



INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUÉES  
**STRASBOURG**

# PROJET INTERDISCIPLINAIRE

## RAPPORT

**Manège pour enfants**

**Projet Interdisciplinaire FIP 3 GM**  
**GM : Georges DEJEAN & Thibault LOSSEROY & Freddy OHLMANN**  
**2017**

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG



*28/05/2017*

# SOMMAIRE

## Table des matières

I.	Introduction .....	1
1.	Definition of needs .....	1
II.	Specifications .....	1
1.	Bull-horn Diagram .....	1
2.	Octopus Diagram or Environment Diagram .....	2
3.	Table of Value / Quantification .....	3
III.	Proposals .....	4
1.	Movements schematics .....	4
2.	Kinematic representations .....	7
3.	Selected solution .....	8
IV.	Gestion de projet .....	9
1.	Définition des sous-ensembles .....	9
2.	Répartition du travail .....	9
V.	Déplacement .....	10
1.	Mécanique .....	10
a.	Choix de la disposition des vérins .....	10
b.	Dimensionnement des vérins .....	13
c.	Solution pneumatique : .....	14
d.	Choix des liaisons .....	16
e.	Choix des bielles .....	17
f.	Embase de fixation croisillons .....	18
2.	Electrique .....	19
a.	Solution électrique .....	19
c.	Sécurité .....	20
d.	Fonctionnement .....	21
VII.	Plateforme .....	25
1.	Mécanique .....	25
a.	Siège .....	25
b.	Support de siège .....	25
VIII.	Barrières de sécurité .....	26
1.	Mécanique .....	26
IX.	Tests .....	26
1.	Mécanique .....	26
X.	Conclusion .....	27
1.	Indicateurs .....	27

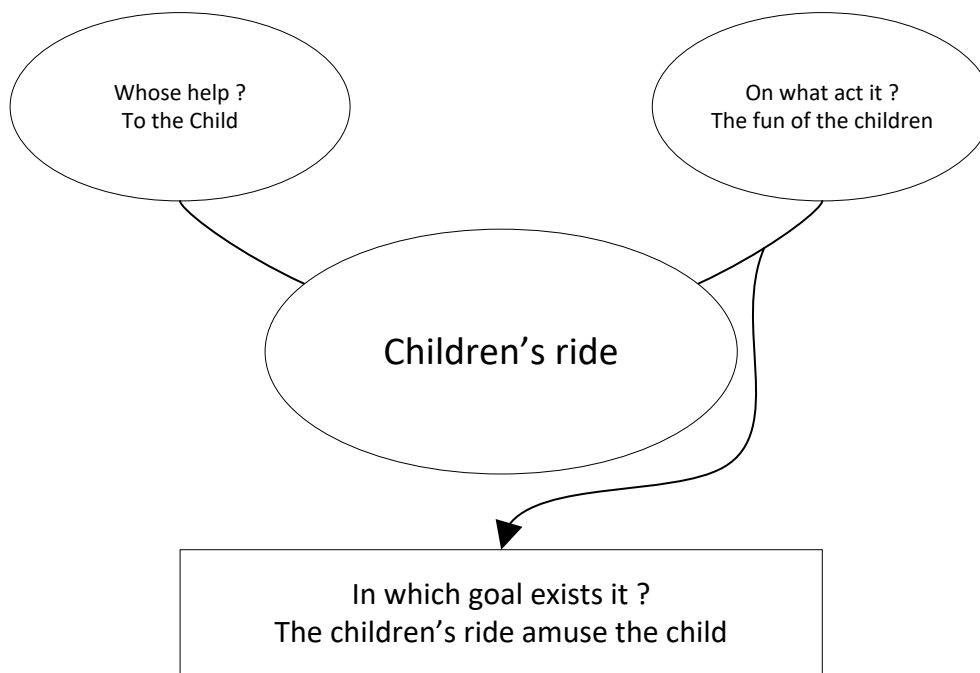
## I. Introduction

### 1. Definition of needs

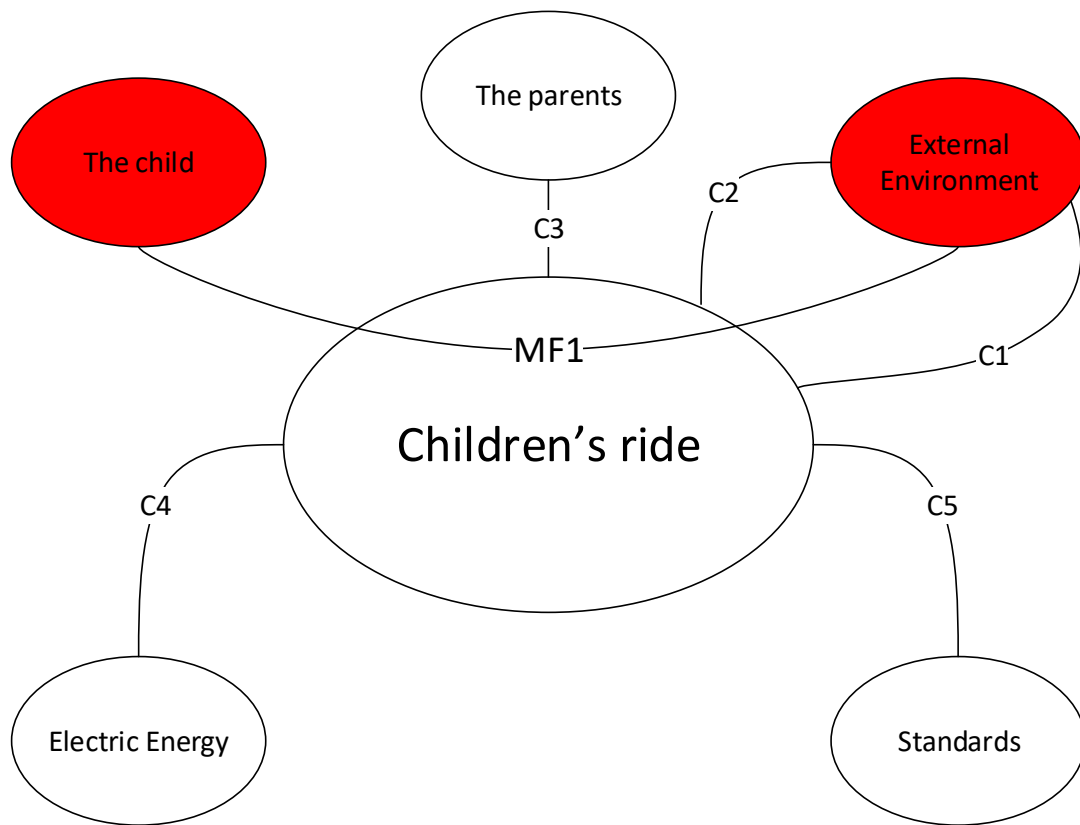
As part of the transversal project which gather electric and mechanic formations and to expand the range of products of a manufacturer we commit ourselves to make a children's ride.

## II. Specifications

### 1. Bull-horn Diagram



## 2. Octopus Diagram or Environment Diagram



**MF1** : Move the child inside the external environment.

C1 : Adapt itself and resist to external environment.

C2 : Stand on the ground of the external environment.

C3 : Meet parent's needs.

C4 : Power the ride in electric energy.

C5 : Follow the standards.

