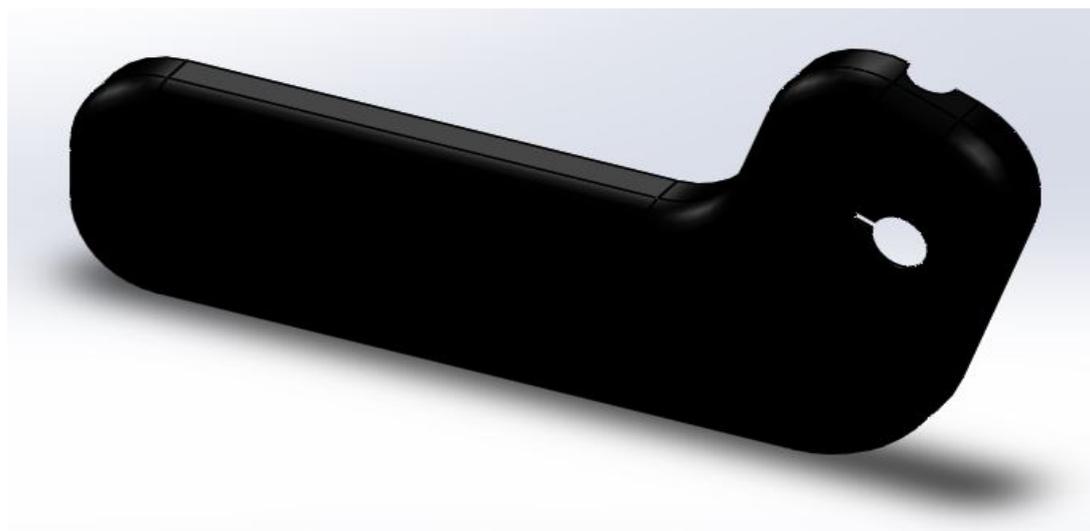


Figure IV.26 : cache du verticalisateur

### C. La selle :

Il s'agit d'une pièce essentielle, elle se monte sur le châssis, et elle est composée de deux éléments.

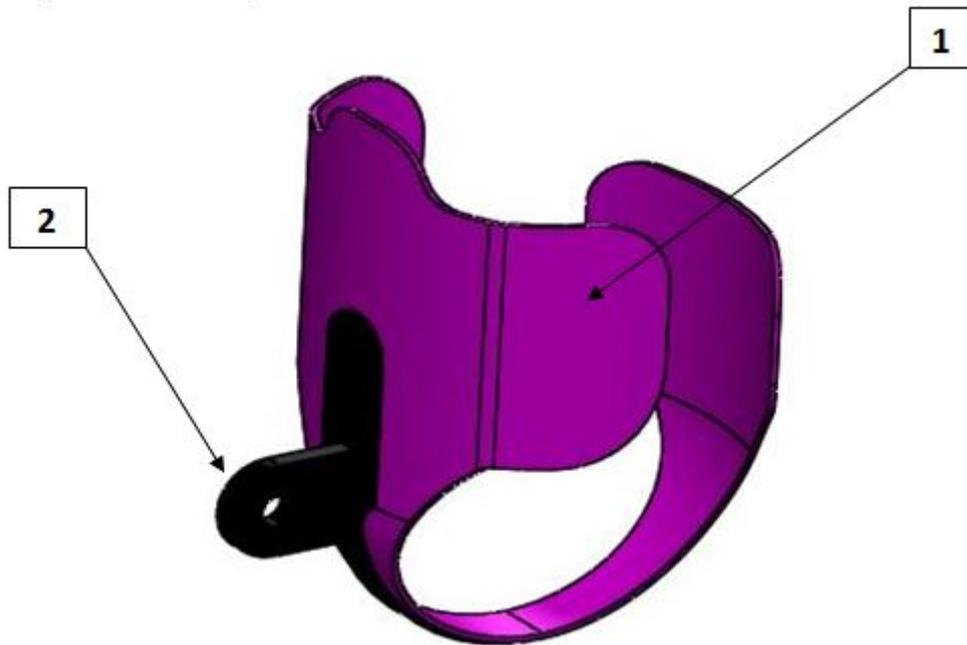


Figure IV.27 : élément de la selle

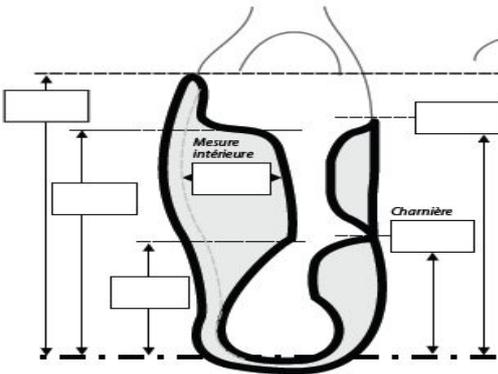
**Elément 1** : C'est l'élément qui assure la verticalisation de l'enfant, cette pièce est fabriquée sur mesure, en prenant les dimensions autour de la taille de l'enfant, ainsi on aura un moule de résine pour ce dernier, on prend les mesures de l'enfant à l'état habillé. La selle est fabriquée en polyéthylène pour une meilleure résistance aux efforts appliqués par l'enfant.

# Chapitre IV : étude et conception du verticalisateur

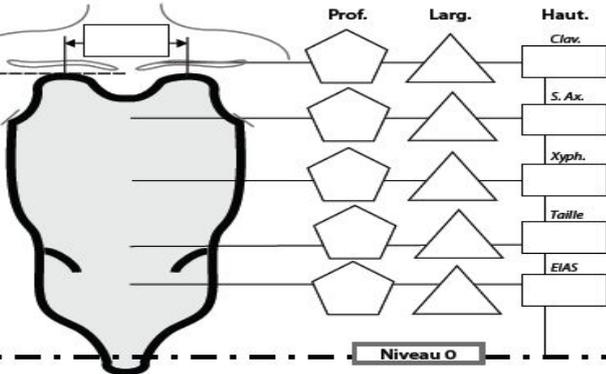
Infos châssis		Infos selle	
<b>TAILLE</b>	<b>CORRESPONDANCE SOL/ENTRE JAMBES</b>	<b>COULEUR EXTERNE</b>	
<input type="checkbox"/> Taille 1	jusqu'à 30 cm	<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> Jaune
<input type="checkbox"/> Taille 2	de 30 à 40 cm	<input type="checkbox"/> Transfert (à fournir)	<input type="checkbox"/> Bleu
<input type="checkbox"/> Taille 3	de 40 à 50 cm	<input type="checkbox"/> Gamme CSM :	<input type="checkbox"/> Vert
		<b>COULEUR INTERNE</b>	
		<input type="checkbox"/> Rouge	<input type="checkbox"/> Jaune
		<input type="checkbox"/> Bleu	<input type="checkbox"/> Vert
		<input type="checkbox"/> Rose	<input type="checkbox"/> Orange
		<input type="checkbox"/> Noir	

 **Prendre les mesures patient habillé**

**Mesures découpes**



**Mesures patient**



Prof.	Larg.	Haut.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clav.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	S. Ax.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Xyph.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Taille
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EIAS
Niveau 0		

Figure IV.28 : Fiche de mesure de la selle [11]

**Elément 2** : c'est une construction métallique qui sert à tenir la pièce en polyéthylène est règle l'angle d'inclinaison de la selle.