# TECHNICAL SECTION

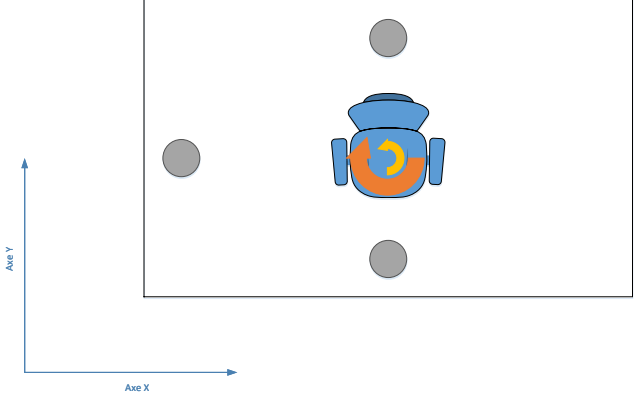
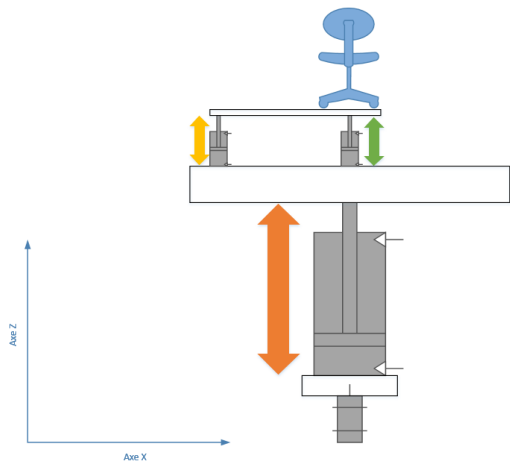
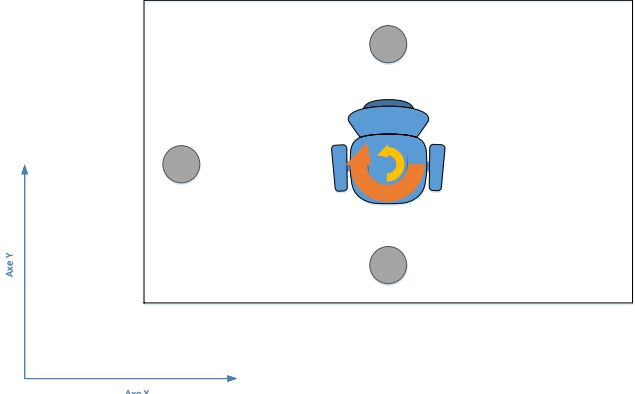
## 3. Table of Value / Quantification

Functions	Value	Features	Quantification	
MF1	Entertainment	Entertainment time	3 hours / day	
	Moves	Acceleration	10 m/s <sup>2</sup>	
		Degrees of freedom	2 minimum (Rotation Oz, Translation Oz)	
		Altitude of the basket / ground	1 m ≤ Altitude of the basket / ground ≤ 2 m	
	Control	Control of the directions needed	Front Back Up Down	
C1	Environment	Concrete surface	1 m <sup>2</sup>	
		Temperature range	-10 to 35°C	
		Protections from external shocks	IP 54 IK 05	
		Material	Metal weather resistance	
	Aesthetic	Style	Colored	
C2	Ground	Max permissible mass	Child : 50 Kg Ride : 50 Kg	
C3	Satisfaction	Near	Family garden	
		Life time	10 years	
		Bulk	≤ 2 m <sup>3</sup>	
C4	Power supply	Voltage	230 V	
		Frequency	50 Hz	
		Max current	16 A	
C5	Standards	Electric	NFC 15100 NFC 18510	

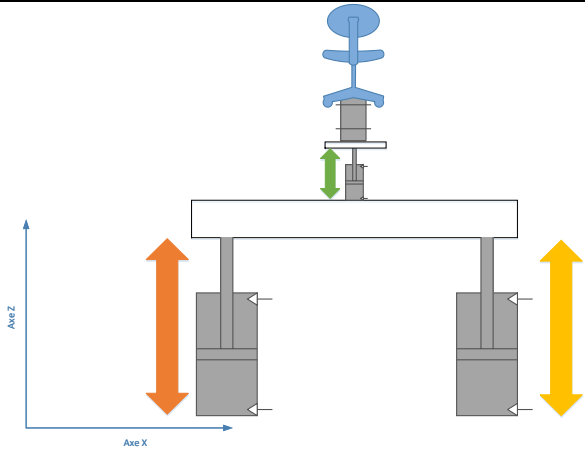
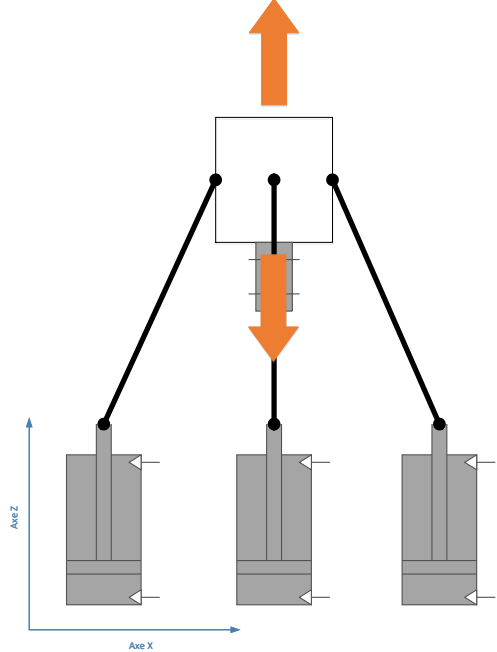
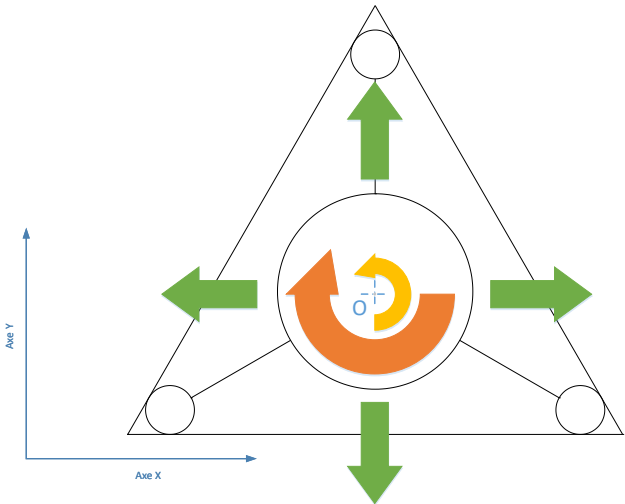
## III. Proposals

### 1. Movements schematics

We choose solution with center of gravity at the center of the ride to avoid lever arm.

Proposals	Movements	Illustration
Proposal 1	Rotation axis Oz	
	Translational axis Oz	
Proposal 2	Rotation axis Oz	

# TECHNICAL SECTION

	Translational axis Oz	
Proposal 3	Translational axis Oz	
	Rotation axis Oz Translational axis Ox Translational axis Oy	

# TECHNICAL SECTION

We can compare the two first solutions with a rodeo ride :



We can compare the last solution with a 3D Printer, it's called Delta Printer :





# TECHNICAL SECTION

## 2. Kinematic representations

Proposals	Kinematic schematics
Proposal 1	
Proposal 2	
Proposal 3	

## 3. Selected solution

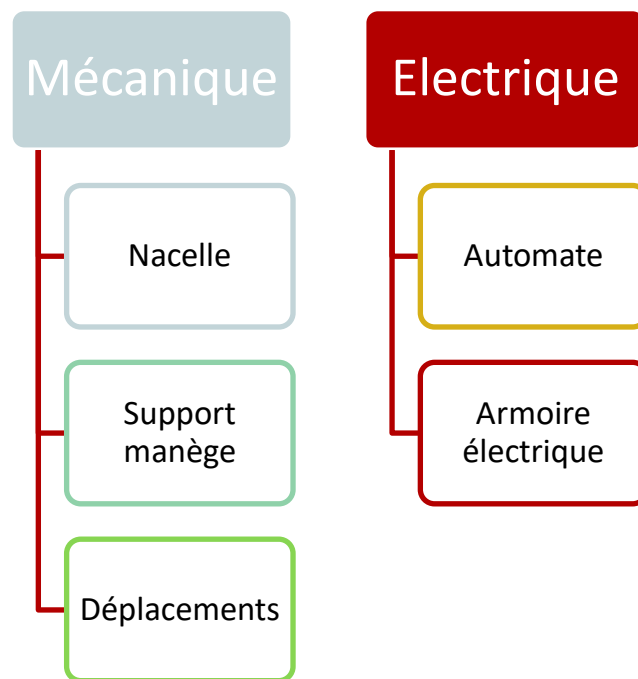


We compared the three solutions and decided that the best one was the third. In accordance with the specifications, we can't exceed a weight of 50 Kg. But with estimation, we noticed that the firsts will exceed this weight specification. And the other parameter that take us to the third solution is the innovation.

## IV. Gestion de projet

### 1. Définition des sous-ensembles

Après avoir choisi le concept, nous avons séparé le projet en plusieurs parties. Deux parties principales qui sont la mécanique et l'électrique. Chaque ensemble a été scindé :



### 2. Répartition du travail

Pour organiser le travail, nous avons conçu un diagramme de répartition des tâches (Annexes 1 à 4). Ce diagramme permet de répartir les responsabilités et de spécifier plus de sous-ensembles. Afin de suivre l'avancement de chacun, nous avons fixé des jalons. Nous les avons ajoutées à un diagramme GANTT (Annexe 5 à 6) et à un calendrier (Annexe 7).

## V. Déplacement

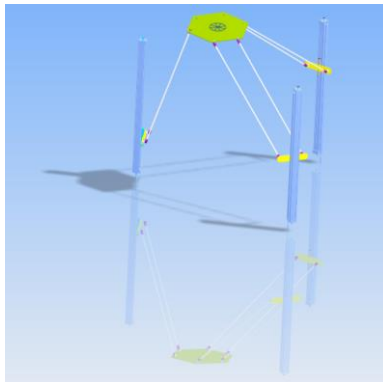
### 1. Mécanique

#### a. Choix de la disposition des vérins

##### *Présentation des dispositions*

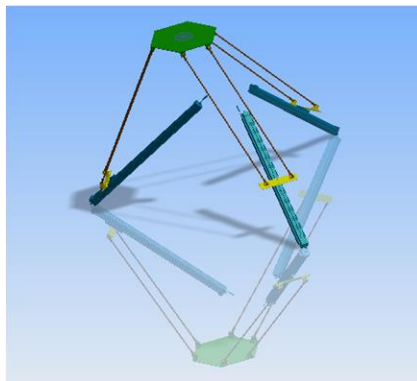
Disposition vérins verticaux

Cette solution est la solution de base, inspirée des imprimantes 3D.



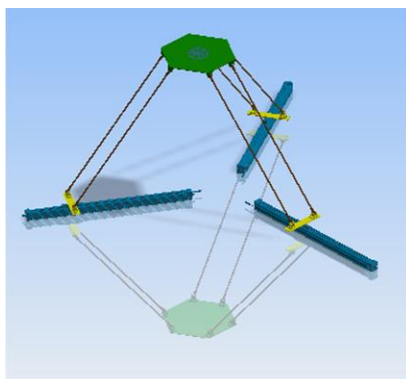
Disposition vérins en pyramide

Cette solution est une solution utilisée pour la manutention de pièces légères.



Disposition vérins horizontaux

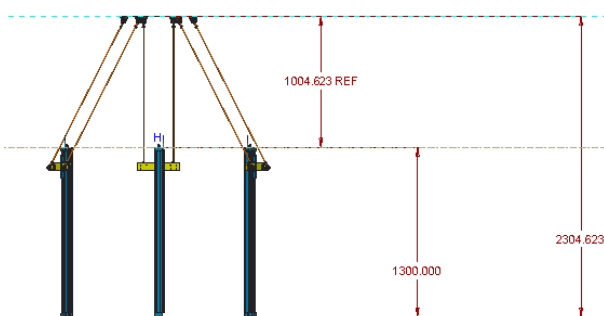
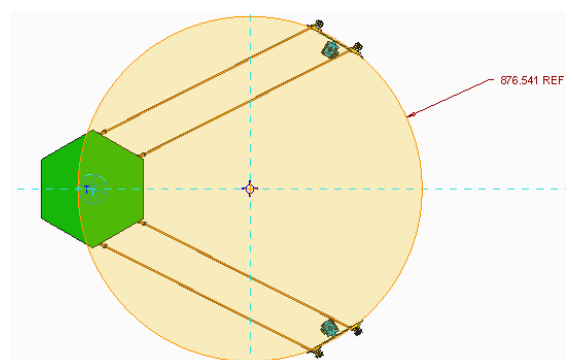
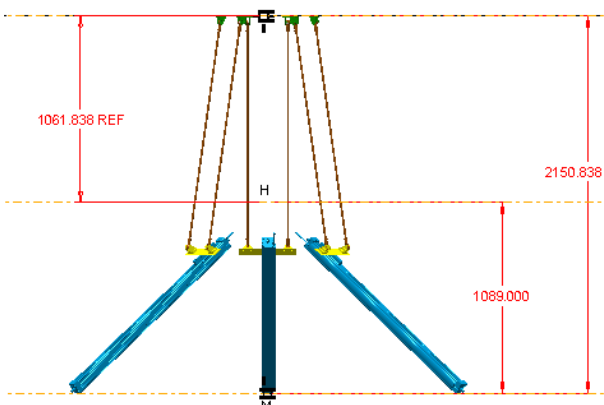
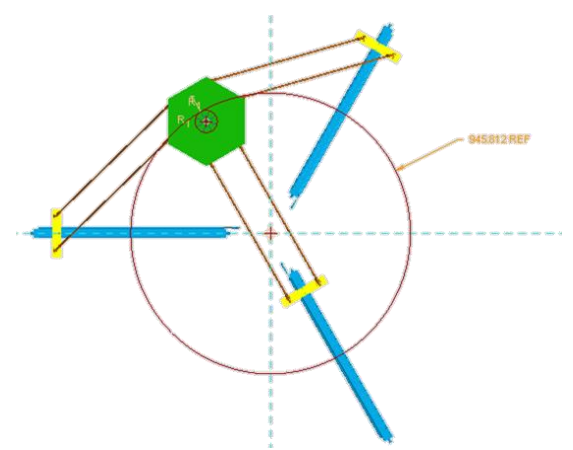
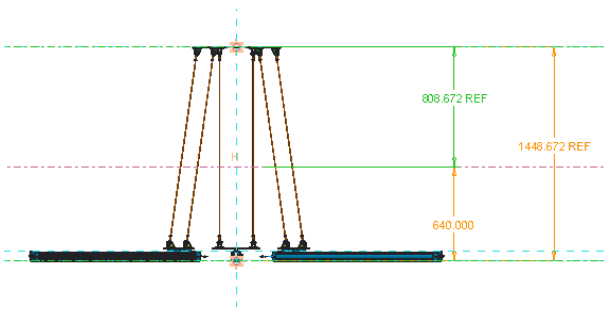
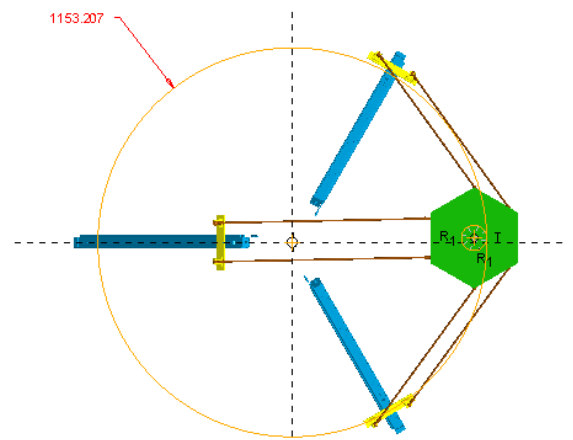
Cette solution n'est pas utilisée dans l'industrie.