## D. La porte selle :

La porte selle est de 120 mm longueur, de 40 mm de largeur et de 50 mm de hauteur, elle contient :

- Un trou taraudé M16 pour fixer la pièce au châssis avec une vis sans tête CHC M16×25mm.
- Un trou de diamètre Ø17.5 mm, un chambrage de Ø 24 ×10 mm et un emplacement écrous hexagonale M16.
- Une rainure de 50 mm de longueur, 50 mm de profondeur et une autre rainure de 3 mm d'épaisseur.

Cette pièce est entièrement réalisée sur une fraiseuse verticale.

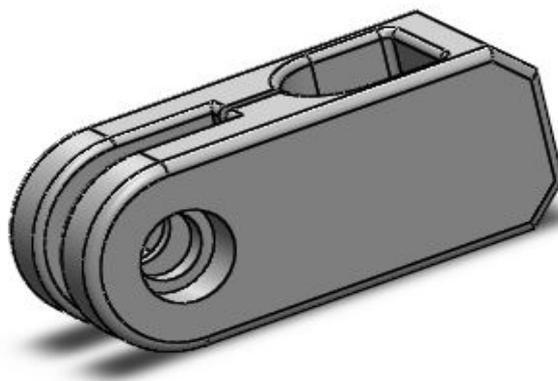


Figure IV.29 : porte selle

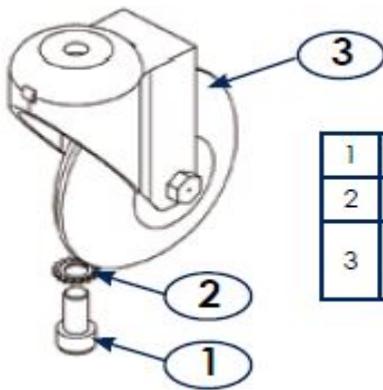
## IV.5.2.2 Les pièces standards

### 1. Les roues :

Roues directionnelles destinées à conserver une direction, et faciliter ainsi la déambulation des patients polyhandicapés ou atteint d'infirmitté motrice cérébrale.



Figure IV.30 : vue réel de la roue [11]



		T0020-1	T0020-2
1	Vis CHC M10 L20	V02Z-1020	
2	Rondelle éventail Ø 10	V22-10	
3	Roulette à blocage directionnel transparente	T608011BD-TR	T108011BD-TR

Tableau IV.15 : Dimension des éléments de la roue [11]

## 2. La molète :

Elle est utilisée pour le réglage de la hauteur du guidon, et pour fixer d'autres accessoires, Ex : Une Table...etc.

Références	V30					V30F
<b>Description</b> Description	Molette mâle Male wrench					Molette femelle Female wrench
<b>Matière</b> Material	ABS noir - Acier zingué Black ABS - Steel cover with zinc					ABS noir - Acier zingué Black ABS - Steel cover with zinc
<b>Diamètre A (mm) - Diameter A</b>	M5	M6	M8	M10	M8	
<b>Longueur B (mm) - Length B</b>	16	20	10	16	20	-
<b>Pour commander</b> Ordering info	Indiquer la référence, le diamètre A et la longueur B - Ex. : V30-610 Give the reference, the diameter A and the length B - Ex. : V30-610					
<b>Conditionnement - Packaging</b>	Lot de 10 - Pack of 10					

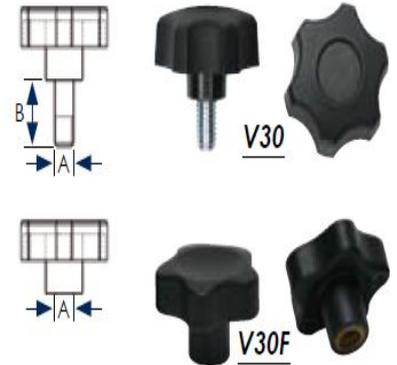


Tableau IV.16 : Les différent dimensions de la molète [11]

## 3. Bouchon rond :

Pour assurer l'étanchéité des tubes.

Référence	V32					
<b>Dimensions</b> Dimensions	Disponible en 16, 18, 21, 25, 27 et 30 mm Available in 16, 18, 21, 25 and 30 mm					
<b>Compatibilité (bouchon)</b>	Ø 16 mm	Ø 18 mm	Ø 21 mm	Ø 25 mm	Ø 27 mm	Ø 30 mm
Compatibility (cap)	V32-1216	V32-1418	V32-1721	V32-2025	V32-2127	V32-2630
<b>Pour commander</b> Ordering info	Indiquer la référence et la taille - Ex. : V32-1216 Give the reference and the size - Ex. : V32-1216					
<b>Conditionnement - Packaging</b>	Lot de 100 - Pack of 100					

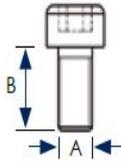


Tableau IV.17 : les différentes dimensions des bouchons ronds [11]

## Chapitre IV : étude et conception du verticalisateur

### 4. Vis CHC :

Utiliser pour la fixation des roues.

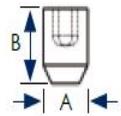


Référence	V02I						V02Z				
Matière - Material	Inox - Stainless steel						Acier zingué - Steel cover with zinc				
Diamètre A - Diameter A	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M5	M6	M8	M10	M12
Longueur B (mm) Length B (mm)	10	12	30	12 20	25 60	60	10 12 25 30	16 20 25 80	20 90	20 25 30 35 60 90	20 35 45
Conditionnement - Packaging	Lot de 100 - Pack of 100										

Tableau IV.18 : Dimension des vis CHC [11]

### 5. Vis sans tête CHC :

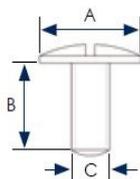
Cette vis est utilisée pour régler la hauteur de la selle, au fur et à mesure que l'enfant grandit.



Références	V03I					V03Z	
Matière - Material	Inox - Stainless steel					Acier zingué - Steel cover with zinc	
Diamètre A - Diameter A	M4	M5	M6	M8	M12	M8	M12
Longueur B (mm) Length B (mm)	5 6 12 16	10	12 30	8 12 16 20	12	8 mm 12 mm 16 mm	12 mm
Conditionnement - Packaging	Lot de 100 - Pack of 100						

Tableau IV.29 : Dimension des vis sans tête CHC [11]

### 6. Vis d'articulation :



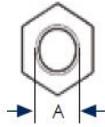
Références	V0013	V0016
Matière - Material	Acier - Steel	
Dimensions Dimensions	A = 16 mm B = 13,5 mm C = M6 x 100	A = 14 mm B = 12 mm C = M5 x 80

Tableau IV.20 : Dimension de la vis d'articulation [11]

## 7. Les écrous :



**V08**



**V08R**



**V08F**

Références	V08	V08Z	V08R	V08F
<b>Matière</b> Material	Acier Steel	Acier zingué Steel cover with zinc	Acier zingué Steel cover with zinc	Acier zingué Steel cover with zinc
<b>Compatibilité A</b> Compatibility A	Vis de M4, M6, M8, M10 et M12 M4, M6, M8, M10 and M12 screws	Vis de M3, M4, M5, M6, M8, M10 et M12 M3, M4, M5, M6, M8, M10 and M12 screws	Vis de M6 M6 screw	Vis de M4, M5, M6, M8, M10 et M12 M4, M5, M6, M8, M10 and M12 screws
<b>Pour commander</b> Ordering info	Indiquer la référence, le diamètre A - Ex. : V0808 Give the reference, the diameter A - Ex. : V0808			
<b>Conditionnement</b> Packaging	Lot de 100 Pack of 100	Lot de 50 Pack of 50	Lot de 100 + rondelles Pack of 100 with washers	Lot de 50 Pack of 50

**Tableau IV.21 : Dimension des écrous utiliser [11]**

## IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on a réussi à concevoir le verticalisateur de type MOTILO, et à étudier le châssis.