# TECHNICAL SECTION

## Déplacements réalisables

Remarque : L'écartement entre les vérins est réglé pour convenir à un encombrement de  $1\text{m}^2$  avec des vérins de 1000 mm de course.

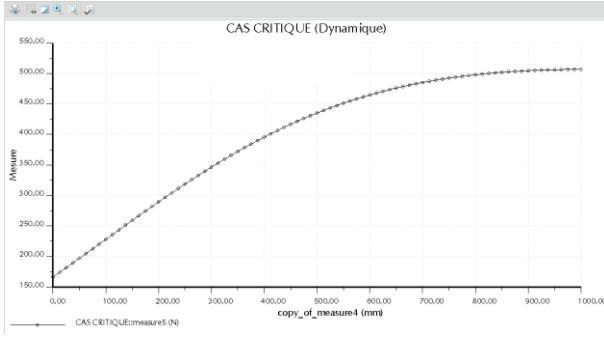
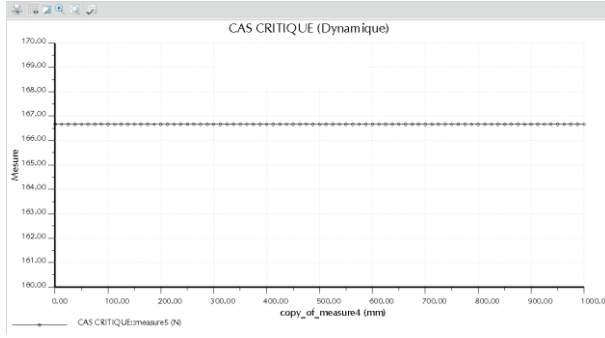
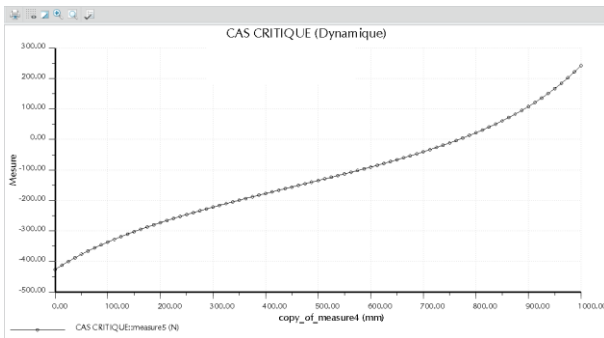
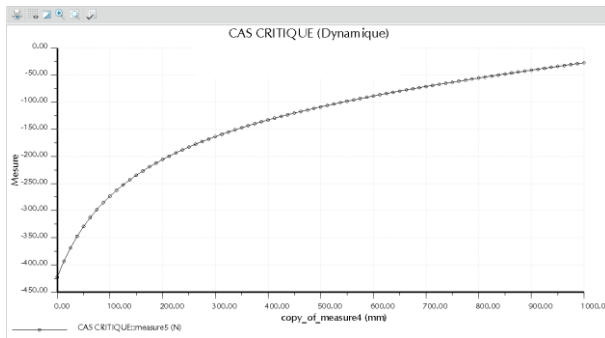
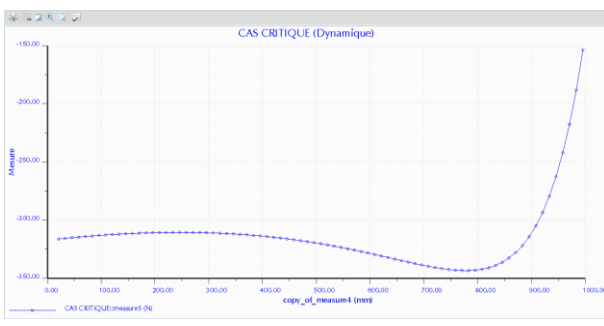
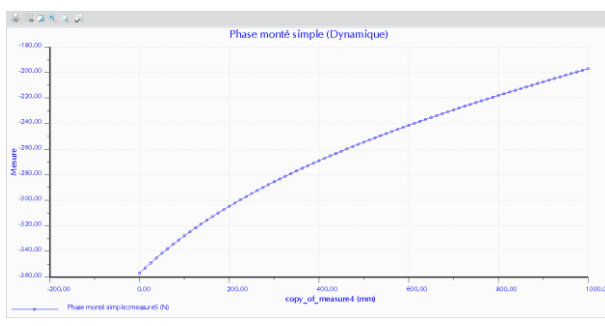
Disposition	Hauteur	Rotation
Vertical		
Pyramide		
Horizontal		

La surface au sol par rapport aux amplitudes des déplacements en rotation n'est pas intéressante pour la disposition en pyramide. On constate que la disposition la plus avantageuse est celle en disposition verticale. La surface au sol est inférieure au diamètre de rotation de la plateforme. Concernant la hauteur, la disposition en pyramide est intéressante. Elle permet de monter 30% de plus que celle en horizontale.

# TECHNICAL SECTION

## Sollicitations

Remarque : Ces sollicitations ont été déterminées grâce à l'application mécanisme de CREO

Disposition	Sollicitations des vérins en cas critique montée d'un vérin seul	Sollicitation des vérins montée simultanée des 3 vérins
Vertical		
Pyramide		
Horizontal		

Nous avons constaté que la disposition en pyramide n'est pas avantageuse car les efforts sont exercés dans différents sens.

D'après les mesures, les efforts dans les vérins sont équivalents pour la disposition verticale et celle horizontale. Nous avons comparé ces dispositions avec les mouvements possibles. Suite à nos recherches sur les vérins, nous avons remarqué que les vérins disposent de plus de force à l'horizontal.

## Conclusion

D'après les deux analyses, de déplacements et de sollicitations, nous avons conclu que la disposition la plus avantageuse est celle en horizontale.

# TECHNICAL SECTION

## b. Dimensionnement des vérins

### Solution électrique

#### CMSB50S

Vis	$n_H$	Course	$M_b$	$I_b$	$M_{pk}$	$I_{max}$	$J_{mot}$ $J_{bmot}$	$J_{suppl}$ $J_{bsuppl}$	$M_B$	$L_1$	$R_1$	$U_{p0}$ à froid	$F$	$F_{pk}$	$m$	$m_{bmot}$
DxP	min <sup>-1</sup>	mm	Nm	A	Nm	A	kgcm <sup>2</sup>		Nm	mH	$\Omega$	V	kN		kg	
KGT 20x5	3000	70	1.3	0.96	5.2	5.1	0.79	0.37	3.9	71	22.5	86.3	1.2	5.3	5.8	6.3
		100	1.3	0.96	5.2	5.1	1.18	0.65	3.9	71	22.5	86.3	1.2	5.3	6.1	6.6
							0.82	0.40								
							1.21	0.68								
		150	1.3	0.96	5.2	5.1	0.86	0.44	3.9	71	22.5	86.3	1.2	5.3	6.7	7.2
							1.25	0.72								
		200	1.3	0.96	5.2	5.1	0.9	0.48	3.9	71	22.5	86.3	1.2	5.3	7.2	7.7
							1.29	0.76								
		300	1.3	0.96	5.2	5.1	0.99	0.57	3.9	71	22.5	86.3	1.2	5.3	8.3	8.8
							1.38	0.85								
		400	1.3	0.96	5.2	5.1	1.1	0.68	3.9	71	22.5	86.3	1.2	5.3	9.9	10.5
							1.49	0.96								
		500	1.3	0.96	5.2	5.1	1.26	0.84	3.9	71	22.5	86.3	1.2	5.3	12.1	12.6
							1.65	1.12								

Le contrôle d'un vérin électrique est plus simple qu'un vérin pneumatique mais à une masse plus élevée. Pour une course de 600mm nous trouvons un poids de 13 Kg.