À l'aide du logiciel CAO- SolidWorks, on a réussi à choisir les caractéristiques dimensionnelles et géométriques du verticalisateur. Ainsi, on a passé au module de simulation, afin de vérifier la résistance aux chargements de ce dernier.

Enfin, on a cité les étapes, et les méthodes de la réalisation des différents éléments du verticalisateur.

# Conclusion générale

## **Conclusion générale**

L'étude de ce présent projet, nous a permis de se fixer sur la maladie des enfants souffrants d'une insuffisance motrice cérébrale (IMC).

Pour lutter contre cette catégorie d'handicap, ainsi pour offrir une chance à ces enfants, de pouvoir se mettre debout, et donner un pas en avant pour s'intégrer à la société, la conception d'un verticalisateur de type MOTILOa pour but de satisfaire ce besoin.

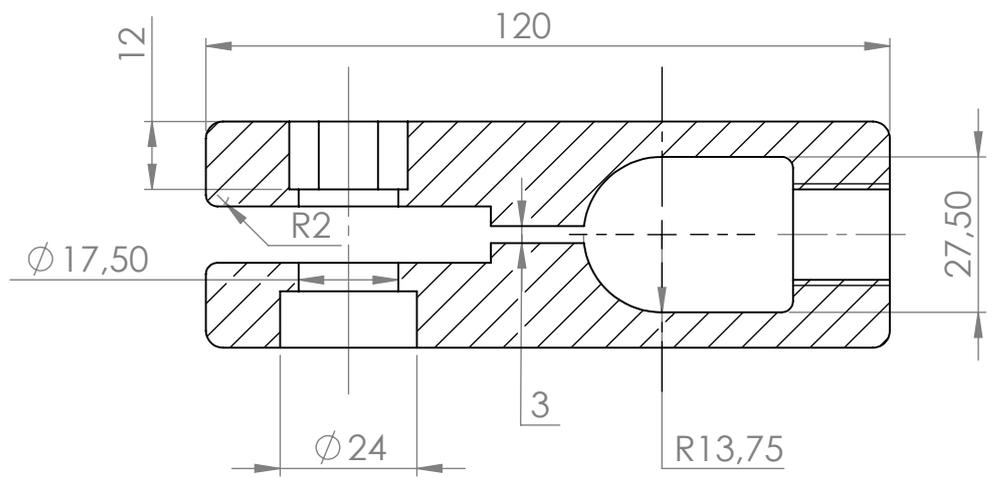
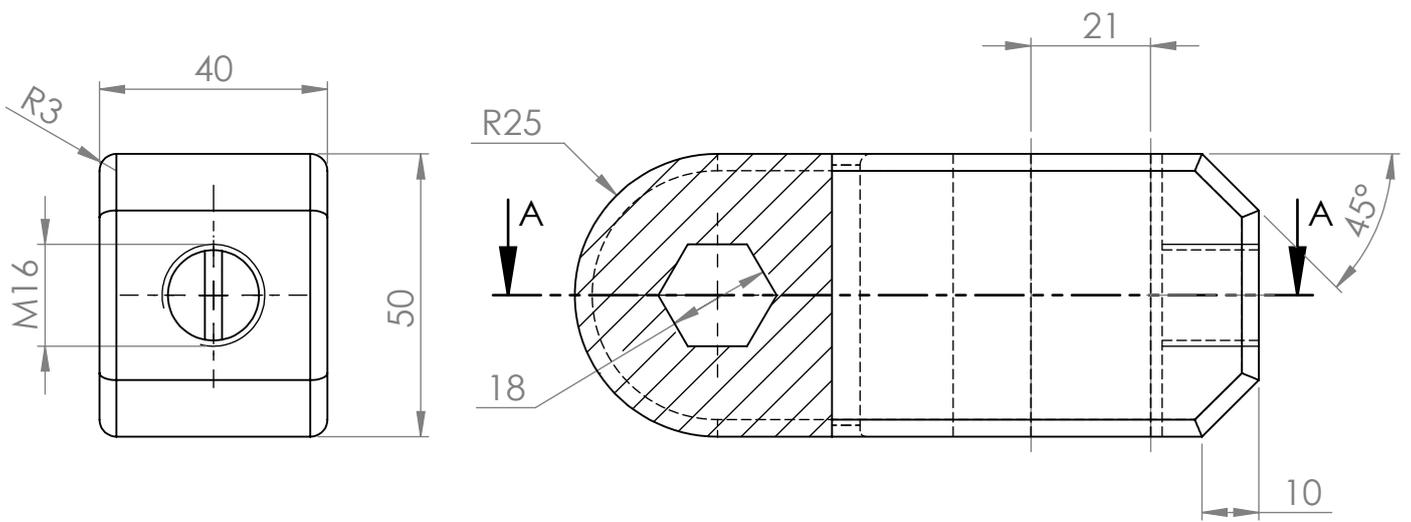
Pour se faire, on a utilisé l'outil de conception assistée par ordinateur « CAO- SolidWorks », qui nous a permis de tirer les différentes caractéristiques ; géométriques et dimensionnelles de notre verticalisateur. Ainsi une étude qui a permis d'évaluer notre produit, en utilisant le module « SolidWorks simulation».

Les différents résultats obtenus après évaluation expriment, la contrainte de Von Mises du châssis, le déplacement maximal de celui-ci lors du chargement qui n'est autre que le poids de l'enfant et enfin on a tiré une valeur du coefficient de sécurité.

En effet, ce travail nous a permis de se familiariser à l'utilisation de nouveaux outils de conception et d'intégrer la simulation des sollicitations dans l'étude à fin de se rapprocher au maximum du comportement réel du produit. Aussi nous avons intégré les différents modes de fabrication entre autres la fabrication par impression 3D qui est toute une nouvelle technique en Algérie adapté au début au prototypage, mais nous avons proposé cette technique pour les pièces complexes.

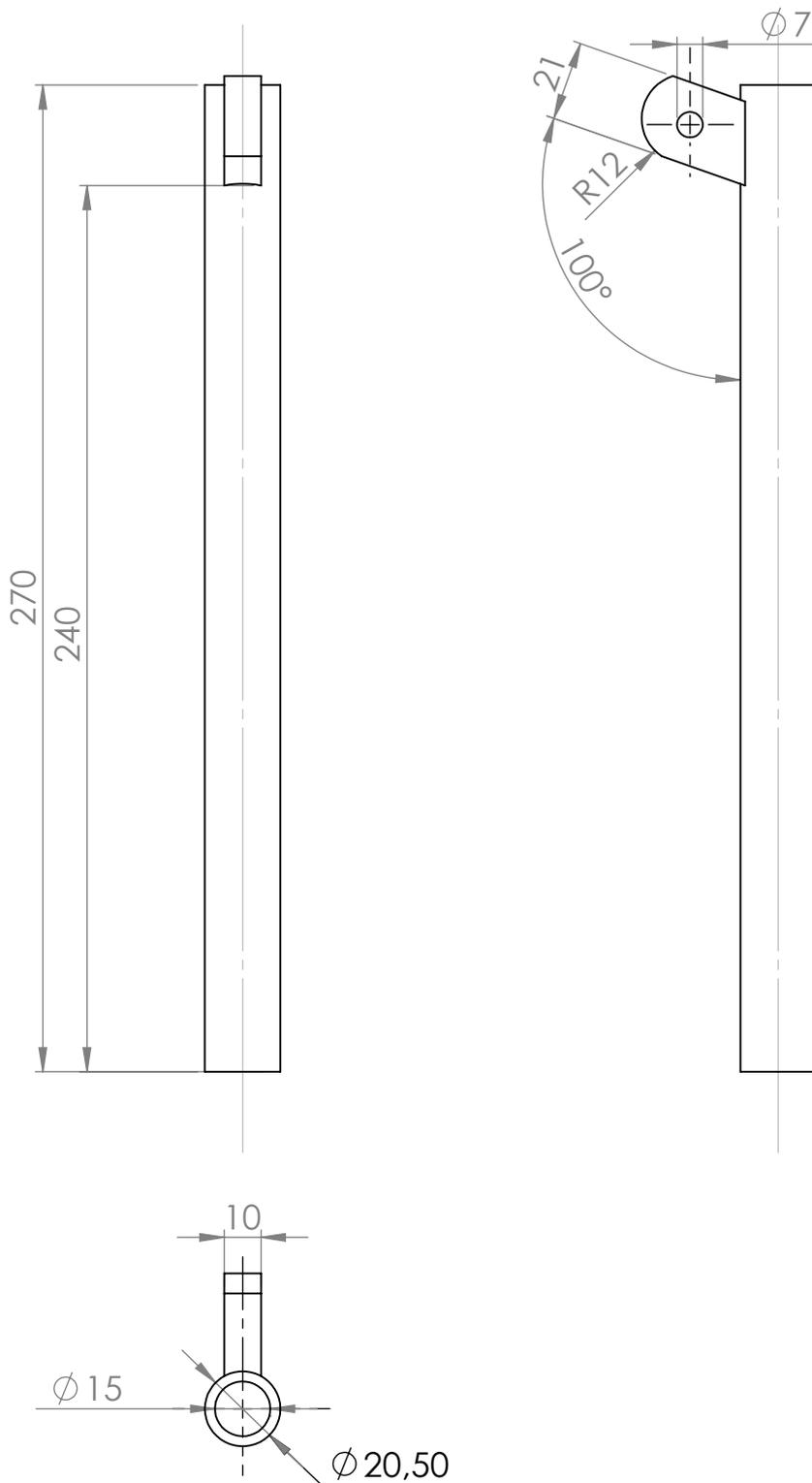
L'étude de ce présent projet, nous a permis de concrétiser l'apprentissage théorique acquis tout au long de notre cursus, et surtout de mettre en application les différentes techniques de calcul, tout en respectant les normes en vigueur. En perspective, une étude cinématique du produit est vivement conseillé, ainsi que la concrétisation de l'étude par une réalisation du modèle.

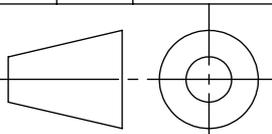
Notre travail a été réalisé avec un immense plaisir, il reste ouvert aux critiques, ainsi qu'aux propositions allant dans un sens positif, de son éventuel amélioration.