Notre système nécessite 3 vérins ce qui revient à installer 3 vérins, donc 39 Kg, pour une course réduite par rapport à nos attentes.

# TECHNICAL SECTION

## c. Solution pneumatique :

Afin de réduire au maximum la masse du manège nous avons étudié la possibilité de travailler avec un ensemble pneumatique.

### Vérins :

Les vérins correspondants le mieux à nos besoins étaient des vérins sans tiges, ces derniers étant particulièrement adaptés aux mouvements guidés. Le gain de poids par rapport à des modèles électriques est considérable car ils sont « creux ». L'inconvénient du pneumatique « classique » est qu'il n'est pas possible de le contrôler de façon précise pour faire du positionnement à une infinité de positions. Pour remédier à cela nous avons choisi d'utiliser des vérins sans tige avec capteur de position couplés à des distributeurs proportionnels. Cet ensemble permet d'asservir les déplacements des vérins et d'obtenir un comportement comparable aux modèles électriques. Nous obtenons un système Servopneumatique.

Le seul fabricant proposant ce type de vérins est FESTO, avec sa gamme DDLI.



- 1 Module de contrôleur CPX-CMPX ou CPX-CMAX
- 2 Distributeur proportionnel VPWP
- 3 Vérin linéaire DDLI, DGCI avec système de mesure
- 6 Câble de liaison KVI-CP-3-...

### Compresseur :

Les particuliers n'ont pas toujours un compresseur chez eux ; c'est pourquoi il était nécessaire d'intégrer (en option) un compresseur au manège. Nous avons opté pour un compresseur silencieux car ce dernier ne doit pas gêner les utilisateurs. Nous avons opté pour un modèle compact, et surtout très silencieux. Avec 40dB il n'est pas plus bruyant qu'un frigo. Nous avons choisi le compresseur Silent9/45 de chez ALSAFIX car permet de fournir assez d'air pour le manège et dispose d'une cuve de 9L.

La masse importante de ce composant est compensée par le gain de masse sur les vérins.

**SILENT 9/45**  
COMPRESSEUR SILENCIEUX



### DESCRIPTION TECHNIQUE

. Code	AL57120
. Puissance	0,5 cv
. Cuve	9 l
. Alimentation	220V - 50Hz
. Ampérage	2,4 Amp
. Débit	45 l/min
. Pression max	8 bars
. Réenclenchement	6 bars
. Vitesse de rotation	2900 tr/min
. Manomètre	0 - 12 bars
. Sans huile	non
. Niveau sonore	40 dB
. Dimensions	33 / 33 / 48 cm
. Poids	19 Kg
. Nombre de raccords	1



# TECHNICAL SECTION

## *Flexibles:*

Pour notre application en extérieur et avec de nombreux mouvements il n'était pas possible d'utiliser des flexibles « standards ». Nous avons donc recherché des flexible résistants aux UV, à de nombreux mouvements et aux variations de température. Nous avons donc choisi le suivant :

tuyau plastique  
**PUN-12X2-SW**

N° de pièce: 159671

★ Programme standard

calibrage extérieur, pour raccords QS-, CN- et CK-.

Polyuréthane (non agréé pour le contact alimentaire)



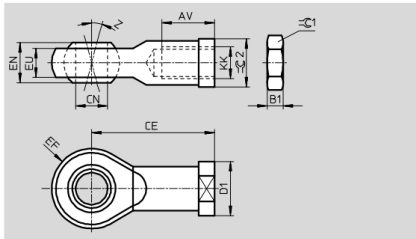


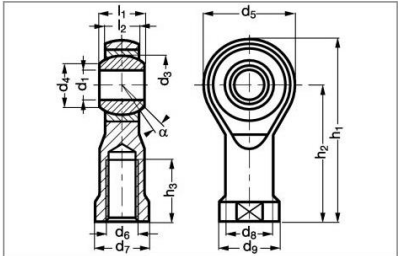
[Fiche technique](#)

# TECHNICAL SECTION

## d. Choix des liaisons

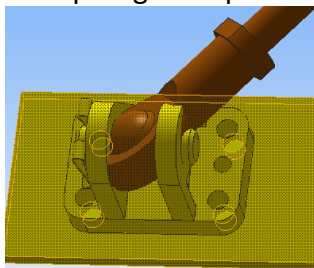
### Liaison rotule

Nous avons recherché des rotules qui peuvent se fixer en bout de bielle.

Fournisseur	Aperçu	Angle de débattement																												
<div>FESTO</div>	<div></div>	<table><tr><th>KK</th><th>Z</th></tr><tr><td></td><td>[°]</td></tr><tr><td>M6</td><td>13</td></tr><tr><td>M8</td><td>13</td></tr><tr><td>M10x1.25</td><td>13</td></tr><tr><td>M12x1.25</td><td>13</td></tr><tr><td>M16x1.5</td><td>15</td></tr><tr><td>M20x1.5</td><td>15</td></tr><tr><td>M27x2</td><td>15</td></tr></table>	KK	Z		[°]	M6	13	M8	13	M10x1.25	13	M12x1.25	13	M16x1.5	15	M20x1.5	15	M27x2	15										
KK	Z																													
	[°]																													
M6	13																													
M8	13																													
M10x1.25	13																													
M12x1.25	13																													
M16x1.5	15																													
M20x1.5	15																													
M27x2	15																													
<div>MICHAUD CHAILLY®</div>	<div><div>EMBOUT À ROTULE FEMELLE ACIER/PTFE DIN ISO 12240-4 (C1-42)</div><div><div>Zoom</div><div>ASSEMBLAGE</div></div></div>	<table><tr><th>h3 (mm)</th><th>Co (kN)</th><th>a (°)</th><th>Poids (kg)</th></tr><tr><td>24</td><td>34</td><td>15</td><td>0,21</td></tr><tr><td>24</td><td>34</td><td>15</td><td>0,21</td></tr><tr><td>27</td><td>39</td><td>15</td><td>0,295</td></tr><tr><td>27</td><td>39</td><td>15</td><td>0,295</td></tr><tr><td>30</td><td>42</td><td>15</td><td>0,38</td></tr><tr><td>30</td><td>42</td><td>15</td><td>0,38</td></tr></table>	h3 (mm)	Co (kN)	a (°)	Poids (kg)	24	34	15	0,21	24	34	15	0,21	27	39	15	0,295	27	39	15	0,295	30	42	15	0,38	30	42	15	0,38
h3 (mm)	Co (kN)	a (°)	Poids (kg)																											
24	34	15	0,21																											
24	34	15	0,21																											
27	39	15	0,295																											
27	39	15	0,295																											
30	42	15	0,38																											
30	42	15	0,38																											

Pour assurer tous les déplacements, il nous faut un angle de débattement au niveau de la liaison rotule de plus de 35°.

Après des recherches chez les fabricants de rotules, nous n'avons pas trouvé de rotule disposant d'un angle de débattement plus grand que 20°.



Afin de pouvoir réaliser tous les déplacements, nous avons choisi d'utiliser des cardans qui possède un angle de débattement de 45°.

Les cardans disponibles dans le commerce sont dimensionnés pour transmettre des couples. Nous avons dû redessiner les cardans.