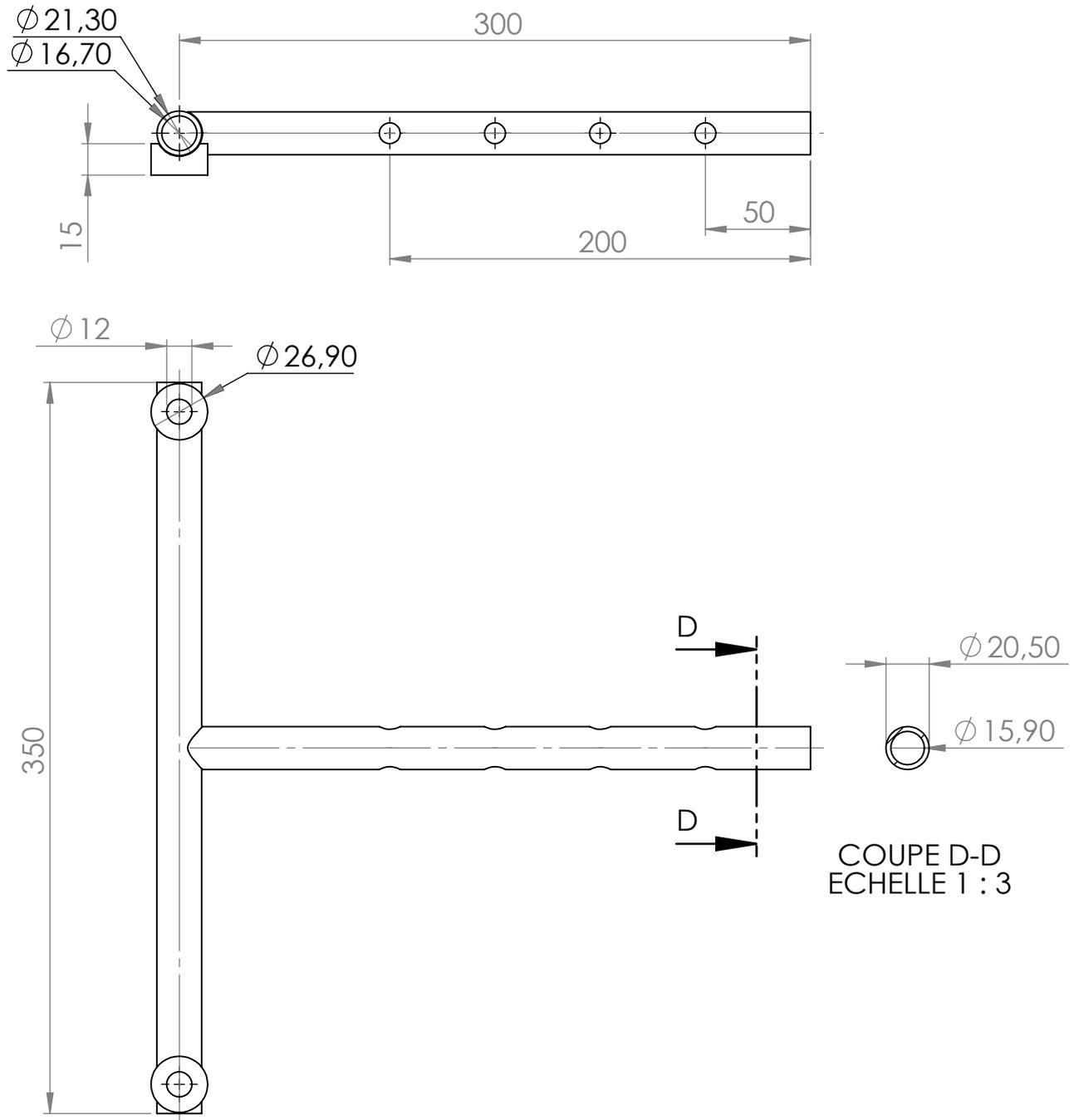


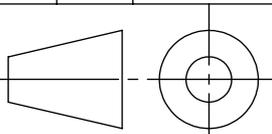
COUPE A-A

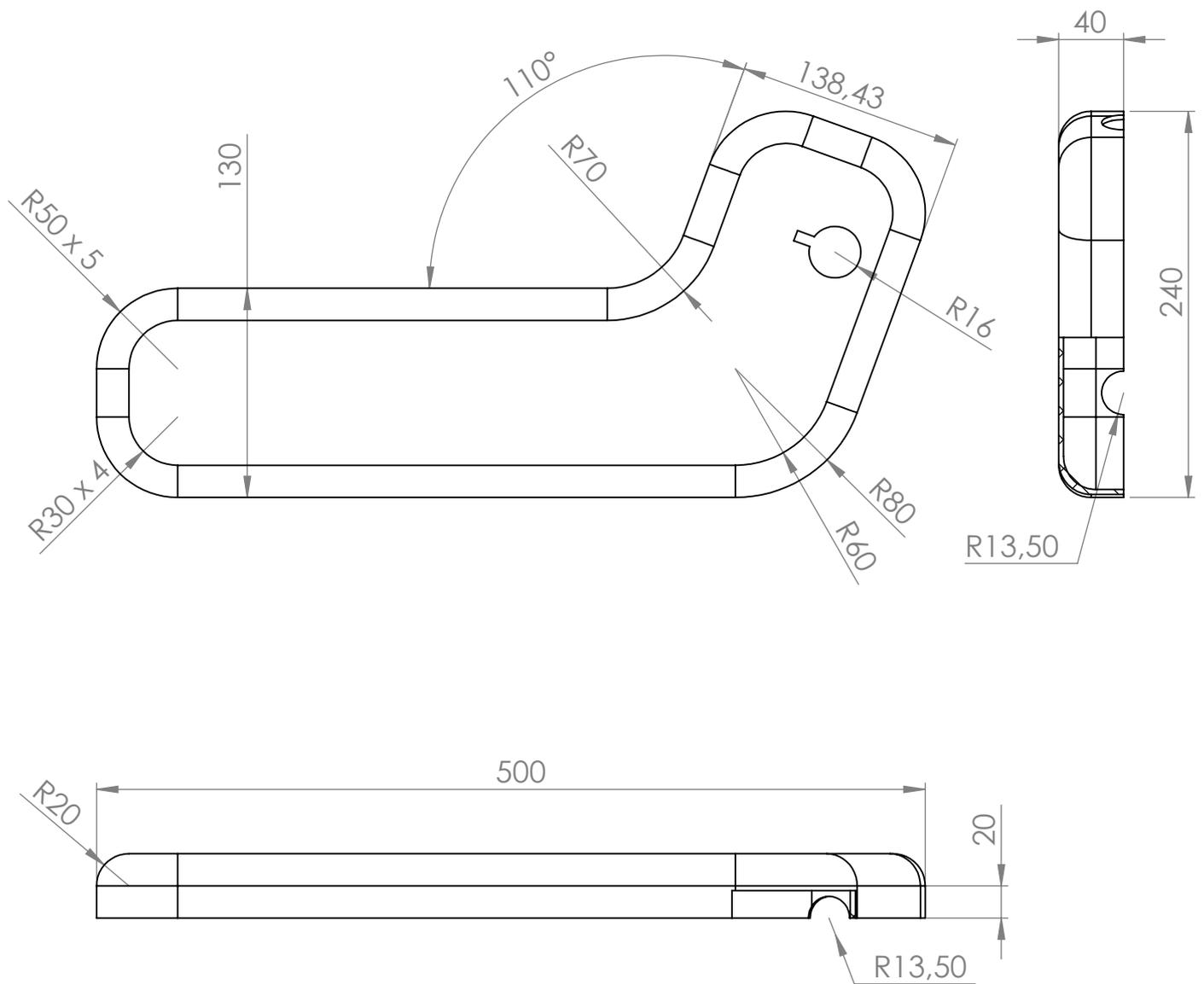
02	01	Porte selle	X5CrNi 18-10	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
Ech: 3:4		FGC-GM- UMMTO	Planche N°: 2	
A4		GADRI Hamid et OUALMI Lounis	M2 FMP	

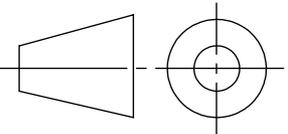


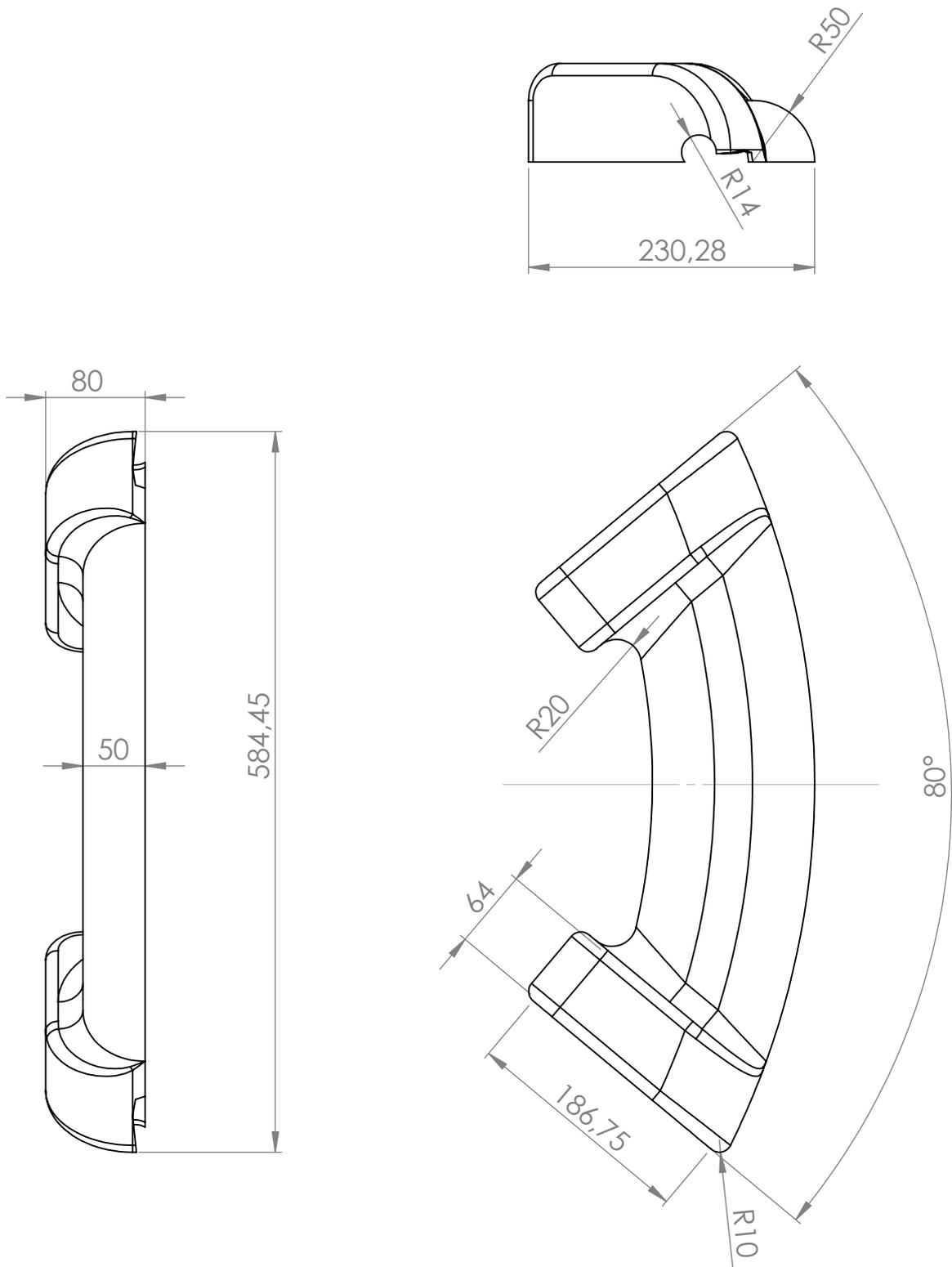
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>Porte guidon</b>	<b>X5CrNi 18-10</b>	
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observations</b>
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
<b>Ech: 1:2</b>		<b>FGC-GM- UMMTO</b>	<b>Planche N°: 4</b>	
<b>A4</b>		<b>GADRI Hamid et OUALMI Lounis</b>	<b>M2 FMP</b>	



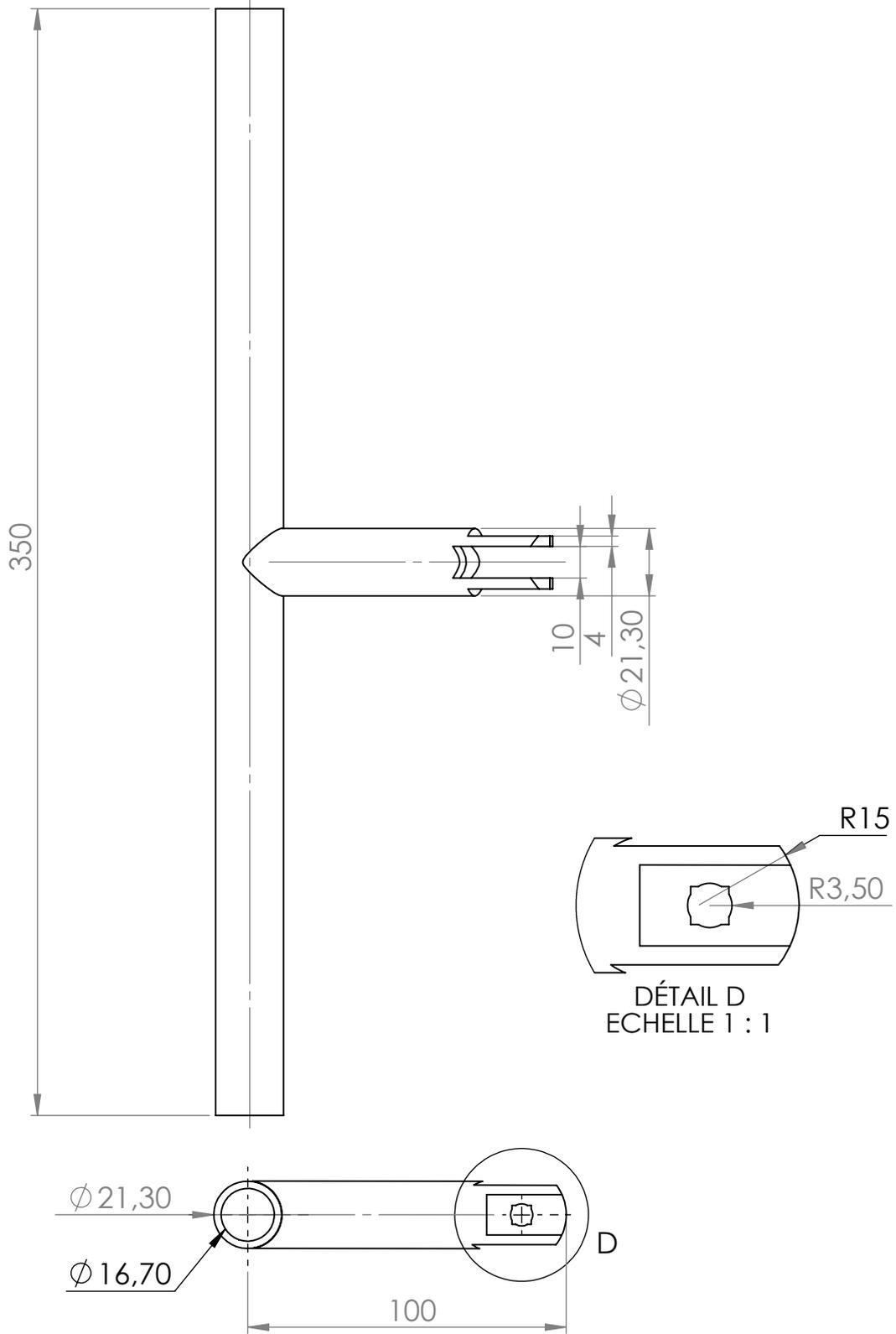
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>Empatement arrière</b>	<b>X5CrNi 18-10</b>	
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observations</b>
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
<b>Ech: 1:2</b>		<b>FGC-GM- UMMTO</b>	<b>Planche N°: 3</b>	
<b>A4</b>		<b>GADRI Hamid et OUALMI Lounis</b>	<b>M2 FMP</b>	



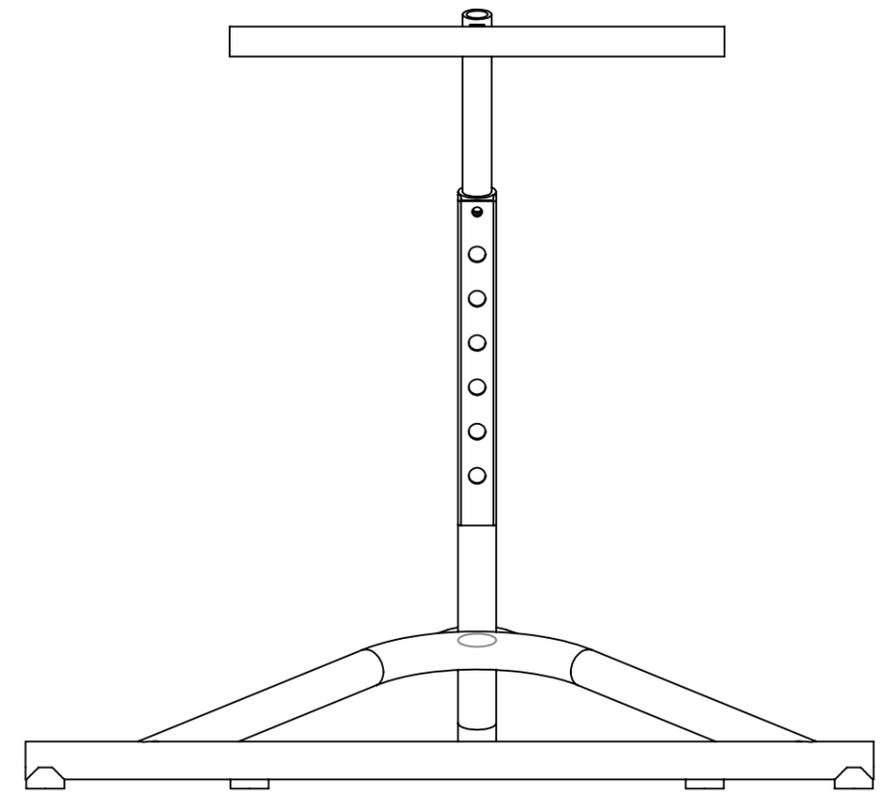
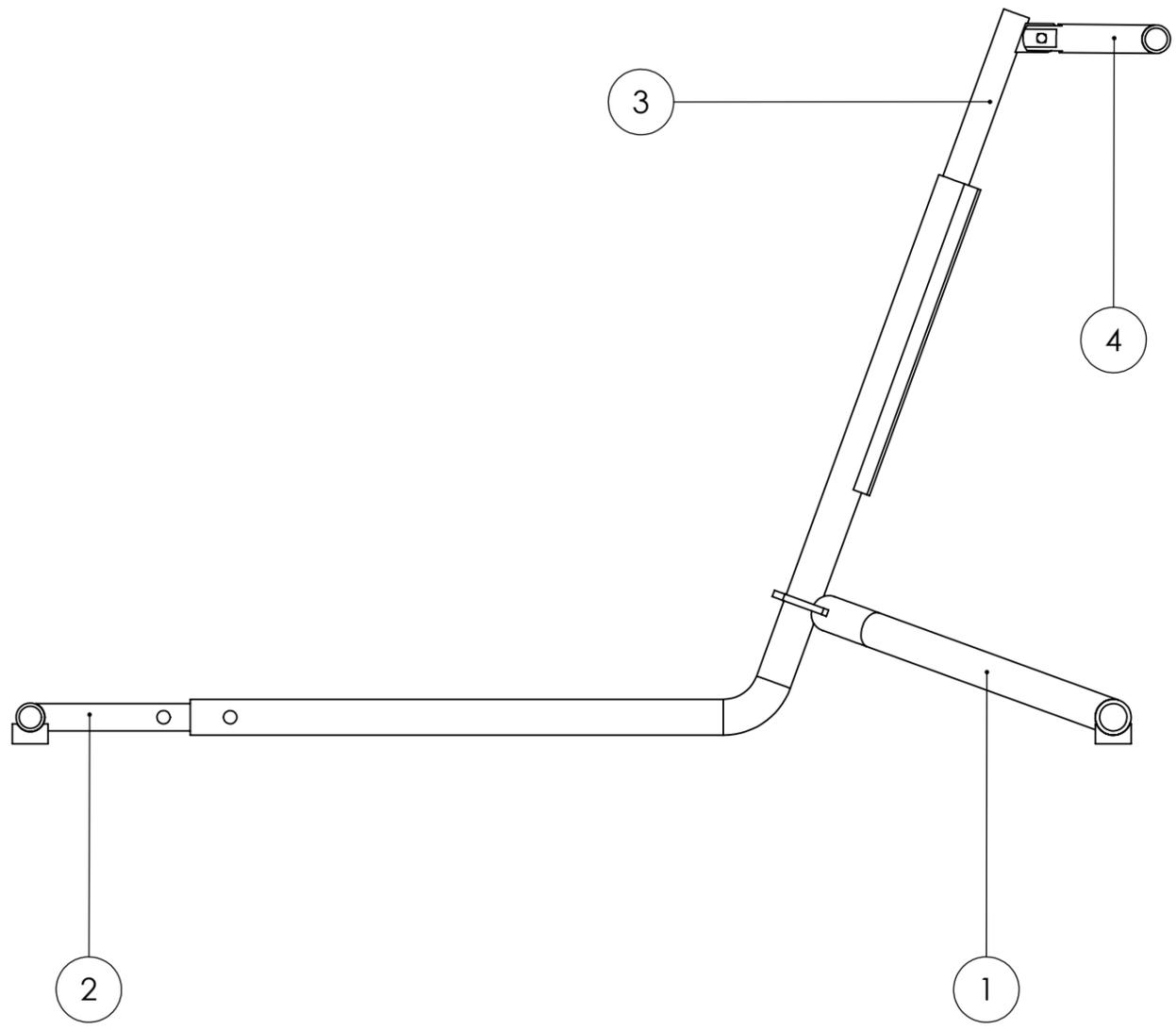
03	02	Cache	A B S	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
Ech: 1:5		FGC-GM- UMMTO	Planche N°: 3	
A4		GADRI Hamid et OUALMI lounis	M2 FMP	