Pour cela, nous avons décidé d'acheter les croisillons et de redessiner des mâchoires. Les croisillons achetés sont étanches et permettent de transmettre un couple de 20N.m.

Nous concluons que les croisillons peuvent encaisser un effort de :

$$F = \frac{C}{D} = \frac{20}{56 * 10^{-3}} = 300N$$

# TECHNICAL SECTION

Or sur chaque croisillon s'applique une force de :

$$F_c = \frac{600}{6} = 100N$$

## Liaison bielle/mâchoire

Pour fixer les mâchoires avec les bielles, nous avons sélectionné une fixation par goupille. Pour transmettre les efforts dans les bielles, il faut que les goupilles possèdent un diamètre d'au moins :

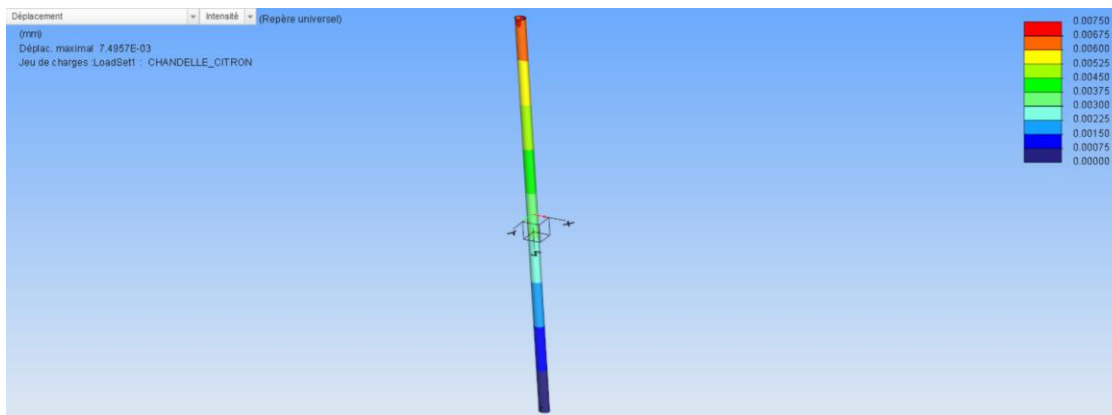
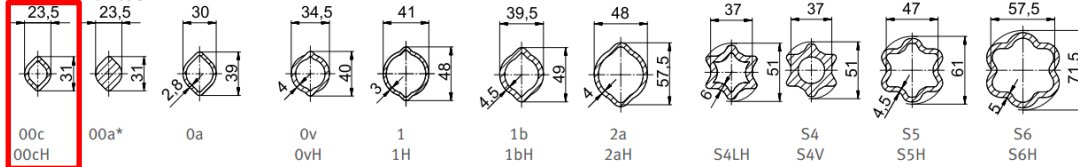
$$d \geq \sqrt{\frac{4 * T}{\pi * Rp}} = \sqrt{\frac{4 * 600}{\pi * 235}} = 1,8mm$$

Nous avons choisi des goupilles d'un diamètre de 8mm car elles sont plus facilement démontables et se trouvent facilement.

## e. Choix des bielles

Nous avons utilisé des bielles de forme ovale afin de transmettre plus d'effort avec la même surface. Ces bielles sont adaptées aux mâchoires sélectionnées précédemment. Les calculs de Rdm ont été réalisés grâce au module Simulate de CREO.

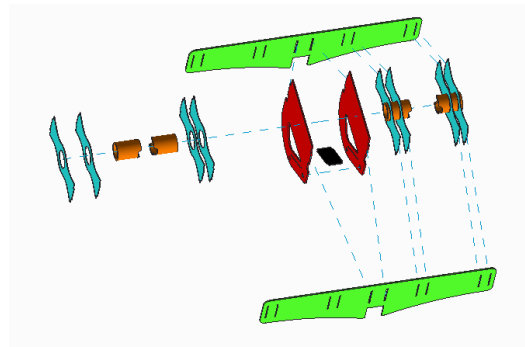
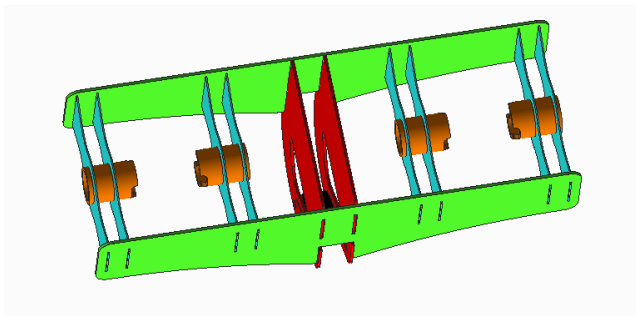
### Tubes profilés



## f. Embase de fixation croisillons

Nous avons fait le choix d'opter pour un ensemble mécanosoudé, pour des raisons de quantité de production, de poids et dans la vision de pouvoir orienter un maximum la rigidité de la structure dans le sens des efforts.

L'ensemble est composé de tôles en acier de 1 et 2 mm d'épaisseurs, assemblé grâce à des tenons afin de simplifier les mises en position et l'encastrement des pièces entre elles. Les douilles sont réalisées à partir de tube rond de diamètre standard ( $\varnothing 27.2$  ep3). Quant au logement de la bague extérieure du roulement ainsi que la rainure de l'anneau élastique sont usinés.



Le calcul de structure de l'ensemble mécanosoudé n'a pas pu être réalisé, car le logiciel créo 3 ne permet pas de calculer des ensembles de pièces.

(Plan voir annexe)

## 2. Electrique

### a. Solution électrique

*Automate :*

(ARDUINO – MEGA Controllino)



#### Caractéristiques techniques

- Microcontrôleur: ATmega2560
- 16 sorties relais
- Fréquence horloge: 16 Mhz
- Connecteur Ethernet
- Interface 2x RS232
- Interface 1x RS485
- Interface 1x SPI
- Interface 1x I2C
- Montage sur rail DIN: EN50022, 35mm
- Température de stockage: -20 °C - +70 °C.

Heure en temps réel	oui
Température ambiante max.	55 °C
Cadence d'horloge	16 MHz
Tension de fonctionnement	12 V/DC, 24 V/DC
Référence	100-200-00
Fabricant N°	100-200-00
Nombre d'entrées max.	21
Nombre d'entrées analogiques max.	16
Processeur	ATmega2560
Nombre de sorties transistor max.	24
Nombre I/O	21
Interfaces (composants)	I²C, RS-232, RS-232, RS-485, SPI, femelle USB B 2.0, Ethernet
Nombre d'entrées numériques max.	21
Température min. ambiante	0 °C
Nombre de sorties relais max.	16
Catégorie	API - Module de commande
Sorties PWM	15

Nous avons choisi un automate arduino car c'est un système permettant de plus facilement programmer des trajectoires comme les nôtres (comparé à un siemens par exemple).

## c. Sécurité

Choix des différentes protections :

Nous avons intégré plusieurs systèmes protections dans le circuit électriques. Afin de les dimensionner, nous avons réalisé plusieurs bilans de puissances.

-La première protection est un disjoncteur 16 A en tête d'installation, afin de couper tout le circuit.

Cette protection est calibrée selon une prise 2P+T même si la consommation totale du système est bien moindre :

Total			
Désignation	Nombre	Consommation A/u	Consommation A
Compresseur	1	2,6	2,6
Transformateur	1	0,5	0,5
Total			3,1 A

-Par la suite, nous avons mis en place une autre protection, un disjoncteur 4 A afin de protéger le compresseur qui consomme 2,6 A.