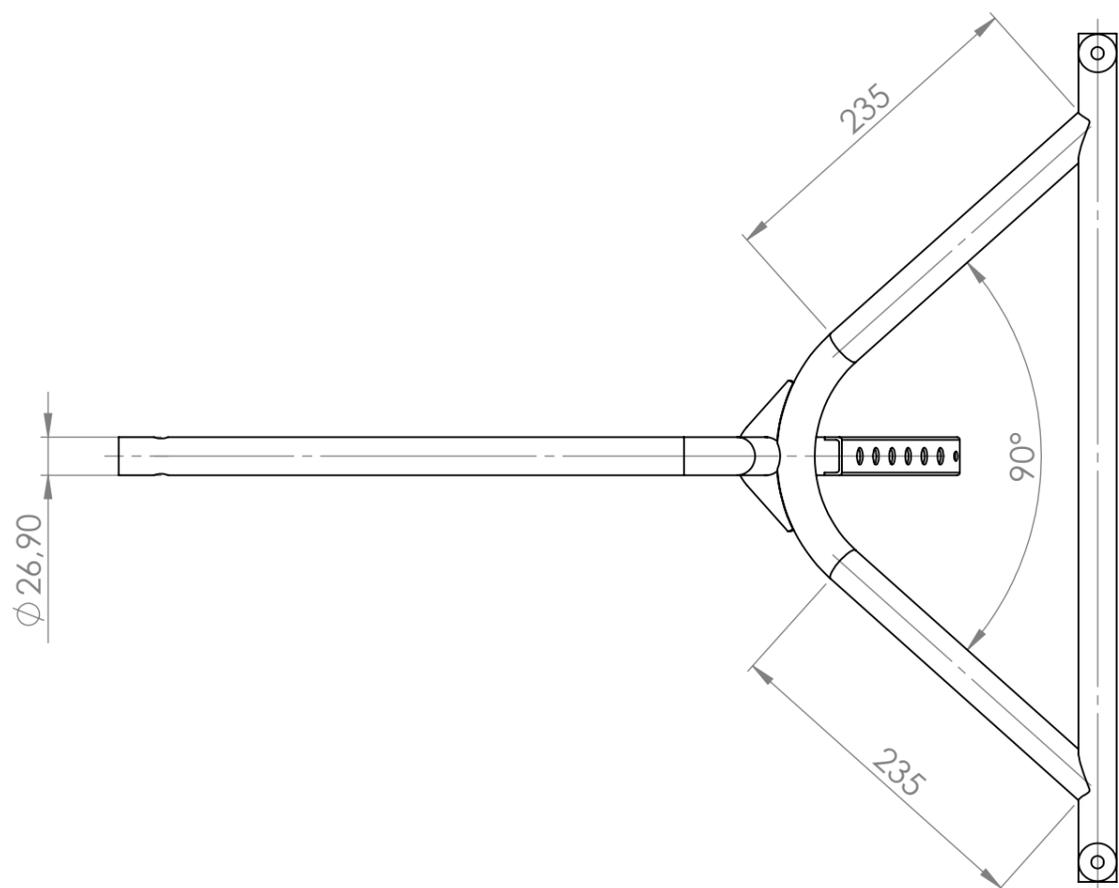
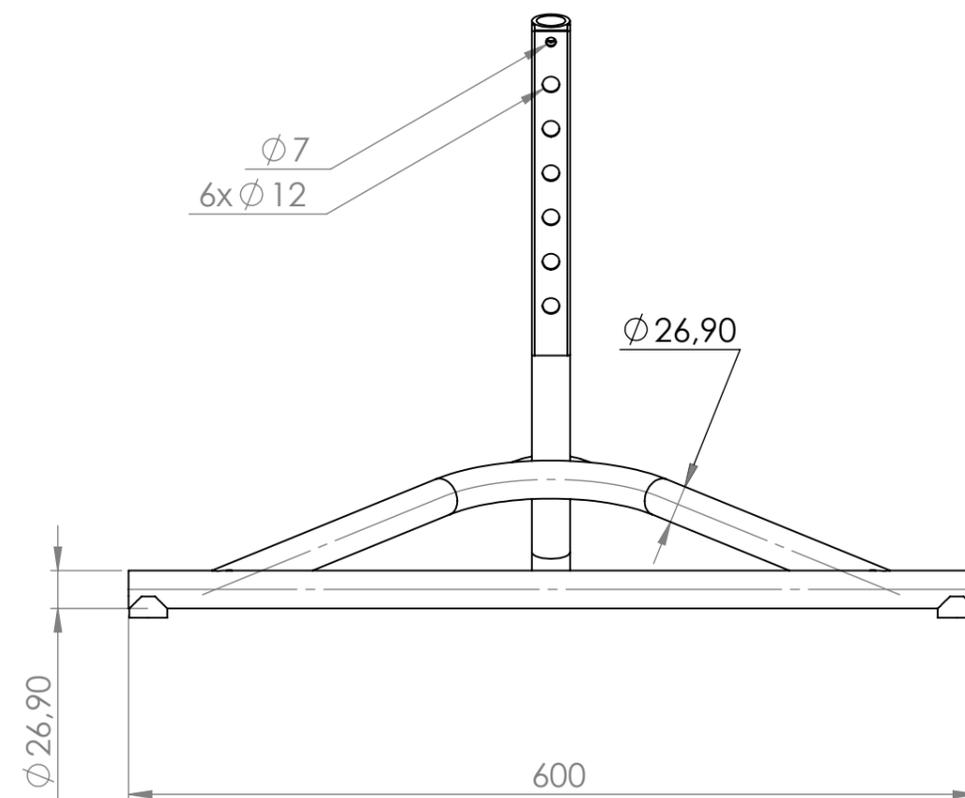
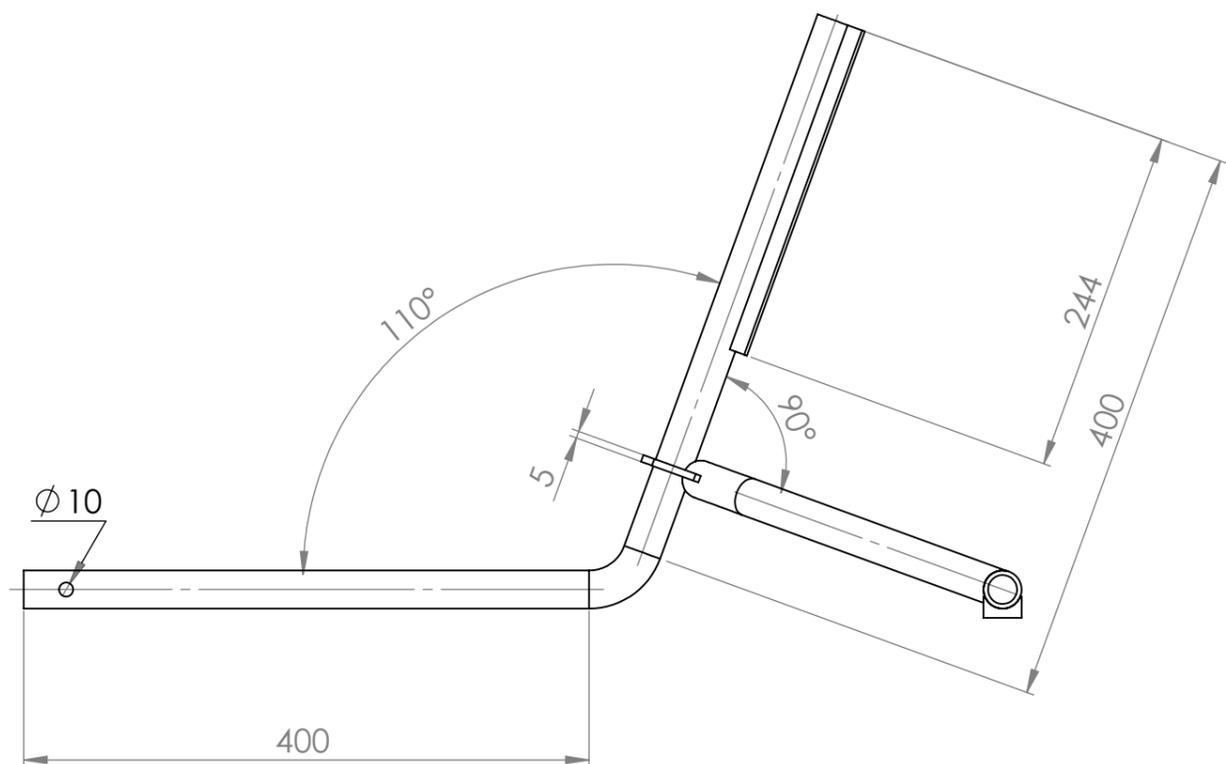
<b>04</b>	<b>01</b>	<b>Cache avenue</b>	<b>A B S</b>	
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observations</b>
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
<b>Ech: 1:5</b>		<b>FGC-GM- UMMTO</b>	<b>Planche N°: 4</b>	
<b>A4</b>		<b>GADRI Hamid et OUALMI Lounis</b>	<b>M2 FMP</b>	



<b>4</b>	<b>1</b>	<b>Guidon</b>	<b>X5CrNi 18-10</b>	
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observations</b>
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
<b>Ech: 1:2</b>		<b>FGC-GM- UMMTO</b>	<b>Planche N°: 5</b>	
<b>A4</b>		<b>GADRI Hamid et OUALMI Lounis</b>	<b>M2 FMP</b>	



<b>4</b>	<b>1</b>	<b>Guidon</b>	<b>X5CrNi 18-10</b>	
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>Porte guidon</b>	<b>X5CrNi 18-10</b>	
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>Empatement arrière</b>	<b>X5CrNi 18-10</b>	
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Empatement avant</b>	<b>X5CrNi 18-10</b>	
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observations</b>
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
<b>Ech: 1:6</b>		<b>FGC-GM- UMMTO</b>		<b>Planche N°: 1</b>
<b>A3</b>		<b>GADRI Hamid et OUALMI lounis</b>		<b>M2 FMP</b>



Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observations
1	1	Empatement avant	X5CrNi 18-10	
		<b>Verticalisateur de type MOTILO</b>		
Ech: 1:5		FGC-GM- UMMTO	Planche N°: 2	
A3		GADRI Hamid et OUALMI lounis	M2 FMP	

## Références bibliographiques

[1] : Dr. Véronique Leroy-Malherbe, responsable du Centre ressources pour l'enfant avec lésion cérébrale acquise - Hôpital national de Saint-Maurice (94).

[2] : professeur M.Bedjaoui, cours de biomécanique, 2001.

[3] : Carl Schmitt, Orthèses fonctionnelles à cinématique parallèle et sérielle pour la rééducation des membres inférieurs, école polytechnique fédérale de Lausanne, 2007.

[4] : C.S. Kinésithérapeute, verticalisation précoce de l'enfant avec paralysie cérébrale, Centre lausannois d'ergothérapie (CLE), Lausanne Suisse, 2009.

[5] : Dr. E.Blangy, appareillage et polyhandicap, DUAHM 2010

[6] : Dr Patrick Sautreuil, Centre régional d'appareillage, Val-de-Fontenay, 2002

[7] : Hanifa MAROUF, Caractérisation structurale et mécanique du joint soudé de la liaison bimétallique Acier ordinaire E36/ Acier anti-usure NAXTRA70 utilisé par l'unité Grue Bejaïa dans l'assemblage de la pelle chargeuse et godet d'excavation, Mémoire de magister, Université mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Année 2012.

[8] : Mr. HADDADOU Mahdi et Mr. AICHOUN Mohammed, étude et conception de deux outils de découpage-poinçonnage et de pliage pour clapet air bruleur, mémoire de mastère, Université mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Année 2013/2014.

[9] : Technique de l'ingénieur.

[10] : BOUTERFA Meriem, étude de la détermination du paramètre d'interaction entre deux polymères par voie mécanique "effet du comptabilisant sur ce paramètre", université Ferhat Abbas Sétif, faculté de technologie, département de génie des procédés, Option : Génie des Polymères, 01/12/2011.

[11] : Groupe G2M – SARL, Entreprise française, CATALOGUE, 2014.