-Enfin, nous avons réalisé un bilan de puissance en aval du transformateur afin de connaître sa consommation et le protéger en conséquence. La tension de commande étant en 24 volts continus nous protégerons ce circuit avec un fusible 2A sur la phase :

Transformateur			
Désignation	Nombre	Consommation A/u	Consommation A
Automate	1	1	1
ÉlectrodistIBUTEUR	3	0,08	0,24
Contacteur	1	0,16	0,16
Voyants	2	0,018	0,036
Transformateur (Total)			1,436 A

-Après avoir calculé la puissance du transformateur au secondaire, nous pouvons trouver la consommation au primaire :

En aval du transformateur nous avons une consommation  $S = U \times I = 24 \times 1,5 = 36 \text{ VA}$ .

En Amont de ce transformateur la puissance sera donc  $S = U \times I = 36 \text{ VA}$  ce qui nous donne une intensité  $I = S / U = 36 / 230 = 0,16 \text{ A}$ .

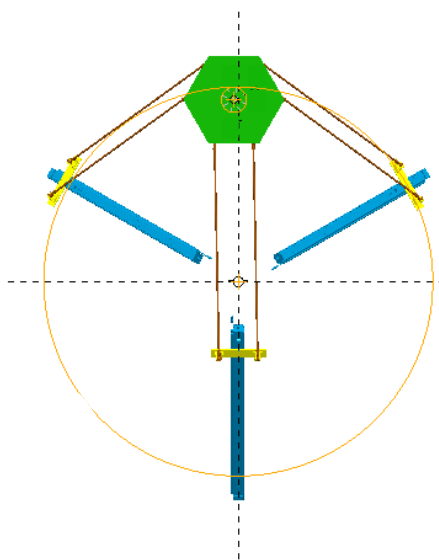
-Enfin, pour assurer la sécurité de l'enfant utilisant l'installation, nous avons mis en place des barrières de sécurité tout autour du système, ainsi qu'un capteur mécanique autorisant la mise en marche du système à condition que la barre de sécurité présent sur le siège du manège, soit bien fermé. En cas de non fermeture, le système ne sera pas alimenté en air.

# TECHNICAL SECTION

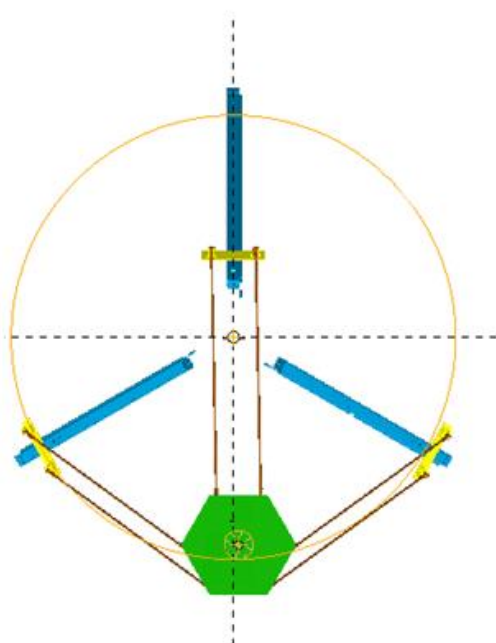
## d. Fonctionnement

L'ensemble des mouvements suivant la position des vérins se font par l'intermédiaire du joystick prévu à cet effet. Les différents mouvements se feront de la façon suivante :

*Avant :*

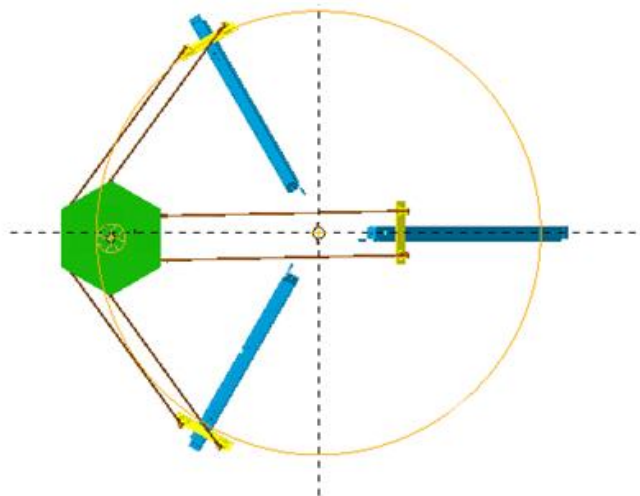


*Arrière :*

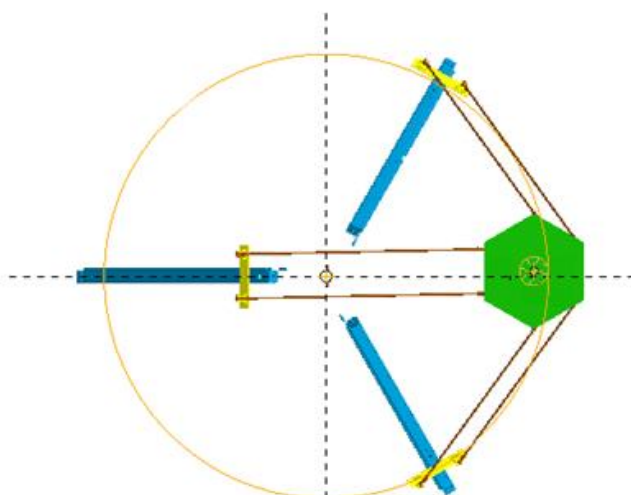


# TECHNICAL SECTION

*Gauche :*



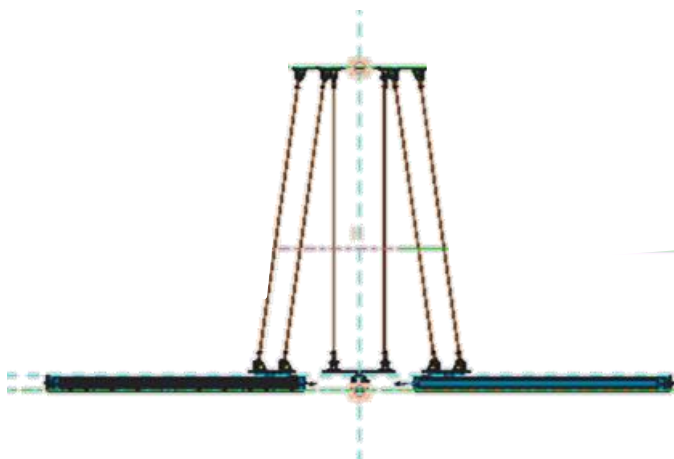
*Droite :*



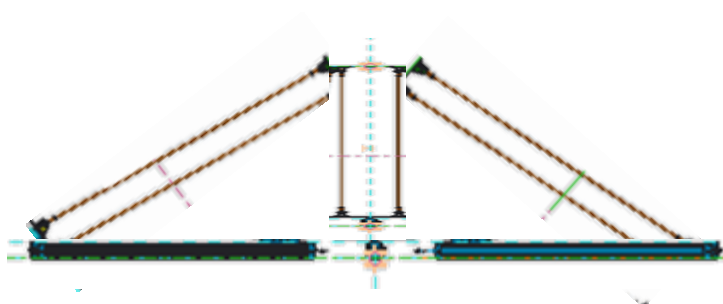


# TECHNICAL SECTION

*Montée :*

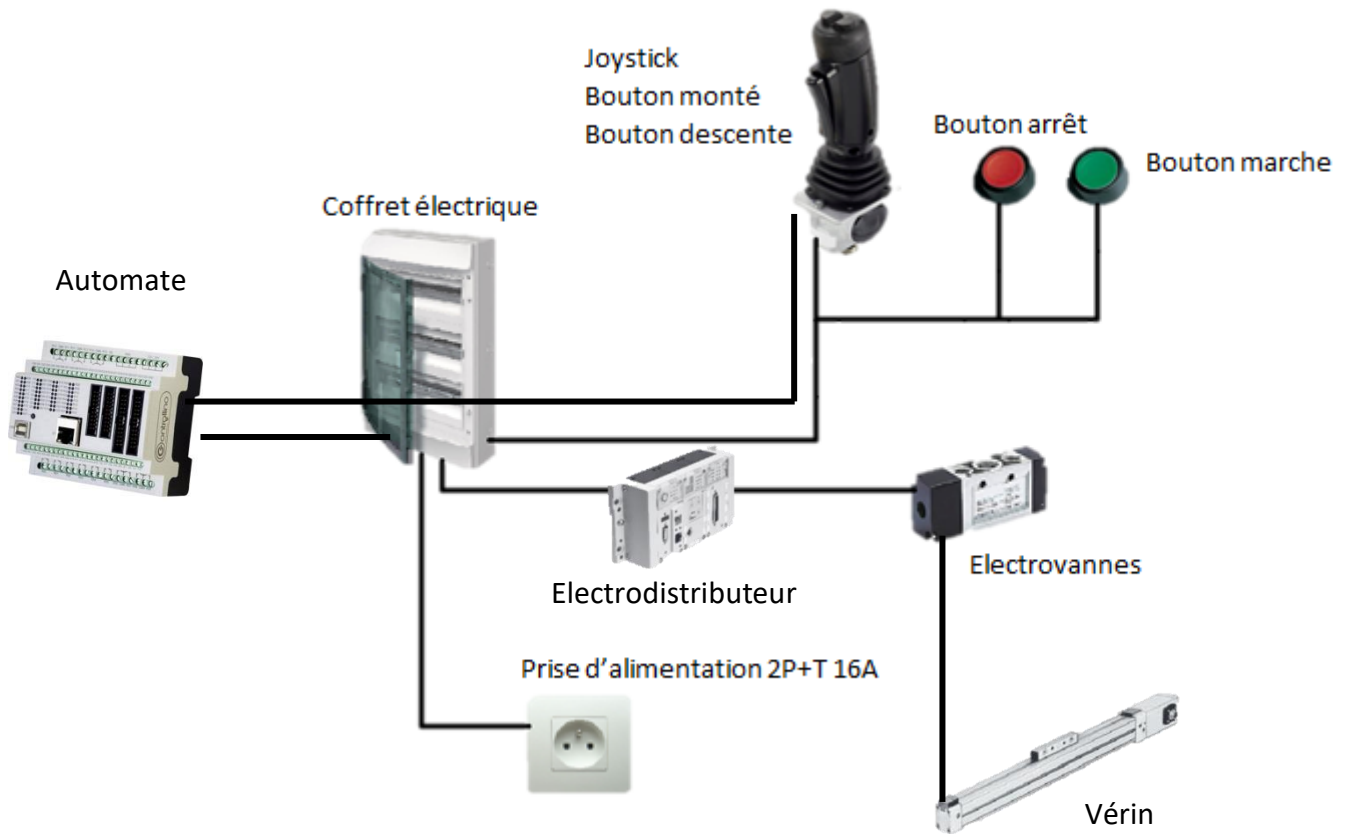


*Descente :*



# TECHNICAL SECTION

*Synoptique :*



## VII. Plateforme

### 1. Mécanique

#### a. Siège

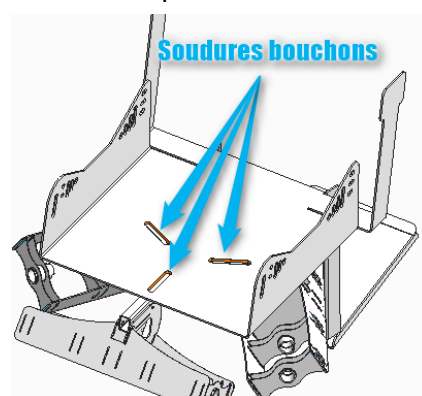
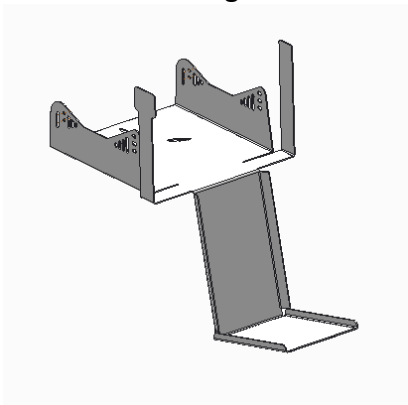


Nous avons sélectionné le fabricant RECARO pour notre siège pour la fiabilité de cette marque. En effet, RECARO assure une sécurité maximale pour de la course automobile. Or les accélérations subies dans une voiture de course sont supérieures à celles qui le seront dans notre manège.

#### b. Support de siège

Pour la pièce maitresse du support du siège nous avons choisi une pièce en pliage en alu épaisseur 3, pour des raisons de facilités de fabrication, le respect de la contrainte du poids, la rigidité et la fabrication en petite production. (Voir plan en annexe)

Nous avons fait le lien entre la tôle principal et les embases de fixation des croisillons grâce à une croix mécanosoudée réalisée par des tubes rectangulaires (30x20 ep2). Ils permettent à la fois de rigidifier la structure grâce à un encastrement réalisé par soudures bouchons



dans les cavités en ellipses. (Voir plan en annexe)

## VIII. Barrières de sécurité

### 1. Mécanique



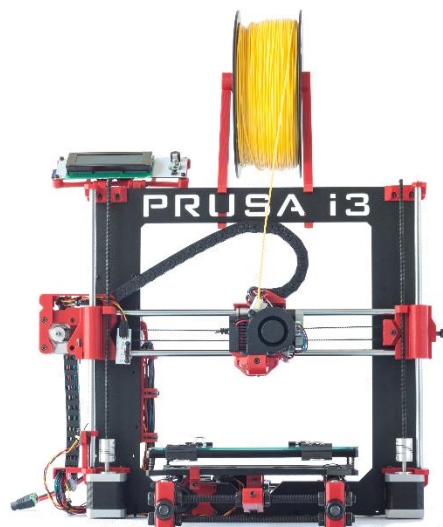
Pour protéger les personnes et le manège, nous avons choisi d'installer des barrières à sangle rétractables fixées sur des profilés en aluminium. Ce choix nous permet de respecter la contrainte du poids du cahier des charges tout en assurant une protection contre des risques de collision.

## IX. Tests

### 1. Mécanique

Afin de valider le concept, l'esthétique et l'encombrement, nous avons réalisé une maquette en 3D.

Pour cela, nous avons modifié les pièces afin qu'elles possèdent une géométrie réalisable par une imprimante 3D.



## X. Conclusion

### 1. Indicateurs

Par rapport au cahier des charges, nous pouvons identifier des indicateurs de la réussite du notre projet :

- Poids (inférieur à 50Kg)
- Prix (accessible aux particuliers)
- Déplacements
- Innovation

L'annexe 8 reprend les poids et les prix de chaque élément.

D'après nos analyses, le poids est respecté si l'on considère que le compresseur est une option. En effet, un grand nombre de potentiels acheteurs possèdent un compresseur qui conviendrait pour le fonctionnement du manège.

Nous trouvons donc un poids total de 49,89 Kg sans la partie armoire électrique.

Concernant le prix, il est accessible par rapport à des jeux disponibles sur le marché. Nous avons un prix de revient de 4570€. Ce qui revient à un prix de vente de 6000€.

Les déplacements sont respectés et des mouvements supplémentaires à ceux demandés sont réalisables.

